

Monograph

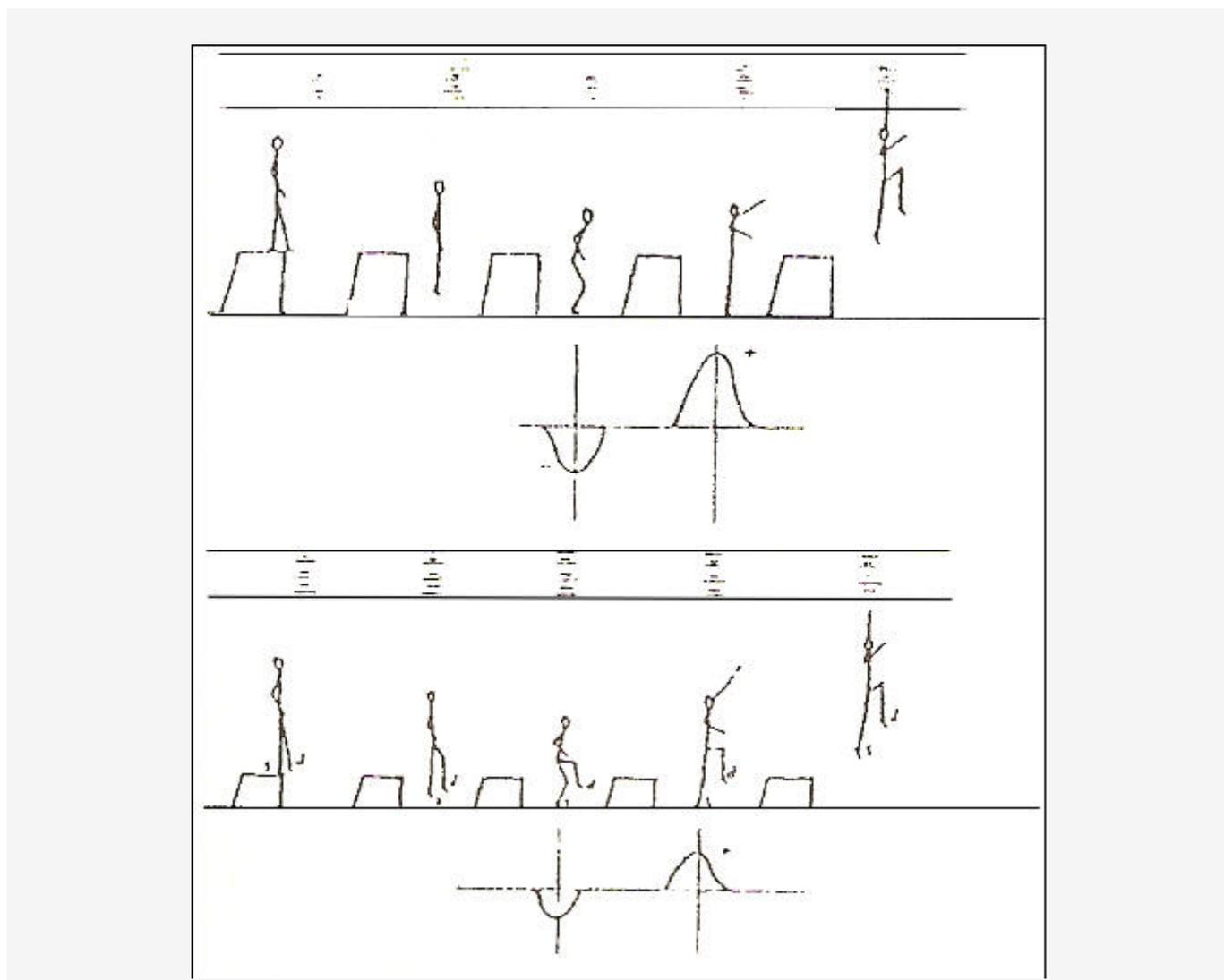
El entrenamiento Pliométrico: Antecedentes Históricos

Gilles Cometti¹

¹UFR STATPS Dijon, Université Bourgogne, Dijon, Francia.

Palabras Clave: pliometría, saltos con caída, entrenamiento

El primero en atraer la atención de los entrenadores hacia la contracción pliométrica fue Zanon (1974). Este propuso diversos tests (ver "la pliometría", Cometti, 1988) y situaciones de entrenamiento (Figura 1).



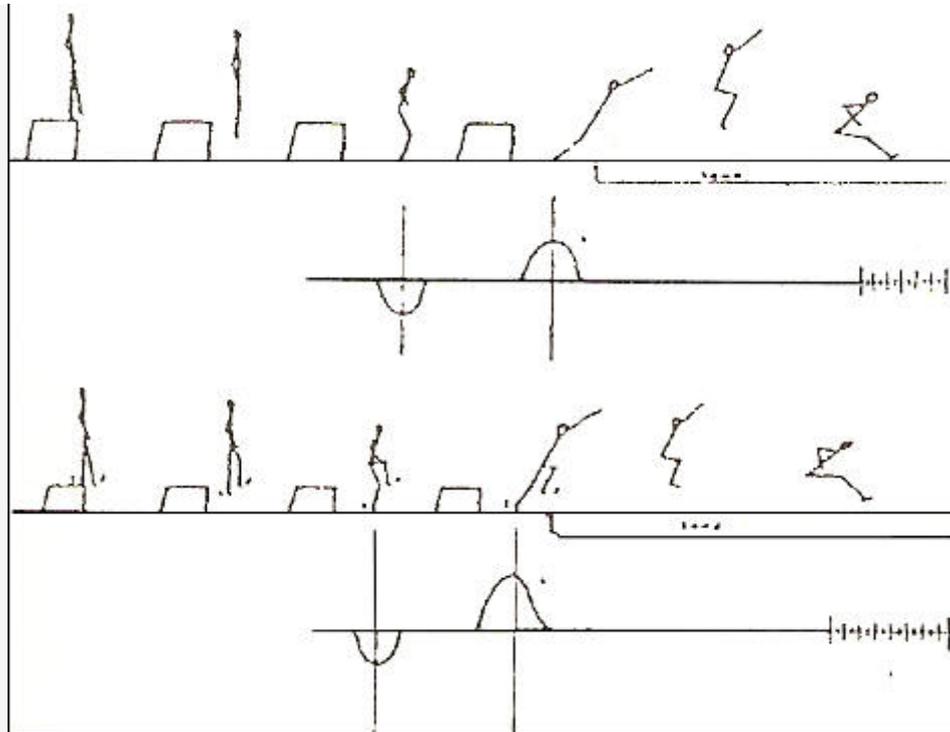


Figura 1. Ejemplos de ejercicios propuestos por Zanon.

Asmunssen (1974) fue el primero en proponer la utilización de tres tests (SJ, CMJ Y DJ) para evaluar el rendimiento de fuerza explosiva. Asmunssen mostró que los sujetos mejoraban su rendimiento en su 5% cuando pasaban del SJ al CMJ, y en un 11% cuando pasaban del SJ al DJ (Figura 2).

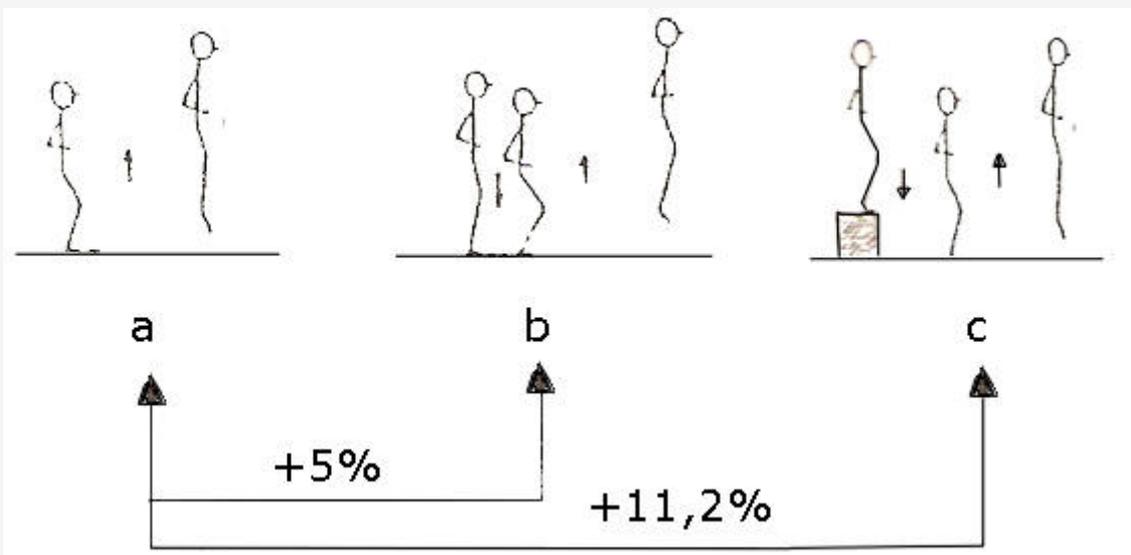


Figura 2. Test y resultados del estudio de Asmunssen (1974).

DATOS EXPERIMENTALES

Bosco fue uno de los primeros investigadores en interesarse en la pliometría y su incidencia sobre el entrenamiento deportivo. Realizó diversos estudios en este campo, algunos de los cuales se presentan en este artículo.

Primer Estudio de Bosco (1979)

Este estudio fue llevado a cabo entre 1976 y 1978, y se incluyeron dos grupos de jugadores de voleibol:

- Un grupo de 8 hombres perteneciente al equipo de Finlandia.
- Un grupo de 8 mujeres de nivel nacional.

Los dos grupos se entrenaron 5 a 6 veces semanales utilizando un programa de musculación tradicional. El grupo de mujeres jugadoras de voleibol sirvió de grupo de control. En el grupo masculino se introdujo tres veces por semana una sesión en la cual se realizaban 7 a 9 series de 10 saltos con caída, desde una altura de salto óptima para cada individuo, y con un período de recuperación entre las series de 4 minutos. Tanto antes como después del entrenamiento se evaluó el rendimiento en el salto vertical mediante los tests de salto desde media sentadilla (“*squat jump*”, SJ), salto con contramovimiento (“*countermovement jump*”, CMJ) y salto con caída (“*drop jump*”, DJ).

Grupos	Tests	SJ (cm)	CMJ (cm)	DJ (cm)
Jugadores de voleibol	antes	37,5	42,3	39,3
	después	39,9	47,1**	45,1*
Jugadoras de Voleibol	antes	23,9	27,8	30,7
	después	23,5	28,3	31,2

Tabla 1. Resultados del experimento de pliometría en jugadores de voleibol (Bosco, 1979).

El análisis de los datos indicó que, en el grupo experimental, los resultados en el SJ no habían variado en forma significativa, sin embargo, en los tests que hacían intervenir la elasticidad se observó una mejora significativa del rendimiento (11% en el CMJ y 15% en el DJ).

Segundo Estudio de Bosco (1982)

Este estudio también se llevó a cabo con jugadores de voleibol, pero esta vez con una variante en los ejercicios de pliometría. En lugar de amortiguar los saltos con caída mediante una flexión natural de rodillas relativamente pequeña, se les indicó a los sujetos que debían partir desde el plinto y llegar al suelo con una flexión de rodilla de 90 grados. En este caso el brazo de palanca es desfavorable y entonces el atleta se ve obligado a desarrollar una tensión más importante (Figura 2).

Para este estudio se utilizaron dos grupos de sujetos:

- 14 jugadores del equipo de Italia de voleibol que sirvieron de grupo de experimental.
- 11 jugadores del equipo de voleibol universitario que sirvieron de grupo de control.

El grupo experimental introdujo 2 veces por semana en su entrenamiento sesiones que comprendían ejercicios de saltos con caída con flexión de rodillas 90 grados. El estudio tuvo una duración de 8 semanas. Los resultados de los tests se muestran en la Tabla 3.

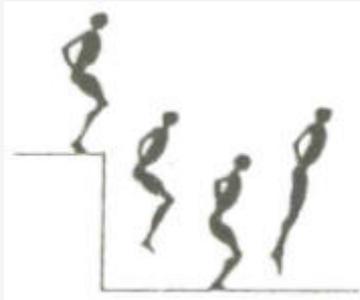


Figura 3. El ejercicio de Bosco (salida desde el plinto y recepción en el suelo con flexión de rodillas a 90 grados).

	Edad	altura	Peso	Mayo 1981		8 semanas después	
				SJ	CMJ	SJ	CMJ
Equipo Italiano de Voleibol	24,5	194,5	87,1	37,7	46,4	49,2	55,8
Equipo Universitario	21,6	192,5	84,7	41,8	50,2	38,5	47,6

Tabla 3. Resultados del entrenamiento de pliometría con flexión de rodillas a 90 grados.

Experiencias con “Sobrecarga”

Hoy interesa mucho saber cual sería la carga ideal que debe manejar el atleta. Verkhoshansky (1982) propone para tal elección una referencia al peso del cuerpo. Sin embargo, Bosco (1985) propone otra solución. Si el atleta debe entrenarse con una carga suplementaria, es necesario hallar un medio que permita individualizar la carga. Además, si el atleta debe realizar un trabajo de pliometría, es necesario elegir el peso según criterios que estén relacionados con el estiramiento. Para esto, Bosco propuso un protocolo que se muestra en la Tabla 4.

Carga	0	10	20	29,6
CMJ (cm)	45,4	36,2	33,8	30,1
SJ(cm)	42	31	16	27,9
H= (CM-SJ)(cm)	3,4	5,1	4,2	2,2

Tabla 4. Elevación del centro de gravedad “G” (para un sujeto de 70 kg) en función de la carga, durante la realización de SJ y CMJ (Bosco, 1985).

El protocolo propuesto por Bosco es el siguiente: el sujeto realiza 2 tests de SJ y CMJ con cargas que se van incrementando progresivamente (0, 10, 20, 30, etc.), y se calcula para cada etapa la diferencia entre el CMJ y el SJ. Como puede observarse en la Tabla 4, este valor evoluciona hasta alcanzar un máximo (en la Tabla 4, esta diferencia máxima se alcanza con la carga de 10 kg). Según Bosco, la carga con la cual se alcanza la máxima diferencia entre el SJ y el CMJ es la sobrecarga ideal para el atleta.

Si se comparan los resultados obtenidos por Bosco con los de la literatura, se observan ciertas diferencias. Se habla hasta de un peso equivalente al 5 % del peso corporal. Bosco alcanza valores del 10 al 25% para los jugadores del equipo de Italia de Voleibol, y del 20 al 30% para los saltadores (hombres y mujeres) de nivel internacional. Caiozzo y Kyle (1980) confirmaron estos resultados con valores que van del 10 al 40% del peso corporal.

Relación Fuerza-Velocidad

Se puede establecer una curva fuerza-velocidad como lo hizo Zatsiorski (1966), pidiendo a un atleta que salte partiendo de una posición de flexión de rodillas (SJ) y haciendo variar el peso del cuerpo del atleta con la ayuda de una sobrecarga

(Figura 4).

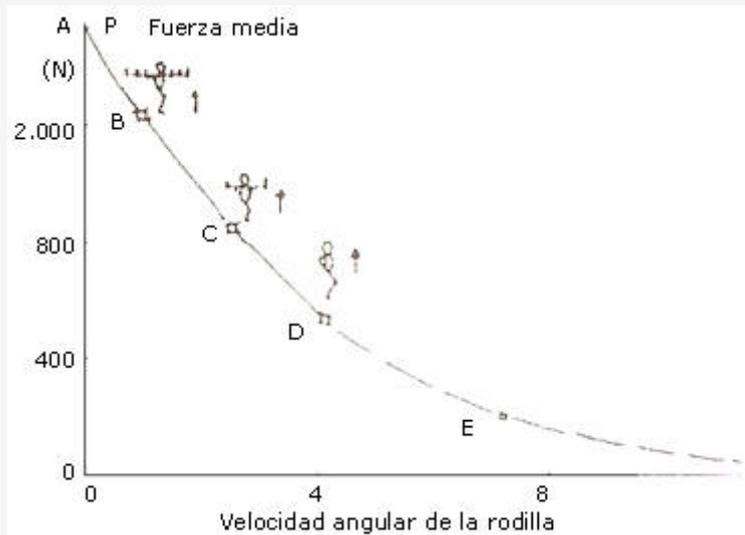


Figura 4. Curva fuerza-velocidad realizada midiendo la velocidad angular de la rodilla (abscisas) y la fuerza desarrollada en el suelo (ordenadas), aumentando progresivamente la sobrecarga (Bosco, 1985).

En los impulsos que tienen lugar durante un evento deportivo, el atleta debe producir una fuerza muy importante en un tiempo muy corto. Esto no es posible para Bosco sin hacer medición de la elasticidad muscular. La Figura 5 muestran dónde se sitúan los esfuerzos pliométricos (DJ, impulso de altura o longitud). Se comprueba que la eficacia de estas situaciones es superior; la curva se encuentra desplazada hacia la derecha.

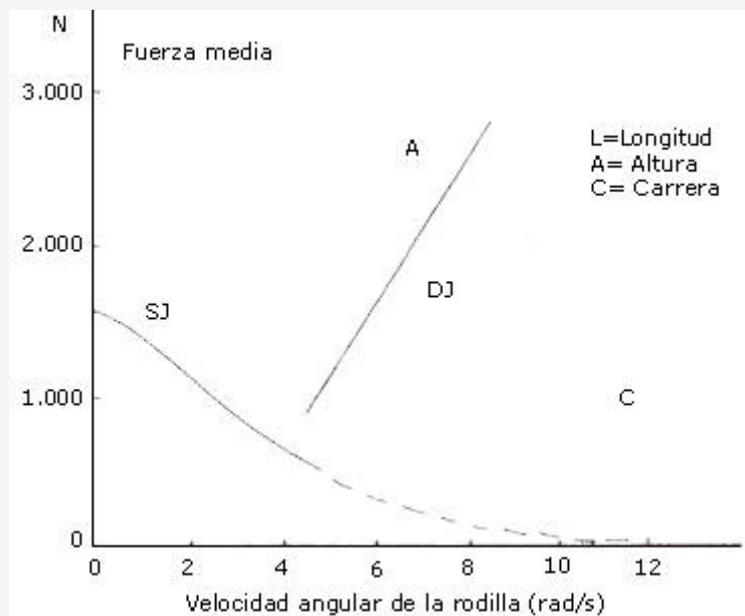


Figura 5. Curva fuerza-velocidad durante la realización de saltos desde media sentadilla (squat jump) y resultados de diferentes tests (DJ) y pruebas (longitud, altura, sprint) (Bosco, 1979).

Bosco y cols. (1986) llevaron a cabo un estudio de entrenamiento con sobrecarga en velocistas. Para ello utilizaron 2 grupos de 7 sujetos:

- Un grupo de control que se entrenó normalmente.
- Un grupo experimental que utilizó, de manera permanente, en toda la duración experimento (3 semanas) un chaleco con un lastre del 7 al 8% del peso del cuerpo.

El chaleco lastrado debía ser utilizado de la mañana a la tarde, y durante las 3 sesiones de entrenamiento. Las evaluaciones tuvieron lugar antes y al finalizar el período de entrenamiento. El grupo de control no registró diferencias significativas en el rendimiento mientras que el grupo experimental mejoró su rendimiento en el SJ con y sin carga y en el test de Bosco de 15 segundos (Figura 6).

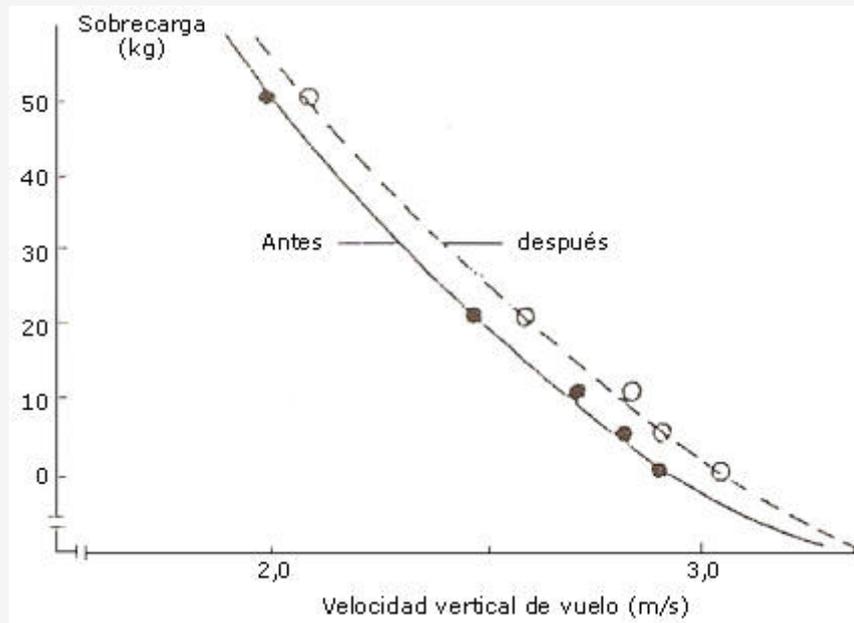


Figura 6. Curva fuerza-velocidad registrada durante la realización de saltos SJ antes y después de 3 semanas de entrenamiento con sobrecarga en el grupo experimental (Bosco y cols., 1986). En la gráfica puede observarse el desplazamiento de la curva hacia la derecha.

REGISTRO ELECTROMIOGRAFICOS

Tests

La utilización del registro de la actividad eléctrica de los músculos involucrados en una actividad hace posible que puedan compararse actividades que requieren de contracciones concéntricas (SJ) y actividades que requieren contracciones pliométricas (CMJ y DJ) (Bosco, 1985).

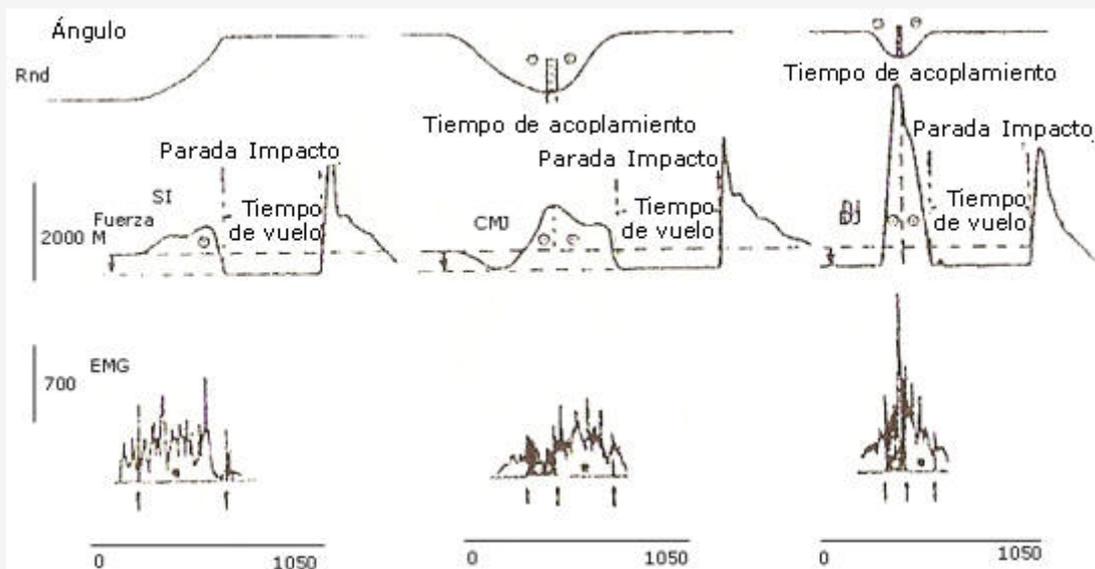


Figura 7. Desplazamiento angular de la rodilla, registro de presiones verticales en plataforma de fuerza, y EMG en el curso de las diferentes fases (concéntrica y excéntrica) durante los 3 tests: SJ, CMJ y DJ (Bosco, 1985).

La examinación cuidadosa de la Figura 7 permite observar la mayor sollicitación nerviosa durante los saltos con caída (DJ), y además permite observar que el pico máximo se produce durante la fase excéntrica. De esta manera, la pliometría constituye un medio importante para enseñar al atleta a movilizar sus músculos de forma intensa.

Influencia del Entrenamiento

En un estudio llevado a cabo por Häkkinen y Komi (1985) se investigaron los efectos de un programa de entrenamiento de la fuerza explosiva sobre el registro electromiográfico y la producción de fuerza en diversas actividades que requerían del ciclo de estiramiento - acortamiento. El programa de entrenamiento de 24 semanas de duración consistió de 3 sesiones semanales de entrenamiento durante las cuales se realizaron series de saltos (100 a 200 por entrenamiento) con y sin sobrecargas. Luego de finalizado el período de entrenamiento de 24 semanas se realizó un período de desentrenamiento de 12 semanas. Los resultados de este estudio mostraron:

- Una mejoría de las curvas fuerza-velocidad tanto para el SJ como para el CMJ.
- Una mejoría del 21% en el salto SJ.
- Una mejoría del 6,8% de la fuerza máxima.
- El incremento de la fuerza explosiva acompañada de un aumento en la sollicitación nerviosa marcada por un incremento del IEMG de los 2 vastos del cuádriceps.
- La pérdida de fuerza explosiva a luego del período de desentrenamiento acompañada de un descenso en la actividad eléctrica (Figuras 207 y 208 a).

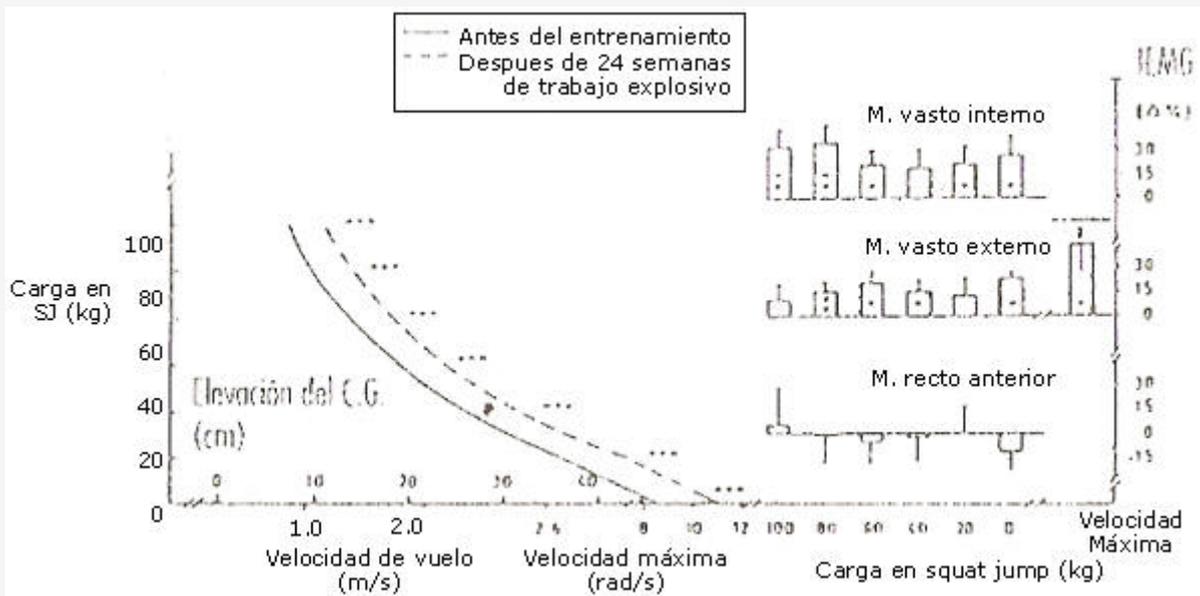


Figura 8. Curvas de fuerza-velocidad registradas antes y después de 24 semanas de entrenamiento de fuerza explosiva durante la realización de saltos SJ. Variación relativa del IEMG de los músculos del cuadriceps. (*)= $p<0.05$; (**)= $p<0.01$; (***)= $p<0.001$ (Hakkinen y Komi, 1985).

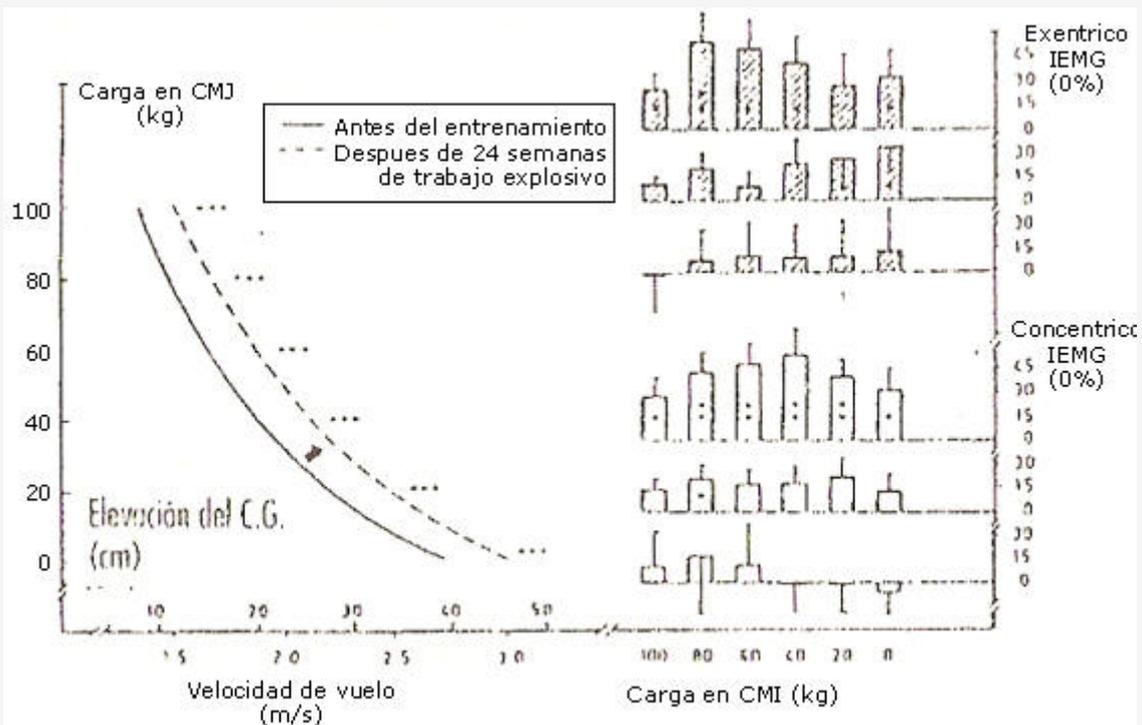


Figura 9 a. Curvas de fuerza-velocidad registradas antes y después de 24 semanas de entrenamiento de fuerza explosiva durante la realización de saltos CMJ. Variación relativa del IEMG de los músculos del cuadriceps. (*)= $p<0.05$; (**)= $p<0.01$; (***)= $p<0.001$ (Hakkinen y Komi, 1985).

De esta manera puede verse que el entrenamiento de pliometría provoca esencialmente una mejoría a nivel de los factores nerviosos. La reacción mejora netamente mientras que la fuerza máxima se modifica bastante poco (Fig. 208 b).

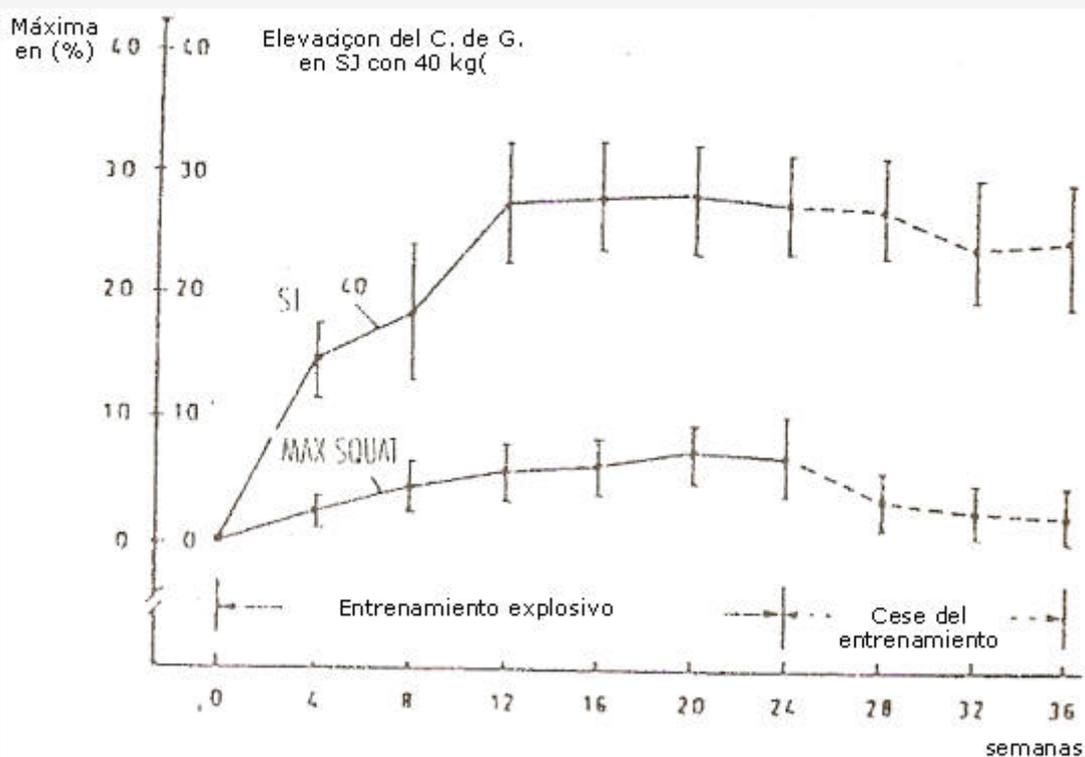


Figura 9 b. Modificación de la capacidad de salto tipo SJ y de la fuerza máxima en el curso de 24 semanas de entrenamiento y 12 semanas de descanso (Hakkinen y cols., 1985).

LA RECUPERACION

Las sesiones de pliometría en las cuales se utiliza el salto con caída son muy intensas, el atleta se ve solicitado al máximo de sus posibilidades según lo visto previamente (desarrolla del 150 al 200% de su fuerza máxima voluntaria). Verkhoshansky (1982) habla de método "de impacto" para calificar los ejercicios de saltos con caída desde plintos. Considera que son necesarios al menos 10 días para recuperarse de tal sesión. Podemos entonces evaluar en 10 días a 3 semanas el período que debe separar la última sesión de pliometría y un objetivo competitivo eventual.

RESUMEN SOBRE EL ENTRENAMIENTO PLIOMETRICO

Al entrenamiento pliométrico, que hace intervenir el fenómeno del estiramiento muscular, podemos pues, atribuirle todos los intereses considerados en el capítulo sobre el estiramiento muscular. La Figura 9 muestra los aspectos más destacados que conciernen a la utilización de la pliometría.

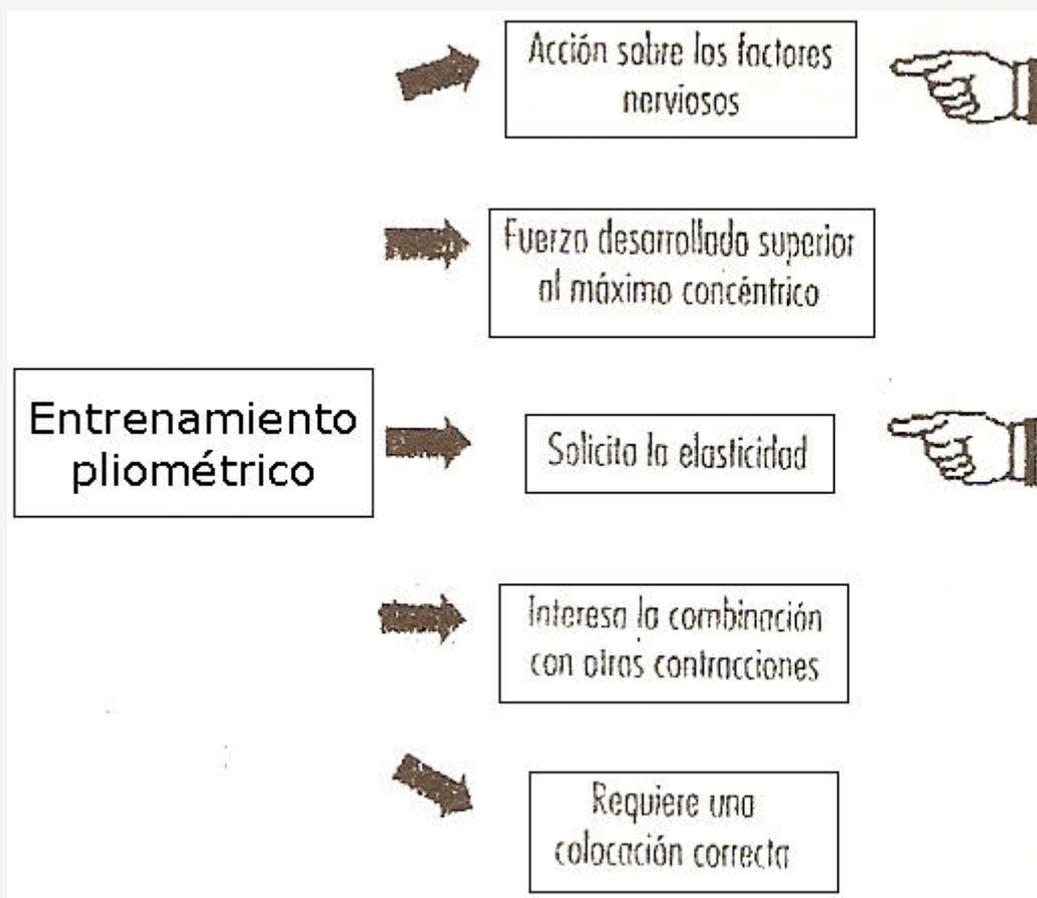


Figura 9. Resumen sobre el entrenamiento pliométrico.

REFERENCIAS

1. Amunssen, E. and Bonde-Petersen, F (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiol. Scand.*, 91, 385-392
2. Bosco, C (1985). L'effecto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo schelettico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. *En Athleticastudi jan-fev.* 7-117. Traduction Inseps no 644
3. Bosco, C; Tarkka, I. and Komi, P (1982). The effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of tricep surae during stretch-shortening cycle exercise. *Int.J. Sport med.*, 3, 137-140
4. Bussel, B.; Katz, R; Pierrot-Deseilligny, E.; Bergego, C. and Ayat, A (1980). Vestibular and proprioceptive influence on the postural reactions to a sudden body displacement in man. *J. E. Desmedt (eds) Progress in clinical Neurophysiology*, 8, 310-322, Karger, B-le
5. Caioizzo VJ, Kyle CR (1980). The effect of external loading upon power output in stair climbing. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*, 44(3):217-222
6. Cavagna, G. A.; Dusman, B. and Margaria, R (1968). Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of Applied Physiology*, 24, 21-32
7. Cometti, G (1988). La pliométrie, compte-rendu du colloque de février 1988 a l'UFR STAPS de Dijon. ed : université de Bourgogne
8. Dietz, V.; Noth, J. and Schmidtbleicher, D (1981). nteraction between pre-activity and stretch reflex in human triceps brachii during landing from forward falls. *Journal of Physiology (London)*, 311, 113-125
9. Diets, V.; Schmidtbleicher, D.; and Noth, J (1979). Neuronal mechanism of human locomotion. *J. Neurophysiology*, 42, 1.212-1.222
10. Gloubel, F (1987). Muscle Mechanics. *Medicine Sport Sciences*, 26, 24-35
11. Gloubel, F. and Van Hoecken, J (1982). Biomécanique du geste sportif. *Cinesiologie XXI*, 41-51
12. Hakkinen, K. and Komi, P (1985). Effect of explosive strength training on electromyographic and force production characteristics of legs extensor muscle during concentric and various stretch-shortening cycle exercises. *Scan Jour. Sports Sci.*, 7(2), 65-76
13. Hill, A. V (1950). The series elastic component of muscle. *Proc. Roy. Soc. B.*, 137, 273-280
14. Huxley, A. F (1974). Muscular contraction. *Journal of Physiology (London)*, 243, 1-43

15. Huxley, A. F. and Simmons, R. M (1971). Proposed mechanism of force generation in striated muscle. *Nature, (London), 233, 533-538*
16. Jewell, B. R. and Wilkie, D. R (1958). An analysis of the mechanical components/ in Frog's striated muscle. *Journal of Physiology (London), 143-515-540*
17. Pousson, M (1984). Contribution a L'étude de l'incidence de la musculation excentrique sur l'emmagasinement d'énergie élastique dans le muscle. *Insep, Paris*
18. Thys, H (1973). Elasticité et contraction musculaire. *hose de doctorat, Université de Liège*
19. Thys, H (1975). Effect de l'amplitude du mouvement sur le rle joué par l'élasticité musculaire dans l'exercice. *Revue Education Physique, XV, 3*
20. Thys, H (1983). Elasticité et rendement musculaire. *Communication au colloque de l'ACAPS, novembre*
21. Thys, H. Farraggiana, T. and Margaria, R (1972). Utilization of muscle elasticity in exercise. *Journal of Applied Physiology, 32, 491- 494*
22. Verkhoshansky Y (1982). Le basi d'ellallenamento d'ella forza. *Speciale nello Sport, Moscou*
23. Zanon, S (1974). Plyometrie fnr die Sprnng. *Leichtathletik, 16, 549-552*

Cita Original

Gilles Cometti. Reproducido parcialmente del capítulo original del libro Los Métodos Modernos de Musculación, Cap. 5 (1ra. Parte), pp. 105-109, 1998