

García López, D.; Herrero Alonso, J.A. y De Paz Fernández, J.A. (2003). Metodología de entrenamiento pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, vol. 3 (12) pp. 190-204 <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista12/artpliomtria.htm>

REVISIÓN

METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

METHODOLOGY OF PLIOMETRYC TRAINING

García López, D.; Herrero Alonso, J.A. y De Paz Fernández, J.A.

David García López (dfidgl@unileon.es)

- Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- Becario del Departamento de Fisiología de la Universidad de León.

Juan Azael Herrero Alonso (dmpaha@unileon.es)

- Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
- Becario del Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica, Corporal y Educación Física y Deportiva.

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

- Doctor en Medicina y Cirugía.
- Profesor titular de la Universidad de León. Departamento de Fisiología

Recibido 27 de octubre de 2003

RESUMEN

El objetivo de este estudio es profundizar en todos los aspectos referentes al entrenamiento pliométrico, incluyendo un breve repaso histórico, a fin de establecer unas directrices metodológicas que orienten a los entrenadores que pretendan incluir la pliometría dentro de su programación. Si bien parece demostrado que una contracción concéntrica precedida de una excéntrica puede generar más fuerza que una contracción concéntrica aislada, no existe unanimidad acerca del grado óptimo de estiramiento previo, las angulaciones articulares más eficaces o las posibles contraindicaciones de este método de entrenamiento. En el presente trabajo analizaremos la bibliografía específica sobre este tema, incidiendo en los factores neuromusculares y en aspectos relacionados con la organización y distribución de las cargas de entrenamiento (duración de los programas, separación entre sesiones de entrenamiento, número e intensidad de las repeticiones...).

PALABRAS CLAVE:

Pliometría, ciclo estiramiento-acortamiento, capacidad reactiva, drop jump, entrenamiento, rendimiento

ABSTRACT

The aim of this research is to examine all the aspects concerning to the plyometric training, from the meaning of this term and its origin, to this training method history and the current papers published about it, to establish a methodological guideline that could orient to the trainers who seek to include plyometrics into their trainings. Even though it appears to be demonstrated that a concentric contraction preceded by an eccentric contraction may generate a greater strength than an isolated concentric one, there is no general agree concerning the optimum rate of previous stretching, the most appropriate joint angles or the possible contraindications of this sort of training. In this work we analyse the specific bibliography about this topic, focusing not only on neural-muscular factors but also on some aspects more related with organisation and distribution of training loads (programmes' duration, times between training sessions, number and intensity of the series...).

KEYWORDS

Plyometrics, stretch-shortening cycle, reactive capacity, drop jump, training, performance

1. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

El término PLIOMÉTRICO proviene del griego *PLYETHEIN*, que significa “aumentar”, y *METRIQUE*, que significa “longitud” (*Wilt,1978*).

A la tradicional división que agrupa las contracciones musculares en isométricas, anisométricas excéntricas y anisométricas concéntricas, *Cometti* (1998) añade un tercer grupo, concretamente dentro de las contracciones anisométricas: **la contracción pliométrica**, la cual combina ambos tipos de contracción. Es lo que otros autores denominan *contracción auxotónica*.

Resulta a su vez interesante la clasificación de *Vittori* (1990) sobre las formas de manifestación de la fuerza:

- a) **Activa**: correspondiente a un ciclo simple de trabajo muscular (acortamiento o estiramiento).
- b) **Reactiva**: correspondiente a un ciclo doble de trabajo muscular (estiramiento seguido de acortamiento).

Independientemente de la terminología usada, la combinación de una contracción excéntrica y una concéntrica (“contracción pliométrica” para *Cometti* o

“manifestación reactiva de la fuerza” para *Vittori*), constituye el estímulo más natural para el entrenamiento, dado que tiene en cuenta la naturaleza balística del movimiento humano (*Esper*, 2000). Considerando que en la mayoría de gestos deportivos toda contracción concéntrica va precedida de un estiramiento del músculo, nos daremos cuenta de la importancia del trabajo de este ciclo *estiramiento – acortamiento*. Esta es la razón por la que hoy en día está ampliamente aceptada la eficacia del método pliométrico, que se centra concretamente en la capacidad reactiva del sistema neuromuscular, muy relacionada con la elasticidad. *Verkhoshansky* (1999) define esta capacidad reactiva como: “La capacidad específica de desarrollar un impulso elevado de fuerza inmediatamente después de un brusco estiramiento mecánico muscular; es decir, es la capacidad de pasar rápidamente del trabajo muscular excéntrico al concéntrico.

2. HISTORIA

Fue el profesor *Rodolfo Margaria* durante la década de los 60, el primero en hablar de la relevancia del denominado *ciclo estiramiento-acortamiento* (CEA). Este investigador y médico demostró que una contracción concéntrica precedida de una excéntrica podía generar mayores niveles de fuerza que una contracción concéntrica aislada (*Faccioni*, 2001). Los trabajos del profesor *Margaria* fueron utilizados por la N.A.S.A. para desarrollar la manera más eficaz de caminar en la luna (*Zanon*, 1989).

Pero no sólo fue la N.A.S.A. la que se apoyó en los trabajos de *Margaria*; también algunos entrenadores soviéticos empezaron a interesarse por el CEA. Así, en 1966, *V.M. Zaciorskiji* utilizó el trabajo desarrollado por *Margaria* como base para crear un programa de entrenamiento que potenciase el aprovechamiento del reflejo de estiramiento (reflejo miotático) en las acciones de tipo explosivo. Este autor fue el que introdujo el término “pliométrico” (*Zanon*, 1989).

En esa misma época, a mediados de la década de los 60, *Yuri Verkhoshansky*, entrenador soviético de saltadores y para muchos el padre de la pliometría aplicada al deporte, empezó a interesarse en la mejor manera de aprovechar la energía elástica acumulada en un músculo tras su estiramiento. Observando la técnica de los atletas de triple salto, *Verkhoshansky* se dio cuenta de que los mejores resultados correspondían a aquellos triplistas que menos tiempo permanecían en contacto con el suelo en cada uno de los apoyos. Para emplear poco tiempo en cada apoyo es necesario tener una gran fuerza excéntrica en los músculos implicados, ya que esto permitirá cambiar rápidamente de régimen excéntrico a régimen concéntrico, y así acelerar de nuevo el cuerpo en la dirección requerida (*Faccioni*, 2001).

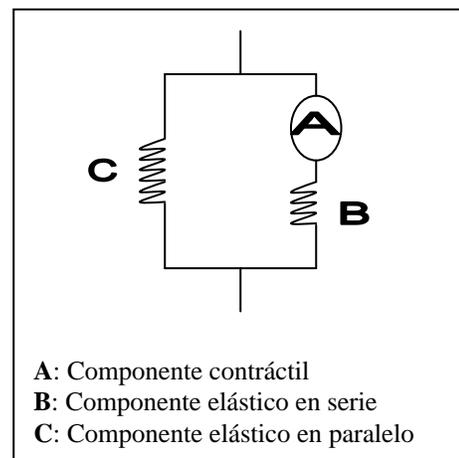
Los inesperados éxitos del velocista *Valery Borzov* durante las Olimpiadas de Munich 1972, hicieron que los entrenadores estadounidenses empezaran a interesarse por los novedosos regímenes de entrenamiento pliométrico de la Europa del Este. Así, *Fred Wilt*, primer autor estadounidense en hablar de las excelencias del método pliométrico, sugirió que las sorprendentes victorias de *Borzov* eran debidas en gran parte a su rutina pliométrica de entrenamiento (*Faccioni*, 2001). En la actualidad hay cientos de trabajos y libros en todo el mundo dedicados a este método de entrenamiento, lo que refleja la importancia del mismo para la preparación de deportistas de distintas modalidades, así como artistas de circo, de ballet clásico o militares de unidades especiales (*Verkhoshansky*, 1999).

3. CONSIDERACIONES NEUROMUSCULARES

Centrándonos en el comportamiento que acontece en el músculo cuando variamos la longitud del mismo el componente elástico y el componente contráctil responden de una manera distinta a estas variaciones en la longitud del músculo (figura 1).

En el caso del componente contráctil, formado por estructuras principalmente proteicas, debemos llegar a nivel del sarcómero (unidad funcional de la fibra muscular) para poder comprender el efecto del estiramiento sobre el mecanismo de la contracción.

En un acortamiento máximo del sarcómero, éste alcanza una longitud de aproximadamente 1,5 μm , que es la longitud del filamento grueso (miosina) (*Barbany*, 1992). Por el contrario, en un estiramiento máximo, puede llegar al doble de su longitud en reposo, si bien no existiría ninguna superposición entre filamentos finos y gruesos. Para poder generar tensión es necesario que exista superposición entre ambos tipos de filamentos y, de esta manera, se puedan establecer los puentes de tracción.



A: Componente contráctil
B: Componente elástico en serie
C: Componente elástico en paralelo

Figura 1. Modelo mecánico del músculo (Hill, 1939)

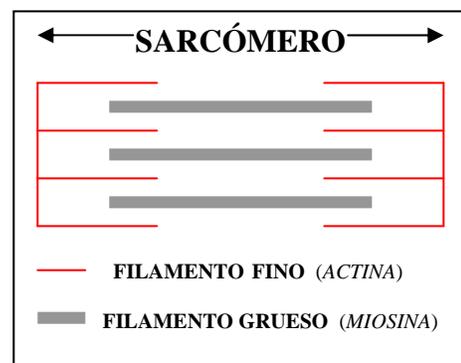


Figura 2. La unidad funcional del

Experimentalmente se ha encontrado que la fuerza que puede ejercer un músculo es máxima cuando la longitud inicial del mismo es un 20 % mayor que la *longitud de equilibrio* (longitud del músculo desinsertado) (Astrand y Rodahl, 1992). Teniendo en cuenta que el músculo anclado a los huesos guarda una longitud entre un 10 y un 30% por encima de la longitud de equilibrio (Aguado, 1993), cabe decir que, atendiendo exclusivamente al componente contráctil, la longitud óptima para producir una fuerza máxima supone un estiramiento muy ligero de éste con respecto a su longitud de reposo (recordemos que hablamos de *longitud de reposo* en un músculo insertado, y de *longitud de equilibrio* en un músculo aislado, desinsertado).

tejido muscular, el sarcómero.

El componente elástico responde de distinta manera a los cambios de longitud. Recordemos que este componente, que transfiere al músculo propiedades mecánicas, elásticas y de protección, actúa tanto en serie (elasticidad de tendones y cuellos de las cabezas de miosina) como en paralelo (cubiertas conjuntivas y estructuras membranosas de la célula). Cuando el músculo es estirado, se genera un nivel de tensión en dicho componente que crece exponencialmente al grado de estiramiento, dadas sus especiales características elásticas (el comportamiento elástico de un tejido vivo no es igual al de un muelle, puesto que no sigue la *ley de Hooke*). Pero esta capacidad elástica tiene unos límites, de tal forma que, cuando se supera cierto grado de estiramiento se pierde dicha capacidad, pudiendo incluso llegar a romperse el músculo.

Si buscamos la respuesta global del músculo al estiramiento, comprobamos que se produce una “suma” de los comportamientos de ambos componentes. Pero esta suma sólo se produce dentro de un pequeño rango de estiramiento. Según Barbany (1992), un estiramiento que supone un 110-120% de la *longitud de reposo* es el idóneo para asegurar una respuesta elástica aceptable sumada a una respuesta contráctil óptima. Por encima de esa longitud de elongación mejora la respuesta elástica (hasta cierto límite) pero disminuye la respuesta contráctil. De ahí la importancia de ajustar perfectamente la altura de caída en un *drop jump* (DJ), para que el estiramiento que buscamos sea el idóneo.

En base a la actividad eléctrica muscular, López-Calbet y cols. (1995a) diferencian tres fases en los ciclos estiramiento-acortamiento, concretamente cuando se trata de un *DJ*:

1) Fase de preactivación, desde el momento en que aumenta la actividad mioeléctrica sobre los niveles basales hasta el momento de contacto con el suelo. En esta fase, los centros superiores del Sistema Nervioso Central ajustan el grado de preactivación y rigidez muscular en función de la magnitud del estiramiento previsto (a mayor altura de caída, mayor preactivación y por tanto mayor rigidez). Cuanto menor es la rigidez previa al contacto, menor es también la capacidad de movimiento reactivo posterior.

2) Fase de Activación (contracción muscular excéntrica), desde el contacto con el suelo hasta la finalización del alargamiento muscular. En esta fase se detectan picos de gran amplitud en la actividad eléctrica del músculo, debidos en parte a la oposición de los husos musculares al estiramiento (respuesta voluntaria) y al reflejo miotático (respuesta refleja), el cual facilita la activación de los músculos sometidos al estiramiento. *Kilani y cols.* (1989) comprobaron la relación directa que tiene el reflejo miotático con la altura alcanzada en un salto en el que los músculos implicados son preestirados.

Pero el reflejo miotático no es la única respuesta de tipo reflejo que puede acontecer. Ante estiramientos importantes (cuando la altura de caída es muy elevada) se activa el *reflejo tendinoso de Golgi*, que se opone a la acción del reflejo miotático, protegiendo la integridad muscular.

Hoy en día también se considera la posibilidad de que el aparato contráctil, por sí solo, es capaz de generar más fuerza cuando ha sido estirado previamente de forma rápida y el tiempo entre la fase excéntrica y la concéntrica es mínimo. Esto es lo que se ha venido a denominar "*efecto de potenciación*", aunque no está del todo explicado (*López-Calbet y cols.*, 1995a). Es probable que se deba a las especiales características de las cabezas miosínicas y su comportamiento al establecer los puentes cruzados.

3) Fase de Contracción muscular concéntrica, donde se aprovecha la energía elástica acumulada anteriormente. Para utilizar de forma óptima dicha energía es necesario que la fase concéntrica suceda inmediatamente en el tiempo a la fase excéntrica. Si esto no se produce, la energía elástica acumulada se disipa en forma de calor. *Mouche* (2001) indica que la fase de transición no debe durar más de 200 ms. En un *DJ* en que la altura de caída es demasiado alta, el tiempo de transición entre fase excéntrica y fase concéntrica aumenta, lo que va en detrimento de la altura alcanzada posteriormente (*Bosco y cols.*, 1982).

En definitiva, son muchos los factores neuromusculares implicados el ciclo de estiramiento-acortamiento, no existiendo aún un modelo que explique claramente la importancia de cada uno de ellos. Actualmente existe una corriente de autores que se inclinan por dar mucha más importancia al mencionado efecto de potenciación que a la utilización de la energía elástica acumulada, a la hora de

explicar la ganancia en rendimiento que se produce tras un contramovimiento (*Bobbert y cols. 1996; Ingen-Schenau y cols., 1997*); aún así y como ya hemos apuntado, serán necesarios nuevos trabajos que nos ayuden a comprender definitivamente el funcionamiento del complejo CEA.

4. PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

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

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	CMJ (P<0,05)
Gemar (1988)	8 semanas (16 sesiones)	No especifica	No especifica	CMJ (P<0,05)
Wilson y cols. (1993)	10 semanas (30 sesiones)	20 – 80 cm	30 – 60	CMJ (P<0,05) (10,33%)
Flarity y cols. (1997)	9 semanas (27 sesiones)	No especifica	No especifica	Seargent (P<0,05)
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)

Tabla 1: Características de los programas de entrenamiento utilizados en algunos estudios, donde **SJ** = Squat Jump, **CMJ** = Counter Movement Jump, **RJ15"** = Repeat Jump (15 segundos).

Los estudios mostrados en la tabla 1 evaluaron programas de entrenamiento pliométrico por sí solo, pero también han sido varias las investigaciones en las que se combinó la pliometría con otros métodos de entrenamiento. Así, *Fowler y cols. (1995)*, compararon un entrenamiento de pliometría y pesas con un entrenamiento basado únicamente en pesas. Ambos programas, que tuvieron una duración y un volumen similar, incrementaron la fuerza máxima isométrica (FMI) y la altura de salto en **CMJ**, si bien el entrenamiento combinado provocó una mayor mejora. *Wilson y cols. (1993)*, por su parte, compararon los resultados de un programa de entrenamiento tradicional con cargas altas (80-90% del máximo), un programa pliométrico basado en **DJ** y

un programa de potencia con cargas bajas (30% del máximo) y alta velocidad de ejecución, siendo este último el que mayores mejoras indujo. Cabe destacar que el grupo de entrenamiento pliométrico, dentro del test de salto, sólo obtuvo un incremento significativo en *CMJ*. Los autores atribuyen este hecho al efecto que el entrenamiento pliométrico tiene respecto a la mejora en la utilización de factores elásticos y neurológicos.

Relacionado con el estudio anterior, *Adams y cols.* (1992), comparan un trabajo pliométrico (basado en *DJ*), un trabajo tradicional con pesas (basado en *squats*) y un trabajo combinado de los dos anteriores. Los resultados mostraron mejoras significativas en cuanto a la capacidad de salto en los tres grupos, si bien fue el grupo de entrenamiento combinado el que mayores incrementos experimentó ($p < 0,0001$).

Recientemente se ha constatado que el trabajo pliométrico es un buen complemento de otros métodos de entrenamiento, específicamente de la estimulación eléctrica neuromuscular. La electroestimulación neuromuscular por sí misma sólo aumenta la fuerza y la masa muscular, no así la fuerza explosiva (*Herrero y cols.*, 2003a y 2003b), sin embargo, los estudios que combinaron este método de entrenamiento con el trabajo pliométrico obtuvieron mejoras en todas las cualidades físicas analizadas, incluyendo la fuerza explosiva y la velocidad (*Maffioletti y cols.*, 2002; *Herrero y cols.*, 2003b).

Pero no todos los estudios que analizan las mejoras que provoca el método pliométrico en el rendimiento lo hacen desde el prisma de la potencia o de la fuerza. *Spurrs y cols.* (2003) estudiaron el efecto del entrenamiento pliométrico en el rendimiento en carrera de medio fondo (3Km). Con una muestra de 17 corredores, estos autores, además, constataron mejoras significativas ($p < 0,05$) en el tiempo empleado en recorrer dicha distancia, así como mejoras en la economía de carrera ($p < 0,05$), expresada ésta como el consumo de oxígeno sostenido para una velocidad submáxima dada y en la altura de salto (*CMJ*). Similares resultados obtienen *Turner y cols.* (2003), encontrando mejoras significativas ($p < 0,05$) en la economía de carrera tras 6 semanas de entrenamiento pliométrico. Estos autores, sin embargo, no constatan incrementos significativos en la altura de salto (*SJ* y *CMJ*).

5. CONCLUSIÓN: ASPECTOS A TENER EN CUENTA RESPECTO AL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

Tras la revisión bibliográfica realizada, en las siguientes líneas se exponen la directrices que hemos considerado importantes a tener en cuenta por los entrenadores que pretendan incluir la pliometría dentro de sus entrenamientos.

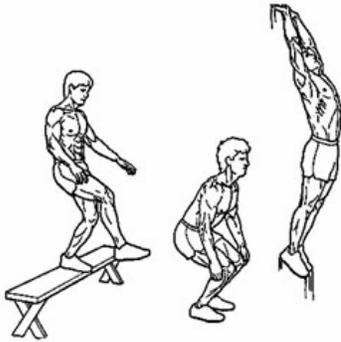


Figura 3. Realización de un Drop Jump con los brazos libres (DJ)

El método pliométrico exige una adaptación a las características de los sujetos y una meticulosidad en cuanto a ejecución de los ejercicios que otros métodos no requieren, no sólo de cara al rendimiento, sino también para prevenir posibles lesiones. Los DJ (figura 3) son quizá la forma más simple y accesible de trabajar el régimen pliométrico en el tren inferior (Verkhoshansky, 1999); pero su aparente sencillez no debe llevarnos a descuidar la ejecución técnica.

Alain Piron (citado por Cometti, 1998) expone tres principios en el entrenamiento pliométrico:

- a) La posición (referente al grado de flexión de la articulación implicada).
- b) El desplazamiento de las palancas.
- c) El carácter de las tensiones musculares.

Para introducir variedad en el entrenamiento pliométrico podemos incidir en uno o varios de estos principios; así, considerando como ejemplo el trabajo con DJ, estas variaciones podrían ser (Cometti, 1998):

∩ *Variaciones en la posición:* incidiendo en el ángulo de flexión de la rodilla previo al salto. Los tres ángulos más utilizados son 60°, 90° y 150°. Mientras que el ángulo de 150° es el más utilizado en competición y, probablemente, el más idóneo para el establecimiento de puentes actomiosínicos, parece que el ángulo de 90° es el que reporta beneficios más rápidamente.

∩ *Variaciones en el desplazamiento:* trabajando con la amplitud de las zancadas, la altura y separación de los obstáculos, apoyos con una o dos piernas, etc.

∩ *Variaciones en las tensiones musculares:* aumentando o disminuyendo la carga en una o varias fases del movimiento pliométrico (fase excéntrica, instante isométrico o fase concéntrica). Para ello jugaremos con la altura de caída, con la utilización de gomas colgadas del techo que aligeren el trabajo, etc.

Respecto a la progresividad en el trabajo pliométrico, Verkhoshansky (1966) propone tres etapas en el entrenamiento del tren inferior. La primera consistiría en aplicar ejercicios de fuerza general y ejercicios variados de multisaltos. La segunda etapa incluiría el trabajo pliometría (no demasiado intenso) combinado con entrenamiento de fuerza-resistencia. La tercera etapa aborda ya los DJ (Verkhoshansky, 1966). López-Calbet y cols. (1995b) coinciden en parte con

Verkhoshansky, si bien después de la primera fase (trabajo con multisaltos) proponen un trabajo con pesas, para terminar con los ejercicios pliométricos propiamente dichos. De esta manera se respeta una progresividad en la administración de las cargas, puesto que el entrenamiento comienza con un acondicionamiento previo de las estructuras implicadas (trabajo de multisaltos).

En cuanto al número de sesiones por semana y número de saltos por sesión, no hay unanimidad entre los autores, si bien todos indican que hay que considerar la preparación y el nivel de fuerza del atleta. Hay estudios en los que se recomienda, para atletas preparados, dos sesiones por semana (*Poole y Maneval*, 1987), pero también hay autores que recomiendan tres sesiones por semana (*Adams*, 1984; *Diallo y cols.*, 2001; *Witzke y Snow*, 2000). *Verkhoshansky* (1999) indica que sólo en el caso de atletas realmente preparados se pueden programar tres sesiones semanales. Sean dos o tres sesiones, 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. Resultan interesantes los estudios de *Steben y Steben* (1981) y *Bartholomew* (1987), dado que llegaron a resultados similares utilizando programas distintos. Según el primero, se consiguieron mejoras de hasta 10 cm en la altura de salto utilizando un programa caracterizado por pocas repeticiones por sesión y muchas sesiones. Por contra, en el segundo estudio también se encontraron mejoras significativas utilizando un programa diametralmente opuesto (pocas sesiones y muchos saltos por sesión). Hay varios estudios que coinciden en que el número de saltos (DJ) por sesión para sujetos no entrenados no debe superar los 20 (*Verkhoshansky*, 1966; *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*, 1966) 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 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.

Otro aspecto fundamental es el tiempo de descanso entre saltos y series. Este tiempo debe permitir afrontar el siguiente salto o la siguiente serie con una disposición física y mental máxima. Según *Verkhoshansky* (1999), con 3-5 minutos de descanso activo entre series puede ser suficiente. *Jensen y Ebben* (2003) hablan de un mínimo de 4 minutos, para que el rendimiento en el salto sea óptimo.

Con respecto a la altura de caída en los *DJ*, tampoco hay unanimidad en la literatura. Como ya vimos en el apartado de consideraciones neuromusculares, una altura de caída inadecuada, por exceso o por defecto, se traducirá en un salto posterior de menor alcance. *McFarlane* (1982), por ejemplo, recomienda una altura de caída de 0,75 m, mientras que *Dursenev y Raevsky* (1982), por su parte, indican que hay que utilizar la mayor altura posible (estos autores señalan alturas de hasta 3,2 m). *Diallo y cols.* (2001) obtuvieron buenos resultados con un entrenamiento en el que la altura de caída no pasaba de los 40 cm, si bien se trataba de adolescentes (12-13 años). Cabe destacar el estudio de *Matavulj y cols.* (2001), que compararon dos programas de entrenamiento pliométrico, basados en *DJ*, en los que utilizaban distintas alturas de caída (50 y 100 cm. respectivamente), no encontrando diferencias significativas al comparar las mejoras de ambos. Un estudio similar a éste fue realizado por *Verkhoshansky* (1999), el cual probó, con un grupo de 36 atletas, alturas de caída en *DJ* que iban desde los 0,15 m. hasta los 1,55 m. Analizando los resultados concluyó que la altura óptima de caída para trabajar con *DJ* depende, entre otras cosas, del objetivo que estemos persiguiendo con nuestro entrenamiento. Así, si queremos trabajar la fuerza explosiva y la capacidad reactiva del sistema neuromuscular, la altura de caída 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.

A la hora de integrar el entrenamiento pliométrico en la planificación de un deportista, *Verkhoshansky* (1967) recomienda introducirlo al final del periodo preparatorio específico si utilizamos el sistema de planificación de “*macrociclo complejo*” o al final del trabajo de fuerza si utilizamos un sistema de planificación por bloques. Hay que tener en cuenta que, si se pretende trabajar en el mismo día varias capacidades, el entrenamiento pliométrico precederá, por regla general, al trabajo de fuerza y resistencia (*Yessis*, 1993); de todas formas lo ideal es que el día que se trabaja con pliometría no se realice ninguna otra actividad explosiva o de fuerza para el grupo muscular implicado (*Yessis*, 1993). En cuanto a la distancia temporal entre el entrenamiento y la competición, algunos autores recomiendan eliminar las sesiones de pliometría 8-10 días antes de la competición (*Santos*, 1980), mientras que otros recomiendan que esta separación entre el trabajo pliométrico y la competición se sitúe entre los 10 y los 14 días (*McFarlane*, 1982).

Como se ha visto, las peculiares características del complejo muscular humano hacen del método pliométrico una forma muy específica y adecuada de entrenamiento, que podemos orientar al trabajo de distintas capacidades y habilidades específicas. Si bien parece existir unanimidad en la literatura respecto a la eficacia de este método a la hora de mejorar capacidades de tipo elástico-

explosivo, como puede ser la capacidad de salto, no existe tal unanimidad a la hora de describir algunos aspectos más concretos del entrenamiento. Dado el importante número de trabajos que hablan del gran impacto y estrés que supone este método sobre las estructuras músculo-tendinosas, lo que sí parece claro es la necesidad de aplicar el método con mucha precaución, adaptando siempre la carga a las características del sujeto.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, K.; O'Shea J.P.; O'Shea, K.L.; Climstein, M. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J. Appl. Sport Sci. Res.*, 6(1): 36-41.
- Adams, T. (1984). An investigation of selected plyometric training exercises on muscular leg strength and power. *Track and Field Quaterly Review*, 8: 54-55.
- Aguado, X. (1993). *Eficacia y técnica deportiva*. Capítulo 1,2. Inde. Barcelona.
- Astrand, P.O.; Rodahl, K. (1992). *Fisiología del trabajo físico. Bases fisiológicas del ejercicio*. 3ª Edición. Capítulo 2. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires
- Barbany, J.R. (1992). *Fisiología del músculo*. En González-Gallego, J.(Ed) *Fisiología de la actividad física y el deporte*. Capítulo 3. Interamericana. Madrid.
- Bartholomew, S.A. (1987). *Plyometrics and vertical jump training*. Microform Publications. University of Oregon.
- Bobbert, M.F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sport Med.*, 9(1): 7-22.
- Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, Van Soest AJ. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. *Med. Sci. Sport Exerc.* 28(11):1402-12.
- Bosco, C.; Ito, A.; Komi, P.; Luhtanen, P.V.; Rahkila, P.; Rusko, H.; Viitasalo, J.T. (1982). Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta Physiol. Scand.*, 114: 543-550.
- 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.
- Cometti, G. (1998). *La Pliometría*. Capítulo 2,3. Inde. Barcelona.
- 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.
- Dursenev, L.I.; Raevsky, L.G. (1982). Strength training of jumpers. *Track and field Quaterly Review.*, 4: 53-55.
- Esper, P.A. (2000). El entrenamiento de la capacidad de salto en las divisiones formativas de baloncesto. *Lecturas Educación Física y Deportes*.

- Revista Digital*, 24. <<http://www.efdeportes.com/efd24b/pliom.htm>> [Consulta: 21/09/02].
- Faccioni, A. (2001). Plyometrics. <<http://www.faccioni.com/reviews/pliometrics.htm>> [Consulta: 21/09/02].
 - 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>>. [Consulta: 04/12/01].
 - Fowler, N.E.; Trzaskoma, Z.; Wit, A.; Iskra, L.; Lees, A. (1995). The effectiveness of a pendulum swing for the development of leg strength and counter-movement jump performance. *J.Sport Sci.*, 13(2): 101-108.
 - Gemar, J.A. (1988). The effects of weight training and plyometric training on vertical jump, standing long jump and forty-meter sprint. Microform Publications. College of Human Development and Performance. University of Oregon. En Bobbert, M.F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sport Med.*, 9(1): 7-22.
 - 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.
 - Herrero, J.A.; García-López, D.; García-López, J. (2003a) Influencia de la estimulación eléctrica neuromuscular sobre diferentes manifestaciones de la fuerza en estudiantes de educación física. *Lecturas en Educación Física y Deportes*, 58, disponible en <http://www.efdeportes.com/efd58/elect.htm> [Consulta 25/3/2003]
 - Herrero, J.A.; Peleteiro, J.;García, D.; Cuadrado, G.; Villa, J.G.; García, J. (2003b) Análisis del entrenamiento pliométrico como trabajo de transferencia de la electroestimulación muscular. *Biomecánica*, 10(2): 88-93.
 - Ingen-Schenau, G.J.; Bobbert, M.F.; Haan, A. (1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *J. Appl. Biomech.* 13(4): 389-415.
 - Jensen, R.L.; Ebben, W.P. 2003. Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *J. Strength Cond. Res.* 17(2):345-9.
 - Kilani H.A.; Palmer, S.S.; Adrian, M.J.; Gapsis, J.J. (1989). Block of the stretch reflex of vastus lateralis during vertical jumps. *Human Movement Science*, 8(3): 247-269.
 - López-Calbet, J.A.; Arteaga, R.; Chavaren, J.; Dorado, C. (1995a). Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. Factores neuromusculares. *Archivos de Medicina del Deporte*. 12(47): 219-223.
 - López-Calbet, J.A.; Arteaga, R.; Cavaren, J.; Dorado, C. (1995b). Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. Consideraciones con respecto al entrenamiento de la fuerza. *Archivos de Medicina del Deporte*,12(48): 301-309.

- Maffiuletti, N.A.; Dugnani, S.; Folz, M.; Di Pierno, E.; Mauro, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(10):1638-44.
- Matavulj, D.; Kukolj, 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.
- McFarlane, B. (1982). Jumping exercises. *Track and Field Quarterly Review*, 82(4): 54-55.
- 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.
- Mouche, M. (2001). Evaluación de la potencia anaeróbica con Ergojump. *Lecturas Educación Física y Deportes. Revista digital*, 30. <<http://www.efdeportes.com/efd30/ergojump.htm>> [Consulta: 11/01/02].
- Poole, W.H.; Maneval, M.W. (1987). The effects of two ten-week depth jumping routines on vertical jump performance as it relates to leg power. *J. Swimming Res.* 3(1): 11-14.
- Santos, J. (1980). *Practical Coaching Techniques for the High Jumper*. Championship Books. Iowa. En Adams, T. (1985). Jumping into Strength Training. Using plyometrics to increase leg power. *Swimming Technique*, 22(3): 25-27.
- Steben, R.E.; Steben, A.H. (1981). Validity of the stretch shortening cycle in selected jumping events. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 21(1): 28-37.
- 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*. Capítulos 1 y 2. Paidotribo. Barcelona.
- Verkhoshansky, Y. (1966). Perspectives in the improvement of speed-strength preparation of jumpers. *Review of Soviet Physical Education and Sports*, 4(2): 28-29. En Faccioni, A. (2001). Plyometrics. <<http://www.faccioni.com/reviews/pliometrics.htm>>. [Consulta 21/09/02].
- Vittori, C. (1990). L'allenamento della forza nello sprint. Strength training in sprinting. *Atleticastudi*, 21(1): 3-25.
- 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.
- Wilt, F. (1978). Plyometrics: what it is and how it works. *Modern Athlete and Coach*, 16: 9-2.

- Witzke, K.A.; Snow, C.M. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32(6): 1051-1057.
- Yessis, M. (1993). Integrating plyometrics with strength training. *Fitness and Sports Review International*, 28(4): 113-116.
- Zanon, S. (1989). Plyometrics: past and present. *New Studies In Athletics*, 4: 7-17.

Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte – vol. 3 - número 12 - diciembre 2003 - ISSN: 1577-0354