

Monograph

# Ejercicios Explosivos en el Entrenamiento Deportivo: Una Revisión Crítica

Stewart Bruce-Low<sup>1</sup> y Dave Smith<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Southampton Solent University/Southampton, Reino Unido.

<sup>2</sup>University of Chester/Chester, Reino Unido.

## RESUMEN

---

En esta revisión se ha recopilado evidencia en relación a la efectividad y seguridad de los ejercicios explosivos como por ejemplo el levantamiento de pesas estilo olímpico u otros ejercicios de pesas realizados a una cadencia alta, y ejercicios pliométricos que son utilizados habitualmente en el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento de los atletas. Contrariamente a la creencia popular y a la práctica de muchos atletas, la evidencia con revisión por pares no respalda la idea de que los ejercicios explosivos son más efectivos que los tradicionales, es decir, entrenamiento lento y con altas cargas, para mejorar la potencia muscular y el rendimiento atlético. De hecho, tales ejercicios no parecen ser más efectivos en este aspecto que el entrenamiento con pesas a una cadencia relativamente baja, incluso algunas evidencias sugieren que son menos efectivos. Además, los ejercicios explosivos, no se transfieren bien (o no se transfieren en absoluto) al rendimiento atlético en el campo de juego, y presentan un importante riesgo de lesión. Por lo tanto, dichos ejercicios, no se deberían recomendar en el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento de atletas, excepto aquellos que necesiten aprender la habilidad específica de levantar altas cargas con altas velocidades, como los levantadores olímpicos o los participantes en las competiciones tales como el hombre más fuerte del mundo (*strongmen*)

**Palabras Clave:** fuerza, pliometría, rendimiento

## INTRODUCCION

---

El entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento, son actualmente, parte integral de la preparación atlética de todos los deportistas y equipos deportivos serios. Sin embargo, es controversial la cuestión de como entrenar para prepararse para la competencia atlética. Cuestiones como el volumen, la frecuencia de entrenamiento, la elección de los ejercicios y la cadencia de movimiento son debatidas por atletas, entrenadores y científicos del ejercicio.

Una de las cuestiones más controversiales en este campo, es la utilización de ejercicios 'explosivos' para aumentar la fuerza y la potencia. Estos se pueden definir como "ejercicios de fuerza caracterizados por tasas máximas de aplicación de la fuerza o casi máximas, o por una alta aceleración" (1). Ejemplos típicos de estos ejercicios que son comúnmente prescritos por entrenadores de fuerza son, el levantamiento de pesas estilo olímpico como el envión y el arranque, y sus derivados como la cargada de potencia y la cargada colgado. Además, existe una creencia popular que los supuestos ejercicios 'pliométricos', que se definen como "esfuerzos máximos y de alta calidad en cada repetición del ejercicio" (2, p.69), así como la ejecución de cualquier ejercicio de pesas a una cadencia relativamente alta, son efectivos para aumentar la fuerza, la potencia y la tasa de desarrollo de la fuerza. Esto se basa en que la composición de la fibra muscular

proporciona el potencial para que el sistema neuromuscular produzca altas velocidades, particularmente en las fibras rápidas. Sin embargo, es imposible el reclutamiento selectivo de las fibras musculares (3). Por lo tanto, el sistema nervioso recluta las fibras musculares en una progresión lógica en función de los requerimientos de fuerza y no de la velocidad de movimiento (3). Por ejemplo, las fibras lentas reciben las demandas de baja intensidad muscular, mientras que las fibras rápidas se reclutan eventualmente cuando las fibras lentas están exhaustas. Por lo tanto, las fibras lentas se reclutan en primer lugar y luego las fibras rápidas finalmente, y no hay ninguna prueba definitiva para determinar que la realización de tareas explosivas pueda saltar este proceso (3). Es interesante señalar que Fleck y Kraemer (5) sugieren que hay excepciones en el orden del reclutamiento cuando se realizan movimientos a una velocidad muy alta, aunque no proveen datos de investigaciones para apoyar esta afirmación.

La Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento (NSCA), una destacada organización de certificación, recomienda todos los ejercicios mencionados arriba para atletas adultos (1). Además, en una reciente declaración de posición Colegio Americano de Medicina del Deporte (6) se sugiere que el levantamiento explosivo es una manera efectiva para aumentar el rendimiento atlético. Muchos libros de fuerza y acondicionamiento también apoyan este pronunciamiento (ej. 5). Sin embargo, esta visión no es universal, algunos autores aconsejan a sus atletas evitar la cargada de potencia y otros ejercicios del levantamiento olímpico, debido a que cuestionan su efectividad y seguridad (ej. 3, 7). De hecho, se ha afirmado en dos revisiones recientes (8, 9), que las investigaciones que respaldan los protocolos de entrenamiento explosivo, son cuanto menos equívocas.

Algo sorprendente (dado la importancia que tiene este tema para científicos del ejercicio, para los profesionales de la fuerza y del acondicionamiento y para los entrenadores) es que una investigación empírica, con revisión por pares, nunca se ha tratado integral y sistemáticamente en ningún trabajo científico dedicado puramente a este fin.

Por lo tanto, el objetivo de la presente revisión es estudiar los efectos de los protocolos de entrenamiento explosivo, incluyendo el levantamiento de pesas estilo olímpico y sus derivados, la pliometría y otros ejercicios del entrenamiento de pesas realizados a una cadencia relativamente alta, sobre la fuerza muscular, la potencia y el rendimiento deportivo. Se analizará la evidencia en relación a los efectos de dichos métodos en la fuerza muscular y la potencia, comparándolos con un entrenamiento de pesas lento y controlado, la transferencia de dicho entrenamiento para aumentar el rendimiento en el campo de juego, y el riesgo de que se produzca una lesión. Luego se darán las recomendaciones basadas en la evidencia, en relación a la utilización de dichos protocolos de entrenamiento, para aumentar el rendimiento deportivo. Para encontrar los artículos que se han discutido en esta revisión, se ha utilizado una amplia búsqueda de la literatura que incluyo búsquedas en bases de datos relevantes, así como búsquedas en publicaciones periódicas recientes de fisiología del ejercicio, búsquedas por las referencias bibliográficas de todos artículo leído y búsquedas en internet.

## **EFFECTOS DE LOS EJERCICIOS EXPLOSIVOS SOBRE LA FUERZA Y LA POTENCIA MUSCULAR**

---

Dado la manera algo estridente en que muchas autoridades del entrenamiento de pesas han promovido el uso de ejercicios explosivos (ej. 1), resultaría razonable suponer que se haya constituido un importante cuerpo de evidencias científicas, en apoyo a su empleo. Sin embargo, uno de los resultados más llamativos de nuestra búsqueda en la literatura, fue el número relativamente pequeño de estudios que han evaluado realmente los efectos de los ejercicios explosivos, y es aún más pequeño el número de estudios que comparó sus efectos con los del entrenamiento de pesas lento y controlado recomendado por algunos autores (3, 10, 11). Sin embargo, los estudios que se han completado han producido algunos hallazgos muy interesantes. Por ejemplo, LaChance y Hortobagyi (12) compararon los efectos de la cadencia de las repeticiones en el número de extensiones de brazos y dominadas que cada sujeto pudiera completar. Encontraron que los sujetos pudieron completar menor cantidad de repeticiones cuando efectuaron dos segundos en la fase concéntrica y dos segundos en la excéntrica, que cuando realizaron repeticiones rápidas y a un ritmo individual, y pudieron completar aún menos repeticiones cuando realizaron dos segundos de contracciones concéntricas y cuatro segundos de excéntricas. Por lo tanto, la dificultad del ejercicio disminuyó a medida que la cadencia de las repeticiones disminuía. Por ejemplo, cuando los sujetos realizaron repeticiones rápidas hicieron un 96% más de dominadas en un 16% menos de tiempo, y efectuaron 145% más extensiones de brazo en 51% menos de tiempo, que cuando lo hacían a 2/4 de la cadencia. Esto sugiere que repeticiones más veloces involucran menor tensión muscular, siendo difícil de visualizar cómo velocidades de movimiento más rápidas podrían ser más productivas. Los hallazgos de Hay et al. (13), al medir el momento de la articulación en tres hombres mientras realizaban curl de bíceps, también parecen apoyar este punto de vista. Hay et al. (13) encontraron que con una duración de levantamiento corta (<2 s) se requería un momento de la articulación muy pequeño, durante la mayor parte del recorrido de movimiento (ROM), ya que luego de la iniciación del movimiento, la pesa continúa moviéndose por su propio momentum lineal. Por lo tanto, los movimientos rápidos no proveen tanta tensión muscular como los

movimientos lentos durante la mayor parte del ROM, sugiriendo que repeticiones más rápidas, como aquellas que se realizan con los ejercicios 'explosivos' podrían no generar un incremento óptimo de la fuerza durante el ROM completo del músculo.

Otros estudios, no han encontrado diferencias significativas entre repeticiones lentas o rápidas en el aumento de la fuerza. Por ejemplo, para estudiar los efectos de las diferentes cadencias de las repeticiones habitualmente utilizadas por los entrenadores, Berger y Harris (14) separaron los sujetos en tres grupos: rápido (1.8 seg.), intermedio (2.8 seg.) y lento (6.3 seg.); cada grupo realizó una serie de press de banca tres veces por semana durante 8 semanas. Todos los grupos aumentaron la fuerza de manera significativa, sin diferencias significativas entre los grupos. Young y Bilby (15) compararon sentadilla con barra lentas y explosiva. Nuevamente ambos métodos incrementaron significativamente 1RM, así como la fuerza pico isométrica, el salto vertical, el perímetro del muslo y el espesor del músculo. Lo interesante es que el cambio en la tasa de desarrollo de la fuerza fue 68,7% en el grupo explosivo, comparándolo con solo 20,5% del grupo lento, mientras que el cambio en 1RM fue del 31% para el grupo lento y del 12,4% para el explosivo. Sin embargo, estas no son diferencias significativas, y efectivamente en este estudio no se hallaron diferencias significativas entre los grupos. Palmieri (16) estudió los efectos de la variación de la cadencia de las repeticiones, dentro de un programa de entrenamiento de 10 semanas que consistía en sentadillas y ejercicios en máquinas. El grupo de cadencia lenta realizó la fase concéntrica de cada repetición en 2 s o más, el grupo de cadencia rápida lo realizó en 0,75 s o menos, y el grupo combinado realizó en las primeras 6 semanas repeticiones de cadencia rápida y en las últimas 6 semanas repeticiones de cadencia lenta. Todos los grupos aumentaron significativamente 1RM en sentadilla (el grupo lento 25%, el rápido 20% y el grupo combinado 20%) y la potencia del tren inferior (el grupo lento 3,7%, el rápido 3,8% y el grupo combinado 3,2%) y no se encontraron diferencias significativas entre los grupos. Sin embargo, de manera interesante, cuando el grupo combinado cambió a la condición de cadencia rápida, no logró producir mayores incrementos en las mediciones dependientes.

En los estudios mencionados anteriormente, está claro que no se apoya la visión de que los ejercicios explosivos son superiores al entrenamiento de pesas lento, para aumentar la fuerza muscular, la potencia o la hipertrofia. Sin embargo, la pregunta importante todavía es, ¿cuánto del incremento de fuerza y potencia se traslada a mejorar el rendimiento en el campo deportivo?. En la próxima sección se analizará esta cuestión.

## **EFFECTOS DE LOS EJERCICIOS EXPLOSIVOS EN LAS MEDICIONES RELACIONADAS AL RENDIMIENTO DEPORTIVO**

---

Se ha argumentado que, dado que en la mayoría de los deportes se involucran contracciones musculares a una alta velocidad, el entrenamiento de pesas realizado a altas velocidades podría preparar mejor a los atletas que el entrenamiento de pesas lento. Este argumento comenzó a plantearse en los libros de entrenamiento de pesas (17, 5) y fue resumido de esta manera por Cissik (18): "si un ejercicio se ejecuta a bajas velocidades, nos hacemos fuertes a bajas velocidades. Sin embargo, hay una pequeña transferencia hacia velocidades más altas. Si un ejercicio se realiza a altas velocidades, nos hacemos fuertes a altas velocidades" (p.3). No es fácil examinar los efectos de aspectos específicos de los programas de entrenamiento de los atletas, como la cadencia de las repeticiones ya que hay muchos factores que pueden generar confusión. Sin embargo, muchos estudios han estudiado los efectos de los protocolos de entrenamiento explosivos y no explosivos a través de mediciones dependientes, debido a que se pensó que las mismas estaban más relacionados al rendimiento deportivo que a las mediciones de fuerza muscular. Esta sección examinará los hallazgos de esos estudios. Sin embargo, es importante notar que, mientras que algunas de estas mediciones parecen tener validez (ej. medir el rendimiento en un esprint en kayak en kayaquistas) hay muy poca o no hay evidencia alguna que apoye la validez ecológica de algunas de estas mediciones. Por ejemplo, tal como fue señalado Carpinelli (19), a pesar de su extendida aceptación, no ha sido mostrada una buena correlación entre el salto vertical y el rendimiento en ninguna actividad deportiva específica.

Un estudio interesante que utilizó mediciones que aparentaban tener una buena validez ecológica, fue el de Liow y Hopkins (20), quienes investigaron el efecto del entrenamiento de pesas lento y explosivo en el rendimiento de esprint en kayak. Los dos programas diferían solo en el tiempo que representaba la fase concéntrica del movimiento (lento: 1,7 segundos y explosivo: <0,85 segundos). Ambos métodos de entrenamiento mejoraron el rendimiento (el tiempo promedio para el pique de 15 metros mejoró 3.4 % [entrenamiento lento] y 2.3 % [entrenamiento explosivo] con intervalo de confianza del 90%, teniendo las diferencias apareada un valor de  $\sim \pm 1.4\%$ ). A través de la expresión de la incertidumbre de un efecto al intervalo de confianza de 90% o límites probables de verdadero valor del efecto, Liow y Hopkins (20) sugieren que el entrenamiento lento de pesas fue más efectivo que el entrenamiento explosivo (valuado como "posible" con un intervalo de confianza del 74%) para mejorar la fase de aceleración del esprint, mientras que el entrenamiento explosivo fue más efectivo que el entrenamiento lento (valuado como "posible" con un intervalo de confianza del 54%) para

mejorar el mantenimiento de la velocidad. Blazevich and Jenkins (21) analizaron velocidades de entrenamiento lentas y explosivas en la flexión y extensión de cadera, flexión y extensión de rodilla y en sentadilla, utilizando del 30 al 50% de 1RM para el grupo de velocidad alta y del 70 al 90% de 1RM para el grupo de velocidad baja. Observaron mejoras significativas en el tiempo de aceleración en 20 m ( $p < 0.01$ ), en la fuerza en sentadilla ( $p < 0.05$ ) y extensión de cadera a 1.05 radianes/segundo en todos los atletas. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en las mediciones del momento para la extensión y flexión de cadera, o en 1RM en sentadilla o en el rendimiento en el esprint, entre el grupo de entrenamiento lento y el explosivo.

Dado la importancia de la cuestión de la transferencia del entrenamiento, en un estudio de Baker y Nance se investigó la relación entre el levantamiento de pesas estilo olímpico y el rendimiento en esprints (22) y fue particularmente interesante. Se utilizaron jugadores de rugby (australianos), entrenados que competían en una liga ( $n = 20$ ), y los investigadores encontraron una débil correlación entre la cargada colgado y el rendimiento en el esprint ( $r = -0.34$  para piques de 10 m y  $r = -0.24$  para piques de 40 m). Por lo tanto, el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0,12 y 0,06 mostró que solo el 12% y el 6% de la varianza en los piques de 10 m y 40 m, respectivamente, estaban asociadas al rendimiento de la cargada colgado. Por lo tanto, en términos prácticos, esto muestra que la suposición de que hay una transferencia considerable desde el levantamiento de pesas estilo olímpico al rendimiento en el esprint es incorrecta, de hecho, es muy pequeña.

Varios estudios interesantes, han comparado los efectos de diferentes tipos de entrenamiento explosivo, entrenamiento lento de pesas y entrenamiento pliométrico (un tipo de entrenamiento cuyo objetivo es aumentar la capacidad de las estructuras corporales para ejecutar el ciclo estiramiento-acortamiento, frecuentemente implicando saltos en profundidad y otros ejercicios explosivos). Wilson et al. (23) compararon los efectos del entrenamiento de pesas tradicional (3 a 6 series de sentadilla con 6 a 10 RM), entrenamiento pliométrico y entrenamiento explosivo (saltos desde sentadilla con carga), realizados dos o tres veces por semana durante 10 semanas con sujetos entrenados y con experiencia. El grupo tradicional y el explosivo tuvieron una mejora idéntica en la potencia pico en una prueba de 6 s en bicicleta. Además, ambos grupos aumentaron significativamente la altura en el salto vertical y con contramovimiento, con un incremento mayor en el grupo explosivo. Sin embargo, el grupo explosivo había estado practicando saltos y no así el grupo tradicional, por lo tanto esto era de esperarse. Solamente el grupo tradicional tuvo un aumento significativo en la fuerza máxima en la extensión de la rodilla. En un estudio longitudinal, Wilson et al. (24) compararon los efectos del entrenamiento de pesas tradicional (sentadilla y press de banca) con el entrenamiento pliométrico (saltos en profundidad y lanzamiento de balón medicinal). Se evaluaron catorce variables relacionadas a la fuerza y a la potencia, el grupo tradicional logró aumentos significativos en siete variables, mientras que el grupo pliométrico lo hizo solo en tres. Además, ambos grupos aumentaron significativamente la altura en el salto con contramovimiento, sin diferencias significativas entre los grupos. En un estudio semejante, Holcomb et al. (25) compararon los efectos del entrenamiento de pesas y el entrenamiento de estilo pliométrico que implicaba varios tipos de saltos en profundidad, no encontrando diferencias significativas entre los grupos en la altura de salto o en la potencia. Estos autores concluyeron que el entrenamiento pliométrico no es más efectivo que el entrenamiento de pesas tradicional para el aumento de la potencia.

Tricoli, Lamas, Carnevale y Ugrinowitsch (26) afirman que combinado el entrenamiento tradicional de pesas con el levantamiento olímpico, se logran incrementos en un mayor número de mediciones de rendimiento, en comparación con la combinación del entrenamiento tradicional y el de saltabilidad. En el estudio se observaron aumentos en el rendimiento de acuerdo a lo medido por los cambios en la batería de pruebas que incluyó esprints (10 m y 30 m), agilidad, salto desde sentadilla, saltos con contramovimiento y 1RM en media sentadilla. Sin embargo, en este estudio solo se produjeron dos diferencias significativas entre grupos, por ejemplo el grupo de levantamiento de pesas mejoró su esprint de 10 m en un 3,66% y el salto desde sentadilla en un 9,56% ( $p < 0.05$ ) si se lo compara con el grupo de salto vertical que no aumentó de manera significativa (2,7% tanto para el esprint de 10 m como para el salto desde sentadilla). Los resultados de estos estudios no apoyan la conclusión que el levantamiento olímpico es efectivo para producir un gran incremento en el rendimiento. Además, la evidencia no apoya que los ejercicios realizados con el peso corporal, como el entrenamiento de salto vertical, sean efectivos para aumentar el rendimiento.

McBride et al. (27) señaló que el entrenamiento con cargas ligeras incrementa la capacidad de velocidad de movimiento. Sin embargo, solo observaron tendencias y no incrementos significativos en los tiempos de esprints cuando se realizaron saltos desde sentadilla con un 30% de 1RM, mientras que el grupo de 80% de 1RM fue significativamente más lento en el test de rendimiento de esprint. De manera interesante, ni el grupo del 30% ni el grupo del 80% logró incrementos significativos en el rendimiento de agilidad. Esto sugiere que la transferencia desde los saltos desde sentadilla hacia el rendimiento real es mínima.

En una revisión acerca del entrenamiento de la fuerza, Delecluse (28) también observó que el entrenamiento de la fuerza es muy importante, cuando se lo utiliza apropiadamente, para incrementar el rendimiento en el esprint. Delecluse (28) continúa diciendo que lo más beneficioso para aumentar el rendimiento en el esprint es la combinación de 3 métodos de entrenamiento 1) entrenamiento de pesas tradicional (el cual se clasifica como entrenamiento de hipertrofia y

entrenamiento de activación neural) 2) entrenamiento de fuerza velocidad (ej. pliometría) y 3) entrenamiento asociado al esprint (ej. velocidad supramáxima y carrera de obstáculos). A pesar de que esta puede ser una opinión de Delecluse (28), el artículo concluye admitiendo que el diseño de un programa de entrenamiento para corredores de elite se debería hacer según las necesidades individuales de cada cliente, dado que parece imposible producir un programa de entrenamiento que “que se ajuste a todos” y que sea “instantáneo”.

Sleivert, Backus y Wenger (29) compararon el entrenamiento tradicional con el levantamiento de pesas estilo olímpico durante un período de 8 semanas. Sus resultados indicaron un incremento significativo en 10 RM (aunque ningún grupo evidenció transferir estas ganancias a la fuerza isométrica, isoquinética o a la tasa de desarrollo del momento) y un aumento en la producción de potencia en una bicicleta ergométrica. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos, sugiriendo que hay muy poca diferencia en la adaptación del entrenamiento de pesas tradicional comparándolo con el levantamiento de pesas estilo olímpico.

Recientemente, Harris, Stone, O’Bryant, Proulx y Johnson (30) reportaron que parece que el entrenamiento de la fuerza, genera un pequeño efecto sobre el rendimiento (en particular el rendimiento de esprint) apoyando el concepto que el levantamiento olímpico (por ejemplo) no aumenta el rendimiento deportivo. Harris et al. (30) compararon el entrenamiento tradicional de pesas, el entrenamiento explosivo y una combinación de ambos para determinar el método de entrenamiento más efectivo para aumentar la potencia, que fue medida por una selección de pruebas de campo (salto vertical (VJ), potencia de salto vertical, test de potencia Margaria-Kalamen, esprint de 30 m, carrera de ir y volver de 10 yardas (9,144 m) y salto en largo sin impulso previo). Cuando se compararon los grupos, el grupo combinado mejoró significativamente ( $p < 0.05$ ) el tiempo en la carrera de ir y volver de 10 yardas (2,4%), en relación al entrenamiento tradicional de pesas y el entrenamiento explosivo (incrementaron el tiempo un 1% y 1,6%, respectivamente). Sin embargo, el grupo de entrenamiento tradicional incrementó el cuarto de sentadilla significativamente más ( $p < 0.05$ ) (en 33,9%) que el grupo de entrenamiento explosivo (15,5%). El grupo de entrenamiento explosivo no mejoró en ninguna variable en un grado perceptiblemente mayor que los otros grupos. Harris et al. (30) concluyeron que el método de entrenamiento más efectivo fue el combinado. Sin embargo, debido a las pocas diferencias significativas entre los grupos, es difícil dilucidar como arribó a esta conclusión desde sus resultados. La conclusión obvia desde estos resultados es que, hay poca transferencia entre el entrenamiento explosivo y el rendimiento dinámico.

Además Swei y Kaneko (31) investigaron las diferencias cuando entrenaban a atletas universitarios, utilizando 5 repeticiones al 30% de la fuerza máxima ( $F_{max}$ ), seguido de 5 contracciones isométricas (100%  $F_{max}$  y comparado con 5 repeticiones al 30%  $F_{max}$  y 5 repeticiones ejecutadas a altas velocidades sin carga (0%  $F_{max}$ ), en los flexores del codo. El entrenamiento fue realizado 3 días a la semana durante 11 semanas, produciendo aumentos significativos en la potencia máxima para ambos grupos luego de este período de entrenamiento.

Sin embargo, el aumento de la potencia fue significativamente mayor en los músculos flexores del codo cuando se utilizaban contracciones isométricas en comparación con ejercicios explosivos sin carga. Los resultados de Toji et al. (31) sugieren que el entrenamiento isométrico de fuerza máxima (100%  $F_{max}$ ) es una forma de entrenamiento más efectiva para aumentar la producción de potencia que el entrenamiento sin carga a máxima velocidad.

De manera interesante, Hickey y Reiser (32) observaron incrementos significativos ( $p < 0.05$ ) en el rendimiento (medido utilizando salto vertical con contramovimiento, 4 repeticiones máximas en sentadilla, esprint de 25 m) luego de un programa de entrenamiento de una frecuencia de 3 veces por semana durante 12 semanas incorporando entrenamiento de fuerza tradicional combinado con levantamiento de pesas estilo olímpico (OSL) y también entrenamiento de pesas tradicional TWT) combinado con ejercicios de estilo pliométrico (PE). Moore y colegas (32) hallaron incrementos significativos ( $p < 0.05$ ) en el salto vertical para el grupo OSL (9%) y para el grupo PE (7%), en el rendimiento en sentadilla (29,9% para el grupo OSL y 28,0% para el grupo PE), un descenso en el tiempo de la carrera de 25 m (11% y 9% para OSL y PE, respectivamente) e incrementos significativos ( $p < 0.05$ ) en la velocidad (12,3% para el grupo OSL y 12,2% para el grupo PE). Sin embargo, Moore et al. (32) no encontraron diferencias significativas entre los grupos, sugiriendo que no hay ventaja de entrenamiento utilizando tanto el levantamiento de pesas estilo olímpico o ejercicios pliométricos cuando se combinan con el entrenamiento de pesas tradicional.

Esto es apoyado además por los hallazgos de Tuomi, Best, Martin y Poumarat (33), quienes investigaron los efectos del entrenamiento realizado solo con pesas (WTO) y del entrenamiento de pesas combinado con entrenamiento de saltos (WTC) en un programa de entrenamiento de 6 semanas. Los resultados mostraron que ambos grupos aumentaron su fuerza máxima y fuerza explosiva luego del régimen de entrenamiento. Sin embargo, el grupo que combinó el entrenamiento de pesas con el de saltos, fue el único grupo que incrementó significativamente la altura en el salto con contramovimiento. Sus resultados sugieren que un cambio en la fuerza máxima y/o fuerza explosiva no causa necesariamente cambios en los patrones de movimiento combinado como el ciclo de estiramiento-acortamiento.

Newton y McEvoy (34) compararon el efecto del entrenamiento de fuerza, lento y controlado y el efecto de lanzamientos de

balones medicinales en jugadores australianos de baseball. Solo el grupo de entrenamiento de fuerza aumentó significativamente la velocidad de lanzamiento, y este grupo también incrementó el rendimiento en 6 RM en press de banca a un grado significativamente mayor. De manera interesante, no hubo diferencias significativas entre estos dos grupos. Este hallazgo no debería ser una sorpresa para los fisiólogos del ejercicio, dado que los músculos producen mayor potencia a velocidades de movimiento más lentas.

Posiblemente el estudio más interesante para comparar los efectos del entrenamiento de fuerza y los ejercicios de estilo pliométrico (saltos en profundidad) fue realizado por Clutch, Wilton, McGowan y Bryce (36). En este estudio, la mitad de los sujetos acudían a clases de entrenamiento de pesas y la otra mitad eran jugadores de voleibol. Se dividió a los sujetos en cuatro grupos: un grupo que entrenó solo la fuerza, otro que entrenó la fuerza y saltos en profundidad, otro que jugó al voleibol y entrenó la fuerza y otro grupo que jugó al voleibol y realizó saltos en profundidad. Todos los grupos aumentaron significativamente la altura del salto vertical luego de 16 semanas de entrenamiento, a excepción del grupo que solo entrenó la fuerza. No hubo diferencias significativas entre los grupos. Los autores concluyeron que realizando los saltos en profundidad y practicando las habilidades específicas incluidas en el voleibol no se generó un beneficio adicional a la ejecución del entrenamiento de la fuerza. Por lo tanto, se manifiesta que el único entrenamiento necesario para optimizar el rendimiento de una habilidad específica es realizar esa habilidad y por separado entrenar la fuerza. Este hallazgo fue apoyado por Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaiakevou, Patikas (37) quienes observaron que el incremento en el rendimiento (medido con un esprint de 30 m) fue significativamente mayor cuando los sujetos combinaron entrenamiento de fuerza con entrenamiento de esprint en comparación con el entrenamiento de pesas solo. Esto sugiere que el entrenamiento de esprint incrementará obviamente el rendimiento del esprint más que cuando los sujetos solo entrenan la fuerza. Sin embargo, Kotzamanidis y colegas (37) no observaron los efectos al comparar el entrenamiento solo de pesas con el entrenamiento solo de esprint. Esto hubiera sido importante para mostrar si el método más efectivo era el entrenamiento de esprint, el entrenamiento de fuerza o la combinación de ambos.

Cronin y Hansen (38) investigaron la fuerza y la potencia como variables que predicen la velocidad en el deporte. Ellos observaron que los jugadores más veloces de su equipo profesional de rugby en 5, 10 y 30 metros tendían a saltar más alto en el salto con contramovimiento y en el salto desde sentadilla. Los autores concluyeron que la velocidad específica para el deporte puede ser mejor entrenada a través del entrenamiento pliométrico y saltos desde sentadilla con carga. Sin embargo, esta conclusión aparece como muy prematura dado que el estudio no examinó realmente los efectos de estos métodos de entrenamiento.

Cronin, McNair y Marshall (39) investigaron la transferencia de las ganancias realizadas en el entrenamiento hacia el rendimiento real en los deportes. Demostraron que efectuando dos tipos de entrenamiento explosivo (saltos desde sentadilla con bandas elásticas y saltos desde sentadilla sin bandas elásticas) aumentó la capacidad para ejecutar el salto desde sentadilla con mayor potencia, pero esto no se transfirió al incremento del rendimiento medido a través del rendimiento en la agilidad. Hoffman, Cooper, Wendell y Kang (40) tampoco observaron incrementos en el rendimiento (medido por agilidad, carreras de 40 yardas (36,576 m), 1RM en press de banca, salto vertical y potencia en el salto vertical) luego de un programa de entrenamiento de levantamiento olímpico de pesas de 15 semanas de duración. Esto es particularmente interesante, dada la gran popularidad de los levantamientos olímpicos con el propósito de aumentar el rendimiento atlético. Esto no quiere decir que el levantamiento olímpico de pesas no aumenta la fuerza y la potencia; claro que lo hace, Gonzalez-Badillo, Izquierdo y Gorostiaga (41) demostraron claramente que este tipo de entrenamiento aumentó la capacidad de los sujetos para levantar más peso en los ejercicios de levantamiento olímpico. Otros autores han encontrado a esta forma de entrenamiento más valiosa que el levantamiento de potencia (40) para incrementar la cantidad de peso levantado en sentadilla. Nuestro punto es, sin embargo, que la evidencia sugiere que todos aquellos que no están implicados en el levantamiento de pesas, levantamiento de potencia o eventos similares al hombre más fuerte del mundo (*strongmen*), no van a tener o van a tener muy poco beneficio a partir de la realización estos levantamientos.

Por lo tanto, dada la gran popularidad que tienen los ejercicios explosivos entre los atletas, y las recomendaciones entusiastas dadas por algunas organizaciones de certificación del ejercicio (1, 3) para que los atletas realicen estos ejercicios, es sorprendente que virtualmente no exista evidencia para justificar que este tipo de ejercicio es más efectivo para aumentar el rendimiento deportivo, que el tradicional entrenamiento lento de pesas. Efectivamente, algunos de los estudios anteriores, sugieren que el entrenamiento lento de pesas es más efectivo en este aspecto. Otra crítica que se le ha hecho al entrenamiento explosivo, sin embargo, es que podría estar asociado a mayor riesgo de lesión que el entrenamiento de pesas lento. (5, 10). Por lo tanto, en la próxima sección se analizará este punto de vista.

Referencia	Medición	Protocolo de Entrenamiento	Aumento en el Rendimiento
LaChance y Hortobagyi (12)	A ritmo individual versus 2/4	El estudio examinó los efectos agudos de las diferentes cadencias de movimiento sobre el rendimiento	Cuando se realizó a ritmo individual, los sujetos ejecutaron un 96% más de repeticiones en el ejercicio de dominadas en un 16% menos del tiempo comparado con 2/4.
Liow y Hopkins (20)	Lento 1.7s Rápido <0.85s	3-4 series al 80% de 1RM	El entrenamiento lento aumento la aceleración (en el rendimiento). El entrenamiento rápido mejoró el mantenimiento de la velocidad.
Moore, Hickey y Reiser (32)	Salto vertical con contramovimiento, 4RM en sentadilla, esprint de 25 m.	<u>Grupo Pliométrico</u> saltos desde la posición de estocada, saltos verticales con pies juntos y rebotes. <u>Grupo Olímpico</u> Cargado colgando y peso muerto <u>Entrenamiento de Pesas</u> sentadilla, curl de piernas acostado, elevación de pantorrillas.	<u>Grupo Pliométrico</u> aumentó un 7% el salto vertical, un 28,0% en la sentadilla, un 9% en el esprint y un 12,2% en la velocidad. <u>Grupo Olímpico</u> un 9% de aumento en el salto vertical, un 29,9% en sentadilla, un 11% en el esprint y 12,3% en la velocidad.
Harris, Stone, O'Bryant, Proulx y Johnson (30)	Salto vertical (VJ) potencia en el salto vertical, test de potencia de Margaria-Kalamen, carrera de ir y volver de 10 yardas y salto en largo sin impulso	Entrenamiento tradicional de pesas (TWT), versus entrenamiento explosivo (ET) versus grupo combinado (COM) de ambos	El COM incrementó la carrera de ir y volver de 10 yardas en un 2,4%. El TWT aumentó el cuarto de sentadilla en un 33,9% el cual fue significativamente mayor al del grupo explosivo (15,5%). El ET no mejoró en ninguna variable a un grado significativamente mayor que los otros grupos.
Tricoli, Lamas, Carnevale y Ugrinowitsch (26)	Tiempo para los esprints de 10 y 30 m, salto desde sentadilla, salto con contramovimiento (CMJ), test de agilidad, y 1 RM en media sentadilla.	<u>Entrenamiento olímpico (OT)</u> 3x6RM cargada, 4x4RM cargada de potencia, 4 x 4RM envío <u>Entrenamiento de salto vertical (VJ)</u> 6 x 4 salto sobre vallas con dos piernas, 4 x 4 salto alternado sobre vallas a una pierna, 4 x 4 salto sobre vallas a una pierna, 4 x 4 saltos en profundidad desde 40 cm <u>Ambos grupos</u> 4 x 6RM en media sentadilla	El OT mejoró significativamente el tiempo del pique de 10 m en un 3,66% y el salto desde sentadilla en un 9,56% comparado con el grupo de salto vertical que no incrementó significativamente (2,7% para ambos el tiempo del esprint de 10 m y el salto desde sentadilla). Ambos grupos aumentaron el CMJ. No hubo cambios significativos en ningún grupo para 1 RM de media sentadilla, esprint de 30 m y prueba de agilidad, sugiriendo así de utilizarse estos métodos, habría un incremento limitado del rendimiento.
Baker y Nance (22)	Esprint de 10 y 40 m, 3 RM en sentadilla y cargada de potencia.	El estudio examinó la relación entre el rendimiento en los esprints y los pruebas de potencia.	Correlaciones débiles entre la cargada colgado y el rendimiento en el esprint ( $r=-0.34$ para los esprints de 10 m y $r=-0.24$ para los esprints de 40 m). En términos prácticos, por lo tanto, esto muestra que la suposición de que hay una transferencia considerable desde el levantamiento de pesas estilo olímpico al rendimiento de esprint es incorrecta, de hecho, es muy pequeña.

**Tabla 1.** Comparación de los efectos en el rendimiento de los protocolos de entrenamiento lentos y explosivos.

## RIESGO DE LESION DE LOS EJERCICIOS EXPLOSIVOS

No solo se manifiesta que el entrenamiento explosivo de pesas es innecesario para aumentar a potencia muscular sino que

también posee un considerable riesgo de lesión. Muchos autores han expresado preocupación atendiendo al estrés inicial y final relativamente grande que se produce en el entrenamiento explosivo sobre los tendones, la fascia muscular y los ligamentos involucrados. Por ejemplo, Kulund (42) señaló que las lesiones en la muñeca, el codo y el hombro eran comunes cuando los sujetos realizaban levantamiento estilo olímpico, rápido. Rossi y Dragoni (43) observaron que de 390 casos de espondilolisis lumbar, de su cohorte de 3132 sujetos, el 22,68% ocurrió como resultado del levantamiento de pesas. Hall (44) encontró que altas velocidades de levantamiento, generaron un gran aumento de presión en la región lumbar. También el levantamiento explosivo, puede conducir aparentemente, a la espondilolisis (45, 46). Por ejemplo, Kotani et al. (45), encontró que el 30,7% de una muestra de levantadores de pesas, donde todos realizaban levantamientos explosivos, sufrían de este problema. Reeves et al. (47) hallaron que el 36% de los pesistas tenían espondilolisis comprándolo con el 5% de la población normal; en el estudio de Duda (46) sobre pesistas olímpicos, las cifras fueron de 44 y 4,2% respectivamente. En un estudio sobre lesiones generadas por el entrenamiento de pesas en jugadores de fútbol americano, Risser et al. (48) encontraron que el 60% de la muestra que ejecutaba levantamiento de pesas estilo olímpico, sufría problemas de espalda baja, en comparación con solo el 14,3% de los atletas que no realizan dichos movimientos. König y Biener (49) hallaron que el 68% de una muestra de pesistas olímpicos habían sufrido alguna lesión como resultado del levantamiento de pesas y el 10% de estos, habían requerido por lo menos 4 semanas de recuperación antes de ser capaces de retornar al levantamiento de pesas. Granhed y Morelli (50) también encontraron que el 46% de los pesistas retirados tienen problemas físicos causados por el levantamiento. Bryzcki (51) hasta citó el caso de un atleta experimentado quien se fracturó ambas muñecas cuando intentaba realizar una cargada de potencia.

Un estudio realizado por Crockett et al. (52) describió el caso de un jugador de básquet de la división 1 de la NCAA, quien sufrió una fractura por estrés del sacro como resultado de esfuerzos de compresión sobre la columna, debido a la ejecución de ejercicios explosivos en una máquina de saltos comercial. Aunque el uso de esta máquina le había permitido, aparentemente, incrementar su salto vertical, la seria lesión le impidió totalmente continuar jugando.

Los estudios mencionados arriba, son un anuncio poco atractivo de los beneficios del entrenamiento explosivo. Está claro que cualquier entrenamiento de pesas implica cierto riesgo de lesión como tirones y torceduras, pero las lesiones importantes analizadas arriba, no se deberían considerar aceptables cuando una de las principales justificaciones para el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento en atletas es reducir el riesgo de lesión. Una gran fuerza estructural hace que sea menos probable que una estructura sea dañada cuando se ejerzan fuerzas sobre ella, y por lo tanto, el entrenamiento de la fuerza podría ser de gran valor para la prevención de lesiones. Esto se ha demostrado de manera bastante gráfica en las investigaciones que examinaron el efecto de ejercicios específicos para la columna lumbar en la incidencia de lesiones de la espalda baja (53). De manera interesante, en este y otros estudios utilizando entrenamiento de pesas lento para prevenir y rehabilitar los problemas de la espalda baja, casi no se reportaron lesiones relacionadas al entrenamiento (54, 55, 56), en contraste con los ejercicios explosivos mencionados arriba. Algunos han argumentado que los riesgos de lesión inherente a las cargas explosivas, son simplemente parte de los riesgos de lesión de los deportes competitivos (4). Sin embargo, cuando los sujetos están participando de actividades potencialmente lesionantes, agregar otras actividades peligrosas a su plan de entrenamiento parecería difícil de justificar, especialmente cuando no hay evidencias de que dichas actividades vayan, de alguna manera, a ayudarlos. Está claro que los levantadores olímpicos y competidores de los eventos tipo hombre más fuerte del mundo (*strongmen*), cuyos deportes implican competir con cargas explosivas, tendrán que entrenar con dichas cargas, ya que es central en su deporte. Dichos sujetos tendrán que aceptar el riesgo de lesión de las cargas explosivas como un peligro ocupacional. Sin embargo, los atletas de otros deportes no necesitan, y en nuestra opinión, no deberían aceptar el riesgo de ejecutar dichas cargas, ya que son simplemente innecesarias para todos los demás atletas. Por lo tanto, a partir de la evidencia presentada, sostenemos que así como es innecesario para aumentar el rendimiento (efectivamente, la evidencia simplemente no apoya la idea de que los ejercicios explosivos aumentan el rendimiento deportivo) es cuestionable alentar el levantamiento explosivo desde un punto de vista ético, ya que dicho entrenamiento podría causar lesiones. Los lineamientos de la NSCA (1) y el ACSM (6) son algo irónicos en este aspecto, dado que uno de los principales beneficios del entrenamiento de la fuerza es (o por lo menos debería ser) reducir el riesgo de lesión (57).

## CONCLUSIONES

---

Los ejercicios explosivos, incluyendo a los ejercicios del levantamiento olímpico y los derivados de éste, el entrenamiento pliométrico, y ejercicios de pesas tradicionales efectuados a una cadencia muy alta, son muy populares con los atletas, y son apoyados por muchos auto-denominados expertos en el campo de la fuerza el acondicionamiento. Frecuentemente se afirma que algunos ejercicios generan un incremento mayor en el rendimiento deportivo cuando se los compara con el entrenamiento de la fuerza realizado a baja velocidad. Sin embargo, como hemos demostrado, hay poca evidencia que determine que estas técnicas de entrenamiento son efectivas para el incremento el rendimiento atlético, y no hay evidencia

para determinar que estas técnicas son más efectivas que el que el entrenamiento relativamente seguro de pesas a baja cadencia. De hecho, algunos estudios sugieren que el entrenamiento de pesas a baja velocidad podría ser más efectivo para incrementar la fuerza y la potencia. Además, existe bastante evidencia para establecer que los ejercicios explosivos poseen un riesgo de lesión considerable: nosotros afirmamos que estos riesgos son éticamente inaceptables. Recomendamos, apoyándonos en la literatura, un régimen de entrenamiento que abarque entrenamiento de fuerza lento y controlado en combinación con el entrenamiento específico del deporte, todo esto es necesario para incrementar tanto la fuerza como la potencia muscular y así mejorar el rendimiento deportivo real.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Bruce-Low S, PhD, Sports Science Department, Southampton Solent University, Southampton, Hampshire, Reino Unido, SO14 0YN. Teléfono: (+44) 2380 319272; Fax: (+44) 2380 337438; correo electrónico: [stewart.bruce-low@solent.ac.uk](mailto:stewart.bruce-low@solent.ac.uk).

## REFERENCIAS

1. National Strength and Conditioning Association (2003). NSCA Position Statements. <http://www.nasca-lift.org>
2. Chu DA (1998). Jumping Into Plyometrics. *Champaign, IL; Human Kinetics*
3. Bryzcki M (1985). A practical approach to strength training (3rd. ed.). *New York: McGraw-Hill*
4. Howley ET and Franks BD (1992). Health and fitness instructors handbook (2nd edition). *Champaign, IL: Human Kinetics*
5. Fleck SJ, Kraemer WJ (1977). Designing resistance training programs (2nd edition). *Champaign, IL: Human Kinetics*
6. American College of Sports Medicine. Kraemer WJ, Writing Group Chairman. (2002). Position Stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc 34:364-80*
7. Johnston B (1940). Exercise science: theory and practice. *Ontario: BodyWorx.*
8. Carpinelli RN., Otto RM., Winett RA (2004). A critical analysis of the ACSM position stand on resistance training: insufficient evidence to support recommended training protocols. *JEPonline 7(3):1-60*
9. Smith D. Bruce-Low S.S (2004). Strength training methods and the work of Arthur Jones. *JEPonline 7(6):52-68*
10. Darden E (1940). The new high-intensity training. *New York: Holtzbrinck*
11. Jones A (1993). My first half-century in the iron game part 3: the myth of isokinetics. *Ironman: (October), 107-111*
12. LaChance PF, Hortobagyi T (1994). Influence of cadence on muscular performance during push up and pull up exercises. *J Strength Conditioning Res 8:76-79*
13. Hay JG, Andrews JG, Vaughan CL (1983). Effects of lifting rate on elbow torques exerted during arm curl exercises. *Med Sci Sports Exerc 15:63-71*
14. Berger RA, Harris MW (1966). Effects of various repetitive rates in weight training on improvements in strength and endurance. *J Assoc Phys Mental Rehabil 20:205-207*
15. Young WB, Bilby GE (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power and hypertrophy development. *J Strength Conditioning Res 7:172-178*
16. Palmieri GA (1987). Weight training and repetition speed. *J Appl Sports Sci Res 1:36-38*
17. Baechle TR, Earle, RW (1940). Essentials of strength training and conditioning (2nd ed.). *Champaign, IL: Human Kinetics*
18. Cissik JM (2002). Basic principles of strength training and conditioning. *NSCA's Performance Training Journal 1 (4):7-11*
19. Carpinelli RN., Otto RM., Winett RA (2004). A critical analysis of the ACSM position stand on resistance training: insufficient evidence to support recommended training protocols. *JEPonline 7 (3):1-60*
20. Liow DK, Hopkins WG (2003). Velocity Specificity of weight training for kayak sprint performance. *Med Sci Sports Exerc 35 (7):1232-1237*
21. Blazevich AJ, Jenkins DG (2002). Effect of the movement speed of resistance training exercises on sprint and strength performance in concurrently training elite junior sprinters. *J Sports Sci. 20(12):981-90*
22. Baker D. Nance S (1999). The relationship between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *J Strength Condition Res 13: 230-235*
23. Wilson, G.J., R.U. Newton, A.J. Murphy, and B.J. Humphries (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sports Exerc. 25:1279-1286*
24. Wilson GJ, Murphy AJ, Giorgi A (1996). Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. *Can J Appl Physiol. 21(4):301-15*
25. Holcomb WR, Lander JE, Rutland RM, Wilson GD (1996). The effectiveness of a modified plyometric programme on power and the vertical jump. *J Strength Conditioning Res 10:89-92*
26. Tricoli V., Lamas L., Carnevale R., Ugrinowitsch (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs vertical jump training programmes. *J Strength Conditioning Res 19 (2): 433-437*
27. McBride J.M., Triplett-McBride T., Davie A., Newton RU (2002). The effect of heavy versus light-load jump squats on the development of strength, power and speed. *J Strength Conditioning Res 16 (1): 75-82*
28. Delecluse, C (1997). Influence of strength training on sprint running performance: Current findings and implications for training. *Sports Med 24:147-156*
29. Sleivert, G.G., R.D. Backus, and H.A. Wenger (1995). The influence of strength-sprint training sequence on multi-joint power

- output. *Med Sci Sports Exerc* 27:55-65
30. Harris, G., H. Stone, M. O'Bryant, M.C. Proulx, and R. Johnson (2000). Short term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *J Strength Conditioning Res* 14:14-20
  31. Toji, H., K. Suei, and M. Kaneko (1997). Effects of the combined training loads on relations among force, velocity and power training. *Can J App Physiol.* 22:328-336
  32. Moore EW, Hickey MS Reiser RF (2005). Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players performance. *J Strength Cond Res.* 19(4):791-8
  33. Toumi H., Best TM., Martin A., Poumarat G (2004). Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. *Med Sci Sports Exerc* 36 (9): 1580-1588
  34. Newton RU, McEvoy KP (1994). Baseball throwing velocity: a comparison of medicine ball training and weight training. *J Strength Conditioning Res* 8:198-203
  35. Izquierdo M, Hakkinen K, Gonzalez-Badillo JJ, Ibanez J and Gorostiaga EM (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur J Appl Physiol* 87 (3): 264-271
  36. Clutch D, Wilton M, McGowan C, Bryce GR (1983). The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Res Q* 54:5-10
  37. Kotzmandis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiakevou G and Patikas D (2005). The effect of combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Conditioning Res* 19 (2): 369-375
  38. Cronin JB, Hansen KT (2005). Strength and power predictors of sport speed. *J Strength Cond Res.* 19 (2): 349-357
  39. Cronin J, McNair PJ and Marshall RN (2003). The effects of bungy weight training on muscle function and functional performance. *J. Sports Sci* 21 (1): 59-71
  40. Hoffman JR, Cooper J, Wendell M and Kang J (2004). Comparison of Olympic vs traditional power lifting training programmes in football players. *J Strength Conditioning Res* 18 (1): 129-135
  41. Gonzalez-Badillo JJ, Izquierdo M and Gorostiaga EM (2006). Moderate volume of high relative training intensity produces greater strength gains compared with low and high volumes in competitive weightlifters. *J Strength Conditioning Res* 20 (1): 73-81
  42. Kuland DH (1982). The injured athlete. *Philadelphia: JB Lippencott Co*
  43. Rossi F, Dragoni S (1990). Lumbar spondylolysis: occurrence in competitive athletes. Updated achievements in a series of 390 cases. *J Sports Med Phys Fitness.* 30(4):450-2
  44. Hall S (1985). Effect of lifting speed on forces and torque exerted on the lumbar spine. *Med Sci Sports Exerc* 17:44-444
  45. Kotani PT, Ichikawa N, Wakabayashi W, Yoshii T, Koshimuni M (1971). Studies of spondylolysis found among weightlifters. *Br J Sports Med* 6:4-8
  46. Duda M (1977). Elite lifters at risk of spondylolysis. *Physician Sportsmed* 5(9):61-67
  47. Reeves RK, Lasokowski ER, Smith J (1998). Weight training injuries; diagnosing and managing chronic conditions. *Physician Sportsmed* 26(3):54-63,71
  48. Risser WL, Risser JM, Preston D (1990). Weight training injuries in adolescents. *Am J Dis Child* 144:1015-1017
  49. Konig M, Biener K (1990). Sport-specific injuries in weightlifters. *Schwerische Zeitschrift fur Sportmedizin* 38(1):25-30
  50. Granhed H, Morelli B (1998). Low back pain among retired wrestlers and heavy weight lifters. *Am J Sport Med* 16: 530-533
  51. Brzycki, M (1986). Weight training vs. weight lifting. *Athletic Journal* 67:4-55; 62-56
  52. Crockett HC, Wright JM, Madsen MW, Baker J, Potter HG, Warren R (1999). Sacral stress fracture in an elite college basketball player after the use of a jumping machine. *Am J Sports Med* 27:526-529
  53. Mooney V, Kron M, Rummerfield P, Holmes B (1995). The effect of workplace based strengthening on low back injury rates: a case study in the strip mining industry. *J Occup Rehab* 5: 157-167
  54. Nelson BW, Carpenter DM, Dreisinger TE, Mitchell M, Kelly CE, Wegner JA (1999). Can spinal surgery be prevented by aggressive strengthening exercise? A prospective study of cervical and lumbar patients. *Arch Phys Med Rehabil* 80: 20-25
  55. Nelson BW, Carpenter DM, Dreisinger TE, Mitchell M, Kelly CE, Wegner JA (1999). Can spinal surgery be prevented by aggressive strengthening exercise? A prospective study of cervical and lumbar patients. *Arch Phys Med Rehabil* 80: 20-25
  56. Peterson J (1982). Strength training: health insurance for the athlete. In Riley DP, editor. *Strength training by the experts* (2nd ed.). *Champaign, IL: Leisure Press* 7-9

## Cita Original

Bruce-Low S, Smith D. Explosive Exercises In Sports Training: A critical Review. *JEPonline*; 10 (1): 21-33, 2007