

TÍTULO:
BASES NEUROFISIOLÓGICAS DE LA CONTRACCIÓN PLIOMÉTRICA

AUTOR:
DE ROSE, LEANDRO.
Prof. En Educación Física (U.N.L.P)

E-MAIL: leandroderose@yahoo.com.ar
TEL: (221)155553794

PALABRAS CLAVES:
Ciclo Estiramiento Acortamiento, Neurofisiología, Entrenamiento

ABSTRACT

Actualmente el campo del entrenamiento deportivo se encuentra minado de programas y ejercicios pliométricos asociados al desarrollo de la explosividad y de la capacidad reactiva. Algunos entrenadores afirman que este método representa la culminación de un proceso de entrenamiento de las cualidades coordinación, fuerza y velocidad, que permiten al deportista potenciar los cambios de dirección, acelerar más eficientemente, ser más explosivos en los movimientos balísticos. Estas premisas promueven la inclusión de los mismos en el plan de entrenamiento de muchas disciplinas deportivas. Sin embargo a la hora de seleccionar y dosificar los estímulos la oferta es tan amplia que también se hacen inmensas y distinguidas las adaptaciones neuromusculares a las que se puede arribar. El presente trabajo propone revisar las bases neurofisiológicas de esta metodología, ya que creemos que disponer del claro manejo de estos conceptos será condición necesaria para un futuro análisis crítico de cualquier protocolo propuesto.

ETIMOLOGÍA:

PLIOMÉTRICO proviene del griego *PLYETHEIN*, que significa “aumentar”, y *METRIQUE*, que significa “longitud” (Wilt,1978).¹

El método de entrenamiento ha adquirido diferentes denominaciones: pliometría, drop jump, depth jump, stretch-shortening training, reactive training, shock method, etc².

CONSIDERACIONES NEUROMUSCULARES:

Está ampliamente demostrado que cualquier acción muscular es más eficaz (nivel de tensión) si previamente va acompañada de una fase de estiramiento

¹ Wilt, F. (1978). “Plyometrics: what it is and how it works. Modern Athlete and Coach”,16: 9-2. En: García, D., Herrero, J.A. y De Paz, J.A. (2003): *Metodología del Entrenamiento Pliométrico*, en web: [Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte](#) n°12.

² Verkoshansky, Yuri (2006): *Todo sobre el método pliométrico*. 2da. Edición, Barcelona. Introducción.

que permite desarrollar un incremento de la fuerza vía deformación de componentes elásticos y vía activación refleja de unidades motoras.

ESTRUCTURA BÁSICA DEL CICLO ESTIRAMIENTO-ACORTAMIENTO (contracción pliométrica):

1) Fase excéntrica: la rápida contracción excéntrica sirve para estirar los componentes elásticos del músculo y para activar los reflejos de estiramiento. Durante la fase de contacto con el suelo (en el caso de los drop jump) se requiere de un alto nivel de fuerza excéntrica. Un nivel inadecuado de fuerza resultará en una baja velocidad de estiramiento y en una menor activación del reflejo. López-Calbet y cols. detectaron en esta fase 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.³

2) Fase de acoplamiento: también llamada fase de amortiguación, es la parte más importante de los ejercicios pliométricos. Representa el tiempo entre el contacto con el suelo y el despegue y es crucial para el desarrollo de la potencia. Si la fase de amortiguación es muy larga, se perderá el reflejo de estiramiento y no habrá efecto pliométrico.

Tradicionalmente se ha supuesto que cuanto más corto fuera el período de acoplamiento mayor sería el aprovechamiento elástico y reflejo. Pero en este sentido se ha formulado recientemente una hipótesis confirmada posteriormente de manera experimental, según la cual tanto las fibras lentas como las rápidas son capaces de reutilizar energía elástica con gran eficacia, estando condicionado por la velocidad y amplitud de los movimientos ejecutados (King-1993 cfr por Manzo-1999). Las FT son las que más participarían en los movimientos veloces y poco amplios, mientras las ST

³ López-Calbet, J.A.; Arteaga, R.; Chavaren, J.; Dorado, C. (1995): "Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. Factores neuromusculares" en *Archivos de Medicina del Deporte*, en: García, D., Herrero, J.A. y De Paz, J.A. (2003): *Metodología del Entrenamiento Pliométrico* en web: [Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte](#) n°12.

parecen retener mejor el potencial elástico durante los movimientos lentos y amplios.⁴

Según Schmidtbleicher (1986) se debería distinguir entre dos tipos de Ciclo Estiramiento-Acortamiento: Los CEA lentos se caracterizan por un gran desplazamiento angular en las articulaciones de la cadera, rodilla y tobillo, y una fase de activación de aproximadamente 300-500 ms. Los CEA cortos presentan pequeños desplazamientos angulares en las articulaciones mencionadas, y tienen un contacto con el suelo de 100-200 ms.⁵

3) Fase concéntrica: consiste en la contracción concéntrica que sigue a la toma de contacto con el suelo. Durante esta fase se aprovecha la energía elástica acumulada anteriormente para incrementar la altura del salto y la fuerza explosiva.

ANALISIS NEUROFISIOLÓGICO:

- ⊙ Factores Neurales:
 - ✓ Coordinación intramuscular
 - ✓ Coordinación intermuscular
 - ✓ Preactivación
 - ✓ Reflejo miotático
 - ✓ Org. Tendinosos de Golgi
- ⊙ Componentes Elásticos:
 - ✓ En Serie
 - ✓ En paralelo
 - ✓ Stiffness o rigidez muscular

COORDINACIÓN INTRAMUSCULAR: es la contracción sincronizada del mayor número de unidades motoras posibles, que intenta alcanzar un músculo al

⁴ García Manzo, J.M. (1999): *La Fuerza*, Ed. Gymnos, Madrid, p. 251.

⁵ Schmidtbleicher, D.: "Ciclo Estiramiento-Acortamiento del Sistema Neuromuscular: Desde la Investigación hasta la Práctica del Entrenamiento". *Instituto de Ciencias del Deporte de la Universidad Johann Wolfgang Goethe, Frankfurt (Alemania)*. En web: sobrentrenamiento.com PubliCE Standard. 20/07/2007. Pid: 844.

momento de buscar desarrollar su máxima tensión. (Edman-1992).⁶ Para utilizar un músculo eficazmente, hay que hacer funcionar sincrónicamente las fibras.⁷ El proceso que permite aumentar el número de U.M. que pueden ser reclutadas de forma sincronizada, parece estar en la inhibición del circuito de Renshaw.⁸ El entrenamiento de la fuerza por colocación de inhibiciones centrales sobre este circuito permite al individuo reencontrar la sincronización inicial.⁹

COORDINACIÓN INTERMUSCULAR: Es la interacción de los diferentes músculos que intervienen en una acción independientemente de la función que cada uno tenga asignada (agonistas, antagonistas, sinergistas y fijadores). Su mejora produce una serie de adaptaciones:¹⁰

- ✓ Inhibición de los antagonistas a la hora de realizar un ejercicio.
- ✓ Aumento de la co-contracción de los sinergistas que ayudan a estabilizar la articulación y complementar el trabajo de los agonistas.
- ✓ Inhibición del mecanismo de protección neuromuscular.
- ✓ Aumento de la excitabilidad de las motoneuronas.
- ✓ Reclutamiento selectivo de U.M. influido por el tipo de acción muscular asociado a tipo y velocidad de movimiento y ángulo en que se realiza.

⁶ Edman, P.: "Contractil Performance of skeletal muscle fibres. Strength and Power in Sport" en: García Manzo, J.M. (1999): *La Fuerza*, Ed. Gymnos, Madrid, p.23.

⁷Cometti, G.: *Los métodos modernos de musculación*, Ed. Paidotribo, Cap. 2, pp. 26-28.

⁸ García Manzo, J.M. (1999): *La Fuerza*, Ed. Gymnos, Madrid.

⁹ Cometti, G.: *Los métodos modernos de musculación*, Ed. Paidotribo en *Libro de resúmenes del VII Simposio de Actualizaciones en Ciencias Aplicadas al Deporte*. Biosystems.

¹⁰ Ortiz Cevera, V. y otros: *Entrenamiento de la fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición*, Ed. Inde, Cap. 1, pp. 29 en: Leiva, L.M. (2004): *Pliometría y Rendimiento*. Tesina de licenciatura. Licenciatura en Educación Física del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación y el Movimiento de la Universidad Nacional de General San Martín.

PREACTIVACIÓN: es la responsable de la producción de un stiffness adecuado previo al alargamiento muscular. Se la considera un componente del programa central del movimiento que adecua al músculo mediante una contracción anticipada que permite optimizar la acción muscular en el inicio de la amortiguación. La misma tiene lugar 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.¹¹ Gollhofer y Kyröläinen (1991) comprobaron, saltando desde diferentes alturas, que el grado de preactivación está directamente relacionado con la carga que se espera soportar.¹²

Hoy en día asumimos que la perturbación de la inervación se debe a las estructuras nerviosas centrales, y la misma puede estar influenciada positiva y negativamente por el entrenamiento. Cuando se utilizan saltos en caída para evaluar los CEA rápidos, la altura del centro de gravedad durante el salto posterior se incrementa con el aumento de la altura de caída, hasta alcanzar un nivel óptimo. Cuando se excede la altura óptima de caída, la inhibición será mayor cuanto más alta sea la altura de la caída. Se pueden detectar resultados comparables cuando la altura de caída se mantiene constante y se utiliza una

¹¹ López-Calbet, J.A.; Arteaga, R.; Chavaren, J.; Dorado, C. (1995a) "Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. Factores neuromusculares" en *Archivos de Medicina del Deporte*. en: García, D., Herrero, J.A. y De Paz, J.A. (2003): *Metodología del Entrenamiento Pliométrico* en web: [Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte](#) n°12.

¹² Gollhofer, A. y Kyröläinen, H. (1991): "Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions" en *International Journal-of Sports Medicine*, Stuttgart, pp.34-40, en: García Manzo, J.M. (1999): *La Fuerza*, Ed. Gymnos, Madrid, p.59.

carga adicional (e.g., con chalecos, también se incrementa el estrés) (Gollhofer, Kiröläinen 1991).¹³

La base común para todas las situaciones, donde se pueden observar inhibiciones en los CEA cortos, es la falta de información externa o la falta de información interna. Las informaciones internas provienen del sistema vestibular cinestésico y de otros receptores sensoriales. La información externa es recolectada por la vía de sistemas acústicos y visuales. Las inhibiciones tendrán lugar en un estado de fatiga o de lesión, así como también en situaciones en las cuales el sujeto no tiene conocimiento del resultado.

REFLEJO MIOTÁTICO: se produce durante la fase excéntrica del ciclo estiramiento-acortamiento en respuesta al alargamiento de los husos musculares. Los husos musculares son receptores que son afectados por cambios en la longitud muscular, y por la velocidad de la variación de la longitud. Cuanto mas rápida la velocidad inicial luego del impacto, mas alta la amplitud de la aferencia de los husos musculares (Gollhofer, Schmidtbleicher 1990).¹⁴ Kilani et al. (1989, cfr García Manso, 1998) comprobaron que si se bloquea el reflejo de estiramiento mediante la utilización de un anestésico local (Novocaina), la posibilidad de incrementar el rendimiento en una contracción muscular de tipo pliométrico se ve disminuida.¹⁵

ORGANOS TENDINOSOS DE GOLGI: como mecanismo opuesto al anterior, cuando el músculo es sometido a tensiones excesivas de las regiones distales, las cuales son provocadas por intensas contracciones musculares, se pone en funcionamiento un reflejo inverso al reflejo miotático. Estos reflejos periféricos, llamados reflejos tendinosos, inhiben la actividad de las alfa-motoneuronas

¹³ Schmidtbleicher, D.: "Ciclo Estiramiento-Acortamiento del Sistema Neuromuscular: desde la Investigación hasta la Práctica del Entrenamiento" en *Instituto de Ciencias del Deporte de la Universidad Johann Wolfgang Goethe, Frankfurt (Alemania)*, en web: sobreentrenamiento.com PubliCE Standard. 20/07/2007. Pid: 844.

¹⁴ Schmidtbleicher, Dietmar: *Ciclo Estiramiento-Acortamiento del Sistema Neuromuscular: desde la Investigación hasta la Práctica del Entrenamiento*, en web: sobreentrenamiento.com PubliCE Standard. 20/07/2007. Pid: 844.

¹⁵ García Manzo, J.M. (1999): *La Fuerza*, Ed. Gymnos, Madrid, p. 61.

según aumenta la intensidad de la contracción muscular. Esto se produce por la estimulación de los órganos tendinosos de Golgi, localizados entre los músculos y los tendones.¹⁶ La inhibición podría tener una función protectora para el músculo y el tendón, evitando picos de estrés.

El entrenamiento pliométrico de extrema intensidad conocido como pluspliometría, tendría la función de reducir el umbral de estimulación de estos mecanismos de protección e información muscular.

ELASTICIDAD MUSCULAR: la cantidad de energía elástica que se acumula en el músculo depende, fundamentalmente, del grado de deformación de sus componentes elásticos en serie, especialmente de los tendones, pero también de los componentes elásticos del interior de cada sarcómero y, posiblemente, de los componentes elásticos en paralelo. Esta deformación, depende a su vez de la dureza muscular y de las características de los componentes elásticos. El STIFFNESS muscular es un factor determinante para lograr la adecuada y más eficaz deformación del tendón y del resto de los tejidos elásticos musculares. El mismo se encuentra sujeto a una serie de variables: preactivación, actividad refleja, comportamiento elástico del sarcómero y la interacción de las diferentes estructuras musculares en la rigidez muscular.¹⁷ La actividad refleja sirve en primer lugar para mantener el stiffness durante la fase excéntrica; en cambio, la construcción de un stiffness adecuado antes del alargamiento depende de la preactivación, que además de mantener un adecuado tono muscular, produce una sensibilización óptima de los husos musculares.¹⁸

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

¹⁶ García Manzo, J.M. (1999): *La Fuerza*, Ed. Gymnos, Madrid, p. 31.

¹⁷ García Manzo, J.M. (1999): *La Fuerza*, Ed. Gymnos, Madrid, p. 54.

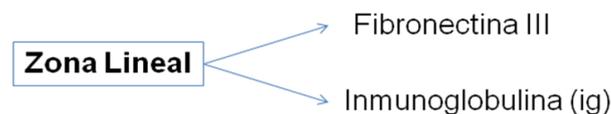
¹⁸ Manual para el entrenador. Nivel 2. Cap. 5. Conade.gob. p.207.

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.¹⁹

COMPONENTES ELÁSTICOS EN SERIE:

- ✓ Los gozones de las cabezas de miosina.
- ✓ La titina.
- ✓ La nebulina.
- ✓ La elastina (propiedades elásticas).
- ✓ El colágeno tipo I y II ubicado en la unión miotendinosa (propiedades viscoelásticas).

TITINA O CONECTINA: Única proteína sarcomérica organizada a manera de unión elástica entre los filamentos gruesos y los discos Z.



- Función fijadora de la Miosina.



- Recupera la longitud del sarcómero luego de la contracción.

REFLEXIÓN:

Cuestiones tales como: *altura de caída, longitud óptima de estiramiento del músculo previa al salto, número de saltos por sesión, microciclo o macrociclo, frecuencia de estímulos pliométricos, pausas entre saltos y entre series, etc.* deben ser contempladas y seleccionadas conjugando las características propias del deporte, del sujeto a entrenar y de las adaptaciones neuromusculares que pretendamos alcanzar. Y en la búsqueda de tal diseño, la *neurofisiología* actuará siempre como la herramienta habilitada que nos permite analizar críticamente cualquier protocolo propuesto.

¹⁹ Barbany, J.R. (1992). *Fisiología del músculo*, en: García, D., Herrero, J.A. y De Paz, J.A. (2003): *Metodología del Entrenamiento Pliométrico*, en web: [Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte](#) n°12, p. 4.

BIBLIOGRAFÍA:

- Cometti, G.: *El entrenamiento Pliométrico: Antecedentes Históricos UFR STATPS Dijon*, Universite Bourgogne, Dijon, Francia.
- Cometti, G. (1998): *La Pliometría*, Ed. Inde, Barcelona.
- Cometti, G.(año): *Los métodos modernos de musculación*, Ed. Paidotribo
- Cometti, G.: *Los Métodos Pliométricos en Resúmenes del Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte* (1999), Biosystem, 291-301, en web: www.sobreentrenamiento.com. PubliCE Standard. 27/07/2007. Pid: 848.
- Erdociain, L.: *PLIOMETRÍA* en web: fuerzaypotencia.com
- García, D., Herrero, J.A. y De Paz, J.A. (2003): *Metodología del Entrenamiento Pliométrico*, en web: Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte n°12.
- García Manzo, J.M. (1999): *La Fuerza*, Ed. Gymnos, Madrid.
- Leiva, L.M. (2004): *Pliometría y Rendimiento*. Tesina de licenciatura. Licenciatura en Educación Física del Instituto de Ciencias de la Rehabilitación y el Movimiento de la Universidad Nacional de General San Martín.
- *Libro de resúmenes del VII Simposio de Actualizaciones en Ciencias Aplicadas al Deporte*. Biosystems.
- Manual para el entrenador. Nivel 2. Cap. 5. Conade.gob.
- Margaria, R. (1975): *Sulla fisiología e meccanica del movimento*, Ed. Mondadori, Milan.
- McNeely, Ed: *Introducción a la Pliometría: Conversión de la Fuerza en Potencia*, en web: www.sobreentrenamiento.com PubliCE Standard. 19/10/2007. Pid: 882.
- Schmidtbleicher, D.: "Ciclo Estiramiento-Acortamiento del Sistema Neuromuscular: Desde la Investigación hasta la Práctica del

Entrenamiento". *Instituto de Ciencias del Deporte de la Universidad Johann Wolfgang Goethe, Frankfurt (Alemania)*. En web: sobreentrenamiento.com PubliCE Standard. 20/07/2007. Pid: 844.

- Verkhoshansky, Yuri (2006): *Todo sobre el método pliométrico*. 2da. Edición, Barcelona.
- Zanon, S. (1989): *Plyometrics: past and present. New Studies in Athletic*, Roma.
- www.efdeportes.com/efd94/musc.htm
- www.magisnef.wordpress.com
- www.aibarra.org/Apuntes/Fisiologia/