

# Análisis del volumen de entrenamiento pliométrico para la mejora del salto

## *Analysis of Plyometric Training Volume on Vertical Jump Height Performance*

**RAFAEL COPOVÍ LANUSSE**  
València Bàsquet Club (España)

**Correspondencia con autor**  
Rafael Copoví Lanusse  
[rafa.copovi@gmail.com](mailto:rafa.copovi@gmail.com)

### Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de diferentes volúmenes de entrenamiento sobre la mejora del salto vertical. Método: se realizó una búsqueda de información en las bases de datos *PubMed*, *MedLine* y *SportsDiscus* donde se identificaron 59 artículos que cumplían los siguientes criterios: a) Estudios que incluyan programas de entrenamiento pliométrico de miembros inferiores, b) Que contengan programas experimentales y medidas válidas y seguras. Aquellos programas con un volumen de entrenamiento de 8 a 12 semanas con una frecuencia de 2 a 3 sesiones semanales, en las cuales se realizan de 1 a 3 ejercicios con un total de 3 a 8 series por sesión y en las que se den una media de 70 a 100 saltos, parece ser la mejor combinación.

**Palabras clave:** altura de salto, ciclo estiramiento-acortamiento, entrenamiento pliométrico

### Abstract

#### *Analysis of Plyometric Training Volume on Vertical Jump Height Performance*

*The aim of this study was to determine the effect of various plyometric training volumes on VJH performance. Method: we searched for information in the PubMed, MedLine and SportsDiscus databases where we identified 59 articles according to the inclusion criteria: a) Studies which included plyometric training programs for lower limbs, b) which contained experimental programs and valid and reliable measurements. The best combination seems to be training volumes between 8 and 12 weeks, with 2 or 3 training sessions per week, in which 1 to 3 exercises are performed with a total of 3 to 8 series per session and doing an average of 70 to 100 jumps.*

**Keywords:** jump height, stretch-shortening cycle, plyometric training

## Introducción

Las acciones pliométricas, también conocidas como ciclo de estiramiento acortamiento (CEA), forman gran parte de los movimientos realizados en la mayoría de las disciplinas deportivas y resultan un factor diferencial en aquellos deportes donde predomina la capacidad de repetir esfuerzos de alta intensidad, también conocida como *Repeated Power Ability* (RPA).

Estos ejercicios se caracterizan por acciones musculares donde se produce un CEA, el cual permite enlazar rápidamente una acción de estiramiento muscular o excéntrica con un acción muscular miométrica (Bosco, Komi, & Ito, 1981; Komi, 2000) realizada a alta intensidad y que permite desarrollar la máxima cantidad de fuerza posible en el menor período de tiempo (Clutch, Wilton, McGowan, & Bryce, 1983).

Los ejercicios pliométricos incluyen *countermovement jumps* (CMJ), *drop jumps* (DJ) y *squat jumps* (SJ).

Estos ejercicios también pueden combinarse con otros programas de entrenamiento o simplemente aplicarse de forma independiente. Diversos estudios demuestran que el entrenamiento pliométrico (EP) produce incrementos en niveles de fuerza, potencia y coordinación (Adams, J. O'Shea, K. O'Shea, & Climstein, 1992; Baker, 1996; Holcomb, Lander, Rutland, & Wilson, 1996) mejorando además la economía de carrera (Turner, Owings, & Schwane, 2003). Además se han demostrado aumentos significativos en la fuerza máxima (Fatouros et al., 2013) los cuales pueden ser atribuidos a una mejora de la coordinación y estabilidad para lograr un incremento de la tensión muscular, resultando una mayor producción de fuerza rápida (RFD) (Clutch et al., 1983).

También cabe destacar que aportan beneficios a la estabilidad articular y mejoran los índices de lesiones graves de rodilla (Chimera, K. A. Swanik, C. B. Swanick, & Straub, 2004).

Numerosas investigaciones (Adams, 1992; Faigenbaum et al., 2007; Gehri, Ricard, Keiner, & Kirken-dall, 1998; Holcomb et al., 1996; Kotsamanidis, 2006; Luebbers et al., 2003; Malifaux, Francaux, Nielens, & Theisen, 2006; Markovic, 2007; Matavulj, Kukolj, Urgakovic, Tihanyi, & Jaric, 2001; Newton, Kraemer, & Häkkinen, 1999; Potteiger et al., 1999; Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993) han demostrado que el EP produce mejoras en la altura de salto. Por otro lado también hay autores (Canavan & Vescovio, 2004; Herrero, Izquierdo, Maffiuletti, & García-López, 2006; Miller, Berry, Bullard, & Gilders, 2002; Turner et al., 2003) que no encontraron ninguna mejora e incluso otros estudios donde se dieron resultados negativos (Luebbers et al., 2003). No obstante, ciertos autores (Blakey & Southard, 1987; Fatouros et al., 2013) están de acuerdo en que para optimizar los resultados de un EP, este debe combinarse con otros métodos de entrenamiento.

Respecto a la altura óptima de caída para maximizar los resultados del EP cabe decir que existe cierta controversia entre autores (Bedi, 1987; Lees & Fahmi, 1994). Algunos autores sugieren que la altura óptima para ejecutar DJ debe ser inferior a 60 cm (Bobbert, Huijing, & Van Ingen Sche-nau, 1987; Bosco, 1979; Komi & Bosco, 1978) mientras que Stojanović y Kostić (2002) proponen que ha de ser mayor de 60 cm. debido a que el atleta debe optimizar la fuerza explosiva y la capacidad reactiva neuromuscular.

Otros factores que parecen ser determinantes para la efectividad de un programa de EP son la duración y el volumen de entrenamiento. Diversos estudios han utilizado diferentes combinaciones en cuanto a duración, intensidad y volumen de entrenamiento (Fatouros et al., 2000; Herrero et al., 2006; Martel, Harmer, Logan, & Parker, 2005; Sáez de Villarreal, González-Badillo, & Izquierdo, 2008). Aunque no existe unanimidad sobre cuál es la combinación más efectiva de estos factores en el programa de entrenamiento de EP para mejorar el rendimiento de los atletas.

El propósito de este estudio es examinar y aclarar, en la medida de lo posible, cuales son las variables (volumen, duración, intensidad) de la carga más efectivas durante un programa de EP, con el objetivo de maximizar el rendimiento en la altura del salto vertical.

## Métodos

### Búsqueda de estudios científicos

Para llevar a cabo el estudio, se realizó una búsqueda de información utilizando las siguientes palabras cla-

ve (tanto en lengua inglesa como en castellana): *jump height, stretch-shortening cycle, plyometric training*, altura de salto, entrenamiento pliométrico, CEA.

Las bases de datos donde se realizó la búsqueda fueron: *PubMed, MedLine, SportsDiscus*. Las limitaciones impuestas para seleccionar los estudios fueron las siguientes:

- Estudios que utilizasen diseños experimentales y medidas seguras y válidas.
- Variables del resultado: pruebas de rendimiento debidamente baremadas.
- Estudios que utilicen programas de entrenamiento pliométricos para miembros inferiores.
- Sujetos sanos.
- Rango de edad de los sujetos: jóvenes y adultos.
- Estudios que utilizasen altura salto como variable dependiente.
- Estudios redactados en lengua inglesa o castellana.

### Selección de los estudios

Un total de 59 estudios fueron incluidos en un primer momento. Después de aplicar el proceso de selección, explicado anteriormente, se identificaron 40 estudios que cumplían las condiciones requeridas (Adams et al., 1992; Alkjaer, Meylandk, Raffalt, Lundbye-Jensen, & Simonsen, 2013; Campillo, Andrade, & Izquierdo, 2013; Cetin & Ozdol, 2012, Chaouachi et al., 2013; Chelly et al., 2010; Chimera et al., 2004; Diallo, Dore, Duce, & Van Praagh, 2001; Faigenbaum et al., 2007; Fatouros et al., 2000; Gehri et al., 1998; Holcomb et al., 1996; Ford et al., 1983; Impellizzeri et al., 2008; Khelifa et al., 2010; King & Cipriani, 2010; Kotsamanidis, 2006; Luebbers, 2003; Lyttle, Wilson, & Ostrowski, 1996; Maffiuletti, Dugnanit, Folz, Di Pierno, & Mauro, 2002; Makaruk, Winchester, Sadowski, Czaplicki, & Sacewicz, 2011; Malifaux, 2006; Martel et al., 2005; Matavulj et al., 2001; Miller et al., 2002; Newton et al., 1999; Newton, Rogers, Volek, Häkkinen, & Kraemer, 2006; Ploeg et al., 2010; Potteiger et al., 1999; Rahimi & Behpur, 2005; Rimmer & Sleiver, 2000; Sáez de Villarreal et al., 2008; Sankey, Jones, & Bampouras, 2008; Stojanović & Kostić, 2002; Tricoli, Lamas, Carnevale, & Ugrinowitsch, 2005; Turner et al., 2003; Vácz, Tollár, Meszler, Juhász, & Karsai, 2013; Vescovio, Canavan, & Hasson, 2008; Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, et al., 1993) (tabla 1).

Autoría	G	n	E	ND	dS	Fr	nE	nS	nJ	MSV
Adams et al.	E	12	23	NA	6	2	3	6	75	3,81
Adams et al.	E	12	23	NA	6	2	3	6	75	10,6
Alkjaer et al.	E	9	24,4	N	4	3	1	4	30	3,48
Campillo et al.	E	9	16,8	NA	7	2	1	6	60	2,3
Campillo et al.	E	7	16,8	NA	7	2	1	12	120	-1,5
Cetin et al.	E	9	13,6	R	12	3	3	2	120	3,6
Chaouachi et al.	E	63	11	R	12	2	2	3	120	3,2
Chelly et al.	E	12	19,1	R	8	2	2	5	50	3
Chelly et al.	C	11	19	R	-	-	-	-	-	0
Chimera et al.	E	20	20	NA	6	2	5	13	150	1
Diallo et al.	E	10	12,3	R	10	3	3	15	250	3,4
Diallo et al.	C	10	12,6	R	-	-	-	-	-	0
Faigenbaum et al.	E	13	13,4	R	6	2	12	2	25	3,4
Ford et al.	E	50	17	NA	10	3	1	3	15	3,12
Fatouros et al.	E	11	21,1	NA	12	3	5	30	150	6
Fatouros et al.	E	10	20,1	NA	12	3	5	30	150	8,6
Fatouros et al.	E	10	20,5	NA	-	-	-	-	-	0,4
Gehri et al.	E	7	19,3	NA	12	2	1	4	32	1,65
Gehri et al.	E	11	20	NA	12	2	1	4	32	2,13
Gehri et al.	E	7	19,3	NA	12	2	1	4	32	2,4
Gehri et al.	E	11	20	NA	12	2	1	4	32	2,79
Gehri et al.	C	10	19,8	NA	-	-	-	-	-	-0,86
Gehri et al.	C	10	19,8	NA	-	-	-	-	-	0,18
Holcomb et al.	E	10	16	NA	8	3	1	9	72	4,7
Holcomb et al.	E	10	16	NA	8	3	3	3	72	6,1
Holcomb et al.	E	10	16	NA	8	3	3	3	72	4,8
Holcomb et al.	C	9	16	NA	-	-	-	-	-	1,2
Impellizzeri et al.	E	18	25	R	4	3	4	36	276	5,5
Impellizzeri et al.	E	18	25	R	4	3	4	36	276	1,8
Impellizzeri et al.	E	19	25	R	4	3	4	36	276	2,4
Impellizzeri et al.	E	19	25	R	4	3	4	36	276	3,4
Khelifa et al.	E	9	23,5	N	10	3	4	37	276	2,20
Khelifa et al.	E	9	23,5	N	10	3	4	37	276	3,10
Khelifa et al.	E	9	23,1	N	10	3	4	37	276	3,73
Khelifa et al.	E	9	23,1	N	10	3	4	37	276	5,34
Khelifa et al.	C	9	24,1	N	-	-	-	-	-	0,26
Khelifa et al.	C	9	24,1	N	-	-	-	-	-	0,82
King et al.	E	11	15,2	R	6	2	4	12	108	3,58
King et al.	E	10	15,1	R	6	2	4	12	108	0,76
Kotsamanidis et al.	E	30	11,1	NA	10	2	-	8	80	7,97
Luebbbers et al.	E	19	-	NA	4	3	4	36	272	1,9
Luebbbers et al.	E	19	-	NA	7	3	7	22	155	2,6
Lytle et al.	E	10	23,9	R	8	2	1	2	40	3,8
Lytle et al.	E	10	23,8	R	8	2	1	2	10	5,6
Lyttle et al.	C	10	20,6	R	-	-	-	-	-	0,2
Maffiuletti et al.	E	20	21,8	R	4	3	2	5	50	5,2
Maffiuletti et al.	E	20	22,3	R	-	-	-	-	-	0,2

G (grupo): E (experimental), C (control); ND (nivel deportivo): R (regional), N (nacional), I (internacional), NA (no atleta) NE (no especificado); MSV (mejora salto vertical/cm); dS (duración semanas); Frec (días/ semana); nS (número de series); nJ (número de saltos); nE (número de ejercicios).

**Tabla 1.** Resumen de las características de los estudios incluidos bajo los criterios establecidos

Autoría	G	n	E	NE	dS	Fr	nE	nS	nJ	MSV
Makaruk et al.	E	16	20,6	NA	12	2	3	14	90	4
Makaruk et al.	E	18	20,8	NA	12	2	3	14	90	5
Makaruk et al.	C	15	21	NA	–	–	–	–	–	1
Malifaux et al.	E	8	23	NA	8	3	7	–	217	6
Martel et al.	E	15	15	NA	6	2	4	8	–	3,7
Martel et al.	C	15	14	NA	–	–	–	–	–	1,3
Matavulj et al.	E	11	15,5	I	6	3	1	3	30	4,8
Matavulj et al.	E	11	15,5	I	6	3	1	3	30	5,6
Matavulj et al.	C	11	15,2	I	–	–	–	–	–	0
Miller et al.	E	13	21,5	NA	8	2	5	10	100	1,5
Miller et al.	E	13	22	NA	8	2	5	10	100	3,7
Miller et al.	C	14	23	NA	–	–	–	–	–	1,8
Newton et al.	E	8	19	N	8	2	3	6	36	3,9
Newton et al.	C	8	19	N	–	–	–	–	–	0,01
Newton et al.	E	40	20	NA	4	2	1	3	14	3
Ploeg et al.	E	10	22,1	NA	6	2	5	19	120	0,3
Ploeg et al.	E	11	22,1	NA	6	2	10	38	240	1,3
Ploeg et al.	E	8	22,1	NA	6	2	5	19	120	-1,3
Ploeg et al.	C	10	22,1	NA	–	–	–	–	–	2,6
Potteiger et al.	E	19	21,3	NE	8	3	4	21	320	2,7
Potteiger et al.	E	19	21,3	NE	8	3	4	21	320	3,1
Rahimi et al.	E	13	19,7	R	6	2	4	15	94	8,37
Rahimi et al.	E	14	18,9	R	6	2	4	12	70	8,37
Rahimi et al.	C	10	19,3	R	–	–	–	–	–	2,8
Rimmer et al.	E	10	24	NE	8	2	4	14	117	0,05
Rimmer et al.	C	9	24	NE	–	–	–	–	–	0,01
Sáez de Villarreal et al.	E	10	22,4	NA	7	1	1	6	60	0,55
Sáez de Villarreal et al.	E	12	23,1	NA	7	2	1	6	60	4,6
Sáez de Villarreal et al.	E	10	21,8	NA	7	4	1	6	60	5,16
Sáez de Villarreal et al.	C	10	23,6	NA	–	–	–	–	–	0,31
Sankey et al.	E	6	14,5	N	6	2	4	8	150	2
Sankey et al.	E	6	14,5	N	6	2	4	8	110	4
Sankey et al.	C	6	14,5	N	–	–	–	–	–	-1
Stojanović et al.	E	17	16	R	8	2	5	15	243	4,60
Stojanović et al.	C	16	16	R	–	–	–	–	–	0,5
Tricoli et al.	E	12	22	NA	8	3	5	32	112	1
Tricoli et al.	E	12	22	NA	8	3	5	32	112	2,3
Tricoli et al.	C	8	22	NA	–	–	–	–	–	-0,4
Tricoli et al.	C	8	22	NA	–	–	–	–	–	0,4
Turner et al.	E	11	31	R	6	3	6	6	70	2
Turner et al.	C	10	27	R	–	–	–	–	–	0
Vácz M. et al.	E	12	21,9	R	6	2	3	11	68	4
Vácz M. et al.	C	12	22,7	R	–	–	–	–	–	-0,7
Vescovio et al.	E	10	20,3	NA	6	3	8	8	–	1
Vescovio et al.	C	10	19,9	NA	–	–	–	–	–	-0,2
Wilson et al.	E	13	22,1	NE	10	2	2	6	60	3,7
Wilson et al.	C	14	24,1	NE	–	–	–	–	–	0,08

G (grupo): E (experimental), C (control); ND (nivel deportivo): R (regional), N (nacional), I (internacional), NA (no atleta) NE (no especificado); MSV (mejora salto vertical/cm); dS (duración semanas); Frec (días/ semana); nS (número de series); nJ (número de saltos); nE (número de ejercicios).

▲ **Tabla 1.** (Continuación). Resumen de las características de los estudios incluidos bajo los criterios establecidos

## Identificación de las variables independientes

Cada estudio ha sido leído y codificado para identificar y aplicar las variables que pueden afectar al proceso de entrenamiento. Las variables independientes para este estudio han sido estructuradas de la siguiente manera: 1) Características de los sujetos: variables que incluyen la edad (años) y nivel deportivo; 2) Elementos del programa de entrenamiento: variables que incluyen la duración de la intervención (semanas), la frecuencia por semana (días), número de ejercicios, número de series por sesión, número de saltos por sesión, intervalo de descanso entre series de ejercicios y altura del cajón; 3) Resultados de la intervención en el estudio: tipo de test utilizado para identificar los resultados o mejoras obtenidas en el SJ, CMJ o DJ.

## Resultados

Los datos obtenidos nos muestran como las mayores mejoras, de media, en la altura de salto se logran en aquellos programas que tuvieron una duración de 10 semanas (4,24 cm) y con una frecuencia de entrenamiento de 3 días por semana (3,8 cm) (tabla 2). En la tabla 3, vemos como aquellos programas donde se realizan 3 series, logran una mayor media en la altura de salto (4,39 cm). Analizando los resultados de los saltos realizados en cada sesión, vemos también como un volumen de 70 a 100 saltos obtiene las mayores mejoras de media en la altura de salto vertical (5,73 cm). Respecto al número de ejercicios por sesión, que también podemos observar en la tabla 3, vemos como en aquellas sesiones de entrenamiento donde se realizaban un total de 3 ejercicios, se lograba una mayor media en la altura de salto (4,73 cm) respecto a sesiones de entrenamiento que incluían menores o mayores volúmenes de ejercicios.

PE, variables	Media (cm)			n
	General	Deportistas	No deportistas	
Semanas				
4	3,04	3,63	2,45	8
6	3,41	4,26	2,56	19
7	2,29	-	2,29	6
8	3,55	3,34	3,76	16
10	4,24	3,55	4,93	8
12	3,74	3,4	4,07	10
Sesiones por semana				
1	0,55	-	0,55	1
2	3,52	4,18	2,85	36
3	3,8	3,6	4,01	29
4	5,16	-	5,16	1

PE: programa de entrenamiento.

**Tabla 2.** Análisis entre los diversos elementos que configuran los programas de entrenamiento (PE) y los resultados obtenidos

PE, variables de las sesiones	Media (cm)			n
	General	Atletas	No atletas	
Series por sesión				
2	-	4,1	-	4
3	4,39	4,53	4,26	7
4	2,86	3,48	2,24	5
5	-	4,1	-	2
6	3,67	2,95	4,4	9
8	3,61	3	4,22	5
9	-	-	4,7	1
10	-	-	2,6	2
11	-	4	-	1
12	1,36	4,23	-1,5	4
13	-	-	1	1
14	-	-	3,02	3
15	-	5,46	-	3
19	-	-	-0,5	2
21	-	-	2,9	2
22	-	-	2,6	1
32	-	-	1,65	2
36	2,59	3,28	1,9	5
37	-	3,59	-	4
38	-	-	1,3	1
Saltos por sesión				
0-30	3,82	4,576	3,06	7
31-69	3,39	3,98	2,81	14
70-100	5,73	6,24	5,23	13
101-120	1,58	3,03	0,14	11
150-200	3,98	3,4	4,55	5
201-249	4,13	4,6	3,65	3
250-276	2,67	3,43	1,9	10
320	2,9	-	2,9	2
Ejercicios por sesión				
1	3,62	4,66	2,575	17
2	3,75	3,8	3,7	5
3	4,73	3,73	5,73	10
4	2,92	3,55	2,29	19
5	3,58	4,6	2,57	10
6	-	2	-	1
7	-	-	4,3	2
8	-	-	1	1
10	-	-	1,3	1
12	-	3,4	-	1

PE: programa de entrenamiento.

**Tabla 3.** Análisis entre los diversos elementos que configuran los programas de entrenamiento (PE) y los resultados obtenidos

Finalmente, cabe destacar que aquellos sujetos deportistas logran mejores resultados en los test (3,74 cm) respecto a los que no lo son (3,15 cm).

## Discusión y conclusiones

A través del presente estudio podemos afirmar que el EP mejora la altura de salto vertical, corroborando de esta forma lo que anteriores investigaciones (Adams, 1992; Bobbert, 1990; Chen, Y. H. Whan, Peng, Yu, & M. H. Wang, 2013; Clutch, 1983; Faigenbaum, 2007; Gehri, 1998; Hewett & Stroupe, 1996; Holcomb, 1996; Kotsamanidis, 2006; Malifaux, 2006; Markovic, 2007; Newton, 1999; Wilson, 1996) ya han demostrado.

Estas mejoras del rendimiento en la altura de salto vienen dadas por la especificidad del EP respecto a la actividad deportiva practicada así como a la mejora de la capacidad de los sujetos de utilizar y aprovechar la energía elástica y factores neurales que intervienen en los saltos con un componente de CEA (Lytle et al., 1996).

Es por esta razón, que los sujetos con niveles bajos de forma o que no practican ninguna actividad deportiva no se benefician de los efectos del EP respecto a aquellos con buenos niveles de forma física o deportistas experimentados (Holcomb et al., 1996) (*tabla 4*). Además, diversos estudios han demostrado que una mejora del 10% en la altura del salto vertical está relacionada directamente con un incremento de la capacidad de salto específica del deporte practicado (Bobbert, 1990; Markovic, 2007; Wilson, 1993).

Centrándonos ya en el objeto del estudio, donde nos preguntábamos acerca del volumen óptimo de entrenamiento para maximizar la mejora de la altura en el salto vertical, vemos en la *tabla 2* que aquellos grupos que realizaron un entrenamiento de 8 semanas o más de duración con una frecuencia entre 2 y 3 días por semana obtuvieron de media alturas de salto más elevadas que aquellos programas de más corta duración.

<i>Variables independientes</i>	<i>Media (cm)</i>
Grupo	
Experimental	3,44
Control	0,37
Nivel deportivo	
Deportistas	3,74
No deportistas	3,15

**Tabla 4.** Análisis resultados de las variables independientes de las características de los sujetos

No obstante, cabe destacar el hecho de que la población con experiencia deportiva obtuvo las mayor mejoras en los programas de 4 y 6 semanas (3,63 cm y 4,26 cm respectivamente). Estos resultados demuestran que puede haber un umbral de entrenamiento a partir del cual los incrementos en el volumen no producen mejoras significativas en población deportista con un cierto nivel de entrenamiento. Esta afirmación está de acuerdo con el estudio de Sáez de Villarreal et al. (2008) que sugieren que la noción de “a más volumen, más beneficios” es errónea debido a que sujetos físicamente activos, incluidos en un programa de EP de corta duración, alrededor de 7 semanas, solamente pueden mejorar como mucho su altura de salto en un 50% en un programa de 7 semanas de alto volumen de saltos (1680 DJ's) y con una frecuencia de entrenamiento de 4 sesiones semanales.

En cambio para el grupo no deportista, podemos observar que las mejoras más significativas se obtuvieron en los programas de larga duración (de más de 10 semanas) y con una frecuencia de entrenamiento de 4 sesiones semanales. Este hecho puede deberse a que dicho grupo de población, sin previa experiencia en EP, necesita un período más elevado de aprendizaje de la técnica junto con una optimización y activación del sistema neuromuscular (mayor reclutamiento de las unidades motoras, mejora de la sincronización entre las unidades motoras y aumento de excitabilidad de dichas unidades motoras) con tal de controlar de forma más efectiva el movimiento del DJ para obtener mayores beneficios en la capacidad y altura de salto.

La media de series y saltos por sesión de entrenamiento también nos muestra que un volumen bajo de series y moderado de saltos: 3 series por sesión y de 70 a 100 saltos por sesión, producen los mejores resultados de media en la mejora de salto vertical. Analizando los datos por grupos separados, vemos como la población no deportista exhibe mayores mejoras en la altura de salto cuando realiza un número moderado de series (entre 6 y 9) y disminuye el rendimiento a medida que aumenta el volumen.

Por otro lado cabe resaltar que en el grupo de deportistas existe cierta disparidad en el número de series aunque como vemos se benefician más de un elevado volumen de series por sesión (15 series), este resultado puede ser debido a las adaptaciones neuromusculares que ya posean estos sujetos, los cuales necesiten volúmenes más elevados para producir estímulos que favorezcan los procesos neurales que implican una mejora de rendimiento en las acciones pliométricas.

En los resultados observados respecto al número de ejercicios, vemos como la mayoría de estudios utilizan un número bajo de ejercicios (de 1 a 5) y no nos indican diferencias significativas entre ellos.

El dato más remarcable lo podemos observar en el grupo de sujetos deportistas, donde vemos que las mayores mejoras se producen en aquellos programas donde se utilizan 2 o 3 ejercicios solamente.

La misma afirmación se puede hacer para los grupos de sujetos deportistas, donde se ven pocas diferencias en programas en los que se utilizan un número bajo de ejercicios: de 1 a 5. Curiosamente se obtiene el mismo resultado en la mejora de la altura de salto en los estudios donde el grupo de deportistas realizó 1 serie y en los estudios que realizaron 5 series.

Respecto al grupo de no-deportistas podemos observar como los programas que incluyen un volumen de ejercicios bajo (3 ejercicios) y moderado (7 ejercicios) son los más adecuados para lograr mayores mejoras en la altura de salto respecto a los programas con altos volúmenes de ejercicio (más de 8 ejercicios por sesión).

Podemos decir pues, que el grado de entrenamiento y el nivel deportivo de los sujetos nos indica que poseen unos patrones de respuesta diferente en función del volumen de entrenamiento pliométrico aplicado.

Por otra parte vemos como un incremento en el volumen de entrenamiento (duración del programa, frecuencia de entrenamientos por semana, número de series por sesión, número de ejercicios por sesión y número de saltos por sesión) no parece que produzca el estímulo más adecuado para la mejora de la altura del salto vertical ni población deportista ni en población físicamente activa.

Estos datos nos sugieren que puede haber un umbral de entrenamiento a partir del cual los incrementos en el volumen no producen ninguna mejora en lo que respecta a la altura del salto vertical.

El entrenamiento pliométrico resulta ser un método efectivo para la mejora de la altura de salto vertical. El presente estudio así lo demuestra a través de los datos obtenidos, donde claramente podemos ver como los sujetos deportistas como los que no lo son mejoraron su rendimiento en la altura de salto vertical.

El análisis de los diferentes parámetros del volumen de un programa de EP, nos demuestran que: a) para sujetos deportistas o con un buen nivel deportivo una combinación de 8 a 12 semanas de entrenamiento, con una frecuencia de 2 a 3 sesiones semanales, en las cuales se realizan no más de 5 ejercicios, con un total de 12 y 15 series por sesión y en las cuales se den una media de 70

a 100 saltos, parece ser la óptima para maximizar las mejoras en la altura de saltos; b) para sujetos no deportistas o con niveles normales de salud una combinación de 10 a 12 semanas, con una frecuencia de entrenamiento de 3 a 4 sesiones semanales, en las cuales se realizan 3 ejercicios con un total de 6 a 9 series y en las que se da una media de 70 a 100 saltos por sesión, parece ser la mejor combinación para lograr resultados en la altura de salto vertical.

De esta forma podemos determinar que los programas de entrenamiento que incluyen volúmenes moderados son más eficaces para la mejora de la altura de salto vertical respecto a aquellos programas que incluyen volúmenes altos.

Destacar finalmente que para elaborar un programa de entrenamiento pliométrico que nos permita obtener los mejores resultados, se deben tener en cuenta las siguientes variables: el nivel deportivo, el nivel de forma y la edad del sujeto.

## Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- Adams, K., O'Shea, J., O'Shea, K. & Climstein, M. (1992). The effects of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *Journal of Applied Sports Science Research*, 6(1), 36-41. doi:10.1519/1533-4287(1992)006<0036:TEOSWO>2.3.CO;2
- Alkjaer, T., Meyland, J., Raffalt, P.C., Lundbye-Jensen, P., & Simonsen, E.B. (2013). Neuromuscular adaptations to 4 weeks of intensive drop jump training in well-trained athletes. *Physiological Reports*, 1(5), 1-11. doi:10.1002/phy2.99
- Baker, D. (1996). Improving vertical jump performance through general, special and specific strength training: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 131-136. doi:10.1519/00124278-199605000-00015
- Bedi, J. F., Cresswell, A. G., Engel, T. J., & Nicol, S. M. (1987). Increase in jumping height associated with maximal effort vertical depth jumps. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 58(1), 11-15. doi:10.1080/02701367.1987.10605413
- Blakey, J. B., & Southard, D. (1987). The combined effects of weight training and plyometric on dynamic leg strength and leg power. *Journal of Applied Sports Science Research*, 1(1), 14-16.
- Bobbert, M. F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine*, 9(1), 7-22. doi:10.2165/00007256-199009010-00002
- Bobbert, M. F., Huijing, P. A., & Van Ingen Schenau, G. J. (1987). Drop jumping II. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(4), 339-346. doi:10.1249/00005768-198708000-00004
- Bosco, C., & Komi, P. V. (1979). Potentiation of the mechanical behaviour of the human skeletal muscle through pre-stretching. *Acta Physiologica Scandinavica*, 106(4), 467-472. doi:10.1111/j.1748-1716.1979.tb06427.x

- Bosco, C., Komi, P. V., & Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 111(2), 135-140. doi:10.1111/j.1748-1716.1981.tb06716.x
- Campillo, R. R., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2013). Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2714-2722. doi:10.1519/JSC.0b013e318280c9e9
- Canavan, P. K., & Vescovio, J. D. (2004). Evaluation of Power Prediction Equations: Peak Vertical Jumping Power in Women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(9), 1589-1593. doi:10.1249/01.MSS.0000139802.96395.AC
- Cetin, E., & Ozdol, Y. (2012). Jump shot performance and strength training in young team handball players. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46 3187-3190. doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.034
- Chaouachi, A., Hammami, R., Kaabi, S., Chamari, K., Drinkwater, E., & Behm, D. (2014). Olympic weightlifting and plyometric training with children provides similar or greater performance improvements than traditional resistance training *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1483-1496.
- Chelly, M. S., Ghenem, M. A., Abid, K., Hermassi, S., Tabka, Z., & Shephard, R. J. (2010). Effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2670-2676. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e2728f
- Chen, Z.R., Wang, Y.H., Peng, H.T., Yu, C.F. & Wang, M.H. (2013). The acute effect of drop jump protocols with different volumes and recovery time on countermovement jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 154-158. doi:10.1519/JSC.0b013e3182518407
- Chimera N.J., Swanik K.A., Swanik C. B., & Straub, S.J. (2004). Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(1), 24-31.
- Clutch, D., Wilton, M., McGowan, C., & Bryce, G. R. (1983). The effects of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jumps. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(1), 5-10. doi:10.1080/02701367.1983.10605265
- Diallo, O., Dore, E., Duce, P., & Van Praagh, E. (2001). Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 342-348.
- Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Keiper, F. B., Tevlin, W., Rattness, N. A., Kang, J., & Hoffman, J. R. (2007). Effects of a short term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(4), 519-525.
- Ford, J. R., Puckett, J. R., Drummond, J. P., Sawyer, K., Knatt, K., & Fussell, C. (1983). Effects of three combinations of plyometric and weight training programs on selected physical fitness test items. *Perceptual and motor Skills*, 56(3), 919-922. doi:10.2466/pms.1983.56.3.919
- Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470-476. doi:10.1519/1533-4287(2000)014<0470:EOPETW>2.0.CO;2
- Fatouros, I. G., Michailidis, Y., Primpa, E., Michailidis, C., Avloniti, A., Chatzinikolaou, ... Kambas, A. (2013). Plyometrics' trainability in pre-adolescent soccer athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 38-49. doi:10.1519/JSC.0b013e3182541ec6
- Gehri, D. J., Ricard, M. D., Kleiner, D. M., & Kirkendall, D. T. (1998). A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 85-89.
- Herrero, J. A., Izquierdo, M., Maffiuletti, N. A., & García-López, J. (2006). Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *International Journal of Sports Medicine*, 27(7), 533-539. doi:10.1055/s-2005-865845
- Hewett, T. E., & Stroupe, A.L. (1996). Plyometric training in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 24(6), 765-773. doi:10.1177/036354659602400611
- Holcomb, W. R., Lander, J. E., Rutland, R. M., & Wilson, G. D. (1996). The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 89-92. doi:10.1519/1533-4287(1996)010<0089:TEOAMP>2.3.CO;2
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Martino, F., Fiorini, S., & Wisloff, U. (2008). Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), 42-46. doi:10.1136/bjsm.2007.038497
- Khlifa, R., Aouadi, R., Hermassi, S., Chelly, M. S., Jlid, M. C., Hbacha, H., & 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
- King, J. A., & Cipriani, D. J. (2010). Comparing preseason frontal and sagittal plane plyometric programs on vertical jump height in high-school basketball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2109-2114. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e347d1
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197-1206. doi:10.1016/S0021-9290(00)00064-6
- Komi, P. V., & Bosco, C. (1978). Utilisation of stored elastic energy in leg extensor muscle by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10(4), 261-265.
- Kotsamanidis, C. (2006). Effect of plyometric training on running performance and vertical jumping in prepubertal boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 441-445. doi:10.1519/R-16194.1
- Lees, A., & Fahmi, E. (1994). Optimal drop heights for plyometric training. *Ergonomics*, 37(1), 141-148. doi:10.1080/00140139408963632
- Luebbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carpet, M. J., & Lockwood, R. H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 704-709. doi:10.1519/1533-4287(2003)017<0704:EOPETW>2.0.CO;2
- Lyttle, A. N. D., Wilson, G. J., & Ostrowski, K. J. (1996). Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometrics training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3), 173-179. doi:10.1519/00124278-199608000-00008
- Maffiuletti, N. A., Dugnanit, S., Folz, M., Di Pierno, E., & Mauro, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 34(10), 1638-1644. doi:10.1097/00005768-200210000-00016
- Makaruk, H., Winchester, J. B., Sadowski, J., Czaplicki, A., & Sacewicz, T. (2011). Effects of unilateral and bilateral plyometric training on power and jumping ability in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3311-3318. doi:10.1519/JSC.0b013e318215fa33
- Malifaux, L., Francaux, M., Nielens, H., & Theisen, D. (2006). Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of Applied Physiology*, 100(3), 771-779.



- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349-355. doi:10.1136/bjism.2007.035113
- Martel, G. F., Harmer, M. L., Logan, J. M., & Parker, C. B. (2005). Aquatic Plyometric Training Increases Vertical Jump in Female Volleyball Players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(10), 1814-1819. doi:10.1249/01.mss.0000184289.87574.60
- Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., & Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(2), 159-164.
- Miller, M. G., Berry, D. C., Bullard, S., & Gilders, R. (2002). Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(4), 268-283.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (1999). Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(2), 323-330. doi:10.1097/00005768-199902000-00017
- Newton R. U., Rogers, R. A., Volek, J. S., Häkkinen, K., & Kraemer, W. J. (2006). Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 955-961. doi:10.1519/R-5050502x.1
- Ploeg, A. H., Miller, M. G., Holcomb, W. R., O'Donoghue, J., Berry, D., & Dibben, T. J. (2010). The effects of high volume aquatic plyometric training on vertical jump, muscle power, and torque. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 4(1), 39-48.
- Potteiger, J. A., Lockwood, R. H., Haub, M. D., Dolezal, B. A., Almuzaini, K. S., Schroeder, J. M., & Zebas, C. J. (1999). Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 275-279. doi:10.1519/1533-4287(1999)013<0275:MPAFCF>2.0.CO;2
- Rahimi, R., & Behpur, N. (2005). The effects of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *Facta Universitatis Physical Education and Sport*, 3(1), 81-91.
- Rimmer, E., & Sleivert, G. (2000). Effects of plyometric intervention program on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 295-301. doi:10.1519/1533-4287(2000)014<0295:EOAPIP>2.0.CO;2
- Sáez de Villarreal, E. S. S., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2008). Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 715-725. doi:10.1519/JSC.0b013e318163eade
- Sankey, S. P., Jones, P. A., & Bampouras, T. M. (2008). Effects of two plyometric programmes on jump performance. *Serbian Journal of Sports Science*, 2(1-4), 123-130.
- Stojanović, T., & Kostić, R. M. (2002). The effects of the plyometric sport training model on the development of the vertical jump of volleyball players. *Facta universitatis-series: Physical Education and Sport*, 1(9), 11-25.
- Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R., & Ugrinowitsch, C. (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 433-437. doi:10.1519/00124278-200505000-00032
- Turner, A. M., Owings, M., & Schwane, J. A. (2003). Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 60-67. doi:10.1519/1533-4287(2003)017<0060:IIREAW>2.0.CO;2
- Vácz, M., Tollár, J., Meszler, B., Juhász, I., & Karsai, I. (2013). Short-term high intensity plyometric training program in male soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 36(1), 17-26. doi:10.2478/hukin-2013-0002
- Vescovio, J. D., Canavan, P. K., & Hasson, S. (2008). Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women. *Physical Therapy in Sport*, 9(4), 185-192. doi:10.1016/j.ptsp.2008.08.001
- Wilson, G. J., Newton, R. V., Murphy, A. J., & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(11), 1279-1286. doi:10.1249/00005768-199311000-00013