

Anàlisi del volum d'entrenament pliomètric per a la millora del salt

Analysis of Plyometric Training Volume on Vertical Jump Height Performance

RAFAEL COPOVÍ LANUSSE
València Bàsquet Club (Espanya)

Autor per a la correspondència
Rafael Copoví Lanusse
rafa.copovi@gmail.com

Resum

L'objectiu d'aquest estudi va ser determinar l'efecte de diferents volums d'entrenament sobre la millora del salt vertical. Mètode: es va dur a terme una recerca d'informació en les bases de dades *PubMed*, *MedLine* i *SportsDiscus* on es van identificar 59 articles que complien els criteris següents: a) Estudis que incloguin programes d'entrenament pliomètric de membres inferiors, b) Que continguin programes experimentals i mesures vàlides i segures. Aquells programes amb un volum d'entrenament de 8 a 12 setmanes amb una freqüència de 2 a 3 sessions setmanals, en les quals s'executen d'1 a 3 exercicis amb un total de 3 a 8 sèries per sessió i en què es donin una mitjana de 70 a 100 salts, sembla la millor combinació.

Paraules clau: alçària de salt, cicle estirament-escurçament, entrenament pliomètric

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

Introducció

Les accions pliomètriques, també conegudes com a cicle d'estirament escurçament (CEE), formen gran part dels moviments executats en la majoria de les disciplines esportives i resulten un factor diferencial en aquells esports on predomina la capacitat de repetir esforços d'alta intensitat, també coneguda com *Repeated Power Ability* (RPA).

Aquests exercicis es caracteritzen per accions musculars on es produeix un CEE, el qual permet enllaçar ràpidament una acció d'estirada muscular o excèntrica amb una acció muscular miomètrica (Bosco, Komi, & Ito, 1981; Komi, 2000) executada a alta intensitat i que permet desenvolupar la màxima quantitat de força possible en el menor període de temps (Clutch, Wilton, McGowan, & Bryce, 1983).

Els exercicis pliomètrics inclouen *countermovement jumps* (CMJ), *drop jumps* (DJ) i *squat jumps* (SJ).

Aquests exercicis també poden combinar-se amb altres programes d'entrenament o simplement aplicar-se de manera independent. Diversos estudis demostren que l'entrenament pliomètric (EP) produeix increments en nivells de força, potència i coordinació (Adams, J. O'Shea, K. O'Shea, & Climstein, 1992; Baker, 1996; Holcomb, Lander, Rutland, & Wilson, 1996) i milloren a més a més l'economia de cursa (Turner, Owings, & Schwane, 2003). A més a més s'han demostrat augments significatius en la força màxima (Fatouros et al., 2013) els quals poden ser atribuïts a una millora de la coordinació i estabilitat per aconseguir un increment de la tensió muscular, resultant una major producció de força ràpida (RFD) (Clutch et al., 1983).

També cal destacar que aporten beneficis en l'estabilitat articular i milloren els índexs de lesions greus de genoll (Chimera, K. A. Swanik, C. B. Swanick, & Straub, 2004).

Nombroses investigacions (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 demostrat que l'EP produeix millores en l'alçada del salt. D'altra banda també hi ha autors (Canavan & Vescovio, 2004; Herrero, Izquierdo, Maffiuletti, & García-López, 2006; Miller, Berry, Bullard, & Gilders, 2002; Turner et al., 2003) que no van trobar-hi cap millora i fins i tot hi ha altres estudis on es van donar resultats negatius (Luebbers et al., 2003). Tanmateix, certs autors (Blakey & Southard, 1987; Fatouros et al., 2013) estan d'acord en què per optimitzar els resultats d'un EP, aquest ha de combinar-se amb altres mètodes d'entrenament.

Respecte a l'alçada òptima de caiguda per maximitzar els resultats de l'EP cal dir que hi ha certa controvèrsia entre autors (Bedi, 1987; Llegeixes & Fahmi, 1994). Alguns autors suggereixen que l'alçada òptima per executar DJ ha de ser inferior a 60 cm (Bobbert, Huijing, & Van Ingen Schenau, 1987; Bosco, 1979; Komi & Bosco, 1978) mentre que Stojanovic i Kostic (2002) proposen que ha de ser major de 60 cm pel fet que l'atleta ha d'optimitzar la força explosiva i la capacitat reactiva neuromuscular.

Altres factors que semblen ser determinants per a l'efectivitat d'un programa d'EP són la durada i el volum d'entrenament. Diversos estudis han utilitzat diferents combinacions quant a durada, intensitat i volum d'entrenament (Fatouros et al., 2000; Herrero et al., 2006; Martel, Harmer, Logan, & Parker, 2005; Sáez de Vila-real, González-Badillo, & Izquierdo, 2008); encara que no hi ha unanimitat sobre quina és la combinació més efectiva d'aquests per millorar el rendiment dels atletes en el programa d'EP.

El propòsit d'aquest estudi és aclarir, en la mesura que pugui, quines són les variables (volum, durada, intensitat) de la càrrega més efectiva durant un programa d'EP, amb l'objectiu de maximitzar el rendiment en l'alçada de salt vertical.

Mètodes

Recerca d'estudis científics

Per dur a terme l'estudi, es va realitzar una recerca d'informació utilitzant les paraules clau se-

güents (tant en llengua anglesa com en castellana): *jump height, stretch-shortening cycle, plyometric 'training', altura de salto, entrenamiento pliométrico*, CEA.

Les bases de dades on es va fer la recerca van ser: *PubMed, MedLine, SportsDiscus*. Les limitacions imposades per seleccionar els estudis van ser les següents:

- Estudis que utilitzessin dissenys experimentals i mesures segures i vàlides.
- Variables del resultat: proves de rendiment degudament baremades.
- Estudis que utilitzin programes d'entrenament pliomètrics per a membres inferiors.
- Subjectes sans.
- Rang d'edat dels subjectes: joves i adults.
- Estudis que utilitzessin alçada salt com a variable dependent.
- Estudis redactats en llengua anglesa o castellana.

Selecció dels estudis

Un total de 59 estudis van ser inclosos en un primer moment. Després del procés de selecció aplicat, explicat anteriorment, es van identificar 40 estudis que complien les condicions requerides (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; Lytle, Wilson, & Ostrowski, 1996; Maffiuletti, Duganin, Folz, Di Pierro, & 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 Villareal et al., 2008; Sankey, Jones, & Bampouras, 2008; Stojanovic & Kostic, 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) (taula 1).

Autoria	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
Lytle 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 (grup): E (experimental), C (control); NE (nivell esportiu): R (regional), N (nacional), I (internacional), NA (no atleta); NE (no especificat); MSV (millora salt vertical/cm); DS (durada setmanes); Fr (dies/ setmana); nS (nombre de sèries); nJ (nombre de salts); nE (nombre d'exercicis).

Taula 1. Resum de les característiques dels estudis inclosos sota els criteris establerts

Autoria	G	n	E	ND	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 (grup): E (experimental), C (control); NE (nivell esportiu): R (regional), N (nacional), I (internacional), NA (no atleta) NE (no especificat); MSV (millora salt vertical/cm); dS (durada setmanes); Fr (dies/ setmana); nS (nombre de sèries); nJ (nombre de salts); nE (nombre d'exercicis).

Taula 1. (Continuació). Resum de les característiques dels estudis inclosos sota els criteris establerts

Identificació de les variables independents

Cada estudi ha estat llegit i codificat per identificar i aplicar les variables que poden afectar el procés d'entrenament. Les variables independents per a aquest estudi han estat estructurades de la manera següent: 1) característiques dels subjectes: variables que inclouen l'edat (anys) i nivell esportiu; 2) Elements del programa d'entrenament: variables que inclouen la durada de la intervenció (setmanes), la freqüència per setmana (dies), nombre d'exercicis, nombre de sèries per sessió, nombre de salts per sessió, interval de descans entre sèries d'exercicis i alçada de la caixa; 3) Resultats de la intervenció en l'estudi: tipus de test utilitzat per identificar els resultats o millores obtingudes en el SJ, CMJ o DJ.

Resultats

Les dades obtingudes ens mostren com les millores superiors, de mitjana, en l'alçada de salt s'aconsegueixen en aquells programes que van tenir una durada de 10 setmanes (4,24 cm) i amb una freqüència d'entrenament de 3 dies per setmana (3,8 cm) (taula 2). A la taula 3, veiem com aquells programes on es fan 3 sèries, aconseguixen una major mitjana en l'alçada de salt (4,39 cm). Analitzant els resultats dels salts realitzats en cada sessió, veiem també com un volum de 70 a 100 salts obté les majors millores de mitjana en l'alçada de salt vertical (5,73 cm). Respecte al nombre d'exercicis per sessió, que també podem observar a la taula 3, veiem com en aquelles sessions d'entrenament on s'executaven un total de 3 exercicis, s'aconseguia una major mitjana en l'alçada de salt (4,73 cm) respecte a sessions d'entrenament que inclouen menors o majors volums d'exercicis.

	Mitjana (cm)			
PE, variables	General	Esportistes	No esportistes	n
Setmanes				
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
Sessions per setmana				
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 d'entrenament.				

Taula 2. Anàlisi entre els diversos elements que configuren els programes d'entrenament (PE) i els resultats obtinguts

PE, variables de les sessions	Mitjana (cm)			n
	General	Atletes	No atletes	
Sèries per sessió				
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
Salts per sessió				
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
Exercicis per sessió				
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 d'entrenament.				

Taula 3. Anàlisi entre els diversos elements que configuren els programes d'entrenament (PE) i els resultats obtinguts

Finalment, cal destacar que aquells subjectes esportistes aconsegueixen millors resultats en el test (3,74 cm) respecte als qui no ho són (3,15 cm).

Discussió i conclusions

A través del present estudi podem afirmar que l'EP millora l'alçada de salt vertical, corroborant d'aquesta manera el que anteriors investigacions (Adams, 1992; Bobbert, 1990; Chen, I. 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) ja han demostrat.

Aquestes millores del rendiment en l'alçada de salt vénen donades per l'especificitat de l'EP respecte a l'activitat esportiva practicada així com a la millora de la capacitat dels subjectes d'utilitzar i aprofitar l'energia elàstica i factors neurals que intervenen en els salts amb un component de CEE (Lytle et al., 1996).

És per aquesta raó, que els subjectes amb nivells baixos de forma o que no practiquen cap activitat esportiva no es beneficien dels efectes de l'EP respecte a aquells amb bons nivells de forma física o esportistes experimentats (Holcomb et al., 1996) (*taula 4*). A més a més, diversos estudis han demostrat que una millora del 10% en l'alçada de salt vertical està relacionada directament amb un increment de la capacitat de salt específica de l'esport practicat (Bobbert, 1990; Markovic, 2007; Wilson, 1993).

Centrant-nos ja en l'objecte de l'estudi, on ens preguntàvem sobre el volum òptim d'entrenament per maximitzar la millora de l'alçada en el salt vertical, veiem a la *taula 2* que aquells grups que van fer un entrenament de 8 setmanes o més, de durada amb una freqüència entre 2 i 3 dies per setmana van obtenir de mitjana alçades de salt més elevades que aquells programes de més curta durada.

Variables independents	Mitjana (cm)
Grup	
Experimental	3,44
Control	0,37
Nivell esportiu	
Esportistes	3,74
No esportistes	3,15

Taula 4. Anàlisi de resultats de les variables independents de les característiques dels subjectes

No obstant això, cal destacar el fet que la població amb experiència esportiva va obtenir els millors resultats en els programes de 4 i 6 setmanes (3,63 cm i 4,26 cm respectivament). Aquests resultats demostren que pot haver-hi un llindar d'entrenament a partir del qual els increments en el volum no produeixen millores significatives en població esportista amb un cert nivell d'entrenament. Aquesta afirmació està d'acord amb l'estudi de Sáez de Villareal et al. (2008) que suggereixen que la noció d'"a més volum, més beneficis" és errònia pel fet que subjectes físicament actius, inclosos en un programa d'EP de curta durada, al voltant de 7 setmanes, només poden millorar com a màxim la seva alçada de salt en un 50% en un programa de 7 setmanes d'alt volum de salts (1680 DJ's) i amb una freqüència d'entrenament de 4 sessions setmanals.

En canvi per al grup no-esportistes, podem observar que les millores més significatives es van obtenir en els programes de llarga durada (de més de 10 setmanes) i amb una freqüència d'entrenament de 4 sessions setmanals. Aquest fet es pot deure a què aquest grup de població, sense experiència prèvia en EP, necessita un període més elevat d'aprenentatge de la tècnica juntament amb una optimització i activació del sistema neuromuscular (major reclutament de les unitats motores, millora de la sincronització entre les unitats motores i augment d'excitabilitat d'aquestes unitats motores) per tal de controlar de manera més efectiva el moviment del DJ per obtenir majors beneficis en la capacitat i alçada de salt.

La mitjana de sèries i salts per sessió d'entrenament també ens mostra que un volum baix de sèries i moderat de salts: 3 sèries per sessió i de 70 a 100 salts per sessió, produeixen els millors resultats de mitjana en la millora de salt vertical. Analitzant les dades per grups separats, veiem com la població no esportista exhibeix majors millores en l'alçada de salt quan fa un nombre moderat de sèries (entre 6 i 9) i disminueix el rendiment a mesura que augmenta el volum.

D'altra banda, cal ressaltar que en el grup d'esportistes hi ha certa disparitat en el nombre de sèries encara que com veiem es beneficien més d'un elevat volum de sèries per sessió (15 sèries), aquest resultat pot ser a causa de les adaptacions neuromusculars que ja posseeixin aquests subjectes, els quals necessiten volums més elevats per produir estímuls que afavoreixin els processos neurals que impliquen una millora de rendiment en les accions pliomètriques.

En els resultats observats respecte al nombre d'exercicis, veiem com la majoria d'estudis utilitzen un

nombre baix d'exercicis (d'1 a 5) i no ens indiquen diferències significatives entre ells.

La dada més remarcable, la podem observar en el grup de subjectes esportistes, on veiem que les majors millores es produeixen en aquells programes on només s'utilitzen 2 o 3 exercicis.

La mateixa afirmació es pot fer per als grups de subjectes esportistes, on es veuen poques diferències en programes en què s'utilitzen un nombre baix d'exercicis: d'1 a 5. Curiosament s'obté el mateix resultat en la millora de l'alçada de salt en els estudis on el grup d'esportistes va executar 1 sèrie i en els estudis que en van executar 5.

Respecte al grup de no-esportistes podem observar com els programes que inclouen un volum d'exercicis baix (3 exercicis) i moderat (7 exercicis) són els més adequats per aconseguir majors millores en l'alçada de salt respecte als programes amb alts volums d'exercici (més de 8 exercicis per sessió).

Podem dir doncs, que el grau d'entrenament i el nivell esportiu dels subjectes ens indica que posseeixen uns patrons de resposta diferent en funció del volum d'entrenament pliomètric aplicat.

D'altra banda veiem com un increment en el volum d'entrenament (durada del programa, freqüència d'entrenaments per setmana, nombre de sèries per sessió, nombre d'exercicis per sessió i nombre de salts per sessió) no sembla que produeixi l'estímul més adequat per a la millora de l'alçada de salt vertical ni en la població esportista ni en la població físicament activa.

Aquestes dades ens suggereixen que pot haver-hi un llindar d'entrenament a partir del qual els increments en el volum no produeixen cap millora pel que fa a l'alçada de salt vertical.

L'entrenament pliomètric resulta ser un mètode efec-tiu per a la millora de l'alçada de salt vertical. El present estudi així ho demostra a través de les dades obtingudes, on clarament podem veure com els subjectes esportistes i els que no ho són van millorar el seu rendiment en l'alçada de salt vertical.

L'anàlisi dels diferents paràmetres del volum d'un programa d'EP, ens demostren que: a) per a subjectes esportistes o amb un bon nivell esportiu una combinació de 8 a 12 setmanes d'entrenament, amb una freqüència de 2 a 3 sessions setmanals, en les quals s'executen no més de 5 exercicis, amb un total de 12 i 15 sèries per sessió i en les quals es dona una mitjana de 70 a 100 salts, sembla l'òptima per maximitzar les millores en l'alçada de salts; b) per a subjectes no esportistes o

amb nivells normals de salut una combinació de 10 a 12 setmanes, amb una freqüència d'entrenament de 3 a 4 sessions setmanals, en les quals s'executen 3 exercicis amb un total de 6 a 9 sèries i on es dona una mitjana de 70 a 100 salts per sessió, sembla la millor combinació per aconseguir resultats en l'alçada de salt vertical.

D'aquesta manera podem determinar que aquells programes d'entrenament que inclouen volums moderats són més eficaços per a la millora de l'alçada de salt vertical respecte a aquells programes que inclouen volums alts.

Destacar finalment que, per elaborar un programa d'entrenament pliomètric que ens permeti obtenir els millors resultats s'han de tenir presents les variables següents: el nivell esportiu, el nivell de forma i l'edat del subjecte.

Conflicte d'interessos

L'autor declara no tenir cap conflicte d'interessos.

Referències

- 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., & Simon-sen, 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., Ratamess, 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., Duganiti, S., Folz, M., Di Pierro, 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/bjsm.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