Monograph

¿Cuán Fuerte es lo Suficientemente Fuerte?

Meg Stone[1] y Gavin Moir[2]

[1]*Head of Sports Physiology, USOC.*
[2]*The University of Edinburgh, Scotland, UK.*

RESUMEN

La evidencia de diferentes tipos de investigaciones así como también de diferentes datos recolectados indica que la fuerza máxima está fuertemente relacionada con el rendimiento deportivo, el cual depende de la velocidad y la potencia. Aunque explicar el rendimiento en deportes de fuerza/potencia es un problema multi-factorial hay poca duda de que la fuerza máxima es el componente clave. Por lo tanto, se puede decir que "usted nunca es lo suficientemente fuerte".

Palabras Clave: fuerza óptima, fuerza máxima, potencia muscular, velocidad de movimiento

INTRODUCCION

La mayoría de los entrenadores y atletas acuerdan que en deportes tales como el levantamiento de pesas y particularmente en el levantamiento de potencia, el continuo incremento en la fuerza máxima sería ventajoso. Sin embargo, no hay acuerdo con respecto a cuan fuertes necesitan ser los atletas en otros deportes. El propósito de esta discusión es describir las relaciones entre la fuerza y 1) el rendimiento deportivo y 2) las otras variables que contribuyen al rendimiento deportivo, particularmente la tasa de desarrollo de la fuerza y la potencia. La discusión está dividida en dos partes. En la Parte 1 se discute acerca de los deportes relacionados con la producción de fuerza y potencia y en la Parte 2 se consideran a los deportes que requieren de una gran resistencia.

Parte 1: Deportes de Fuerza y Potencia

Desde la perspectiva de esta discusión, dos variables de importancia para la mayoría de los deportes son la tasa pico de desarrollo de la fuerza (PRFD) y la producción de potencia. La PRFD está asociada con la "fuerza explosiva" y se relaciona con la capacidad para acelerar objetos incluyendo la masa corporal (Schmidtbleicher, 1992).

El trabajo es el producto de la fuerza por la distancia que se mueve el objeto en dirección de la fuerza (Fuerza x Distancia). La potencia es la tasa de realización de trabajo (P=fuerza x distancia/tiempo) y pude expresarse como el producto de la fuerza y la velocidad (P=Fuerza x velocidad). La potencia puede ser calculada como un promedio a lo largo de un rango de movimiento o como un valor instantáneo o sea que se produce en un instante en particular durante el desplazamiento de un objeto. El pico de potencia (PP) es el mayor valor instantáneo de potencia observado a lo largo del rango de movimiento. La potencia máxima (MP) es la producción de potencia que uno es capaz de generar bajo un conjunto dado de condiciones (i.e., estado de entrenamiento, tipo de ejercicio, etc.). Es probable que la producción de potencia sea el factor más importante para distinguir rendimientos deportivos (i.e., quien gana y quien pierde). Mientras que la producción promedio de potencia puede estar más asociada con el rendimiento en los eventos de resistencia; en las actividades tales como saltar, las carreras de velocidad y los movimientos de levantamiento de pesas el PP característicamente está fuertemente

relacionado con el éxito (Garhammer, 1993; Kauhanen et al., 2000; McBride et al., 1999; Thomas et al., 1994). Schmidtbleicher (1985, 1992) ha presentado un marco teórico que indica que la fuerza máxima es la cualidad básica que afecta a la producción de potencia. Este autor sugirió que la fuerza máxima afecta a la potencia de manera jerárquica disminuyendo su influencia a medida que se reduce la carga externa hasta un punto en donde otros factores tales como la tasa de desarrollo de la fuerza se vuelve más importante.

Clasificación de los Estudios

Una manera a través de la cual se puede comenzar a entender las posibles relaciones entre la fuerza y el rendimiento deportivo es por medio de los estudios descriptivos (transversales). Si la mayor fuerza máximo hace la diferencia entonces los equipos o atletas más fuertes y potentes serán los que tengan mejores rendimientos en comparación con los equipos o atletas que no son tan fuertes o potentes. Aunque este método no provee de evidencias concluyentes acerca de que exista una causa efecto en esta operación, nosotros sugerimos que la causa y efecto es ciertamente posible. Citaremos tres ejemplos:

Ejemplo 1: el Fútbol Americano de nivel Universitario cuenta con tres divisiones (I, II, III). En la división uno participan las universidades más grandes que proveen la mayor cantidad de becas estudiantiles, la División II provee menos becas y la División III es la última en el número de becas otorgadas. Generalmente, como grupos, hay pocas diferencias en el tipo de jugadas utilizadas (estrategia) entre una división y otra. Sin embargo, si estos equipos jugaran unos contra otros en forma regular entonces la mayoría del tiempo los equipos de la División I vencerían a los equipos de la División II los cuales a su vez vencerían a los equipos de la División III. Si la fuerza (y la potencia) desempeña un rol en ganar o perder entonces uno esperaría observar un continuum en las medidas de fuerza tal como Div 1>Div II>Div III. Fry y Kraemer (1991) estudiaron varios cientos de jugadores de Fútbol Americano incluyendo tanto jugadores de posiciones ofensivas como defensivas. Las mediciones de fuerza y potencia claramente siguieron el continuum esperado (Tabla 1). Se debe señalar, a partir de la Tabla 1, que los jugadores más fuertes también tenían mayores alturas en el salto vertical y menores tiempos de sprint, sugiriendo una relación entre la fuerza máxima y la mediciones relacionadas con la potencia/velocidad.

TEST	Media	DIV I	DIV II	DIV III
BP (kg)	136.9 ± 25.8 (n = 776)	144.5 ± 26.1 (n = 283)	135.2 ± 25.5 (n = 296)	128.6 ± 23.2 (n = 197)
SQ (kg)	185.2 ± 35.7 (n = 297)	192.8 ± 37.6 (n = 115)	182.5 ± 34.4 (n = 114)	176.9 ± 32.4 (n = 68)
PC (kg)	118.1 ± 17.7 (n = 439)	123.0 ± 17.9 (n = 166)	116.5 ± 17.3 (n = 164)	113.0 ± 16.5 (n = 109)
VJ (cm)	70.2 ± 9.1 (n = 505)	72.8 ± 9.3 (n = 193)	69.3 ± 8.5 (n = 181)	67.4 ± 8.8 (n = 131)
36.6 M (s)	4.92 ± 0.27 (n = 768)	4.88 ± 0.27 (n = 281)	4.92 ± 0.26 (n = 282)	4.96 ± 0.27 (n = 205)

Tabla 1. *Características de rendimiento de Jugadores de Fútbol Americano (media±DE). Los datos fueron modificados de Fry y Kraemer 1991. BP, press en banco, SQ, sentadilla, PC, envión de potencia, VJ, salto vertical, 36.3 M, esprint de 36.6 metros (40 yardas).*

Ejemplo 2: A esto le sigue que si los rendimientos de los equipos son afectados por la fuerza entonces el rendimiento de los jugadores debería ser también afectado por la fuerza. De esta manera, los jugadores de “primera línea” deberían ser más fuertes y más potentes que los jugadores de “segunda línea” y así continuaría, sugiriendo nuevamente un continuum de fuerza (y potencia) dentro de un equipo de fútbol americano. Barker et al (1993) estudiaron a un equipo universitario de la Div IAA y dividieron a los jugadores en titulares (primera línea) y suplentes. Estos investigadores hallaron que los titulares (n=22) tenían mayores valores de fuerza en 1RM en sentadilla (174.4±34.5 vs 156.2±24.6kg) en comparación con los suplentes (n=37), sugiriendo nuevamente que la fuerza máxima desempeña un rol en el rendimiento en el fútbol americano. Cierta evidencia indica que el poseer una fuerza superior, especialmente en relación a la masa corporal, puede mejorar la habilidad de realizar otras tareas motoras tales como saltar (Fry et al. 1991; Stone et al. 1980). En base a la 1RM en sentadilla, normalizada por la masa corporal, Barker et al (1993) también dividió estadísticamente al equipo en tres grupos de acuerdo a los niveles relativos de fuerza: alta, moderada y baja (Tabla 2). Nuevamente pudo evidenciarse un continuum ya que los jugadores más fuertes tuvieron mayores valores en el salto vertical en comparación con los grupos con moderado y bajo nivel de fuerza.

TEST	HRS (n = 17)	MRS (n = 27)	LRS (n = 15)
SQ (kg)	180.9 ± 30.2	159.8 ± 27.8	148.3 ± 23.4
RS (kg/masa corporal)	2.0 ± 0.2	1.7 ± 0.1	1.4 ± 0.2
VJ (CM)	65.8 ± 7.6	61.3 ± 7.0	55.2 ± 6.8
SVJ (CM)	63.8 ± 6.7	57.5 ± 6.7	52.3 ± 7.0

Tabla 2. *Mediciones del rendimiento por grupo de acuerdo a la fuerza relativa (media ± DE). Modificado de Barker et al 1993. HSR, fuerza relativa alta, MSR, fuerza relativa moderada, LRS, fuerza relativa baja. SQ, sentadilla, RS; fuerza relativa (1RM en SQ/masa corporal), VJ, salto vertical, SVJ, salto vertical desde posición estática (pausa de 3 segundos con un ángulo en la rodilla de 90º).*

Ejemplo 3: Durante muchos años, los lanzadores (eventos atléticos de campo) han sido estimulados para que levanten pesas con el propósito de mejorar su habilidad de lanzamiento. Los entrenadores y atletas creen fuertemente que el incremento en la fuerza (con ejercicios específicos) está ligado al incremento en la habilidad de lanzamiento. Paul Ward (ex Coordinador del Equipo de Elite de Lanzamientos para el Equipo de Pista y Campo de los EE.UU.) presentó evidencia respaldando esta creencia que indicaba que los mejores lanzadores eran los mas fuertes (Ward 1982). Ward compiló datos desde 1978 a 1981 los cuales indicaban que la habilidad de lanzamiento estaba relacionada a la fuerza en el envión de potencia, el arranque y en press en banco. Datos compilados mas recientemente (Stone and Stone, 1999) respaldan la tesis de Ward. Estos datos (Tabla 3a y 3b) fueron recolectados por medio de una cuidadosa entrevista (y por medio de la observación cuando fue posible) a hombres y mujeres lanzadores y a sus entrenadores con respecto a su habilidad de levantamiento (capacidad en 1RM) durante 1997 y 1998. Los datos en las Tablas 3a y 3b son de lanzadores de los Estados Unidos, los cuales comparan diferentes niveles de lanzadores de balas y de lanzadores de disco. Los datos mostrados en la Tabla 3 indican nuevamente que la fuerza máxima puede estar relacionada con el rendimiento atlético.

Lanzadores hombres (M±DE; kg; 1997-1998)				
	Sentadilla	**Envión**	**Arranque**	**Press de Banca**
GODINA	287\327*	190	-	236
Nivel Nacional Automático	290.3±38.8 (n = 3)	186.0±12.0 (n = 3)	129.3±28.9 (n = 2)	226.8±0 (n = 3)
Nacional Provisional	283.5±11.3 (n = 3)	155.3±1.8 (n = 3)	106.8±9.3 (n = 2)	189.0±15.9 (n = 3)
Universitario	266.0±38.4 (n = 7)	137.7±17.3 (n = 7)	84.9±39.3 (n = 6)	180.8±23.9 (n = 7)

Tabla 3a. *Niveles de fuerza de lanzadores (hombres).*

Lanzadoras mujeres (M ± DE; kg; 1997-1998)				
	Sentadilla	**Envión**	**Arranque**	**Press de Banca**
Nivel Nacional Automático	168.8±11.7 (n = 7)	106.5±6.7 (n = 7)	76.5±7.1 (n = 7)	112.8±9.6 (n = 7)
Nacional Provisional	147.0 ± 12.3 (n = 2)	100.0 ±5.8 (n = 2)	71.1 ± 5.3 (n = 2)	101.5± 5.5 (n = 3)
Universitario	84.5± 10.0 (n = 5)	61.4 ± 4.3 (n = 5)	46.3 ±5.9 (n = 5)	79.8 ±0 (n = 1)

Tabla 3b. *Niveles de fuerza de lanzadores (Mujeres). Datos de la UCLA, USC, Wyoming, Appalachian State University. GODINA: John Godina, líder mundial en bala y disco en el momento de la recolección de datos. * con rodilleras.*

Estudios Correlacionales

Una correlación es un método que mide la fuerza de relación entre variables, los coeficientes de correlación (simbolizado

con la letra r) tienen un rango de –1.0 a 1.0; cuanto mas cerca está el coeficiente de 1.0 más fuerte es la correlación. Una correlación positiva entre dos variables significa que se incrementan juntas, una correlación negativa significa una relación inversa. Hopkins (1997) clasificó a las correlaciones como r= :

Trivial 0.0	Muy fuerte 0.7
Pequeña 0.1	Casi perfecta 0.9
Moderada 0.3	Perfecta 1.0
Fuerte 0.5	

Tabla 4.

Multiplicando el coeficiente de correlación por si mismo (r2) se puede determinar la varianza compartida. La varianza compartida es una estimación de en que medida una variable es explicada por la otra.

Los estudios correlacionales pueden ser divididos en tres categoría en base al grado de especificidad mecánica utilizada en la evaluación de la producción de fuerza y potencia: 1) estudios en los cuales el pico de fuerza se mide isométricamente y a esta medida se la relaciona con el pico de fuerza, PRFD o la potencia medida dinámicamente dentro del mismo contexto de ejercicio, 2) estudios que utilizan el mismo ejercicio pero en los cuales los tests de potencia o PRFD y de 1RM son realizados en momentos separados, 3) estudios en los cuales la fuerza es medida con un patrón de movimiento (i.e., ejercicio) y luego se relaciona esta medida con la producción de potencia, PRFD o con el rendimiento (i.e., velocidad, altura o distancia) en otro ejercicio. Aquí se considerarán ejemplos de los tres tipos de estudios:

Categoría 1: Una revisión de la literatura generalmente indica que las mediciones isométricas de la fuerza máxima muestran correlaciones débiles a moderadas con las variables de ejercicios dinámicos (Wilson y Murphy 1996). Sin embargo, estos autores señalaron que las relaciones isométrica – dinámica pueden ser fortalecidas por medio de la utilización de tests en posiciones específicas (especificidad de la posición) con respecto al rendimiento en el ejercicio de interés eligiendo los ángulos articulares que involucren las mayores producciones de fuerza con respecto al rendimiento en el ejercicio a ser utilizado. Esto vincularía las mediciones isométricas con una posición específica en el rango de movimiento del ejercicio de interés. Un ejemplo de la utilización de especificidad posicional puede hallarse en un artículo de Haff et al (1997) quienes estudiaron la relación entre las fuerzas pico y la PRFD utilizando a 8 sujetos bien entrenados. En este estudio (Haff et al., 1997) los tirones fueron realizados desde la parte media del muslo comenzando con un ángulo de la rodilla de aproximadamente 144º y un ángulo de la cadera de 165º. Estos ángulos fueron elegidos debido a su correspondencia con la porción en el tirón del envión en las cuales se produjeron las mayores fuerzas y mayores PRFD. Se midieron las fuerzas verticales utilizando una plataforma de fuerza. Las características del tirón fueron medidas isométricamente y a 100, 90 y 80% (DP 100, DP90, DP80) del mejor envión de potencia de cada sujeto. El pico de fuerza isométrica mostró correlaciones moderadas a fuertes con los picos de fuerza dinámica generados durante los DP100, DP90, DP80 (r=0.8, 0.77, 0.66, respectivamente). La PRFD isométrica también mostró correlaciones moderadas a fuertes con los picos de fuerza dinámica (r=0.75, 0.73, 0.65, respectivamente) y estuvo fuertemente correlacionada con la PRFD dinámica (r=0.84, 0.88, 0.84, respectivamente). Este estudio indicó que 1) los picos de fuerza isométrica y dinámica pueden compartir ciertas bases estructurales y funcionales y 2) el pico de fuerza puede estar relacionado con la habilidad para producir una alta PRFD. En otras palabras, las personas más fuertes tienden a generar fuerza más rápido, una conclusión compartida por otros investigadores (Aagaard et al 1994).

Categoría 2: Moss et al (1997) investigaron las relaciones entre la 1RM y el pico de potencia a varios porcentajes de 1RM en el ejercicio de flexión de codo. Estos investigadores hallaron correlaciones muy fuertes entre la 1RM y el pico de potencia (r=0.93). Sin embargo, también mostraron una fuerte correlación entre la producción pico de potencia con 2.5kg y la 1RM (r=0.73). Este último hallazgo es bastante importante ya que indica que incluso con pesos relativamente bajos, la fuerza máxima (medida por medio de 1RM) tiene una influencia sobre la producción de potencia.

Mas recientemente Cronin et al. (2000) investigaron la influencia de la 1RM sobre la producción de potencia durante los primeros 200ms en el ejercicio de press en banco tanto en la condición pliométrica como en la condición de contracción solo concéntrica. Los efectos fueron establecidos para cargas que representaban el 40, 60 y 80% de 1RM. Los resultados del estudio confirmaron la mejora de la fase concéntrica en el ejercicio de press en banco si antes se realizaba una acción muscular excéntrica (i.e., estiramiento acortamiento). También se determinó que el poseer una alta 1RM aumentaba la producción de potencia durante los primeros 200ms de la fase concéntrica durante la realización del ejercicio de press en banco en condiciones normales. Se concluyó que “para una actividad de corta duración que implicara el estiramiento

acortamiento, una mayor fuerza máxima resultaría en mayores producciones instantáneas de fuerza; y que por lo tanto los métodos de entrenamiento de la fuerza máxima deberían formar parte de una estrategia integral de entrenamiento para dicha actividades" (p. 1769).

Categoría 3: considerando las fuertes teorías respaldadas por datos experimentales (categorías 1-2) es lógico asumir que la fuerza máxima contribuye marcadamente a rendimiento en deportes de fuerza/potencia. Sin embargo, es difícil hallar evidencia experimental en la cual la fuerza máxima o las estimaciones de la fuerza máxima (i.e., 1RM) hallan sido relacionadas con el rendimiento o con otras variables relacionadas al rendimiento, especialmente es difícil hallar estudios con atletas bien entrenados. Varios estudios se han enfocado en las relaciones de la fuerza máxima y el rendimiento en saltos. Seyfarth et al (2000), estudiaron el salto en largo y, utilizando modelos matemáticos, han provisto fuertes bases teóricas, las cuales indican que la fuerza máxima es el factor principal que influye sobre el rendimiento en el salto. Estos investigadores hallaron que la fuerza máxima, particularmente la fuerza excéntrica, era mas importante que otros factores tales como el trabajo realizado por los tendones o la velocidad de contracción muscular, para la mejora del rendimiento en el salto en largo.

Aunque no todos los estudios concuerdan (Costill et al. 1968; Hutto 1938; Start 1966), varias investigaciones (Berger and Blaschke 1966; Berger and Hendersen 1967; McClements 1966; Thomas et al. 1996) que han utilizado como test el salto en largo sin carga y el salto vertical indicaron una fuerte correlación (r = 0.7) entre las medidas de potencia y la fuerza máxima. Whitley y Smith (1966) y Eckert (1968) hallaron que si se incrementaba la sobrecarga durante la realización de un movimiento, se observaba que la correlación entre la fuerza máxima y la potencia y entre la fuerza máxima y la velocidad tendía a incrementarse con el incremento en la sobrecarga, un hallazgo respaldado por Schmidtbleicher (1985, 1992). Sin embargo, estos estudios utilizaron a sujetos entrenados y midieron la fuerza máxima de diferentes maneras. Mas recientemente Stone et al (1998, datos no publicados) investigaron la relación entre la fuerza en 1RM en sentadilla y el rendimiento en salto en largo desde posición estática (SLJ) en sujetos entrenados (velocistas universitarios, n = 12) y en hombres y mujeres relativamente desentrenados (novatos en el entrenamiento de la fuerza, n = 21). La correlación entre la fuerza en 1RM en sentadilla y el SLJ fue de r = 0.66 para los novatos en el entrenamiento de la fuerza, r = 0.72 para los velocistas y r = 0.82 para ambos grupos combinados (n = 33). Por lo tanto, existe evidencia que durante las actividades de salto, el 50% o mas (i.e., varianza compartida) del rendimiento se debe a la fuerza máxima y esto se incrementa con la carga.

La relación entre el sprint y las medidas de fuerza máxima también ha sido estudiada. Al igual que con el salto, en el artículo de Weyand et al. (2000) puede hallarse una sólida base teórica acerca de la fuerte relación entre la fuerza y el rendimiento. Utilizando un modelo matemático así como también evidencia experimental obtenida a partir de mediciones realizadas con una plataforma de fuerza montada sobre una cinta ergométrica, estos investigadores hallaron que las fuerzas pico de reacción contra el piso (fuerzas verticales que afectan el tiempo de vuelo y la longitud de zancada) eran los factores que limitaban la velocidad de carrera. Las fuerzas pico de reacción contra el piso fueron influenciadas por la fuerza máxima disponible (la máxima fuerza que puede ser producida), y la tasa de desarrollo de la fuerza. Debido a que el pico de fuerza dinámica y la PRFD están estrechamente relacionados con las medidas de la fuerza máxima (Haff et al., 1997), entonces la velocidad de carrera puede estar asociada con la capacidad de generar fuerza máxima. Además, las investigaciones de las relaciones entre la "fuerza explosiva" (varios tipos de saltos con y sin carga) y la habilidad de salto o de sprint han mostrado correlaciones fuertes y muy fuertes (r=-0.5 - 0.83) (Baker and Nance 1999; Manou et al.. 2000). Debido a que la fuerza máxima y la habilidad de salto están fuertemente correlacionadas (Stone et al 1998) es lógico asumir que la fuerza máxima debe estar relacionada con la habilidad de sprint.

Varios investigadores han estudiado las relaciones entre la fuerza máxima medida isocinéticamente y el rendimiento durante el sprint. En sujetos activos pero no entrenados en velocidad Farrar y Thorland (1987) hallaron una pobre correlación entre el torque pico durante la extensión de rodillas y los tiempos en 100m, a altas velocidades (5.24 rad.s-1) y a bajas velocidades (1.05 rad.s-1). Sin embargo los velocistas más rápidos mostraron torques pico a bajas velocidades de extensión de rodilla que fueron significativamente mayores que los de los velocistas más lentos.

Delecluse (1997), citó datos no publicados acerca de estudiantes de educación física, con los cuales se había estudiado la relación entre la extensión isocinética concéntrica de rodillas y tobillos (5. 24 y 3.49 rad.s-1) los flexores de la rodilla (1.13 rad.s-1) y la velocidad de carrera en 40m. Los datos indicaron que la aceleración inicial (primeros 15m) estaba relacionada con la fuerza de los extensores de la rodilla y tobillo, y que la fuerza de los flexores estaba relacionada con la velocidad durante los últimos 20m. Dowson et al (1998) estudiaron un grupo heterogéneo de atletas que consistía de jugadores de rugby, velocistas y hombres jóvenes activos. Estos investigadores hallaron que el rendimiento en 1-15m y la velocidad en 30-35m estaban significativamente correlacionados (r=-0.41 a -0.69) con el torque absoluto y relativo (torque/masa corporal) en distintos movimientos. Además se halló que estas relaciones podían ser mejoradas utilizando un modelo alométrico de la fuerza, el cual consideraba las diferencias en la longitud de las piernas y la masa corporal. Estos movimientos incluían el torque tanto durante flexiones como durante extensiones excéntricas y concéntricas de rodillas, medido a diferentes velocidades en un rango que iba desde los 1.05rad.s-1 hasta los 4.19rad.s-1. Hallazgos similares

fueron reportados por Alexander (1989) quien utilizó velocistas de “elite” hombres (10.83s para los 100m) y mujeres (12.03s para los 100m). Aunque estos datos indicaron que el torque pico puede tener una correlación moderada a fuerte con el rendimiento durante el sprint, uno debe cuestionar la utilización de dinamómetros isocinéticos para la medición de la fuerza, particularmente cuando se trata de relacionar el torque isocinético pico con el rendimiento deportivo (Stone et al., 2000). Por ejemplo, la mayoría de las evaluaciones isocinéticas utilizan movimientos monoarticulares, de cadena cinética abierta. Sin embargo, el sprint y los saltos son actividades multiarticulares con fases propulsivas las cuales son actividades de cadena cinética cerrada. Además, la mayoría de estos estudios con evaluaciones isocinéticas no utilizaron mediciones de la fuerza en la cual las fuerzas fueran aplicadas de forma vertical. Uno podría argumentar que debido a que las fuerzas verticales pueden ser factores limitantes durante el sprint, entonces debería haber una relación entre las mediciones de la “fuerza máxima vertical” y el rendimiento durante el sprint.

Medición de la Fuerza	10m	40m
3RM sentadilla	-0.06	-0.19
3RM sentadilla/BdM	-0.39	-0.66
3RM HC	-0.36	-0.24
3RM HC/BdM	-0.56	-0.72

Tabla 5. *Relación entre las estimaciones de la fuerza máxima y los tiempos en carreras de velocidad. (Baker y Nance 1999) BdM: masa corporal; HC: envión colgante.*

Utilizando sujetos entrenados (jugadores de rugby, n=20), Baker y Nance (1999) hallaron solo débiles correlaciones entre las estimaciones de la fuerza máxima absoluta (3 RM en sentadilla y en envión colgante) y el tiempo en carreras de velocidad en 10 y 40m. Sin embargo, cuando las mediciones de la fuerza fueron normalizadas dividiendo los valores absolutos por la masa corporal se observaron correlaciones más fuertes (Tabla 5). Este estudio señala dos posibilidades interesantes: el rendimiento durante carreras de velocidad puede estar más relacionado con las mediciones de la fuerza máxima relativa (“normalizada”). En este contexto se puede argumentar que la simple división por la masa corporal no necesariamente obvia las diferencias en la masa corporal regional (por ejemplo, algunas personas tienen relativamente mayor masa y mayor masa magra corporal en el tronco, mientras que otros tienen mayor masa y mayor masa magra en las extremidades inferiores). La fuerza máxima tampoco se incrementa de manera lineal con la masa corporal. Por lo tanto pueden ser necesarios otros métodos que tengan en cuenta las diferencias en la masa corporal (Dowson et al., 1998). El envión colgante estuvo mejor correlacionado con el rendimiento en carreras de velocidad que la sentadilla. Sin embargo, los movimientos del levantamiento de pesas (arranque y envión) y sus variantes tales como el envión colgante pueden ser descriptos como movimientos que involucran a la “fuerza explosiva” o como ejercicios de alta potencia. En este contexto Baker y Nance (1999) también hallaron que la producción de potencia/kg, generada durante saltos con cargas (40-100kg) tenía correlaciones con el rendimiento en carreras de 10m que iban desde r=- 0.52 a -0.61 y desde r=-0.52 a -0.75 para las carreras de 40m.

Estudios Longitudinales

Las correlaciones solo indican la magnitud de la relación y no necesariamente indican una causa y efecto. Con el propósito de entender mejor “la causa y efecto” son necesarios los estudios longitudinales. No es el propósito de este artículo realizar una substancial revisión de los estudios longitudinales que han investigado los efectos del incremento de la fuerza sobre otras variables del rendimiento. Al igual que en los estudios transversales, existen muchos factores que pueden afectar los resultados. Estos factores incluyen la utilización de sujetos entrenados vs desentrenados, la duración del estudio y el grado de especificidad mecánica utilizada en el entrenamiento y en las evaluaciones. También debe señalarse que en ningún estudio los cambios provocados por el entrenamiento de la fuerza en las variables de rendimiento seleccionadas (i.e., carreras de velocidad, saltos, agilidad) fueron de la misma magnitud que los cambios observados en la fuerza máxima (i.e., los cambios no correlacionaron perfectamente). Esto indica que los cambios en otros factores (i.e., potencia, PRFD) pueden también acompañar los incrementos en la fuerza como resultado del entrenamiento, lo cual también contribuye a la mejora del rendimiento. Es también posible que la falta de correspondencia directa entre el incremento en la fuerza y otros tipos de rendimiento pueda deberse, al menos parcialmente, a un retraso temporal (Abernethy and Jurimae 1996; Delecluse 1997; Sanborn et al. 2000; Stone et al. 2000). El retraso temporal se refiere al período de tiempo en el cual el atleta “aprende” a como utilizar la fuerza en los diferentes eventos deportivos. Es posible que este retraso temporal puede extenderse por muchos meses; y si esto es cierto entonces esto podría estar mas allá de los límites experimentales de la mayoría de los estudios que por lo general duran solo unas pocas semanas. Varios estudios han examinado los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre diferentes variables del rendimiento tales como saltos, test

de velocidad, potencia y agilidad; y generalmente estos estudios han mostrado que el incremento en la fuerza es acompañado por el incremento en el rendimiento entre sujetos relativamente desentrenados (por ejemplo ver: Augustsson et al. 1998; Robinson et al. 1995; Sanborn et al. 2000; Stone et al. 1980). Provocar cambios en atletas bien entrenados es más difícil (Baker 1996) y requiere de programas avanzados de entrenamiento. Sin embargo, aparentemente el ingrediente clave en estos programas avanzados es la mejora de la fuerza máxima así como también el trabajo especializado de velocidad y potencia (Harris et al 2000).

REFERENCIAS

1. Aagard, P., E.B. Simonsen, M. Trolle, J. Bangsbo, and K. Klausen (1994). Effects of different strength training regimes on moment and power generation during dynamic knee extensions. *European Journal of Applied Physiology, 69: 382-386*
2. Abernethy, P.J. and J. Jurimae (1996). Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric and isokinetic dynamometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise 28(9): 1180-1187*
3. Alexander, J.L (1989). The Relationship between muscle strength and sprint kinematics in Elite Sprinters. *Canadian Journal of Sport Science, 14:148-157*
4. Augustsson, J., A. Esko, R. Thomes and U. Svantsson (1998). Weight training the thigh muscles using closed versus open kinetic chain exercises: a comparison of performance enhancement. *Journal of Orthopaedic Sports Medicine and Physical Therapy, 27(1): 3-8*
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: 131-136*
6. Baker, D., & S. Nance (1999). The relationship between running speed and measures of strength and power in professional Rugby League players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 13: 230-235*
7. Barker , M., T. Wyatt, R.L. Johnson, M.H. Stone, H.S. , O'Bryant, C. Poe and M. Kent (1993). Performance factors, psychological factors, physical characteristics and football playing ability. *Journal of Strength and Conditioning Research, 7(4): 224-233*
8. Berger, R.A. and L.A. Blaschke (1967). Comparison of relationships between motor ability and static and dynamic strength. *Research Quarterly, 38: 144-146*
9. Berger, R.A. and J.M. Henderson (1966). Relationship of power to static and dynamic strength. *Research Quarterly, 37: 9-13*
10. Costill, D.L., S.J. Miller, W.C. Myers, F.M. Kehoe, and W.M. Hoffman (1968). Relationship among selected tests of explosive leg strength and power. *Research Quarterly, 39: 785-787*
11. Cronin, J. B., P.J. McNair and R.N. Marshall (2000). The role of maximal strength and load on initial power production. *Medicine and Science in Sport and Exercise, 3:1763-1769*
12. Delecluse, C (1997). Influence of strength training on sprint running performance. *Current findings and implications for training. Sports Medicine, 24:147-156*
13. Dowson, M.N., M.E. Nevill, H.K.A. Lakomy, A.M. Nevill, and R.J. Hazeldine (1998). Modeling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance. *Journal of Sport Sciences, 16: 257-265*
14. Eckert, H.M (1968). The effect of added weights on joint actions in the vertical jump. *Research Quarterly, 39: 943-947*
15. Fry, A.C. and W.J. Kraemer (1991). Physical performance characteristics of American collegiate football players. *Journal of Applied Sports Science Research, 5(3): 126-138*
16. Fry, A.C. , W.J. Kraemer, C.A. Weseman, B.P. Conroy, S.E. Gordon, J.R. Hoffmann and C.M. Maresh (1991). The effects of an off-season conditioning program on starters and non-starters in womens intercollegiate volleyball. *Journal of Applied Sports Science Research, 5: 174-181*
17. Garhammer, J.J (1993). A review of the power output studies of Olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction and evaluation tests. *Journal of Strength and Conditioning Research, 7:76-89*
18. Haff, G.G., M.H. Stone, H. S. O'Bryant, E. Harman, C. Dinan, R. Johnson and K-H. Han (1997). Force-Time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research, 11: 269-272*
19. Harris, G.R., M.H. Stone, H.S. O'Bryant, C.M. Proulx, and R.L. Johnson (2000). Short term performance effects of high speed, high force or combined weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 14: 14-20*
20. Hopkins, W (1997). A new view of statistics. *(updated 2001) C:\sportsci stats\index.htm*
21. Hutto, L.E (1938). Measurement of the velocity factor and of athletic power in high school boys. *Research Quarterly 9:109-128*
22. Kauhanen, H., J. Garhammer and K. Hakkinen (2000). Relationships between power output,body size and snatch performance in elite weightlifters. *Proceedings of the 5th annual Congress of the European College of Sports Science,Jyvaskala,Finland(J. Avela,P.V. Komi and J. Komulainen,eds) pp.383*
23. McBride, J.M., T.T. Triplett-McBride, A. Davis, and R.U. Newton (1999). A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters and sprinters. *Journal of Strength and Conditioning Research 13:58-66*
24. Manou, V., S. Kellis, and P. Arseniou (2000). Relationship between 100m sprinting performance and jumping ability. *5th Annual Congress of the European College of Sport Science, Jyvaskyla, Finland. (J. Avela, P.V. Komi and J. Komulainen, eds) pp. 474*
25. McClements, L.E (1966). Power relative to strength of leg and thigh muscles. *Research Quarterly, 37:71-78*
26. Moss, B.M., P.E. Refsnes, A. Abildgarrd, K. Nicolaysen and J. Jensen (1997). Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *European Journal Applied Physiology, 75:193-199*

27. Robinson, J.M., C.M. Penland, .M.H. Stone, R.L. Johnson, B.J. Warren. and D.L. Lewis (1995). Effects of different weight training exercise-rest intervals on strength, power and high intensity endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 9(4):216-221*
28. Sanborn, K., R. Boros, J. Hruby, B. Schilling, H.S. O'Bryant, R.L. Johnson and M.H. Stone (2000). Weight training with single sets to failure versus multiple sets not to failure in women. *Journal of Strength Conditioning Research, 14:328-331*
29. Schmidtbleicher, D (1985). Strength training: part 2: Structural analysis of motor strength qualities and its application to training. *Science Periodical on Research and Technology in Sport 5:1-10*
30. Schmidtbleicher, D (1992). Training for power events. *In Strength and Power in Sports (P.V. Komi Ed) London, Blackwell Scientific Publications pp. 381-395*
31. Seyforth, A., R. Blickhan and J.L. Van Leeuwen (2000). Optimum take-off techniques and muscle design for the long jump. *Journal of Experimental Biology, 203:741-750*
32. Start, K.B (1966). A factorial investigation of power, speed, isometric strength and anthropometric measures in the lower limb. *Research Quarterly, 37: 553-559*
33. Stone, M.H., R. Byrd, J. Tew and M.Wood (1980). Relationship between anaerobic power and Olympic weightlifting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 20: 99-102*
34. Stone, M.H., D. Collins, S. Plisk, G. Haff, and M.E. Stone (2000). Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training. *Strength and Conditioning, 22(3): 65-76*
35. Stone, M.H., H.S. O'Bryant, M.E. Stone, A. Koch, K. Sanborn, J. Hruby, R. Boros, L. Shannonhouse, P. Vasseur, and C. Proulx (1998). Effects of four different warm-up protocols on subsequent standing long jump. *Presentation at the SEACSM meeting Sandestin , Fl., February*
36. Stone, M.H and M.E. Stone (1999). General principles of strength training. *UK Athletics Strength and Conditioning Seminar. John Moores University, Liverpool, UK*
37. Thomas, M., A. Fiataron and R.A. Fielding (1996). Leg power in young women: relationship to body composition, strength and function. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 28:1321-1326*
38. Ward, P (1982). Presentation at the Strength-Power Symposium III (ACSM regional program). *for the National Strength Research Center and Health, Physical Education, and Recreation Department at Auburn University*
39. Weyand, P.G., D.B. Sternlight, M.J., Bellizi and S. Wright (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology, 89:1991-1999*
40. Whitely, J.D. and L.E. Smith (1966). Influence of three different training programs on strength and speed of a limb movement. *Research Quarterly, 37: 132-142*
41. Wilson, G.J. and A.J. Murphy (1996). The use of isometric test of muscular function in athletic assessment. *Sports Medicine, 22:19-37*