

García López, D.; Herrero Alonso, J.A.; Bresciani, G. y de Paz Fernández, J.A (2005). Análisis de las adaptaciones inducidas por cuatro semanas de entrenamiento pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 5 (17) pp. 68- 76 <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista17/artentrenamiento3.htm>

ANÁLISIS DE LAS ADAPTACIONES INDUCIDAS POR CUATRO SEMANAS DE ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

ANALYSIS OF THE ADAPTATIONS INDUCED BY FOUR WEEKS OF PLYOMETRICS

García López, D.; Herrero Alonso, J.A.; Bresciani, G. y de Paz Fernández, J.A

David García López (dfidgl@unileon.es) Universidad de León.

Juan Azael Herrero Alonso (dmpaha@unileon.es) Universidad Europea Miguel de Cervantes

Guilherme Bresciani (dfigbr@unileon.es)

José Antonio de Paz Fernández (dfiapf@unileon.es) Universidad de León.

Recibido 14 de septiembre 2004

RESUMEN

El objetivo de nuestro trabajo fue valorar las adaptaciones inducidas por un programa de entrenamiento pliométrico del tren inferior de 4 semanas de duración (12 sesiones), aplicado a 9 estudiantes de educación física (19.33 ± 1.38 años, 74.89 ± 6.89 Kg), contando también con un grupo control ($n=8$). El grupo experimental obtuvo mejoras en la altura de diferentes saltos verticales (SJ, CMJ y Abalakov), fuerza máxima isométrica de extensión de rodilla y potencia pico en cicloergómetro (test de Wingate), si bien ninguno de estos incrementos fue estadísticamente significativo. El grupo control no mostró mejoras en ningún test. El hecho de que los incrementos no alcanzasen significación estadística pudo deberse a la escasa duración del programa aplicado, en comparación con los programas citados en la literatura.

PALABRAS CLAVE:

Pliometría, Drop Jump, capacidad de salto, test de Wingate.

ABSTRACT

The objective of this study was to value the adaptations induced by a protocol of plyometric training of the lower limb within 4 weeks (12 sessions). Seventeen local students of Physical Education were recruited to perform the training: 9 in the experimental group (19.33 ± 1.38 years, 74.89 ± 6.89 Kg) and 8 in the control group. The experimental group showed improvements on vertical jump in different protocols (SJ, CMJ and Abalakov), maximum isometric force of extension of the knee and peak power in the cycloergometer (Wingate anaerobic test), although none of

these increments was statistically significant. The control group showed no improvements when asked to perform the tests again. The fact that the increments did not reach statistical meaning could be explained by the scarce duration of the protocol selected, in comparison with others protocols found in the literature.

KEYWORDS

Plyometrics, drop jump, jump capacity, Wingate Anaerobic Test.

ANTECEDENTES

Si consideramos que en la mayoría de gestos deportivos, toda contracción concéntrica va precedida de un estiramiento muscular, nos daremos cuenta de la importancia que actualmente se da al mecanismo pliométrico de trabajo muscular, también conocido como Ciclo Estiramiento-Acortamiento (CEA), que *Verkhoshansky* (1999) define como *la capacidad específica de desarrollar un impulso elevado de fuerza inmediatamente después de un brusco estiramiento muscular*. Dicho es la capacidad de pasar rápidamente del trabajo muscular excéntrico al concéntrico. Esta es la base del entrenamiento pliométrico, aplicado actualmente en gran número de disciplinas deportivas.

Aspectos como la altura óptima de caída en los *Drop Jump* (DJ), el número de series y repeticiones por sesión, los periodos de descanso entre las mismas, etc., han sido ampliamente estudiados sin constatar unanimidad entre los autores. Así, respecto a la altura óptima de caída, *Diallo y cols.* (2001) obtuvieron buenos resultados con un entrenamiento en el que dicha altura no superaba los 40 cm, si bien se trataba de adolescentes (12-13 años). *Matavulj y cols.* (2001), por su parte, compararon dos programas de entrenamiento, basados en DJ, en los que se utilizaban distintas alturas de caída (50 y 100 cm, respectivamente), no encontrando diferencias significativas al comparar las mejoras de ambos grupos. *Verkhoshansky* (1999) indica que la altura de caída depende de los objetivos que pretendamos conseguir; así, si queremos trabajar la fuerza explosiva y la capacidad reactiva del sistema neuromuscular, la altura óptima está alrededor de 0.75 m. Por el contrario, si queremos trabajar la fuerza máxima es oportuno utilizar alturas equivalentes a 1.10 m. Alturas mayores a las indicadas, según el autor, implican una flexión más profunda durante la fase de amortiguación, lo que se traduce en un aumento del tiempo de transición entre trabajo excéntrico y trabajo concéntrico y en una pérdida de la energía elástica en forma de calor.

Respecto al número de sesiones por semana y al número de saltos por sesión, tampoco hay unanimidad entre los autores, si bien todos indican que hay que tener en cuenta la preparación y el nivel de fuerza del atleta. La mayoría de autores consultados recomiendan tres sesiones por semana (*Adams*, 1984; *Diallo y cols.*, 2001). *Verkhoshansky* (1999) indica que sólo en el caso de atletas realmente preparados se pueden programar tres sesiones semanales. En lo que sí coinciden los autores consultados es en la necesidad de respetar al menos un día de descanso (sin trabajo pliométrico) entre dos sesiones consecutivas. Algunos estudios que coinciden en que el número de saltos (DJ) por sesión para sujetos no entrenados no debe superar los 20 (*Verkhoshansky*, 1967; *Adams*, 1984). Si hablamos de atletas entrenados, este número aumenta considerablemente; así, en la literatura encontramos desde los 40 saltos por sesión (4 series de 10 saltos) (*Verkhoshansky*, 1967) hasta los 200-400 saltos por sesión que, según *McGown y cols.* (1990), realizaban en su preparación los jugadores de la selección estadounidense ganadora del oro en voleibol durante la Olimpiada de 1984. De cualquier manera, el número de saltos por serie o por sesión debe estar determinado en todo momento por la calidad de la ejecución técnica y la altura del salto posterior; estas dos variables han de ser máximas durante toda la sesión, por lo que un empeoramiento en alguna de ellas indicará que el volumen de saltos es excesivo. *Verkhoshansky* (1999) indica que el límite en cuanto al número de saltos se alcanza antes de que el deportista empiece a sentirse cansado, por lo que es fácil superar ese límite sin darse cuenta. En este aspecto, es mejor quedarse corto que excederse.

En la literatura aparece reflejada una gran variedad de protocolos de entrenamiento pliométrico, lo que hace muy difícil concluir cuál es el más adecuado. En la tabla 1 se resumen las características de los programas de entrenamiento utilizados en algunos estudios.

Tabla 1. Características de los programas de entrenamiento utilizados en algunos estudios, donde **SJ** = Squat Jump, **ABK** = Abalakov, **CMJ** = Counter Movement Jump, **S&R** = Stand and Reach test, **RJ15"** = Repeat Jump (15 segundos).

AUTOR	DURACIÓN DEL PROGRAMA	ALTURA DE CAÍDA EN LOS DJ	NÚMERO DE SALTOS/SESIÓN	TEST EN LOS QUE SE OBTUVO MEJORA
Hakkinen y Komi (1985)	24 semanas (72 sesiones)	No especifica	100 – 200 (apoyos)	SJ (P<0.01)
Brown y cols. (1986)	12 semanas (36 sesiones)	No especifica	30	ABK (P<0.05)
Wilson y cols. (1993)	10 semanas (30 sesiones)	20 – 80 cm	30 – 60	CMJ (P<0.05) (10.3%)
Flarity y cols. (1997)	9 semanas (27 sesiones)	No especifica	No especifica	Seargent (P<0.05)
Fatouros y cols. (2000)	12 semanas (36 sesiones)	30 – 80 cm	80 – 220 (apoyos)	S&R (P<0.05) (11.3%)
Diallo y cols. (2001)	10 semanas (30 sesiones)	30 – 40 cm	200 – 300 (apoyos)	CMJ (P<0.01) (11.6%) SJ (P<0.01) (7.3%) RJ15" (P<0.01)
Matavulj y cols. (2001)	6 semanas (18 sesiones)	50 cm 100 cm	30	SJ (P<0.05)(12.8%) SJ (P<0.05)(13.3%)
Spurrs y cols. (2003)	6 semanas (15 sesiones)	No especifica	127 (media) (apoyos)	CMJ (P<0.05)

Son muchos los trabajos que estudian los protocolos más eficaces y las adaptaciones inducidas por esta forma de entrenamiento; cabe destacar que no encontramos ningún estudio que aplique un programa de entrenamiento de duración inferior a las 6 semanas.

En base a esto, el objetivo que nos marcamos al diseñar el presente trabajo fue comprobar si un entrenamiento pliométrico del tren inferior, con una duración menor de lo habitual (12 sesiones en total), provoca adaptaciones detectables en la fuerza explosiva, fuerza máxima isométrica y potencia anaeróbica en estudiantes de Educación Física.

MÉTODOS

En el estudio participaron 17 sujetos, divididos en dos grupos: *grupo experimental*, compuesto por 9 sujetos (19.33±1.38 años, 74.89±6.89Kg), el cual realizó el programa de entrenamiento pliométrico, y *grupo control*, con 8 sujetos (20.75±2.19 años, 71.59±6.79 Kg). Todos los sujetos, varones, estudiantes de la Licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, en la FCAFD de León, se adscribieron voluntariamente al estudio. Previamente al comienzo del mismo, todos ellos fueron debidamente informados acerca del propósito y características de la investigación.

El programa de entrenamiento tuvo una duración de 4 semanas, a razón de 3 sesiones por semana, de aproximadamente una hora cada una. Se siguió en todo momento el principio de progresividad, utilizándose las primeras sesiones como trabajo de aclimatación. En todos los

ejercicios se incidía en que la explosividad debía ser máxima. Todas las sesiones, con una media de 163 apoyos, se llevaron a cabo sobre una superficie de césped. En la tabla 2 se especifica el número total de apoyos en cada sesión para cada tipo de ejercicio.

Tabla 2. Número de apoyos para cada tipo de ejercicio a lo largo del programa pliométrico.

TAREAS SESIÓN	EJERCICIOS BANCOS SUECOS	MULTISALTOS HORIZONTALES	EJERCICIOS CON VALLAS	DROP JUMP	TOTAL
1	52 aps.	44 aps.	54 aps.	-	150 aps.
2	50 aps.	48 aps.	66 aps.	-	164 aps.
3	50 aps.	52 aps.	72 aps.	-	174 aps.
4	46 aps.	54 aps.	80 aps.	-	180 aps.
5	42 aps.	60 aps.	86 aps.	-	188 aps.
6	36 aps.	64 aps.	100 aps.	-	200 aps.
7	-	60 aps.	90 aps.	30 aps.	180 aps.
8	-	55 aps.	84 aps.	35 aps.	174 aps.
9	-	46 aps.	74 aps.	40 aps.	160 aps.
10	-	36 aps.	46 aps.	48 aps.	130 aps.
11	-	36 aps.	40 aps.	54 aps.	130 aps.
12	-	36 aps.	36 aps.	58 aps.	130 aps.

Los sujetos fueron evaluados antes del comienzo de las sesiones de entrenamiento e inmediatamente después del último día de trabajo. La batería de tests que se llevó a cabo fue la siguiente, aplicándose cada uno de ellos en el orden en que están descritos.

- **Test de saltos verticales:** *Test Abalakov (ABK)* (Fig. 1), *Test Counter Movement Jump (CMJ)* (Fig. 2) y *Test Squat Jump (SJ)*(Fig. 3).

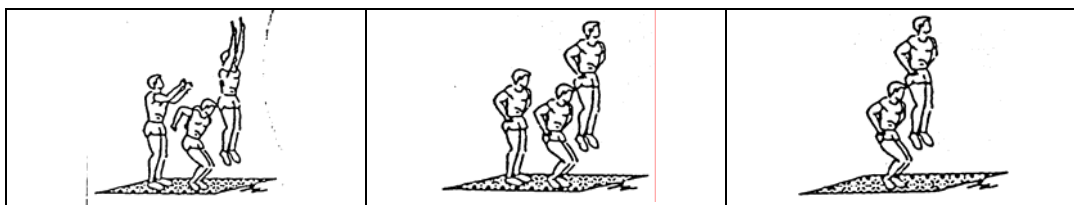


Fig. 1 - ABK

Fig. 2 - CMJ

Fig. 3 - SJ

Cada sujeto realizaba tres intentos para cada tipo de salto, de los cuales se descartaban los dos peores. Se utilizó una plataforma de contacto *Ergo Jump Bosco/System*[®].

- **Test de Fuerza Máxima Isométrica (FMI)** de los extensores de la rodilla, para el cual se estandarizó una altura de la barra que supusiese un ángulo de rodilla lo más cercano posible a 125°. El sujeto, con la barra sujeta por ambas manos y apoyada en la nuca, realizaba una contracción máxima de cuádriceps, aplicando verticalmente, contra dicha barra, toda la fuerza posible durante 6 s (Fig. 4 y 5). Se realizaron dos intentos recogiendo los datos con una frecuencia de muestreo de 100 Hz para su posterior análisis. El mejor de los dos ensayos fue escogido. Para esta prueba se utilizaron dos plataformas de fuerza extensiométricas *Dinascam 600M*[®], con capacidad para medir fuerzas en los tres ejes.



Fig. 4: Test de FMI



Fig. 5: Test de FMI

- **Test de Wingate**, llevado a cabo en un cicloergómetro de freno electromecánico *Monark*[®] 829E (Fig. 6). Este test, máximo, de 30 segundos de duración, que se realiza con una fuerza de frenado de 0.075Kp por cada Kg de masa del sujeto, nos permite conocer, entre otros valores, la potencia pico (PP) y la potencia media (PM). Para contabilizar las revoluciones del pedal se utilizó un sistema de células fotoeléctricas *DSD Laser System*[®] V1.8 (Fig. 7), que transmitían los datos a un ordenador portátil, lo que nos permitía, a través del software *Sport Speed*[®], calcular las variables anteriormente mencionadas.



Fig. 6: Test de Wingate



Fig. 7: Sistema de medición mediante células

fotoeléctricas.

RESULTADOS

En la tabla 3 se resumen los resultados obtenidos en los dos tests (pre y post entrenamiento), así como la significación estadística de las diferencias existentes entre ambas mediciones. Para dicho análisis se utilizó la prueba para dos muestras relacionadas de *Wilcoxon* ($p < 0.05$). El estudio de las correlaciones se llevó a cabo a través del *índice de Spearman*.

Tabla 3: Resultados, expresados como media \pm desviación estándar, tanto del grupo experimental como del grupo control, donde NS= Ninguna significación estadística.

	GRUPO EXPERIMENTAL			GRUPO CONTROL		
	TEST 1	TEST 2	SIGNIF.	TEST 1	TEST 2	SIGNIF.
MASA (Kg)	74.9 \pm 6.8	76.0 \pm 6.5	NS	71.6 \pm 6.8	71.5 \pm 6.3	NS
ABK (cm)	48.3 \pm 5.6	48.8 \pm 5.7	NS	42.5 \pm 8.0	42.1 \pm 7.3	NS
CMJ (cm)	40.9 \pm 6.7	42.4 \pm 5.31	NS	34.6 \pm 6.4	34.6 \pm 6.0	NS
SJ (cm)	38.0 \pm 6.0	38.5 \pm 4.6	NS	31.1 \pm 7.0	31.3 \pm 6.6	NS
FMI (N)	3141.1 \pm 707.8	3332.9 \pm 566.0	NS	2498.4 \pm 486.9	2567.1 \pm 445.6	NS
PP (W)	822.8 \pm 81.6	839.9 \pm 85.4	NS	799.4 \pm 70.2	756.1 \pm 41.2	NS
PM (W)	696.2 \pm 63.5	695.4 \pm 76.0	NS	659.8 \pm 55.3	630.2 \pm 34.6	NS

DISCUSIÓN

Al contrastar nuestros resultados con la literatura, encontramos que en la mayoría de estudios sí se detectan mejoras significativas en la capacidad de salto tras programas de entrenamiento pliométrico, sobre todo en el salto con contramovimiento (*Wilson y cols.*, 1993; *Flarity y cols.*, 2001; *Diallo y cols.*, 2001; *Matavulj y cols.*, 2001; *Spurrs y cols.*, 2003). Aun así, hay trabajos que, al igual que nosotros, no encuentran mejoras significativas en dicha capacidad; así, *Turner y cols.* (2003), tras un programa de entrenamiento de 6 semanas (18 sesiones), no encuentran incrementos significativos en la altura de salto en test como el CMJ o el SJ. *Brown y cols.*

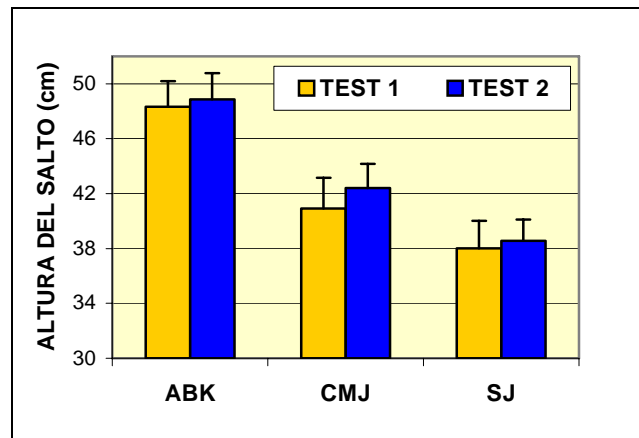


Fig.8: Comparación de la altura de salto obtenida en cada uno de los tres tests por el grupo experimental, antes y después del entrenamiento.

(1986), por su parte, tras 12 semanas de entrenamiento pliométrico aplicado a una muestra de jugadores de baloncesto, encontraron mejoras significativas en ABK, pero no en CMJ. En nuestro caso, como se puede observar en la figura 8, el grupo experimental mejoró la altura de salto en los tres test, si bien estas mejoras no alcanzaron significación estadística. Coincidimos con la mayoría de estudios consultados en que el test más sensible a las adaptaciones inducidas por el entrenamiento pliométrico es el CMJ (3.6%). La falta de significación estadística en los incrementos de la altura de salto puede deberse a la escasa duración del programa aplicado, inferior a todos los que refleja la literatura consultada. Además, la progresividad seguida en la administración de la carga (para evitar posibles lesiones, puesto que los sujetos no tenían experiencia en este tipo de entrenamiento) hizo que la intensidad global del programa no fuese la suficiente como para provocar adaptaciones importantes en la capacidad de salto.

Con respecto a los resultados en FMI, como se puede observar en la tabla 3, no hemos encontrado variaciones significativas (ni en grupo experimental ni en grupo control). Aun así, el grupo que siguió el entrenamiento pliométrico experimentó una pequeña mejora (6.11 %), ligeramente superior al grupo control (2.76 %) (Fig.9). Coincidimos por tanto con *Wilson y cols.* (1993), que no encontraron diferencias significativas en FMI tras 5 semanas (2 sesiones por semana) de entrenamiento pliométrico basado en *DJ*.

Como indica *Verkhoshansky* (1999), en función de la altura de caída que utilicemos en los entrenamientos, desarrollaremos unos aspectos u otros de la fuerza. Así, para trabajar la fuerza máxima, este autor propone utilizar alturas entorno a 1.10 m. Por lo tanto, es probable que si hubiésemos utilizado alturas de ese calibre podríamos haber logrado mejoras en FMI, pero

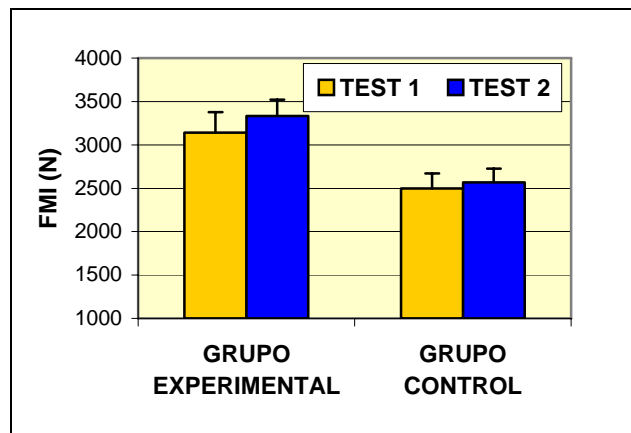


Fig.9: Comparación de la FMI desempeñada por ambos grupos, antes y después del período de entrenamiento.

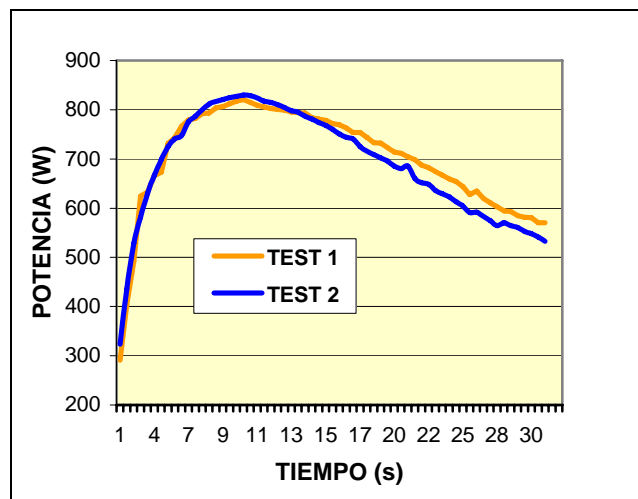


Fig.10: Comparación de la gráfica potencia-tiempo en el test de Wingate realizado por el grupo experimental antes y después del entrenamiento

recordemos que, en nuestras sesiones, la máxima altura utilizada en los *DJ* fue de 1 m, y sólo en la última semana de entrenamiento, lo cual pudo resultar un estímulo insuficiente para mejorar esta cualidad.

Con respecto a los resultados del test de *Wingate*, cabe decir que no se han encontrado diferencias significativas entre el test realizado antes y el test realizado después del entrenamiento. Se observa en el grupo experimental un ligero incremento en cuanto a PP (2.1%), el cual correlaciona moderadamente ($r = -0.65$) con la ligera disminución experimentada por la PM (0.1%), si bien ninguna de estas dos variaciones presenta significación estadística. Resulta interesante, respecto al grupo experimental, la ligera disminución en cuanto al tiempo empleado en alcanzar dicha potencia pico (Fig. 10), así como una mayor caída de la gráfica (índice de fatiga); es decir, se alcanza un mayor pico en menor tiempo, pero la potencia experimenta una caída más acusada desde el pico hasta el final del test, lo que parece explicar la ligera disminución de la PM.

Los resultados del presente estudio concuerdan con los obtenidos por *Flarity y cols.* (1997), que tampoco encontraron mejoras significativas en PP y PM tras un entrenamiento pliométrico, que en su caso tuvo una duración de 9 semanas a razón de 3 sesiones por semana. *Wilson y cols.* (1993) tampoco hallaron incrementos significativos en PP tras un entrenamiento pliométrico de 10 semanas de duración, a razón de 2 sesiones por semana. Sin embargo *Diallo y cols.* (2001), con un entrenamiento también de 10 semanas (aunque con tres sesiones por semana) sí encontraron una mejora significativa en PP. Hay que señalar que en estos dos últimos estudios comentados (*Wilson y cols.*, 1993; *Diallo y cols.*, 2001) se utilizó una variante del test de *Wingate* de 10 segundos, sólo encaminada a cuantificar la PP. Resulta interesante el estudio de *Pérez-Gómez y cols.* (2003), donde tras un entrenamiento pliométrico de 6 semanas (18 sesiones) se observa un incremento significativo en PP (4%; $p < 0.05$), acompañado por un incremento en PM (3%), si bien este último no goza de significación estadística.

CONCLUSIONES

- 1) Un programa de entrenamiento pliométrico de 4 semanas de duración, a razón de 3 sesiones por semana y con una media de 163 apoyos por sesión, aplicado a estudiantes de educación física, no produce incrementos significativos en la fuerza explosiva.
- 2) El programa de entrenamiento utilizado no produce incrementos significativos en la Fuerza Máxima Isométrica de extensión de cuádriceps.
- 3) Dicho programa de entrenamiento no provoca variaciones significativas en las variables Potencia Pico y Potencia Media, estimadas a través del test anaeróbico de *Wingate*.

Son necesarios nuevos estudios, que trabajen con distintos programas de entrenamiento pliométrico (variando intensidades y volúmenes) para ver si realmente cuatro semanas de

estimulación pliométrica son capaces de provocar adaptaciones significativas en capacidades relacionadas con la manifestación explosiva de la fuerza.

REFERENCIAS

- Adams, T. (1984). An investigation of selected plyometric training exercises on muscular leg strength and power. *Track and Field Quarterly Review*, 8, 54-55.
- Brown, M.E., Mayhew, J.L., Boleach, L.W. (1986). Effect of plyometric training on vertical jump performance in high school basketball players. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 26(1):1-4.
- Diallo, O., Dore, E., Duche, P., Van Praagh, E. (2001). Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness.*, 41(3), 342-348.
- 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. *J. Strength Cond Res.*, 14(4), 470-476.
- Flarity, J.R., Shilstone, M., Iglesia, T., Fisher, Z.C. (1997). The effectiveness of the Strengt Shoe® in enhancing sport specific skills. <[http:// www.strength-systems.com/strshoes.php](http://www.strength-systems.com/strshoes.php)>. [Consulta: 04/09/03].
- Hakkinen, K., Komi, P. (1985). Effect of explosive strength training on electromyographic and force production characteristics of legs extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scand. Jour. Sports Sci.*, 7(2), 65-76.
- Matavulj, D., Kukulj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 41(2), 159-164.
- McGown, C.M., Conlee, R.K., Sucec, A.A., Buono, M.J., Tamayo, M., Phillips, W., Laubach, L.L., Beal, D.P., Bassett-Frey, M.A. (1990). Gold medal volleyball: the training program and physiological profile of the 1984 Olympic champions. *Res. Q. Exerc. Sport*, 61(2), 196-200.
- Pérez-Gómez, J., Vicente-Rodríguez, G., Ara Royo, I., Chavarren Cabrero, J. & López Calbet, J. A. (2003). Effects of 6 weeks of plyometric training on the performance achieved during simulated sprints on the cycle ergometer. *Actas del II Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. Granada.
- Spurrs, R.W., Murphy, A.J., Watsford, M.L. 2003. The effect of plyometric training on distance running performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 89(1), 1-7.
- Turner, A.M., Owings, M., Schwane, J.A. (2003). Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *J. Strength Cond. Res.* 17(1), 60-7.
- Verkhoshansky, Y. (1967). Are depth jumps useful?. *Track and Field*, 12(9).
- Verkhoshansky, Y. (1999). *Todo sobre el método pliométrico*. Barcelona. Paidotribo.
- Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J., Humphries, B.J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25(11), 1279-1286.