

Monograph

# Consideraciones Respecto de la Fuerza Funcional para el Saltador en Alto de Nivel Avanzado

Doug Schweigert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Medcenter One Exercise Physiology Services, Bismarck, North Dakota.*

**Palabras Clave:** salto en alto, fuerza excéntrica, fuerza concéntrica

## INTRODUCCION

---

El salto en alto es un evento único con requerimientos técnicos muy retadores. Es simple respecto de su objetivo (pasar por encima de una barra colocada a una altura predeterminada) y muy puro respecto de sus demandas de entrenamiento. Es una medida de la fuerza explosiva desarrollada a través de un intrincado plan anual de entrenamiento diseñado para que el atleta llegue a su pico en un punto (o en varios puntos) muy específico de la temporada. Con la excepción del periódico aumento en la altura de la barra este deporte cuenta con muy pocas variaciones en los estímulos externos durante la competencia. Por esta razón, la destreza del salto en alto podría ser clasificada hacia el extremo del continuum de las habilidades abiertas-cerradas. Las destrezas asociadas con el evento deberían estar bien desarrolladas en los saltadores de nivel avanzado. Consecuentemente, la mayor parte de las mejoras en el rendimiento provendrán del desarrollo fisiológico. Esto incrementa la importancia de establecer metas de entrenamiento para capacidades físicas específicas en los deportistas avanzados. Por medio del análisis de las necesidades específicas de los saltadores de altura, podremos desarrollar un programa apropiado de entrenamiento para la mejora del rendimiento.

El éxito en el salto en alto es determinado por la altura que el atleta es capaz de saltar. Dos factores que determinarán esta altura son el ángulo de despegue y la altura a la cual el atleta puede proyectar su centro de gravedad (COG) en el despegue (Figura 1). La mecánica para aplicar el ángulo más efectivo de despegue se desarrolla en la práctica mediante ejercitaciones apropiadas. Asumiendo que el saltador posee un efectivo ángulo de despegue, el objetivo principal del mecanismo de despegue es proyectar el COG tan alto como sea posible. En definitiva, el componente que determinará la altura a la cual el atleta es capaz de proyectar su centro de gravedad es la velocidad vertical que posea el COG en el momento del despegue. De hecho, un mero incremento de 0.1 m/s en la velocidad de despegue puede incrementar la altura de la trayectoria en 3-4 cm (2). Esto nos sugiere que un objetivo específico de entrenamiento para el saltador en alto debe ser incrementar la velocidad de despegue.



**Figura 1.** Dos factores que determinarán el éxito del saltador en alto son el ángulo de despegue y la altura máxima a la cual el o la atleta es capaz de proyectar su centro de gravedad

Se podría asumir que la contracción explosiva concéntrica de los extensores de la rodilla, cadera y tobillo en el momento del despegue es un factor crítico respecto de la velocidad de despegue del saltador. Este proceso de pensamiento es potencialmente erróneo, ya que la participación de estas contracciones concéntricas en el desarrollo de la velocidad de despegue puede ser mínima. En un estudio (2) se halló que la fase de amortiguación en el despegue es por mucho la fase más activa, y la contracción concéntrica que tiene lugar durante la fase de extensión es aproximadamente un tercio menos activa. Se ha hallado que la fuerza absoluta en la fase de extensión no se incrementa a partir del momento en que la pierna de despegue comienza a extenderse; sino que comienza a reducirse inmediatamente y hasta el momento en que el pie deja el suelo. Debido a las características de la curva fuerza - velocidad, esto sería de esperarse. En otro estudio (1) se demostró que en el momento del despegue, la pierna de despegue no se encuentra completamente extendida. La extensión total de la pierna de despegue no se alcanza hasta que el pie haya dejado el suelo. Si las contracciones concéntricas fueran realmente críticas para la velocidad de despegue, entonces se podría esperar que tuviera lugar una extensión completa. A partir de esto podríamos suponer que durante el salto en alto la pierna de despegue no empuja el cuerpo del saltador hacia arriba. En cambio, una descripción más precisa implicaría que el cuerpo del saltador rebota hacia el final de la carrera de aproximación, utilizando la pierna como una palanca prácticamente rígida. Esto tiene grandes implicaciones respecto de la especificidad de las consideraciones para el diseño de programas de entrenamiento de la fuerza para saltadores en alto.

La velocidad de despegue es dependiente de la velocidad horizontal que desarrolla el atleta en la carrera de aproximación y de la efectividad con la cual el atleta transfiere la velocidad horizontal a la vertical (2). Cuanta más velocidad horizontal desarrolla el saltador hasta el momento del despegue, mayor será el potencial para desarrollar una velocidad vertical efectiva. En un estudio (10) llevado a cabo con mujeres saltadoras en alto se halló que aquellas mujeres cuya velocidad se incremento claramente en los últimos tres pasos saltaban 4-9 cm más que aquellas cuya velocidad no se incrementaba. Para mostrar las distintas formas de velocidad que utilizan los saltadores de clase mundial, se observó al ex poseedor del récord mundial, Zhu Jianhua de China, y se halló que tenía una velocidad final en la carrera de aproximación igual a la necesaria para correr 100 metros en 11.0 segundos (12). Esto es bastante sorprendente cuando se piensa en los requerimientos físicos necesarios para transferir esta velocidad desde la dirección horizontal a la vertical. Por supuesto, la velocidad horizontal que un saltador es capaz de utilizar en forma efectiva es directamente dependiente de las capacidades físicas individuales y de la técnica. Esto varía mucho de un saltador a otro. El cambio en la dirección del movimiento del cuerpo a altas velocidades requiere de una tremenda cantidad de fuerza excéntrica para minimizar el tiempo de la fase de amortiguación y para incrementar la capacidad de transferir la energía cinética desarrollada durante la fase de aproximación desde la horizontal a la vertical. Durante el cambio de dirección se pierde algo de la velocidad (como mucho un 35-39%), pero cuanto mayor es la fuerza excéntrica de los músculos, menor será la pérdida de velocidad (2).

El Instituto Nacional de Investigaciones Científicas de Rusia llevó a cabo un estudio para determinar los ejercicios más

efectivos para el entrenamiento de mujeres saltadoras en alto (9). Luego de revisar todos los ejercicios utilizados por los entrenadores nacionales, los investigadores seleccionaron los ejercicios utilizados más frecuentemente y los estudiaron utilizando plataformas de fuerza, análisis de videos de alta velocidad, y EMG. Se halló que algunos de los ejercicios más efectivos eran los saltos verticales con 1 pierna, saltos con caída a 1 y 2 piernas con despegue rápido, rebotes con las puntas de los pies utilizando pesos sobre los hombros (50% del peso del atleta) y saltos sobre varias vallas (76-91 cm) con despegue posterior a dos piernas. Estos investigadores también fueron capaces de determinar que había un grupo de ejercicios que tenía una correlación negativa con el desarrollo del rendimiento en el salto en alto. Estos incluían las sentadillas con un peso mayor al peso corporal del saltador, saltos desde media sentadilla con cargas mayores al 50% del máximo, saltos desde sentadilla profunda, y saltos verticales y hacia delante a partir de sentadilla profunda sin carga. Al revisar estos ejercicios, es interesante señalar que todos los ejercicios que tuvieron una correlación positiva con el rendimiento en el salto en alto provocaban un marcado efecto pliométrico mientras que los ejercicios que tuvieron una correlación negativa eran ejercicios de fuerza - velocidad. Esto nuevamente parece demostrar la mínima participación de la contracción concéntrica de los extensores de la cadera, rodilla y tobillo durante la acción de despegue.

Otros estudios han tratado de observar la efectividad relativa de la fuerza máxima y de la fuerza velocidad para el éxito en el salto en alto. En un estudio (10) en donde se observó la correlación entre la fuerza máxima y la fuerza velocidad en la preparación de saltadores en alto se mostró que la fuerza máxima tiene un mayor efecto respecto en la mejora de los resultados en el salto vertical, cuando se realiza toda la carrera de aproximación, en comparación con la fuerza velocidad. Sin embargo, la fuerza velocidad desempeña un papel mas importante en la mejora de los resultados en el salto vertical cuando se acorta la carrera de aproximación. Esto parece indicar que la fuerza máxima es el factor limitante que provoca que el atleta no sea capaz de alcanzar mejores resultados cuando se realiza la carrera completa de aproximación. Sin embargo, en otro estudio (3) se indicó que el rendimiento de un atleta no es limitado por la fuerza máxima desarrollada por los extensores durante el despegue sino por la fuerza que estos músculos ejercen durante la fase excéntrica. Los resultados del primer estudio pueden haber sido limitados por el hecho de que no se consideraron las diferencias entre la fuerza máxima concéntrica y la fuerza máxima excéntrica.

Todo esto parece apuntar al hecho de que la fase de amortiguación en la batida es crítica para el éxito en el salto en alto y que la fuerza requerida por la mayoría de los saltadores no es para la extensión sino para evitar una excesiva flexión durante la batida. Esto es función de la fuerza excéntrica.

Si bien aquí se está haciendo énfasis en la importancia de desarrollar niveles apropiados de fuerza excéntrica, esto no significa que debemos desechar totalmente la participación de la fase de contracción concéntrica del despegue. En un experimento llevado a cabo para comparar la efectividad del trabajo concéntrico, excéntrico e isométrico, mostró que el mayor incremento en la fuerza en 1 repetición máxima (1RM) en el ejercicio de sentadillas se obtuvo con el régimen de entrenamiento excéntrico. Solo se halló un incremento en el salto vertical a través del régimen de concéntrico. De hecho, el grupo que entrenó con el régimen excéntrico en realidad mostró una reducción en el rendimiento durante el salto vertical (8). Se concluyó que este estudio demostraba la especificidad neuromuscular del desarrollo de la fuerza. Aunque las propiedades físicas del despegue en el salto vertical son muy diferentes a las del despegue en el salto en alto, este estudio parece demostrar que los ejercicios que incorporan trabajos de transferencia desde contracciones excéntricas a contracciones concéntricas continúan siendo importantes.

La acumulación de energía elástica en el músculo es compleja y también es importante para el desarrollo de la velocidad vertical durante el despegue. Cuando un músculo es puesto en estado de contracción a través de la contracción excéntrica en el momento de la batida y luego es forzado a realizar un rápido estiramiento inmediatamente después del acortamiento, la liberación de energía elástica provee una significativa fuerza inicial para mover el cuerpo en forma vertical. La rigidez muscular es necesaria para la acumulación eficiente de la energía elástica en un estiramiento externo (4) y es el resultado de la interacción del reflejo de estiramiento y de la tensión muscular excéntrica (5). Este efecto pliométrico está bien documentado, y por tal razón aquí no será discutido con gran detalle (ver referencias 11 y 6).

Siff y Verkhoshansky (1993) han caracterizado las 5 fases de acción involucradas en un evento pliométrico. La primera fase es una fase inicial de impulso durante la cual el cuerpo se mueve debido a la energía cinética acumulada en la acción precedente. En nuestro caso, esta sería la energía desarrollada en la aproximación al salto en alto. La segunda fase es la fase de culminación del impulso cuando el contacto con una superficie evita que el cuerpo continúe moviéndose. Esto es la batida en el salto. La tercera fase es la fase de amortiguación cuando la energía cinética provoca un poderoso reflejo miotático de tracción que deriva en la acción muscular excéntrica acompañada por contracciones musculares isométricas y por el estiramiento de los componentes elásticos en serie (SEC). La cuarta es la fase de rebote que implica la liberación de la energía acumulada en los SEC conjuntamente con la contracción concéntrica involuntaria evocada por el reflejo miotático. Por ultimo encontramos la fase final de impulso que ocurre luego de que se haya completado la contracción concéntrica, y el cuerpo continúa moviéndose por medio de la energía cinética impartida por la contracción concéntrica involuntaria y por la liberación de energía elástica acumulada en los SEC.

Se ha sugerido que el concepto de correlación dinámica de Verkhoshansky nos dice que la fuerza para el salto puede ser optimizada tratando de modelar el entrenamiento de la fuerza tan cercanamente como sea posible en función de lo que se desea mejorar (6). En base a la precedente discusión, parecería que para el salto en alto sería necesario incluir el desarrollo de la capacidad excéntrica y de los componentes elásticos de los músculos involucrados.

Para cada atleta hay una carga óptima que maximiza la acumulación y utilización de energía elástica. El incremento de esta carga óptima tendrá implicaciones directas sobre la capacidad del atleta para utilizar más velocidad horizontal en la aproximación y para transferirla de manera efectiva a la vertical en el despegue. Al parecer, el incremento en la fuerza excéntrica de los extensores de la rodilla sería indicado no solo para permitir una mayor velocidad en la aproximación sino para incrementar la eficiencia en la acumulación de la energía elástica. Lord y Campagna (1997) creen que la capacidad para manejar más trabajo negativo en el mismo lapso de tiempo indicaría un incremento en la potencia excéntrica y en la rigidez muscular. Esta adaptación tiene implicaciones importantes para aquellos saltadores en alto que desean incrementar su velocidad de aproximación sin tener que recurrir a una excesiva flexión de la rodilla durante el despegue.

## **DESARROLLO DE LA FUERZA EXCENTRICA**

---

La fuerza excéntrica hace referencia a la capacidad del músculo para ejercer tensión mientras se estira. La cantidad de tensión que un músculo puede generar durante una contracción excéntrica ha sido denominada fuerza supramáxima y es 1.2-1.6 veces mayor que la tensión que un músculo puede exhibir durante una contracción concéntrica (3). Si bien la fuerza excéntrica puede ser desarrollada a través de una variedad de formas de entrenamiento (incluyendo el entrenamiento pliométrico, el entrenamiento de la fuerza máxima o de la fuerza velocidad), el reconocimiento de las necesidades específicas de contracción excéntrica para el saltador en alto podrá ayudar al entrenador a desarrollar programas de entrenamiento más efectivos.

Con frecuencia, los fisicoculturistas o los entusiastas de la aptitud física defienden la utilización de movimientos negativos en la realización de ejercicios para el entrenamiento de la fuerza. Si bien estos ejercicios se basan en contracciones excéntricas, nosotros debemos considerar el principio de sobrecarga para valorar la efectividad de estos ejercicios en el desarrollo de la fuerza excéntrica específica del deporte. Es posible que se requieran de intensidades mucho mayores a las observadas durante la realización de los ejercicios negativos característicos para sobrecargar adecuadamente el mecanismo de contracción excéntrica hasta el nivel requerido con las intensidades halladas en el salto en alto. Aunque estos tipos de ejercicios puede incrementar las demandas metabólicas del ejercicio global, probablemente no tendrán las características de tensión necesarias para observar incrementos en la fuerza supramáxima.

El incremento en la fuerza supramáxima requiere de ejercicios en los cuales los músculos sean forzados a realizar contracciones excéntricas bajo fuerzas externas significativas. Se ha demostrado que el grado de tensión excéntrica desarrollada por el músculo esta inversamente correlacionado con el estiramiento y la flexión que ocurre con una determinada carga (5). Dos de los métodos más comunes para desarrollar la fuerza excéntrica son las sentadillas excéntricas con cargas mayores a 1RM y los saltos con caída. Por supuesto, estos dos ejercicios son extremadamente intensos y no son adecuados para atletas jóvenes o atletas en desarrollo. Sin embargo, el progresivo desarrollo de atletas hacia estos métodos de entrenamiento debería ser un objetivo de entrenamiento y tendría influencias positivas sobre el nivel de rendimiento de los atletas. En el esquema de entrenamiento, los saltos con caída representan una forma más específica de desarrollar la fuerza excéntrica para saltadores en alto debido a las similitudes en la tasa de desarrollo de la fuerza; sin embargo, las sentadillas excéntricas proveen una apropiada actividad para el desarrollo.

Radcliffe y Osternig (1995) recomendaron que se debiera tener un extremo cuidado al seleccionar las alturas de los saltos con caída ya que hay una considerable variabilidad individual en la tolerancia a una determinada altura. Siff y Verkhoshansky (1993) respaldaron esta filosofía indicando que la óptima altura de caída es determinada por el nivel de fuerza del atleta. Lord y Campagna (1997) proveyeron la siguiente guía para la selección de alturas de caída a través de la utilización del test de saltar y alcanzar realizado luego de caer desde un cajón de salto (Figura 2).



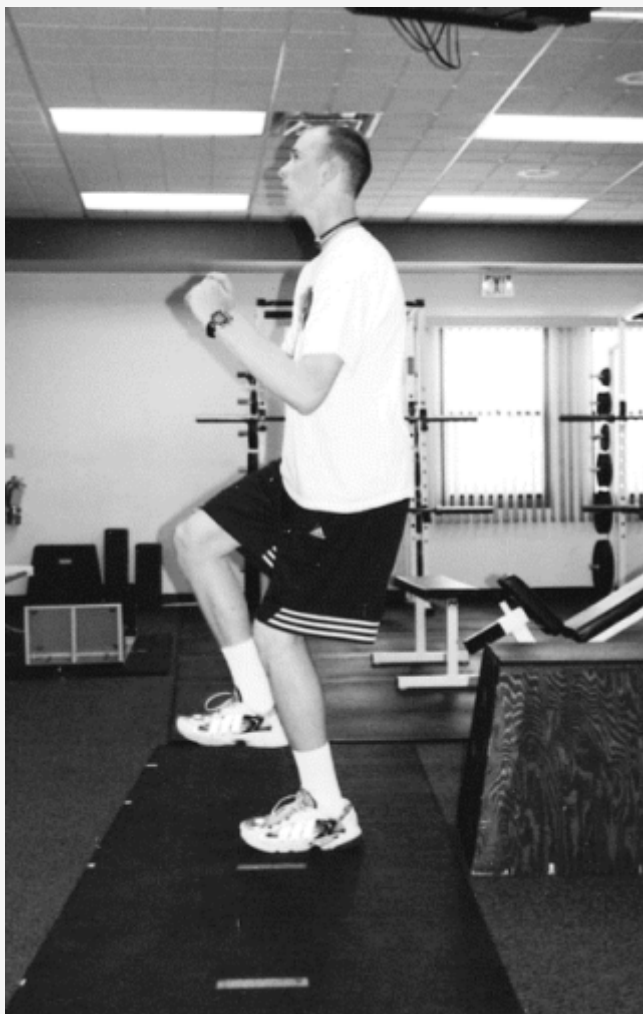
**Figura 2.** La altura apropiada de caída puede ser determinada mediante la utilización del test de saltar y alcanzar realizado luego de caer desde un cajón de salto.

Comenzar con una caída tan baja como 20 cm. Se debería permitir que el atleta realice 5 saltos con cada altura. La altura del cajón debería incrementarse progresivamente en no más de 10 cm por prueba hasta que haya una disminución en el rendimiento del salto posterior. El punto en el cual se observa una disminución en el rendimiento del atleta indica la altura óptima a partir de la cual el atleta deberá caer y con la cual experimentará la sobrecarga en el salto posterior a la caída. El programa a diseñar debería incluir 3-4 series de 10 repeticiones con alturas de caída 10 cm mayor a la altura óptima.

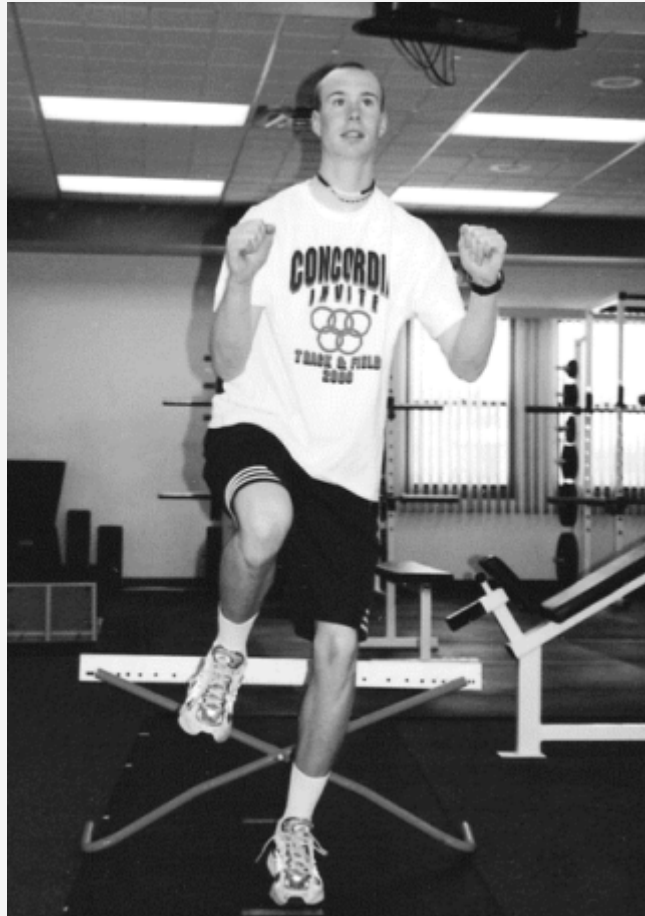
Otro método efectivo para desarrollar la fuerza excéntrica puede ser las caídas, que son esencialmente saltos con caída sin el salto posterior. Dursenev y Raevsky (3) hallaron que las caídas desde alturas de 2 m o más eran efectivas para desarrollar la fuerza supramáxima. Aunque dichas alturas solo deberían ser utilizadas por atletas avanzados, alturas menores podrían servir de actividades previas para atletas en desarrollo a la vez que ofrecerían las mismas ventajas que los saltos con caídas sin la complejidad del salto posterior a la misma.

Siff y Verkhoshansky (1993) propusieron las sentadillas de poco rango, las cargadas de potencia, los arranques de potencia, los enviones colgantes, los arranques colgantes, el segundo tiempo de potencia y las sentadillas por delante y por detrás como actividades apropiadas en la preparación para las actividades de mayor intensidad discutidas previamente. Todas estas actividades involucran contracciones excéntricas de baja intensidad que desarrollan la fuerza de los músculos, tendones y ligamentos en la preparación para actividades más intensas. Las actividades pliométricas de baja y moderada intensidad también son críticas para este desarrollo. Otros ejercicios para el desarrollo podrían incluir el salto de vallas tanto estático como con la realización de rebotes entre las vallas. También es aconsejable progresar hacia la realización de todos estos ejercicios en forma unilateral, con la intensidad apropiada, ya que en el salto en alto el despegue se realiza con una sola pierna. La investigación ha demostrado que la transferencia de la fuerza desarrollada bilateralmente ofrece mejoras específicas en actividades bilaterales, mientras que los ejercicios realizados en forma unilateral mejoran el rendimiento en actividades unilaterales (9). En términos de desarrollo de la estabilidad y la propiocepción en las articulaciones de la rodilla y del tobillo, los saltos con caída a una pierna (Figura 3) y los saltos con vallas a una pierna

(Figura 4) son extremadamente buenos como actividades desarrolladoras. Se puede progresar hacia la realización de los mismos ejercicios pero con rebote manipulando gradualmente las intensidades a través del incremento de la altura del cajón y de las vallas.



**Figura 3.** El salto con caída a una sola pierna es una actividad intensa y específica del deporte para el desarrollo de la fuerza excéntrica.



**Figura 4.** El salto con vallas a una sola pierna con detención es una buena actividad unilateral para el desarrollo.

Como evento atlético, el salto en alto permite el establecimiento de objetivos muy específicos y concretos. Las mejoras en los saltadores avanzados provendrán principalmente del incremento en la velocidad vertical durante el despegue, lo cual es un resultado directo del incremento en la velocidad horizontal desarrollada durante la aproximación. El principal factor limitante que evita la utilización de mayores velocidades de aproximación es la fuerza excéntrica que debe ejercer la pierna de despegue. El incremento en la fuerza excéntrica de los extensores de la pierna permitirá que el atleta transfiera de forma efectiva la mayor velocidad desarrollada en la aproximación hacia la vertical en el momento del despegue con una mínima pérdida de energía.

## REFERENCIAS

1. Dmitriev, V (1986). The Fosbury flop—Basic structure of the take-off. *Soviet Sports Rev.* 21:(4) 167-171
2. Dursenev, L.I (1991). Concerning one of the concepts of improving high jumpers. *Soviet Sports Rev.* 26:(2) 60-61
3. Dursenev, L.I., and L.G. Raevsky (1979). Strength training of jumpers. *Soviet Sports Rev.* 14:(2) 53-55
4. Kreighbaum, E., and K. Barthels (1985). Biomechanics: A Qualitative Approach for Studying Human Movement. *Minneapolis: Burgess*
5. Lord, P., and P. Campagna (1997). Drop-height selection and progression in a drop-jump program. *Strength and Conditioning* 19:(6) 65-69
6. Lundin, P., and W. Berg (1991). A review of plyometric training. *Natl. Strength and Conditioning J.* 13:(6) 22-30
7. Radcliffe, J., and L. Osternig (1995). Effects on performance of variable eccentric loads during depth jumps. *Journal of Sport Rehabilitation.* 4:31-41
8. Siff, M., and Y. Verkhoshansky (1993). Supertraining: Special Strength Training For Sporting Excellence. *Pittsburgh: Sports Support Syndicate*
9. Strizhak, A., V. Bobrovnikov, and I. Kravtsev (1986). Specialized exercises for high jumpers. *Soviet Sports Rev.* 21:(3) 125-126

10. Taranov, V (1983). Training of women high jumpers. *Soviet Sports Rev.* 8:(1) 44-46
11. Wathen, D (1993). Literature review: Explosive plyometric exercises. *Natl. Strength and Conditioning J.* 15:(3) 16-19
12. Zhukov, I., and V. Yufrikov (1985). Components of the Fosbury flop. *Soviet Sports Rev.* 20:(2) 73-74

### **Cita Original**

Doug Schweigert. Consideraciones respecto de la Fuerza Funcional para el Saltador en Alto de Nivel Avanzado *Strength and Conditioning Journal*, Vol. 22, No. 5, pp. 25-30.