

Monograph

El Entrenamiento de la Fuerza Explosiva para el Salto, la Aceleración, el Lanzamiento y el Golpeo

Daniel Juárez Santos-García¹

¹Laboratorio de Entrenamiento Deportivo, Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha, España.

RESUMEN

En el presente artículo se exponen los fundamentos del entrenamiento de la fuerza explosiva y la potencia, haciendo incidencia en acciones explosivas características de muchos deportes: el salto, la aceleración en carrera, y los lanzamientos y golpes. Un rendimiento adecuado en estas acciones será de vital importancia en muchas disciplinas deportivas. En este artículo se citan una serie de aportes científicos relacionados con la metodología del entrenamiento para la optimización de dichos gestos.

Palabras Clave: potencia, salto, aceleración, lanzamiento, golpeo

INTRODUCCION

La *fuerza explosiva* puede definirse como el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello (González Badillo, 2000; González Badillo & Ribas, 2002: 19). Las acciones explosivas características del deporte son, entre otras, los saltos, las aceleraciones en carrera y los lanzamientos y golpes de móviles. En este sentido, siguiendo a González Badillo y Ribas (2002: 221, 222) también podemos hablar de dos términos asociados a la fuerza explosiva: *potencia máxima*, que es el óptimo producto de fuerza y velocidad, y *potencia específica*, que es la potencia que se manifiesta en el gesto de competición.

Algunos investigadores consideran que, con el objetivo de mejorar la fuerza explosiva, resulta interesante el aumento de la fuerza máxima, ya que esto está asociado con un aumento de la velocidad máxima del mismo movimiento (Bührlé & Schmidtbleicher, 1977; Häkkinen, Komi, & Tesch, 1981; Hoff & Almasbakk, 1995; Kaneko, Fuchimoto, Toji, & Sney, 1983; Manno, 1999; Wenzel & Perfetto, 1992). Sin embargo, Bosco (2000: 97), indica que tener grandes valores de fuerza máxima o de fuerza dinámica máxima no es un requisito imprescindible para la obtención de buenos resultados en muchos deportes. A pesar de ello, tener un nivel óptimo de fuerza máxima y de fuerza dinámica máxima es fundamental para poder desarrollar elevados gradientes de fuerza explosiva. Otros autores indican que si no es necesario el desarrollo de una gran fuerza máxima, y prima el desarrollo de una gran velocidad, la fuerza máxima carece de importancia (Siff & Verkhoshansky, 2000; Voigt & Klausen, 1990; W. B. Young & Bilby, 1993).

Se ha afirmado que el entrenamiento con sentadillas utilizando grandes pesos (70 a 120 % de 1RM) no mejora la fuerza explosiva (Häkkinen, Komi, & Tesch, 1981), y puede incluso reducir la capacidad para desarrollar fuerza rápidamente (Häkkinen, 1989). Estos autores también indican que no hay una mejora apreciable en el rendimiento de potencia, especialmente en atletas que ya han desarrollado un entrenamiento de fuerza de base (más de 6 meses de entrenamiento).

También se ha declarado que, en las especialidades de fuerza rápida, entrenar con cargas pesadas durante un largo período, influye negativamente sobre el valor real de la capacidad de un sujeto de producir fuerza explosiva, velocidad de movimiento y el mecanismo de su regulación. Una relación tan negativa no se tiene muy en cuenta en la preparación multilateral de deportistas de nivel medio, pero se convierte en importante en los deportistas de alto nivel (Verkhoshansky, 1981).

Algunos autores defienden la superioridad del trabajo de alta velocidad realizado con cargas medias y bajas para conseguir mejoras en la fuerza de baja y alta velocidad (Suominen, Komi, Heikkinen, Karlsson, & Tesch, 1979).

De cualquier manera, hay autores que afirman que la fuerza explosiva puede entrenarse con cualquier carga siempre que la producción de fuerza por unidad de tiempo sea la máxima posible, es decir, que la intención sea mover la carga con la mayor velocidad posible; pero, en cualquier caso, el efecto sobre la producción de fuerza será más acentuado en las condiciones de entrenamiento (Behm & Sale, 1993).

Todo esto viene a demostrar que la fuerza explosiva puede mejorarse con un amplio abanico de intensidades, aunque esto se produce sólo cuando los sujetos tienen poca o ninguna experiencia en el trabajo de fuerza (González Badillo & Gorostiaga, 1997; U. R. Newton & Kraemer, 1994).

Además, se debe considerar que la manifestación y el entrenamiento de la fuerza rápida es específica de cada deporte. Una vez desarrollada en grado óptimo la fuerza máxima, se tratará de realizar gestos específicos a la velocidad de competición o ligeramente superiores. En algunos casos, si no se rompe la estructura del movimiento, también se usan resistencias ligeramente superiores a las de competición, lo que influye de forma directa en la velocidad del gesto deportivo (González Badillo & Gorostiaga, 1997).

De cualquier forma, siguiendo a González Badillo y Ribas (2002: 220), las características básicas del entrenamiento para la mejora de la fuerza explosiva son las siguientes:

- *Resistencias*: cualquier resistencia.
- *Repeticiones por serie*: de 1 a 6.
- *Carácter del esfuerzo*: desde el más pequeño, 5-6 repeticiones ante una resistencia mínima, hasta el más elevado, una repetición contra una resistencia insalvable (acción isométrica).
- *Recuperación entre series*: 3-5 minutos, la suficiente para alcanzar la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo en cada serie.
- *Velocidad de ejecución*: la máxima posible ante cada resistencia.
- *Frecuencia semanal*: siempre que se utilicen ejercicios en donde la activación muscular se hace a la máxima velocidad de acortamiento muscular.
- *Ejercicios*: todos los ejercicios, aunque los de mayor aplicación al rendimiento son los generalizados y de máxima potencia, los de potencia media y gran velocidad y los movimientos específicos.

Estos mismos autores recomiendan, tanto para la mejora de la potencia máxima como de la potencia específica, lo siguiente (González Badillo & Ribas, 2002: 222):

- *Resistencias a emplear*: las propias de cada especialidad para el desarrollo de la potencia específica, aquellas con las que se alcanza la máxima potencia en el ejercicio que se utiliza para entrenar cuando éste no es el específico y las orientadas a la mejora de las distintas expresiones de fuerza máxima.
- *Repeticiones por serie*: determinadas por el valor de la potencia desarrollada en cada repetición.
- *Carácter del esfuerzo*: determinado por el valor de la potencia desarrollada en cada repetición.
- *Recuperación entre series*: 3-5 minutos, la suficiente para alcanzar la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo y la máxima potencia para la carga utilizada en cada serie.
- *Velocidad de ejecución*: la máxima posible.
- *Frecuencia semanal*: siempre que se utilicen ejercicios específicos o de transferencia media o alta que tengan como objetivo el desarrollo de la potencia específica y cuando se entrena la máxima potencia en un ejercicio concreto.
- *Ejercicios*: ejercicios específicos y de transferencia media o alta para la potencia específica y ejercicios de transferencia media o alta para la máxima potencia.

El Entrenamiento de la Capacidad de Salto

La altura alcanzada en un salto vertical depende de múltiples factores, pero los principales son la fuerza desarrollada en la fase de impulso por los músculos de la cadera, rodilla y tobillo, y la velocidad con la que se desarrolla esa fuerza (Driss, Vandewalle, Quievre, Miller, & Monod, 2001; R. U. Newton, Kraemer, & Häkkinen, 1999).

Existen diversos métodos para el desarrollo de la fuerza explosiva y la potencia (Tabla 1) que son, en general, de gran aplicación para la mejora del salto.

Método	% 1rm	Rep/Serie	Series	Desc. Entre Series	Velocidad de Ejecución	Efectos Principales
Intensidades Máximas I	90-100	4-8	1-3	3-5 min.	Máxima/explosiva	Aumento FM ¹ (factores nerviosos) Aumento FE ² Mejora la coordinación Intramuscular Reduce el déficit de fuerza*
Intensidades Máximas II	85-90	3-5	4-5	3-5 min.	Máxima posible	Similares al anterior
Esfuerzos Dinámicos	30-70	6-10	3-5	3-5 min.	Máxima/explosiva	Mejora de la frecuencia de impulso y de la sincronización Menor efecto sobre la FM
Excén.- Concén. Explosivo	70-90	6-8	3-5	5 min.	Máxima/explosiva	Efectos de tipo elástico y reactivo Mejora de la FM
Pliométrico	*	5-10	3-5	3-10 min.	Máxima/explosiva	Mejora de todos los procesos neuromusculares No mejora la fuerza máxima (en sujetos muy entrenados), pero sí su mayor aplicación (potencia)
Contrastes	Combinación de pesos altos y bajos en la misma sesión					Mejora FM y FE según preponderancia
Ejercicios Específicos Con Cargas	Realización de los gestos propios de competición de un deporte y/o ejercicios muy próximos a los mismos por su estructura y carga. La fuerza explosiva y la velocidad de ejecución que hay que entrenar está en relación con la velocidad óptima y/o máxima con la que se realiza el gesto deportivo.					

Tabla 1.- Métodos de entrenamiento para la mejora principalmente de FE (Bührlé & Schmidtbleicher, 1981; González Badillo & Gorostiaga, 1997; Schmidtbleicher, 1985) *La resistencia que hay que vencer con más frecuencia es el propio peso corporal, pero se dan variantes en función de las condiciones del entrenamiento. Una clasificación aproximada de las intensidades con respecto a los saltos es la siguiente (González Badillo & Gorostiaga, 1997: 206, 207): Intensidades bajas: saltos simples para superar pequeños obstáculos. Intensidades medias: multisaltos con poco desplazamiento y saltos en profundidad desde pequeñas alturas (20-40 cm). Intensidades altas: multisaltos con desplazamientos amplios, saltos en profundidad desde mayores alturas (50-80 cm) y saltos con pequeñas cargas. Intensidades máximas: saltos en profundidad desde mayores alturas y saltos con grandes cargas.

De estos métodos, el pliométrico puede ser considerado el de mayor popularidad. La *pliometría* (de raíz latina, *plyo + metrics*, "aumentos medibles") o método de choques significa precisamente eso, un método de estimulación mecánica con choques con el fin de forzar a los músculos a producir tanta tensión como les sea posible. Este método se caracteriza por acciones impulsivas de duración mínima entre el final de la fase de desaceleración excéntrica y la iniciación de la fase de aceleración concéntrica. Se basa en una fase isométrica-explosiva breve y excéntrica-isométrica que precede a la liberación de la energía elástica almacenada en los tendones y otros componentes elásticos del complejo muscular durante la fase de desaceleración excéntrica (Siff & Verkhoshansky, 2000: 333).

La primera experiencia realizada con método científico que demostró la entrenabilidad y la posibilidad de mejora de las capacidades elásticas, fue realizada por Bosco entre 1976 y 1978, con jugadores de la selección nacional masculina de voleibol y con jugadoras de la selección italiana del mismo deporte. Con anterioridad se había intentado aplicar un trabajo específico dirigido a mejorar la fuerza reactiva y elástica tanto en jugadores de voleibol (Bosco, 1994) como en atletas (Zanon, 1973, 1974, Bosco, 1973, 1974, Locatelli, 1974-1982, citados por Bosco, 1994: 99), pero en estos casos las variaciones que fueron introducidas en el entrenamiento no fueron registradas y estudiadas de forma analítica. En jugadores de voleibol finlandeses, después de un período de entrenamiento en el que se eliminó completamente el trabajo de fuerza máxima y se sustituía por ejercicios pliométricos, se pudo observar una mejora significativa ($p < 0,01$) de los valores en CMJ (*countermovement jump*; salto con contramovimiento) y DJ (*drop jump*; salto dejándose caer de un escalón) y un ligero aumento del SJ (*squat jump*; salto desde la posición de media sentadilla; salto partiendo de una flexión previa

de rodillas, sin contramovimiento); mientras que los atletas italianos que siguieron un entrenamiento tradicional (sin pliometría) no mostraron signos de mejora al cabo de un tiempo de entrenamiento (Bosco et al., 1979; citado por Bosco, 1994: 99, 100).

Se puede decir que prácticamente no existe límite para la variedad de ejercicios pliométricos que pueden ser realizados. Es posible analizar cada patrón de movimiento de cada destreza deportiva y diseñar un ejercicio pliométrico para cada destreza específica (Radcliffe, 2003).

Se ha encontrado que un programa pliométrico provoca adaptaciones más rápidas e importantes que un programa de acciones auxotónicas -la tensión que genera el músculo en un régimen motor que no se mantiene constante (Tous, 1999)-, favoreciendo más las acciones con predominio de participación del componente contráctil, y también en las que interviene decisivamente el componente elástico (Zurita, López, & Balagué, 1995).

En teoría, las mejoras suscitadas por el entrenamiento pliométrico en términos de fuerza muscular, potencia muscular y velocidad de contracción muscular podrían obedecer a cambios estructurales y funcionales (mecanismos de activación y coordinación muscular). Sin embargo, aún no se conoce con certeza si realmente alguno de estos mecanismos tiene un papel más relevante o si la conjugación de varios de ellos son la causa del aumento de la potencia muscular con el entrenamiento pliométrico (Pérez-Gómez, Vicente-Rodríguez, Ferragut, Ara, & López-Calbet, 2003).

En cualquier caso, se ha sugerido habitualmente un trabajo previo de entre 4 y 6 semanas, o incluso meses, de entrenamiento de sobrecarga, esprint o entrenamiento básico de saltos, antes de un trabajo específico de pliometría (Allerheiligan, 1994; Bauer, Thayer, & Baras, 1990; Chu, 1998; Hedrick, 1994).

Merece la pena destacar que, en algunas ocasiones, el término pliométrico se ha referido exclusivamente a una modalidad de salto, el DJ, que consiste en dejarse caer desde un escalón de una altura determinada avanzando un pie, y al tomar contacto con el suelo efectuar un salto vertical (Bosco, 1994). Este tipo de salto se ha empleado en protocolos experimentales de diversos estudios encaminados a la búsqueda de mayores rendimientos en el salto (Bobbert, Huijing, & Van Ingen Schenau, 1987a, , 1987b; Holcomb, Lander, Rutland, & Wilson, 1996a, , 1996b; Hunter & Marshall, 2002; Kyröläinen et al., 2004; W. B. Young, Wilson, & Byrne, 1999).

Por otra parte, cuando se lleva a cabo un trabajo con sobrecarga, la utilización de las cargas (porcentajes de 1RM) que permiten alcanzar la máxima potencia parece ser bastante efectivo para el entrenamiento de la capacidad de salto (Cronin & Sleivert, 2005; González Badillo & Ribas, 2002; Kaneko, Fuchimoto, Toji, & Sney, 1983; Moss, Refsnes, Abildgaard, Nicolaysen, & Jensen, 1997; Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993).

Ya en 1962, Berger afirmó que el empleo en el entrenamiento del ejercicio de saltos desde media sentadilla (*squats jump*) llevados a cabo con un peso del 30% del máximo producía mayores incrementos en el salto vertical comparado con el entrenamiento tradicional de sobrecarga (Berger, 1962). En otro estudio, se encontraron diferencias significativas en la altura de salto vertical entre dos grupos de jugadores de voleibol masculinos de elite, con mejores resultados para un grupo que entrenó, durante 8 semanas, realizando, además de otros ejercicios, 2 series de 6 repeticiones de saltos desde media sentadilla con el 30% de 1RM en sentadilla, otras 2 con el 60% y otras 2 con el 80%, en comparación con otro grupo que en lugar de los saltos desde media sentadilla realizaban 3 series de sentadillas y 3 de prensa de piernas de 6RM (R. U. Newton, Kraemer, & Häkkinen, 1999).

Por otro lado, en un estudio llevado a cabo con 19 futbolistas juveniles, de entre 16 y 19 años, que realizaban 4 sesiones semanales de entrenamiento y que jugaban un partido semanal, éstos fueron sometidos a 1-2 sesiones semanales de entrenamiento de fuerza explosiva, con barras de halterofilia (sentadillas, cargadas de potencia) y con autocargas (saltos a plinto y carrera) durante 11 semanas. La intensidad de los ejercicios con barras de halterofilia estuvo comprendida entre el 40% y el 65% del peso corporal, la velocidad de ejecución fue la máxima posible, y realizaron en cada ejercicio 2-3 series de 2-8 repeticiones con un descanso de 2-3 minutos entre serie y serie. Tras las 11 semanas, se observó un aumento significativo de la fuerza explosiva de las piernas (salto vertical) y no se observó una disminución de la resistencia aeróbica. Además, durante las 4 primeras semanas de entrenamiento, coincidiendo con la mayor frecuencia del entrenamiento de la fuerza (2 sesiones/semana), se observó una mejora significativa de la velocidad de carrera en 5 m (Gorostiaga, 2001).

Sin embargo, en un estudio también se observó, que el entrenamiento de sobrecarga a baja velocidad producía un mayor incremento en el salto vertical que el entrenamiento de sobrecarga a alta velocidad (W. B. Young & Bilby, 1993). De todas formas, la inexperiencia de los sujetos de este estudio en el entrenamiento con sobrecarga pudo influir en los resultados.

En otra investigación llevada a cabo se llegó a la conclusión de que el entrenamiento de fuerza especial, es decir, ejercicios que buscan un desarrollo de potencia una vez que los niveles de fuerza han sido incrementados (Baker, 1996), utilizando saltos desde media sentadilla, con cargas sobre la potencia máxima, es generalmente más efectivo que el entrenamiento de

fuerza general (trabajo de fuerza máxima de los músculos involucrados en el salto), utilizando sentadillas, e incluso que el de fuerza específica (ejercicios de salto o similares a los realizados en competición) con la realización de saltos en profundidad (Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993).

A pesar de todo, en algunos estudios se aconseja encarecidamente incluir un trabajo de fuerza máxima para incidir también sobre la mejora del salto y del esprint (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005; Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004; Wisloff, Helgerud, & Hoff, 1998). Sin embargo, en otros trabajos se ha demostrado que la mejora experimentada en la fuerza máxima realizando durante el entrenamiento un trabajo propio de esta manifestación de fuerza no se corresponde con una mejora similar en la capacidad de salto (Alen, Häkkinen, & Komi, 1984; Baker, Wilson, & Carlyon, 1994).

En cualquier caso, se ha afirmado que la mejora de la fuerza máxima para la extensión de caderas y rodillas y flexiones plantares, que son los grupos musculares directamente responsables del salto, puede no resultar muy complicada si no se está muy entrenado en la fuerza, y esto puede llevar a una mejora del salto vertical (González Badillo & Ribas, 2002). De hecho, se ha observado que entrenando la fuerza sólo con sentadillas, durante 7 a 12 semanas con 2 o 3 sesiones por semana, puede mejorar el salto de manera significativa, tanto en sujetos entrenados (Adams, O'shea, O'Shea, & Climstein, 1992; Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993) como desentrenados (Fatouros et al., 2000). También se ha encontrado una mejora significativa en estudiantes de Educación Física en la altura de salto en SJ y CMJ durante 6 semanas (3 sesiones/semana) de entrenamiento excéntrico de media sentadilla (García López, Bresciani, De Souza, Jiménez, & de Paz, 2005). Sin embargo, en otros estudios realizados con sujetos más entrenados, el entrenamiento con sentadillas fue insuficiente para provocar una mejora significativa del salto (Alen, Häkkinen, & Komi, 1984; Häkkinen, Komi, Alen, & Kauhanen, 1987). Cabe destacar, en cualquier caso, que en otra investigación, atletas expertos, aunque no de elite, utilizando sentadillas con cargas altas, mejoraron un 10.6% en CMJ y un 7.3% en SJ (Häkkinen & Komi, 1985a). Asimismo, en otra investigación con atletas de nivel similar se obtuvieron mejoras del 17.5% en CMJ y del 21.2% en SJ combinando el entrenamiento de saltos desde media sentadilla y pliometría (Häkkinen & Komi, 1985b).

Por otra parte, son diversos los estudios existentes en la literatura científica sobre diversos programas de entrenamiento que combinan el trabajo con cargas pesadas y ligeras para la búsqueda de una mayor efectividad en la capacidad de salto (Adams, O'shea, O'Shea, & Climstein, 1992; Burger, Boyer-Kendrick, & Dolny, 2000; Clutch, Wilton, McGown, & Bryce, 1983; Chiroso, 1997; Chiroso, Chiroso, & Padial, 2000; Chiroso, Chiroso, Requena, Feriche, & Padial, 2002; Fatouros et al., 2000; Harris, Stone, O'Bryant, Proulx, & Johnson, 2000; Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaiakevou, & Patikas, 2005; Lyttle, Wilson, & Ostrowski, 1996; Mayo & Pardo, 2001; Navarro et al., 1997; Polhemus, Burkherdt, Osina, & Patterson, 1980; Tricoli, Lamas, Carnevale, & Ugrinowitsch, 2005), con resultados en general positivos. Todo esto estaría relacionado con el método de contrastes, es decir, la alternancia entre cargas de trabajo de distinta intensidad.

Por último, habría que comentar que el trabajo sobre plataforma de vibraciones también parece ser interesante para la mejora de la capacidad de salto (Bosco et al., 2001).

El entrenamiento de la Capacidad de Aceleración en Carrera

Aunque en algunos estudios la relación entre el salto y el esprint no parece ser clara (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001; Mercé, González, Mayo, Pardo, & Sorli, 2004; Nesser, Latin, Berg, & Prentice, 1996), con los resultados de otros estudios esta relación parece haber sido aceptada por muchos investigadores (Balsom, 1999; Costill, Miller, Meyers, Keyhoe, & Hoffman, 1968; Mero, 1985; Mero, Luhtanen, Viitasalo, & Komi, 1981; Tharp, Newhouse, Uffelman, Thorland, & Johnson, 1985; W. Young, McLean, & Ardagna, 1995), por lo que la mejora de una puede repercutir en la otra. Como en el caso de los saltos, los métodos generales para el entrenamiento de la fuerza explosiva y la potencia expuestos con anterioridad, se pueden utilizar para la mejora de la capacidad de aceleración en carrera.

Generalmente las cualidades de fuerza explosiva son importantes para todo tipo de esprints, pero se ha encontrado que varios tests de potencia se correlacionan más altamente con esprints más largos o con la velocidad máxima que con esprints cortos. En un estudio llevado a cabo con 20 jugadores de rugby profesionales, no se encontraron correlaciones significativas entre el tiempo en un esprint de 10 metros (1.71 ± 0.09 segundos) y la fuerza en 3RM en los ejercicios de sentadillas y cargada colgante (Baker & Nance, 1999). A pesar de que tampoco se encontraron correlaciones significativas entre dicho tiempo ni con la potencia máxima, ni con la potencia producida con cargas de 40, 60, 80 y 100 kilogramos en saltos desde media sentadilla, estas correlaciones se convirtieron en significativas ($r = -0,52$ a $-0,61$; $p < 0,05$) al relacionar estas medidas de potencia con el peso corporal. La misma tendencia ocurrió respecto a un test de esprint de 40 metros, pero en este caso, las correlaciones fueron más altas ($r = -0,52$ a $-0,76$; $p < 0,05$). Quizá esto sea a causa de que los tiempos de contacto son más cortos (y por tanto las velocidades de contracción son más rápidas) en esprints de velocidad máxima. El mismo razonamiento puede sugerir que la fuerza máxima es relativamente más importante en esprints cortos; sin embargo, esto no parece haber sido confirmado. Además, se ha sugerido que el cuádriceps es relativamente más importante para los esprints cortos y los extensores de cadera para los esprints largos (W. Young, Benton, Duthie, & Pryor,

2001).

Por su parte, como se ha dicho en el apartado anterior, en algunos estudios se aconseja incluir un trabajo de fuerza máxima para incidir también sobre la mejora del salto y el esprint (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005; Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004; Wisloff, Helgerud, & Hoff, 1998). Napier (1991, citado por García Manso, 1999) encontró que un grupo de sujetos mejoraban significativamente más su rendimiento en 20 metros entrenando durante 5 semanas con series de 1 a 3 repeticiones al 80-90% de 1RM que otro grupo que entrenó con series de 8 repeticiones al 40-50% de 1RM.

Sin embargo, en el estudio realizado con futbolistas juveniles comentado anteriormente se sugiere que, el entrenamiento de fuerza explosiva, realizado con cargas ligeras, a la máxima velocidad y con pocas repeticiones, se acompaña de una mejora de la capacidad de salto y de la capacidad de aceleración en carrera (Gorostiaga, 2001).

En otro estudio, el trabajo con saltos desde media sentadilla utilizando cargas altas (80% de 1RM) en un programa de entrenamiento de 8 semanas, con 2 sesiones semanales, produjo una mejora significativa en un grupo de atletas masculinos en el Test-T de agilidad (posiblemente por la importancia de la fuerza máxima en el inicio de cada parada), pero también se dio una disminución del rendimiento en un esprint de 5 metros. Por el contrario, en otro grupo de atletas, el empleo de saltos desde media sentadilla con cargas ligeras (30% de 1RM) también produjo una mejora significativa en el Test-T (aunque más pequeña), pero se lograron además mejoras (aunque no significativas comparadas con los valores obtenidos antes del programa de entrenamiento) en sprints de 5, 10 y 20 metros, observándose en el caso de los 10 metros una diferencia significativa con respecto al grupo que realizó saltos desde media sentadilla con cargas altas (McBride, Triplett-McBride, Davie, & Newton, 2002).

Por otra parte, se ha encontrado que el entrenamiento pliométrico también resulta beneficioso para el esprint. En un estudio en el que se entrenó durante 9 semanas, realizando 2 sesiones de entrenamiento de fuerza y una de carrera a la semana, un grupo de estudiantes de Educación Física que realizó entrenamientos de la fuerza con ejercicios pliométricos sin carga, mejoraron significativamente más en los primeros 10 metros durante una carrera de 100 metros que otro grupo que utilizó grandes cargas (series de entre 15 y 3RM) (Delecluse et al., 1995). También se ha concluido que un programa de entrenamiento pliométrico específico para la capacidad de aceleración en carrera puede mejorar el rendimiento en 40 m de igual manera que un programa estándar de esprint, posiblemente por la reducción del tiempo de contacto con el suelo (Rimmer & Sleivert, 2000).

Como en el caso de la capacidad de salto, existen también en la literatura científica diversos programas de entrenamiento que combinan el trabajo con cargas pesadas y ligeras para la búsqueda de una mayor efectividad en la capacidad de aceleración en carrera (Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaikovou, & Patikas, 2005; Moore, Hickey, & Reiser II, 2005).

El Entrenamiento de la Potencia de Lanzamiento y Golpeo de Móviles

Como acciones explosivas que básicamente son (al menos cuando se ejecutan con la máxima potencia), igual que en el caso de la capacidad de salto y la capacidad de aceleración en carrera, en este caso podrían aplicarse las recomendaciones generales de entrenamiento para la mejora de la fuerza explosiva. Sin embargo, al aplicar un determinado método para el entrenamiento de estas acciones, se debe considerar la magnitud de la resistencia del móvil que se vaya a lanzar con la mano, o golpear con el pie o mediante un implemento con los brazos, lo que tendrá bastante influencia en la aplicación de los métodos de entrenamiento más adecuados. Además, la gran demanda coordinativa y, en muchas ocasiones, de precisión que exigen la mayoría de estas acciones en el contexto deportivo, conlleva a que, en determinadas condiciones, un aumento de fuerza pudiera provocar una desmejora en la ejecución del gesto.

Habitualmente, las acciones de lanzamiento y golpeo de móviles se clasifican como acciones explosivo-balísticas. En este sentido, la fuerza máxima no es tan importante como lo puede ser en las acciones explosivo-tónicas (García Manso, 1999). En cualquier caso, también se han encontrado, por ejemplo, mejoras en la velocidad de lanzamiento en balonmano al incluir en el programa de entrenamiento trabajos con cargas pesadas, tal como la realización de 3 series de 5-6 repeticiones al 85% de 1RM de press de banca, 3 veces por semana, durante 9 semanas (Hoff & Almasbakk, 1995). Por otra parte, se ha observado que puede existir una gran relación entre la fuerza máxima y el pico de potencia con cargas relativamente ligeras (Stone et al., 2003).

En béisbol, se han realizado diversos estudios sobre el entrenamiento para la mejora de la velocidad de lanzamiento de la pelota, encontrándose habitualmente mejoras tanto con trabajo de fuerza general (R. U. Newton & McEvoy, 1994; Potteiger, Williford, Blessing, & Smidt, 1992), como especial (Lachowetz, Evon, & Pastiglione, 1998; McEvoy & Newton, 1998) y específica (DeRenne, Buxton, Hetzler, & Ho, 1994; DeRenne, Ho, & Blitzblau, 1990). Sin embargo, hay algunos estudios donde esto no sucede así, no encontrándose cambios en la velocidad de lanzamiento tras un programa de entrenamiento de fuerza general (DeRenne, Ho, & Murphy, 2001).

Sobre la utilización de pesos inferiores o superiores a los de competición para la mejora de la velocidad de lanzamiento o de golpeo existe cierta controversia. Kuznetsov (1983; citado por García Manso, 1999) señala que la reducción o el aumento del peso debe ser individual, de tal forma que permita conservar la estructura externa del movimiento. En cuanto a la utilización de implementos pesados se debe tener precaución en las acciones de golpes de móviles, tales como el golpeo del balón en fútbol, de la pelota en el tenis, etc., donde la integridad del segmento que ejecuta la acción puede verse seriamente perjudicada al impactar contra objetos demasiado pesados.

En un estudio llevado a cabo con jugadoras de balonmano de la 1ª división holandesa se encontró que el entrenamiento con balones más ligeros que los de competición (300 gramos), aumentaba significativamente la velocidad de lanzamiento (2%), mientras que al utilizar balones ligeramente más pesados (500 gramos), la velocidad con la que se lanzaba el balón no mejoraba. Por el contrario, se comprobó, en jugadoras de la 2ª división noruega, que un entrenamiento de fuerza con cargas elevadas (3 x 5-6RM realizados 3 días/semana durante 9 semanas) permitía similares beneficios (Van Muijen, Joris, Kemper, & Van Ingen Schenau, 1991).

Verkhosansky (1986, citado por González Badillo, 1997), encontró mejoras importantes en la distancia alcanzada con el lanzamiento en waterpolo entrenando con balones pesados. Estas mejoras fueron mayores con balones de 2 kg que con balones de 4 kg.

También, en un trabajo con jugadores de hockey, se llegó a la conclusión de que utilizando en el entrenamiento bochas con una ligera sobrecarga, se puede aumentar la velocidad de lanzamiento (Vizcaya, Fernández, & Martín, 1999).

Por último, cabe comentar que en una investigación sobre el entrenamiento para la mejora de la velocidad de lanzamiento en balonmano se ha encontrado que puede ser útil, con jugadores novatos, tanto el entrenamiento con balones un 20% más ligeros que los estándar, como el uso de pequeños lastres en el brazo durante la ejecución de lanzamientos (Ekaterini, Efstathios, Christos, Dimitrios, & Dimitrios, 2005).

El Entrenamiento de la Potencia de Golpeo del Balón con el Pie

El golpeo de balón con el pie es una habilidad motriz que se ejecuta en deportes de equipo como el fútbol, fútbol sala y rugby.

En fútbol, la mayoría de los autores consideran que la diferencia que se manifiesta en la potencia de golpeo entre distintos jugadores estriba en la técnica utilizada y el mejor aprovechamiento de esa técnica (García Calvo, Cuevas, & Domínguez, 2003).

Tras realizar una investigación con 12 futbolistas júnior de elite, no se encontró una relación entre la fuerza isocinética y la velocidad de golpeo de ambas piernas (McLean & Tumilty, 1993). En otro estudio donde se realizaban dos tipos de golpes, "punt" (golpeo de empeine total cuando el balón está en el aire en sentido descendente) y "drop" (golpeo de empeine total tras el bote y ascenso del balón), la masa magra no se correlacionó significativamente con el rendimiento de ninguno de los dos golpes (McCrudden & Reilly, 1993). En este sentido, se ha afirmado que la masa del segmento de la pierna-pie no influye en la velocidad del balón de manera significativa (Andersen, Dorge, & Thomsen, 1999).

Sin embargo, Martín Acero (1995) afirma que, con estudios como los realizados por Kane y Sterheirn (Martín Acero, 1995) y posteriormente replicado por Luhtanen, en el que se puede comprobar el aumento de la velocidad de salida del balón en el golpeo a lo largo de distintas edades, se observa que ésta aumenta a lo largo del desarrollo hasta su punto más alto (28-30 años), con lo cual no puede deberse simplemente a la mejora de la técnica, ya que a los 16 años ya se tiene dominada esa técnica, por lo que se debería a la mejora de la fuerza. Luhtanen (1988) observó en jóvenes una alta correlación entre fuerzas máximas resultantes de la pantorrilla y pierna y la velocidad de salida del balón (Luhtanen, 1988). También se ha encontrado que la gran velocidad del balón producida por los futbolistas masculinos, en comparación con los femeninos, se debe a su mayor fuerza medida en un dinamómetro isocinético (Tant, Browder, & Wilkerson, 1991).

Hay otros autores que defienden la alta correlación entre la fuerza y la velocidad que se imprime al balón en el golpeo (Cabri, De Proft, Dufour, & Clarys, 1988; Narici, Sirtori, & Mogroni, 1988; Poulmedis, Rondoyannis, Mitsou, & Tsarouchas, 1988; Reilly & Drust, 1994). Por otra parte, según Tous (2004), en diferentes estudios se ha encontrado que la velocidad de golpeo guarda una alta correlación con la fuerza excéntrica de la musculatura isquiotibial.

En este tipo de estudios, para la medición de la velocidad del miembro ejecutante o del balón, los principales instrumentos de evaluación utilizados han sido las videocámaras (Neilson & Jones, 2003; Williams, Alty, & Lees, 1999) y los radares (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001; García Calvo, Cuevas, & Domínguez, 2003); aunque también se han empleado otros como fotocélulas (Poulmedis, Rondoyannis, Mitsou, & Tsarouchas, 1988) o sensores de sonido (Narici, Sirtori, & Mogroni, 1988), o una combinación de los dos (Juárez, 2004; Taïana, Gréhaigne, & Cometti, 1993).

También se han realizado estudios en los que se han planteado distintos ejercicios, métodos y programas de entrenamiento para la mejora de la potencia de golpeo. En un estudio llevado a cabo con 20 futbolistas junior de elite, éstos fueron divididos en dos grupos: experimental y control. El grupo control realizó durante 15 semanas el programa de entrenamiento habitual, mientras que el grupo experimental añadió a este trabajo 30 sesiones en las que realizaban 18 movimientos de golpeo de balón con una carga atada al pie mediante un sistema con una polea. A pesar de que ambos grupos mejoraron el rendimiento en el golpeo, el grupo experimental exhibió una mejora significativamente mayor (Jelusic, Jaric, & Kukulj, 1992).

En otra investigación, 24 futbolistas de elite fueron divididos en 4 grupos (cargas altas, cargas bajas, movimientos de golpeo con carga, y control). Sólo el grupo que entrenó con cargas altas mejoró significativamente la fuerza de extensión de la rodilla tras 13 semanas de entrenamiento con 3 sesiones/semana, y ningún grupo mejoró la velocidad de golpeo de balón de forma significativa (Trolle, Aagaard, Simonsen, Bangsbo, & Klausen, 1993). Con un programa similar realizado durante 12 semanas por 22 futbolistas de elite se encontraron resultados similares al anterior (Aagaard, Simonsen, Trolle, Bangsbo, & Klausen, 1996).

En otros estudios con futbolistas o estudiantes de Ciencias del Deporte, en los que se realizaron encadenamientos de 3 o 4 ejercicios con contrastes entre ejercicios de pesas y saltos, esprints o tiros, se consiguieron mejoras en la velocidad de tiro (García Calvo, Cuevas, & Domínguez, 2003; Taïana, Gréhaigne, & Cometti, 1993). En cualquier caso hay que considerar la no significación de las mejoras obtenidas en uno de ellos (García Calvo, Cuevas, & Domínguez, 2003) por la muestra tan reducida que tomó parte en el estudio.

A pesar de todo, el debate sobre la influencia de la fuerza en la velocidad de golpeo de balón parece estar abierto, aunque la combinación de diferentes métodos de entrenamiento que consideren la especificidad del gesto parece ser lo más eficaz para la mejora de la velocidad de golpeo (Tous, 2004).

CONCLUSIONES

Poseer unos niveles de rendimiento elevados en fuerza explosiva y potencia resulta fundamental en muchas disciplinas deportivas. En este sentido, son diversos los métodos de entrenamiento propuestos para la mejora de acciones explosivas características del deporte, como los saltos, las aceleraciones en carrera, y los lanzamientos y golpes. El entrenador debe conocer las distintas opciones que se le presentan y planificar el entrenamiento de la forma más correcta, utilizando estas distintas posibilidades en función de las necesidades específicas de sus deportistas y del momento de la temporada en el que se encuentren, con el objetivo de contribuir a una optimización del rendimiento deportivo.

REFERENCIAS

1. Aagaard, P., Simonsen, E. B., Trolle, M., Bangsbo, J., & Klausen, K (1996). Specificity of training velocity and training loads on gains in isokinetic knee joint strength. *Acta Physiologica Scandinavica*, 156(2), 123-129
2. Adams, K., O'shea, J. P., O'Shea, K. L., & Climstein, M (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(1), 36-41
3. Allerheiligan, W. B (1994). Speed development and plyometric training. En T. R. Baechle (Ed.), *Essentials of strength training and conditioning* (2ª ed., pp. 314-344). Champaign: Human Kinetics
4. Andersen, T., Dorge, H. C., & Thomsen, F. I (1999). Collisions in soccer kicking. *Sports Engineering*, 2(2), 121-125
5. Baker, D (1996). Improving vertical jump performance through general, special, and specific strength training: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 131-136
6. Baker, D., & Nance, S (1999). The relation between running speed and measures of strength and power in professional rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 230-235
7. Baker, D., Wilson, G., & Carlyon, R (1994). Periodization: the effect on strength of manipulating volume and intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(4), 235-242
8. Balsom, P (1999). La evaluación del rendimiento físico. En B. Ekblom (Ed.), *Fútbol. Manual de las ciencias del entrenamiento* (pp. 113-133). Barcelona: Paidotribo
9. Bauer, T., Thayer, R. E., & Baras, G (1990). Comparison of training modalities for power development in the lower extremity. *Journal of Applied Sports Science Research*, 4(4), 115-121
10. Behm, D. G., & Sale, D. G (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 359-368

11. Berger, R. A (1962). Effect of dynamic and static training on vertical jumping. *Research Quarterly*, 34, 419-424
12. Bobbert, M. F., Huijting, P. A., & Van Ingen Schenau, G. J (1987). Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(4), 332-338
13. Bobbert, M. F., Huijting, P. A., & Van Ingen Schenau, G. J (1987). Drop jumping. II. The influence of dropping height on the biomechanics of drop jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(4), 339-346
14. Bosco, C (1994). La valoración de la fuerza con el test de Bosco. *Barcelona: Paidotribo*
15. Bosco, C., Dellisanti, F., Fucci, A., Tsarpela, O., Annino, G., Foti, C., et al (2001). Effetto della vibrazione su forza esplosiva, resistenza alla forza veloce e flessibilità muscolare. *Medicina dello sport*, 54(4), 287-293
16. Burger, T., Boyer-Kendrick, T., & Dolny, D (2000). Complex training compared to a combined weight training and plyometric training program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 360-361
17. Cabri, J., De Proft, E., Dufour, W., & Clarys, J. P (1988). The relation between muscular strength and kick performance. *En T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W. J. Murphy (Eds.), Science and Football (Vol. I, pp. 186-193). New York: E & F. N., Spon*
18. Clutch, D., Wilton, M., McGown, C., & Bryce, R (1983). The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(1), 5-10
19. Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N (2001). Isokinetic strength and anaerobic power elite, subelite and amateur french soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1), 45-51
20. Costill, D. L., Miller, S. J., Meyers, W. C., Keyhoe, F. M., & Hoffman, W. M (1968). Relationship among selected tests of explosive leg strength and power. *Research Quarterly*, 39(3), 785-787
21. Cronin, J., & Sleivert, G (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213-234
22. Chiroso, L. J (1997). Entrenamiento con un método de contraste para la mejora de la fuerza de impulsión en relación a otro de tipo convencional en balonmano. *Tesis Doctoral. Universidad de Granada, Granada*
23. Chiroso, L. J., Chiroso, I., & Padial, P (2000). Efecto del entrenamiento integrado sobre la mejora de la fuerza de impulsión en un lanzamiento en suspensión en balonmano. *Lecturas: Educación Física y Deportes: revista digital*, (25)
24. Chiroso, L. J., Chiroso, I. J., Requena, B., Feriche, B., & Padial, P (2002). Efecto de diferentes métodos de entrenamiento de contraste para la mejora de la fuerza de impulsión en un salto vertical. *Motricidad - European Journal of Human Movement*, VIII, 47-71
25. Chu, D. A (1998). Jumping into plyometrics (2ª ed.). *Champaign: Human Kinetics*
26. Delecluse, C., Van Coppenolle, H., Willems, E., Van Leemputte, M., Diels, R., & Goris, M (1995). Influence o high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(8), 1203-1209
27. DeRenne, C., Buxton, B. P., Hetzler, R. K., & Ho, K. W (1994). Effect of under and overweighted implement training on pitching velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(4), 247-250
28. DeRenne, C., Ho, K. W., & Blitzblau, A (1990). Effects of weighted implement training on throwing velocity. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4(1), 16-19
29. DeRenne, C., Ho, K. W., & Murphy, J. C (2001). Effects of General, Special, and Specific Resistance Training on Throwing Velocity in Baseball: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 148-156
30. Driss, T., Vandewalle, H., Quievre, J., Miller, C., & Monod, H (2001). Effects of external loading on power output in a squat jump on a force platform: a comparison between strength and power athletes and sedentary individuals. *Journal of Sports Sciences*, 19, 99-105
31. Ekaterini, S., Efstathios, C., Christos, T., Dimitrios, S., & Dimitrios, P (2005). Evaluation of three different training methods for the development of handball throwing velocity. *10th Annual Congress of the European College of Sport Science. Book of Abstracts (pp. 344-345). Belgrade*
32. Fatouros, I. G., Z., J. A., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., et al (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470-476
33. Gorostiaga, E (2001). Aspectos fisiológicos del futbolista, test de campo. *Extraído el 7 de marzo de 2003 de: <http://www.futbolpreparadoresfisicos.com/AreaTec/Articulos/GOROSTIAGA.htm>*
34. Harris, G. R., Stone, M. H., O'Bryant, H. S., Proulx, C. M., & Johnson, R. L (2000). Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(1), 14-20
35. Hedrick, A (1994). Strength/power training for the national speed skating team. *Strength and Conditioning*, 16(5), 33-39
36. Hoff, J., & Almasbakk, B (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(4), 255-258
37. Holcomb, W. R., Lander, J. E., Rutland, R. M., & Wilson, G. D (1996). A biomechanical analysis of the vertical jump and three modified plyometric depth jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 83-88
38. Holcomb, W. R., Lander, J. E., Rutland, R. M., & Wilson, G. D (1996). The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(2), 89-92
39. Hunter, J. P., & Marshall, R. N (2002). Effects of power and flexibility training on vertical jump technique. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(3), 478-486
40. Jelusic, V., Jaric, S., & Kukulj, M (1992). Effects of the stretch-shortening strength training on kicking performance in soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 22(6), 231-238
41. Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H., & Sney, K (1983). Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output human muscle. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 5(2), 50-55
42. Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaiakevou, G., & Patikas, D (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 369-375
43. Lachowetz, T., Evon, J., & Pastiglione, J (1998). The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing

- velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 116-119
44. Luhtanen, P (1988). Kinematics and kinetics of maximal instep kicking-in junior soccer players. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W. J. Murphy (Eds.), *Science and Football (Vol. I, pp. 441-448)*. New York: E & F. N., Spon
 45. Lyttle, A., Wilson, G., & Ostrowski, K (1996). Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometrics training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3), 173-179
 46. Manno, R (1999). El entrenamiento de la fuerza. *Barcelona: Inde*
 47. Mayo, C., & Pardo, A (2001). Mejora de la fuerza específica a través del método de contraste: efectos sobre el rendimiento en jugadoras de balonmano de élite. En *Faculta de Ciencies de l Activitat Física i l Esport de València (Ed.), II Congreso de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Valencia*
 48. McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(1), 75-82
 49. McCrudden, M., & Reilly, T (1993). A comparison of the punt and the drop kick. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W. J. Murphy (Eds.), *Science and Football (Vol. II, pp. 362-366)*. New York: E & F. N., Spon
 50. McEvoy, K. P., & Newton, R. U (1998). Baseball throwing speed an base running speed: The effects ob ballistic resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 216-221
 51. McLean, B. D., & Tumilty, D. M (1993). Left-right asymmetry in two types of soccer kic. *British Journal of Sport Medicine*, 27(4), 260-262
 52. Mero, A (1985). Relationships between the muscle fibre characteristics, sprinting and jumping of sprinters. *Biology of Sport*, 2(3), 155-161
 53. Mero, A., Luhtanen, P., Viitasalo, J. T., & Komi, P. V (1981). Relationships between the maximal running velocity, muscle fibre characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 3(1), 16-22
 54. Moore, E. W. G., Hickey, M. S., & Reiser II, R. F (2005). Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 791-798
 55. Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K., & Jensen, J (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal of Applied Physiology*, 75, 193-199
 56. Narici, M. V., Sirtori, M. D., & Mognoni, P (1988). Maximal ball velocity and peak torques of hip flexor and knee extensor muscles. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W. J. Murphy (Eds.), *Science and Football (Vol. I, pp. 429-433)*. New York: E & F. N., Spon
 57. Neilson, P., & Jones, R (2003). Dynamic soccer ball performance measurement. En World Congress on Science and Football - 5. *Book of abstracts (pp. 24)*. Madrid: Gymnos
 58. Nesser, T. W., Latin, R. W., Berg, K., & Prentice, E (1996). Physiological determinants of 40-meter sprint performance in young male athletes. *Journal of Science and Conditioning Research*, 10(4), 263-267
 59. Newton, R. U., & McEvoy, K. P (2004). Baseball throwing velocity: a comparison of medicine ball training and weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8(3), 198-203
 60. Newton, U. R., & Kraemer, W. J (1994). explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *Strength and Conditioning*, 16(5), 20-31
 61. Polhemus, R., Burkherdt, E., Osina, M., & Patterson, M (1980). The effect of plyometric training with ankle and vest weights on conventional weight training programs for men. *Track and Field Quarterly Review*, 80(4), 59-61
 62. Potteiger, J. A., Williford, H. N., Blessing, D. L., & Smidt, J (1992). Effect of two training methods on improving baseball performance variables. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(1), 2-6
 63. Poulmedis, P., Rondoyannis, G., Mitsou, A., & Tsarouchas, E (1988). The influence of isokinetic muscle torque exerted in various speeds on soccer ball velocity. *Journal of Orthopaedic and Sport Physical Therapy*, 10(3), 93-96
 64. Radcliffe, J. C (2003). Form and safety in plyometric training. *Performance training journal*, 2(2), 21-25
 65. Reilly, T., & Drust, B (1994). The isokinetic strength of women soccer players. *Ponencia presentada en la 10th Commonwealth and International Scientific Conference, Victoria, Canada. Agosto*
 66. Rimmer, E., & Sleivert, G (2000). Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 295-301
 67. Schmidtbleicher, D (1985). Strength training. Part 1 and 2. *Sport Science Periodical on Research and Technology in Sport, Strength W4*
 68. Siff, M. C., & Verkhoshansky, Y (2000). Superentrenamiento. *Barcelona: Paidotribo*
 69. Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U (2005). Physiology of soccer. An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536
 70. Stone, M. H., Sanborn, K., O'Bryant, H. S., Hartman, M., Stone, M. E., Proulx, C., et al (2003). Maximum strength-power performance relationships in collegiate throwers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 739-745
 71. Suominen, H., Komi, P. V., Heikkinen, E., Karlsson, J., & Tesch, P (1979). Effects of heavy resistance and explosive-type strength training methods on mechanical, functional and metabolic aspects of performance. *Exercise and sport biology. International Symposium on Sport Biology (pp. 90-102)*. Champaign: Human Kinetics
 72. Tant, C. L., Browder, K. D., & Wilkerson, J. D (1991). A three-dimensional kinematic comparison of kicking techniques between male and female soccer players. En C. L. Tant, P. E. Patterson & S. L. York (Eds.), *Biomechanis in Sport IX (pp. 101-105)*. Ames, IA: Iowa State University Press
 73. Tharp, G. D., Newhouse, R. K., Uffelman, L., Thorland, W. G., & Johnson, G. O (1985). Comparison of sprint and run times with performance on the wingate anaerobic test. *Research Quarterly*, 56(1), 73-76
 74. Tous, J (1999). Nuevas tendencias en fuerza y musculación. *Barcelona: Ergo*
 75. Tous, J (2004). Entrenamiento de la fuerza. *Fútbol. Bases científicas para un óptimo rendimiento (pp. 77-82)*. Madrid: Ergon
 76. Tricoli, V., Lamas, L., Carnevale, R., & Ugrinowitsch, C (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 433-437

77. Trolle, M., Aagaard, P., Simonsen, E. B., Bangsbo, J., & Klausen, K (1993). Effects of strength training on kicking performance in soccer. *En T. Reilly, J. Clarys & A. Stibbe (Eds.), Science and Football (Vol. II, pp. 95-97). London: E & F. N., Spon*
78. Van Muijen, A. E., Joris, H., Kemper, H. C. G., & Van Ingen Schenau, G. J (1991). Throwing practice with different ball weights: effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Sports training, medicine and rehabilitation, 2(2), 103-113*
79. Verkhoshansky, Y (1981). Principles of training high level track and field athletes. *Leygkää Atletika, 10, 6-9*
80. Voigt, M., & Klausen, K (1990). Changes in muscle strength and speed of an unloaded movement after various training programmes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 60(5), 370-376*
81. Wenzel, R. R., & Perfetto, E. M (1992). The effect of speed versus non-speed training in power development. *Journal of Applied Sports Science Research, 6(2), 82-87*
82. Wilson, G. R., Newton, R. U., Murphy, A., & Humphries, B (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 25(11), 1279-1286*
83. Williams, A. M., Alty, P., & Lees, A (1999). Effects of practice and knowledge of performance on kinematics of ball kicking. *Journal of Sports Sciences, 17, 832*
84. Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sport Medicine, 38, 285-288*
85. Wisloff, U., Helgerud, J., & Hoff, J (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 30(3), 462-467*
86. Young, W., Benton, D., Duthie, G., & Pryor, J (2001). Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints. *Strength and Conditioning Journal, 23(2), 7-13*
87. Young, W., McLean, B., & Ardagna, J (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 35(1), 13-19*
88. Young, W. B., & Bilby, G. E (1993). The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power and hypertrophy development. *Journal of Strength and Conditioning Research, 7(3), 172-178*
89. Young, W. B., Wilson, G. J., & Byrne, C (1999). A comparison of drop jump training methods: effects on leg extensor strength qualities and jumping performance. *International Journal of Sports Medicine, 20, 295-303*