PubliCE, (PubliCE) 2003

Research

Relaciones entre la Fuerza Máxima y la Potencia en Lanzadores Universitarios

Harold S O`bryant[3], Kim Sanborn[2], Christopher Proulx[5], Joe Hruby[3], Michael H Stone[1], Margaret E Stone[4], Michael Hartman[1] y Barrymore Ward[6]

[1]*Sport Science Department, Colorado College, Colorado Springs, Colorado 80906.*
[2]*Victoria Institute of Sports, Melbourne, Australia.*
[3]*Biomechanics Laboratory, Appalachian State University, Boone, North Carolina 28607.*
[4]*Carmichael Training Systems, Colorado Springs, Colorado 80909.*
[5]*Hesser College, Manchester, New Hampshire 03103.*
[6]*Sports Science, Southern Cross University, Lismore, Australia.*

RESUMEN

Hasta el presente el grado en el cual la fuerza pico influencia la producción de potencia o el rendimiento explosivo tal como los movimientos o lanzamientos del entrenamiento de la fuerza (lanzamiento de bala y lanzamiento de peso) no está claro. Este estudio describe las relaciones entre una medición de la fuerza máxima, la fuerza isométrica pico (IPF), el pico de fuerza dinámica (PF), la potencia pico (PP), la potencia en 1 repetición de arranque (SN), y la capacidad de lanzamiento durante un período de entrenamiento de 8 semanas. Cinco hombres y 6 mujeres (n=11) lanzadores universitarios bien entrenados participaron como sujetos. La PF fue medida utilizando una plataforma de fuerza AMTI; la PP fue medida utilizando un dispositivo de seguimiento infrarrojo-ultrasonido (V-Scope, Lipman Electronics). Los tirones iniciados en la parte media del muslo fueron valorados isométrica y dinámicamente con carga constante, al 30% y 60% de la IPF. La fuerza explosiva específica fue evaluada utilizando un SN y utilizando el lanzamiento de bala (SP) y el lanzamiento de peso (WGT) medidos bajo condiciones de competencia. Las variables (PF, PP, SN) fueron valoradas 3 veces en la semana 0, en la semana 4 y en la semana 8. Cada período de evaluación tuvo lugar 3 días antes de un encuentro de campo. La fuerza pico, la tasa pico de desarrollo de la fuerza, y la PP se incrementaron a lo largo de las 8 semanas. Los coeficientes de correlación (r) indicaron que la IPF estuvo fuertemente correlacionada con la PF dinámica y la PP al 30% y 60% de la IPF. Además, se observaron fuertes correlaciones entre el SN y la distancia del SP y del WGT, y estas correlaciones tendieron a incrementarse con el tiempo. Los resultados sugieren que la fuerza máxima (i.e., IPF) está fuertemente correlacionada con la PF dinámica. Además, la fuerza máxima está fuertemente asociada con la PP incluso con cargas relativamente bajas, tales como aquellas asociadas con la fuerza explosiva dinámica específica del deporte (i.e., SN, SP, WGT).

Palabras Clave: fuerza, potencia, lanzamientos

INTRODUCCION

La fuerza puede ser definida como capacidad de producir tensión (22, 24). Como la tensión es un vector cuantitativo, la manifestación de fuerza tendrá una magnitud y una dirección. La fuerza también puede ser asociada con una tasa de

producción. La fuerza pude manifestarse isométricamente o dinámicamente y esto depende de varios factores tales como el tipo de contracción, la tasa de activación de unidades motoras, y el grado de activación. Debido a que la potencia es el producto de la fuerza por la velocidad, las alteraciones en la fuerza deberían afectar los cambios en la producción de potencia. Schimidtbleicher (21) indicó que la fuerza máxima es la cualidad básica que afecta la producción de potencia. Potencialmente, la fuerza máxima puede afectar el pico de potencia debido a que: (a) una carga dada representaría un menor porcentaje del máximo, haciendo que esta carga sea más fácil de acelerar; (b) es posible que una persona con un mayor nivel de fuerza máxima puede tener un mayor porcentaje o una mayor área de sección cruzada de fibras tipo II, lo cual contribuye fuertemente a generar altas producciones de potencia; y (c) como resultado del entrenamiento de la fuerza (i.e., alcanzar un mayor nivel de fuerza máxima) se producen varias alteraciones simultaneas que mejoran la potencia, las cuales pueden incluir hipertrofia de las fibras tipo II, incremento del cociente del área de sección cruzada de las fibras tipo II/I, y alteraciones en la activación de unidades motoras (10).

Aunque en general se cree que la fuerza máxima debería tener su mayor efecto sobre la potencia producida con altas cargas, cierta evidencia indica que la fuerza máxima influencia la potencia en un rango mucho más amplio del que puede ser esperado (18, 25). La revisión de la literatura indica que la asociación entre la fuerza máxima y la potencia explican el 50% o más de la varianza (24). Sin embargo, la relación exacta entre la fuerza máxima con el pico de potencia y el contexto del rendimiento de fuerza explosiva, particularmente con cargas bajas, todavía esta poco claro.

Schmidtbleicher (21) ha caracterizado a los ejercicios de fuerza explosiva como aquellos que tienen una tasa máxima o cuasi máxima de desarrollo de la fuerza (RDF). De esta manera, tanto los ejercicios isométricos como los dinámicos pueden ser clasificados como explosivos, siempre que se alcance la máxima RDF. La fuerza explosiva se define como el pico de RDF y ha sido asociada con la capacidad de aceleración (21). Se puede decir que para muchos deportes la capacidad de producir fuerza rápidamente puede ser más importante que la producción de fuerza máxima. La tasa de desarrollo de la fuerza es el cambio en la fuerza dividido por el cambio en el tiempo. La tasa de desarrollo de la fuerza es principalmente una función de la tasa de incremento en la activación muscular por el sistema nervioso (13, 32). Aunque la fuerza es la responsable directa de la aceleración de un objeto, se podría decir que cuanto más rápido se alcanza un determinado nivel de fuerza, más rápido se produce la correspondiente aceleración. La tasa de desarrollo de la fuerza puede asociarse con la capacidad de acelerar objetos (21). Por lo tanto, alcanzar una alta tasa desarrollo de la fuerza pico o de fuerza explosiva puede asociarse con la capacidad de producir grandes aceleraciones.

Desde un punto de vista práctico, es también importante entender la relación entre la fuerza máxima, la tasa de desarrollo de la fuerza y la potencia orientada al rendimiento deportivo explosivo, tal como los lanzamientos. Estas relaciones podrían influenciar el grado de énfasis que se pone sobre el entrenamiento de la fuerza máxima como parte del programa general de entrenamiento. El entrenamiento de la fuerza, que proporcione simplemente una sobrecarga de fuerza puede no ser suficiente para optimizar el efecto de entrenamiento. Se podría decir que para producir una mejora más efectiva de la fuerza o de los atributos de potencia para un deporte específico, el programa de entrenamiento debería contener ejercicios que apliquen el concepto de especificidad mecánica (4, 29). Además se podría decir que para medir efectivamente las alteraciones en la fuerza-potencia que resultan del entrenamiento o para medir la transferencia al rendimiento como resultados del entrenamiento, se deben incluir ejercicios o test mecánicamente específicos. La especificidad mecánica no está limitada a los patrones de movimiento o a la velocidad sino también tiene que ver con la fuerza pico, con la tasa de desarrollo de la fuerza y con las características de la posición. Las características de la posición (en oposición al patrón de movimiento) tienen que ver con la utilización apropiada de las posiciones del tronco y de las extremidades durante una evaluación isométrica (19, 29, 33). Cierta evidencia indica que la posición más apropiada para la evaluación de la fuerza isométrica máxima es probablemente el/los ángulo/s articular/es en donde se desarrollan las fuerza pico (33). Este/os ángulo/s o posición/es pueden permitir la mejor inferencia de la actividad dinámica. De esta manera, se pude decir que los test isométricos, siempre que puedan satisfacerse las características de posición (19, 29), pueden ser potencialmente utilizados para caracterizar los resultados de un programa de entrenamiento de la fuerza-potencia.

El propósito principal de este estudio fue examinar las relaciones entre la fuerza máxima (fuerza isométrica pico) y la fuerza dinámica pico, la tasa de desarrollo de la fuerza, y el pico de potencia medidos durante la realización de tirones iniciados a la altura media del muslo y relacionar esta variable con la fuerza en 1 repetición máxima (1RM) en arranque y la capacidad de lanzamiento (lanzamiento de bala y de peso). Las potenciales variaciones en estas relaciones fueron valoradas durante un período de entrenamiento de 8 semanas.

METODOS

Enfoque Experimental del Problema

La relación de la fuerza máxima con varios tipos de rendimiento no es clara, especialmente los cambios potenciales en las relaciones durante un período de entrenamiento. Para entender mejor estas relaciones, se realizó un seguimiento (mediciones) a un grupo de lanzadores bien entrenados de nivel universitario durante 8 semanas de la fase de preparación general de su entrenamiento. En esta observación experimental, se incorporó un diseño de medición repetida a un único grupo para averiguar si se producían alteraciones estadísticamente significativas en las variables dependientes asociadas con la fuerza máxima y la potencia. Las relaciones entre una medición de la fuerza máxima (IPF) y las mediciones del rendimiento dinámico fueron determinadas utilizando la correlación momento producto de Pearson.

Sujetos

Cinco hombres y 6 mujeres (n=11, edad=18-21 años, masa corporal inicial=101.3±25.3kg, % de grasa=21.9±8.9) lanzadores universitarios participaron en este estudio. Todos los sujetos dieron su consentimiento por escrito antes de participar en el estudio. El tiempo de experiencia previa en el entrenamiento de la fuerza estuvo en un rango de 0.5 a 4 años, y el tiempo de experiencia en lanzamientos estuvo en un rango de 1 a 6 años. El grupo incluyó 2 sujetos que habían clasificado a los nacionales de la NCAA.

Entrenamiento

En este estudio se realizó la observación de lanzadores de nivel universitario durante la fase de preparación previa a la temporada de competencias en estadios cubiertos. Antes del inicio del estudio todos los lanzadores habían finalizado un período de 6 semanas de entrenamiento con alto volumen. En esta fase de entrenamiento de alto volumen se hizo énfasis en el entrenamiento de la fuerza resistencia. En las siguientes 8 semanas del programa de entrenamiento se hizo énfasis en el incremento de la fuerza máxima (semanas 1-4) y de la fuerza-potencia (semanas 5-8: Tablas 1 y 2). Durante una sesión de entrenamiento, en todos los ejercicios se realizaron esfuerzos máximos sin tener en cuenta la carga de trabajo.

Fase de entrenamiento de alto volumen de 6 semanas* (3x10)
Evaluaciones (T1)
Entrenamiento
Semana 1: 3 x 5 (1 x 5)
Semana 2: 3 x 5 (1 x 5)
Semana 3: 3 x 3 (1 x 5)
Semana 4: 3 x 3 (1 x 5)
Evaluaciones (T2)
Semana 5: 5 x 5
Semana 6: 3 x 5 (1 x 5)
Semana 7: 3 x 3 (1 x 5)
Semana 8: 3 x 2 (1 x 5)
Evaluaciones (T3)

Tabla 1. *Protocolo experimental de entrenamiento. *Las series entre paréntesis son series realizadas al 40-50% de la 1RM estimada.*

Semanas 1-4	
Lunes y Viernes	**Martes, Jueves y Sábados**
1. sentadilla	Diferentes esprints, trabajos de velocidad, trabajo de velocidad de piernas, lanzamientos (sobrepeso por delante x series y repeticiones), trabajos para la región media, trabajos de flexibilidad
2. 2° tiempo (sentadilla por delante 1° repetición)	
3. press de banca (inclinación 10°)	
Miércoles	**Viernes**
1. encogimiento de hombros (el 1° desde le piso)	15-20% más liviano que el lunes
2. tirones (desde el piso)	
3. tirones (desde la altura del muslo medio)	
4. peso muerto con piernas rígidas	
Sábados	
1. encogimiento de hombros con agarre de arranque	
2. arranque de potencia	
Semanas 5-8	
Lunes y Viernes	**Martes, Jueves y Sábados**
1. sentadilla con altas cargas[1]	Diferentes esprints, trabajos de velocidad, trabajo de velocidad de piernas, lanzamientos (sobrepeso por delante x series y repeticiones), trabajos para la región media, trabajos de flexibilidad
2. saltos con carga	
3. press de banca con mancuernas (10° de inclinación)	
Miércoles	**Viernes**
1. encogimiento de hombros (el 1° desde le piso)	15-20% más liviano que el lunes
2. tirones (desde la altura del muslo medio)	
3. peso muerto piernas rígidas	
Sábado	
1. arranque de potencia	

Tabla 2. *Protocolo de ejercicios. * Ejercicios 1 y 2 más complejos.*

Masa Corporal y Composición Corporal

La masa corporal fue medida con una precisión de 0.1kg utilizando una balanza eléctrica. Para determinar los porcentajes de grasa corporal se realizaron mediciones de pliegues cutáneos (SF) en siete sitios (12). Personal experimentado del laboratorio midió todos los SF en el hemicuerpo derecho de cada sujeto (Tabla 3).

	T1	T2	T3	Valor p	Eta^2	Potencia
Masa corporal (kg)	101±25.3	101.5±27.1	103±27.4	0.004	0589	0.926
Masa magra (kg)	78.3±18.6	78.8±18.6	80.2±14.7	0.015	0.463	0.754
Porcentaje de grasa	21.9±8.7	21.5±7.9	21.5±7.7	0.481	0.051	0.102

Tabla 3. *Alteraciones en la masa corporal y en la composición corporal (n=11). *T1=semana 0; T2=semana 4; T3=semana 8; Eta^2=tamaño del efecto.*

Test de Rendimiento

Todos los sujetos estaban familiarizados con los test antes de que comenzara la evaluación. La fuerza pico isométrica y la fuerza pico dinámica (PF) fueron medidas utilizando una plataforma de fuerza ATMI (500 Hz). El pico de potencia (PP) fue medido utilizando el V-scope; un dispositivo de seguimiento infrarrojo-ultrasónico (Lipman Electronic Engineering Ltd., Ramat Hahayal, Israel). Stone et al. (25) han presentado una caracterización más detallada del V-scope. Los tirones isométricos iniciados a la altura del muslo medio fueron medidos utilizando una posición idéntica a la utilizada durante el entrenamiento (ángulo de la rodilla 135º-145º, ángulo de la cadera 155º-165º). La posición inicial de los tirones dinámicos fue idéntica a la posición de los tirones isométricos: los tirones dinámicos finalizaron con un esfuerzo máximo simultáneo, encogiendo los hombros y realizando una flexión plantar. Este método (tirones iniciados a la altura del muslo medio) de valorar la PF y la PP fue elegido debido a que era un movimiento utilizado en el entrenamiento, a que investigaciones

previas (9) han establecido su utilidad potencial como test, y a que las posiciones (ángulo de la cadera y rodilla) utilizadas durante el test y la naturaleza explosiva del mismo son similares a los aspectos críticos y posiciones de los movimientos del levantamiento de pesas y de los lanzamientos (4, 5, 14, 15, 28). Las mediciones fueron llevadas a cabo isométrica y dinámicamente con el 30% y el 60% de la IPF utilizando un rack ajustable especialmente diseñado (Sorinex, Orange, SC). La tasa pico de desarrollo de la fuerza fue medida utilizando una ventana de 5 milisegundos. La confiabilidad test retest fue PF (ICC)=0.98, tasa pico de desarrollo de la fuerza (PRFD) (ICC=0.81) y PP (ICC)=0.86. La fuerza explosiva específica del deporte fue evaluada utilizando arranques de potencia (SN), lanzamiento de la bala (SP) y lanzamiento de peso (WGT) bajo condiciones de competencia. Los implementos utilizados para los lanzamientos fueron los mismos que utilizan mujeres y hombres durante la competencia (bala, hombres=7.26kg; mujeres=4kg; lanzamiento de peso, hombres=15.9kg, mujeres=9.1kg). La fuerza pico, la PRFD, la PP y la SN fueron medidas 3 y 2 días antes, respectivamente, de cada encuentro.

% de Cambio						
	T1	**T2**	**T3**	**T1-T2**	**T2-T3**	**T1-T3**
IPF	2881±921	2894±836	3002±933	0.5	3.7	4.1
30 PF	2370±627	2393±581	2566±517	1.0	7.2	8.3
60 PF	2809±745	2851±765	3006±677	1.5	5.4	7.0
PP	1909±858	2243±959	2326±651	17.5	3.7	21.8
30 PP	2065±921	2427±871	2434±683	17.5	0.4	17.9
60 PP	1621±589	2025±792	2178±686	24.9	7.5	34.4
IPRFD	15047±5243	18873±7659	18000±8357	25.4	-4.6	19.6
PRFD30	25161±6221	29010±7632	31446±7734	15.3	8.4	24.9
PRFD60	21315±5851	25932±7613	27262±7041	17.8	5.1	27.9

Tabla 4. *Valores medios de la fuerza y la potencia para el ejercicio de tirón desde la altura del muslo medio (n = 211). T1=semana 0; T2=semana 4; T3=semana 8; IPF=fuerza isométrica pico, 30 PF=pico de fuerza al 30% de la IPF; 60 PF=pico de fuerza al 60% de la IPF; 30 PP=pico de potencia al 30% de la IPF; 60 PP=pico de potencia al 60% de la IPF; IPFRD=tasa pico de desarrollo de la fuerza isométrica; PRFD30=tasa pico de desarrollo de la fuerza al 30% de la IPF, PRFD60=tasa pico de desarrollo de la fuerza al 60% de la IPF; fuerza=newtons; potencia=vatios.*

Variable	**Valor p**	**Eta^2**	**Potencia**
Fuerza Pico	0.001	0.557	0.998
IPF	0.115	0.114	0.348
PF30	0.017	0.243	0.698
PF60	0.010	0.277	0.771
Potencia	0.0001	0.533	0.997
PP30	0.015	0.249	0.710
PP60	0.0001	0.563	0.999
PRFD	0.0001	0.441	0.998
IPRFD	0.115	0.114	0.349
PRFD30	0.001	0.422	0.961
PRFD60	0.001	0.443	0.973

Tabla 5. *Análisis estadísticos para las variables PF y PP. PF=fuerza pico; PP=potencia pico; Eta^2=tamaño del efecto, Fuerza Pico=fuerza pico total (IPF + PF30 + PF60); Potencia=Potencia Total (PP30 + PP60); PRFD=PRFD Total (IPRFD + PRFD30 + PRFD 60), IPF=Fuerza Isométrica Pico; PF30= pico de fuerza al 30% de la IPF; PF60=pico de fuerza al 60% de la IPF; PP30=pico de potencia al 30% de la IPF; PP60=pico de potencia al 60% de la IPF; IPFRD=tasa pico de desarrollo de la fuerza isométrica; PRFD30=tasa pico de desarrollo de la fuerza al 30% de la IPF, PRFD6= tasa pico de desarrollo de la fuerza al 60% de la IPF.*

Análisis Estadísticos

Los datos longitudinales fueron analizados utilizando contrastes polinómicos lineales. Se calculó el tamaño del efecto y la potencia estadística (ver Tabla 4). Las correlaciones fueron calculadas utilizando la correlación r de Pearson.

RESULTADOS

Los análisis de hombres vs. mujeres no mostraron diferencias en las tasas de adaptación al programa. Por lo tanto, los datos son presentados como si se tratara de un solo grupo. Las alteraciones en la masa corporal y en la composición corporal se muestran en la Tabla 3. La masa corporal y la masa magra corporal (LBM) se incrementaron con el tiempo. Los cambios en la fuerza pico, en la tasa pico de desarrollo de la fuerza y en la producción de potencia se muestran en las Tablas 4 y 4a. Aunque las mediciones de la PF, PRFD y de la PP se incrementaron en el tiempo, tanto la PRFD como la PP tuvieron mayores incrementos durante las primeras 4 semanas, y la PF en general tuvo mayores incrementos durante las segundas 4 semanas de entrenamiento. Los resultados de las variables de rendimiento deportivo, SN, SP y WGT se muestran en la Tabla 5, todas las variables mostraron incrementos significativos con el tiempo. Las correlaciones entre la IPF, las variables de fuerza y potencia en los tirones y las variables de rendimiento se muestran en la Tabla 6. Las mediciones de la PRFD no tuvieron una buena correlación con ninguna de las variables (los valores de r estuvieron en un rango de 0 a 0.27). Los resultados de este estudio correlacional indicaron que la fuerza máxima (IPF) esta fuertemente correlacionada con la PP y con el rendimiento dinámico deportivo, pero no con la PRFD.

	SN	SP	WGT
T1	61.8±19.8	11.9±1.9	11.55±2.9
T2	65.5±20.3	12.25±1.8	12.43±2.6
T3	67.7±21.4	12.63±1.7	12.97±2.5
	Valor p	**Tamaño del Efecto**	**Potencia Estadística**
SN	0.003	0.602	0.938
SH	0.006	0.541	0.871
WGT	0.008	0.517	0.838

Tabla 6. *Valores medios para el arranque (SN), lanzamiento de bala (SH), y para el lanzamiento de peso (WGT), (n=11).*

DISCUSION

Los hallazgos de este estudio indicaron que la medición de la IPF puede estar fuertemente asociada con la potencia y con la explosividad. Se debe señalar que el número de sujetos fue relativamente pequeño (n=11); sin embargo, este grupo estuvo constituido por lanzadores universitarios bien entrenados que incluía a 2 sujetos calificados para los nacionales de la NCAA. Todos los sujetos del grupo tenían antecedentes de entrenamiento de la fuerza y de lanzamiento, y fueron entrenados de la misma manera durante 6 semanas antes del comienzo del estudio, por lo cual representaban un grupo relativamente homogéneo desde el punto de vista del protocolo de entrenamiento. Además, conceptualmente, los resultados concuerdan con las observaciones de estudios recientes que indican una fuerte correlación entre las mediciones dinámicas de la fuerza máxima y el pico de potencia (18, 24, 25)

	30PF	60PF	30PP	60PP	SN	SP	WGT
T1	0.77	0.85	0.77	0.60	0.95	0.67	0.70
T2	0.88	0.87	0.81	0.69	0.98	0.74	0.76
T3	0.85	0.92	0.80	0.87	0.94	0.75	0.79

Tabla 7. *Correlación de la IPF con el tirón desde la altura del muslo medio y las variables de rendimiento. T1=semana 0; T2=semana 4; T3=semana 8; IPF=fuerza isométrica pico; 30PF=pico de fuerza al 30% de la IFP; 60PF=pico de fuerza al 60% de la IPF; 30PP = pico de potencia al 30% de la IPF; 60PP=pico de potencia al 60% de la IPF; SN=arranque, SP=lanzamiento de bala; WGT=lanzamiento de peso.*

La especificidad del entrenamiento se observó en el hecho de que la IPF mostró los menores porcentajes de ganancia, los cuales no fueron estadísticamente significativos. Los porcentajes de ganancia asociados con el pico de fuerza al 30% de la IPF y del pico de fuerza al 60% de la IPF fueron mayores y reflejaron la naturaleza dinámica del programa de entrenamiento.

Probablemente el incremento en la producción de potencia (o tasa de trabajo) es el aspecto más importante para la mejora del rendimiento en un movimiento específico. El pico de potencia representa la potencia máxima producida en un movimiento en particular durante un momento breve y bajo un conjunto de condiciones establecidas.

Los resultados de este estudio sugieren que la mejora en la fuerza máxima puede resultar en la mejora de la producción pico de potencia durante un levantamiento a porcentajes de la capacidad máxima. Los resultados de este estudio también indican que la fuerza máxima contribuye marcadamente a la producción de potencia durante movimientos con cargas bajas así como también durante movimientos con cargas altas. Por lo tanto, la mejora de la fuerza máxima podría mejorar el rendimiento en movimientos con cargas externas livianas (o cero). En efecto, la mejora en la fuerza máxima y en la potencia probablemente contribuyó a las ganancias observadas en las variables de rendimiento deportivo (SN, SP, WGT).

De interés particular es el efecto diferencial del entrenamiento sobre la PF, PRFD, y la PP. En general, la PP mostró sus mayores incrementos durante las primeras 4 semanas y la PF mostró sus mayores incrementos durante las últimas 4 semanas. Esta observación es particularmente interesante debido al hecho de que en las primeras cuatro semanas de entrenamiento se hizo énfasis en el entrenamiento de la fuerza máxima más que en el entrenamiento de la potencia. Las explicaciones para este efecto diferencial incluyen:

Estímulo-fatiga-recuperación-adaptación

Conceptualmente un estimulo apropiado puede resultar en un ciclo de fatiga-recuperación-adaptación tal que el rendimiento se ve mejorado (i.e., supercompensación). Este concepto no está limitado a una única respuesta al ejercicio pero puede ser observado a largo plazo produciendo adaptaciones al entrenamiento. Verkhoshansky (30, 31) observó que en atletas de pista y campo una carga concentrada de entrenamiento de la fuerza o de la fuerza resistencia por varias semanas podía resultar en una disminución de la capacidad de fuerza velocidad (potencia). Cuando los atletas retornaban su entrenamiento normal, con frecuencia se observaba un incremento en el rendimiento de la potencia, algunas veces más allá de los valores iniciales. Resultados similares han sido observados en levantadores de pesas jóvenes luego de una fase de entrenamiento de alto volumen planificada para provocar sobreentrenamiento a corto plazo (8, 23), lo que puede estar vinculado a alteraciones en las hormonas anabólicas-catabólicas. Por lo tanto, una fase de alto volumen de entrenamiento de la fuerza resistencia puede potenciar las ganancias en la potencia cuando se pasa a una fase de entrenamiento con menor volumen. Este fenómeno pudo haber tenido un rol en el incremento relativamente grande en la PP (y en la PRFD) observado durante las primeras cuatro semanas de entrenamiento de la fuerza luego de la fase de alto volumen.

Potenciación y diferentes velocidades de adaptación

Asociado con la teoría de las cargas concentradas está el concepto de entrenamiento secuenciado en donde una fase de entrenamiento potencia la fase subsiguiente. Wilson et al. (34) demostraron que entre sujetos que realizaban entrenamiento de la fuerza con altas cargas y que tenían un nivel razonable de fuerza máxima, el cambio hacia un entrenamiento de potencia (sentadillas) mejoraba el rendimiento en diferentes variables más allá de la mejora observada entre aquellos que continuaban con el entrenamiento de la fuerza con altas cargas. Se ha observado un patrón similar entre levantadores de pesas de elite (17) y entre jugadores de fútbol americano de nivel universitario (11). Se podría decir que debido a que los sujetos que participaron en el presente estudio ya eran razonablemente fuertes, el cambio desde una fase de entrenamiento orientado hacia la resistencia y la fuerza con alto volumen hacia una fase de entrenamiento de la fuerza con menor volumen que contenía una cantidad razonable de ejercicios orientados a la mejora de la potencia, potenció las mejoras en la potencia por no produjo un incremento marcado en la PF (debido a que estos sujetos ya eran

razonablemente fuertes). Este concepto es respaldado por la observación de que las mayores mediciones de la PF ocurrieron conjuntamente con el incremento en la masa magra corporal (LBM) en las últimas cuatro semanas. De esta manera, fue necesario un incremento en la masa magra corporal para que ocurriera un incremento adicional en la fuerza máxima (PF).

Suficiente entrenamiento orientado a la potencia

La evidencia indica que la PP se produce con aproximadamente el 30-60% de la 1RM; el entrenamiento con estas cargas puede incrementar la potencia en mayor medida que el entrenamiento con cargas mayores. Aunque durante las primeras cuatro semanas el entrenamiento hizo énfasis en el entrenamiento de la fuerza máxima, se incluyó una considerable cantidad de ejercicios orientados al entrenamiento de la potencia. En los ejercicios principales se realizaron series con el 40-50% de la 1RM. Además, se incluyeron días de entrenamiento de alta intensidad y de baja intensidad. Por ejemplo, la carga utilizada para la realización de sentadilla los días jueves se redujo en un 15-20% en comparación con la utilizada los días lunes. Debido a que se estimuló la realización de esfuerzos máximos, pudo haberse incrementado la velocidad y la potencia de los movimientos. Por lo tanto los movimientos utilizados para el entrenamiento durante las primeras 4 semanas fueron por naturaleza de alta potencia. McBride et al. (16) han mostrado que el entrenamiento con cargas (sentadilla) que producían altos picos de producciones de potencia, en comparación con la utilización de altas cargas, tenía un mayor efecto sobre la potencia durante un período de entrenamiento a corto plazo. Baker et al. (2, 3) han observado mejoras similares en la potencia promedio entre jugadores de Rugby a lo largo de una temporada. Por lo tanto, aunque el entrenamiento hacía énfasis en el desarrollo de la fuerza máxima, la inclusión de ejercicios orientados hacia la potencia durante las primeras 4 semanas pudo haber contribuido a las grandes adaptaciones iniciales en la PP.

Como se observó en el presente estudio y en estudios previos (9), los movimientos de alta potencia están acompañados también por altas PRFD. Por lo tanto, el entrenamiento de la potencia puede también optimizar las adaptaciones en la PRFD. Los incrementos en la PRFD a lo largo del tiempo también pueden relacionarse con los mismos factores asociados al incremento en la producción de potencia. Es también posible que la combinación de los factores anteriormente descritos sea responsable de las alteraciones observadas en el rendimiento.

También es de interés observar que las correlaciones entre la IPF, PF, PP y las variables de rendimiento tendieron a incrementarse con el tiempo, lo que concuerda con las observaciones realizadas por Robinson et al. (20). Se ha postulado previamente que hay un tiempo de retraso en la capacidad para incorporar alteraciones en la fuerza máxima (o potencia) en el rendimiento específico (1, 7). Los incrementos generales en la relación entre la IPF y las variables de rendimiento dinámico pueden indicar que a medida que avanzó el entrenamiento, se incrementó la capacidad para utilizar la fuerza máxima (o un mayor porcentaje del máximo) (i.e., tiempo de retraso). Por ejemplo, las mejoras en el lanzamiento de peso pudieron haber ocurrido, al menos parcialmente, como resultado de la capacidad de incorporar el incremento en el nivel de fuerza máxima (o potencia) en la técnica de lanzamiento.

No está claro exactamente como la PRFD afecto los tipos de rendimiento medidos en este estudio. Las mediciones de PRFD no tuvieron una buena correlación con la IPF, ni tampoco tuvieron una buena correlación con ninguna de las variables (datos no mostrados). Sin embargo, si uno asume que hay períodos de tiempo críticos (y por lo tanto posiciones) dentro de un movimiento, en los cuales el rendimiento depende de alcanzar el mayor desarrollo de la fuerza posible (6), entonces la RFD durante estos períodos críticos pudo haber contribuido marcadamente al rendimiento global en el movimiento. En este estudio la PRFD se incrementó con el tiempo de entrenamiento, pero no estuvo estadísticamente asociada con la mejora en el rendimiento. Sin embargo, los procedimientos de medición utilizados no incluyeron la caracterización de los períodos de tiempo críticos para las variables de rendimiento medidas. La medición de la fuerza durante estos períodos de tiempo críticos puede ser más importante que la simple medición de la PRFD, la cual puede no ocurrir durante el período de tiempo crítico.

Específicamente estos resultados indican que: (a) la medición de la fuerza isométrica máxima (i.e., IPF) está fuertemente relacionada con la capacidad para generar PF dinámicamente; (b) la fuerza máxima esta fuertemente relacionada con la PP, incluso con cargas relativamente bajas que están asociadas con la fuerza explosiva dinámica específica del deporte (i.e., SN, SP, WGT); y (c) estas relaciones tienden a incrementarse con el tiempo de entrenamiento.

Aplicaciones Prácticas

Estos resultados indican que la fuerza máxima contribuye marcadamente a la potencia y a la explosividad tanto con cargas bajas como con cargas altas. Por lo tanto, la mejora en la fuerza máxima como resultado del entrenamiento de la fuerza podría mejorar la potencia y la explosividad y con ello el rendimiento en una variedad de movimientos asociados tanto con cargas bajas como con cargas altas. Los resultados de este estudio sugieren varias posibilidades asociadas con el entrenamiento de la fuerza.

El incremento en la fuerza máxima como resultado del entrenamiento de la fuerza puede incrementar la generación de

fuerza y la producción de potencia.

El entrenamiento de la fuerza máxima puede resultar en cambios en otros factores tales como la potencia y la tasa pico de desarrollo de la fuerza, lo cual también puede contribuir a mejorar el rendimiento deportivo.

Sin embargo, ningún estudio longitudinal ha mostrado que la fuerza máxima, la potencia, o las variables específicas de rendimiento cambien exactamente con la misma tasa. Además, los incrementos en la fuerza pueden continuar luego de que los cambios en la potencia y en el rendimiento deportivo se vuelvan asintóticos. Es posible que la falta de correspondencia directa entre las ganancias en fuerza máxima y otras variables de rendimiento este asociada a un tiempo de retraso (7). El tiempo de retraso es un período de tiempo en el cual el atleta aprende a como utilizar este incremento de fuerza; el tiempo de retraso puede, en algunos casos, extenderse a varios meses. Es posible que el tiempo de retraso pueda reducirse por medio de cuidadosas estrategias de entrenamiento con las cuales se le señale al atleta el vínculo potencial entre la técnica y la fuerza. Esto puede lograrse parcialmente señalando las similitudes entre los ejercicios de entrenamiento (i.e., especificidad mecánica) y los ejercicios de rendimiento.

Se debe tener precaución en depender completamente de las ganancias en la fuerza máxima para mejorar la producción de potencia o el rendimiento deportivo, especialmente con atletas avanzados o de elite. Para maximizar la potencia y la fuerza explosiva, son necesarios programas especializados que también entrenen específicamente la potencia y la velocidad (26, 27). Esto podría incluir la utilización de programas periodizados secuencialmente en los cuales la fase inicial haga énfasis en las ganancias de fuerza, con fases posteriores en donde se haga énfasis en la potencia y la velocidad (11, 24, 25).

Dirección para el envío de correspondencia

Dr. Michael H. Stone, correo electrónico: mike.stone@usoc.org

REFERENCIAS

1. Abernethy, P.J., and J. Jurimae (1996). Cross-sectional and longitudinal uses of isoinertial, isometric and isokinetic dynamometry. *Med. Sci. Sports Exerc. 28:1180–1187*
2. Baker, D., S. Nance, and M. Moore (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *J. Strength Cond. Res. 15:92–97*
3. Baker, D., S. Nance, and M. Moore (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power trained athletes. *J. Strength Cond. Res. 15:20–24*
4. Bartonietz, K.E (1996). Biomechanics of the snatch: Toward a higher training efficiency. *Strength Cond. J. 18:24–31*
5. Bartonietz, K (2000). Strength training for throwers. *In: The Throws. J. Jarver, ed. Mountain View, CA: Tafnews Press. pp. 22–26*
6. Cronin, J.B., P.J. McNair, and R.N. Marshall (2000). The role of maximal strength and load on initial power production. *Med. Sci. Sport Exerc. 3:1763–1769*
7. Delecluse, C (1997). Influence of strength training on sprint running performance. *Sports Med. 24:147–156*
8. Fry, A.C., W.J. Kraemer, M.H. Stone, L.P. Koziris, J.T. Thrush, and S.J. Fleck (2000). Relationships between serum testosterone, cortisol and weightlifting performance. *J. Strength Cond. Res. 14:338–343*
9. 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. *J. Strength Cond. Res. 11:269–272*
10. Hakkinen, K (1994). Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining and immobilization. *Crit. Rev. Phys. Rehabil. Med. 6:161–198*
11. Harris, G.R., M.H. Stone, H.S. O Bryant, C.M. Proulx, and R.L. Johnson (1999). Short-term performance effects of high speed, high force or combined weight training. *J. Strength Cond. Res. 14:14–20*
12. Jackson, A.S., and M.L. Pollock (1985). Practical assessment of body composition. *Phys. Sportmed. 13:76–90*
13. Komi, P.V., and J.H. Vitasalo (1976). Signal characteristics of EMG at different levels of muscle tension. *Acta Physiol. Scand. 96:267–276*
14. Lanka, J (2000). Shot Putting. *In: Biomechanics in Sport. V. Zatsiorsky, ed. London: Blackwell Science Ltd., pp. 435–457*
15. Lanka, J., and A. Shalmanov (1982). Biomechanics of Shot Put. *Moscow: FIS*
16. 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. *J. Strength Cond. Res. 13:58–66*
17. Medvedev, A.S., V.F. Rodionov, V.N. Rogozkin, and A.E. Gulyants (1981). Training content of weightlifters during the preparation period. Yessis, M. (Translation). *Teoriya I Praktika Fizicheskoi Kultury. 12:5–7*
18. Moss, B.M., P.E. Refnes, A. Abilgaard, 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. *Eur. J. Appl. Physiol. 75:193–199*
19. Murphy, A.J., G.J. Wilson, J.F. Pryor, and R.U. Newton (1995). Isometric assessment of muscular functions: The effect of joint angl. *J. Appl. Biomech. 11:205–215*

20. 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. *J. Strength Cond. Res. 9:216□221*
21. Schimidtbleicher, D (1992). Training for power events. *In: Strength and Power in Sports. P.V. Komi, ed. London: Blackwell Scientific Publications. pp. 381□395*
22. Siff, M (2000). Biomechanical foundations of strength and power training. *In: Biomechanics in Sport. V. Zatsiorsky, ed. London: Blackwell Scientific Ltd., pp. 103□139*
23. Stone, M.H., and A.C. Fry (1997). Increased training volume in strength/power athletes. *In: Overtraining in Sport. R.B. Kreider, A.C. Fry, and M.L. O'Toole, eds. Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 87□106*
24. Stone, M.H., G. Moir, M. Glaister, and R. Sanders (2002). How much strength is necessary?. *Phys. Ther. Sport. 3:88□96*
25. Stone, M.H., H.S. O'Bryant, L. McCoy, R. Coglianese, M. Lehmkuhl, and B. Schilling (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J. Strength Cond. Res. 17:140□147*
26. Stone, M.H., H.S. O Bryant, K.C. Pierce, G.G. Haff, A.J. Kock, B.K. Schilling, and R.L. Johnson (1999). Periodization: Effects of manipulating volume and intensity□Part 1. *J. Strength Cond. 21:56□62*
27. Stone, M.H., H.S. O Bryant, K.C. Pierce, G.G. Haff, A.J. Kock, B.K. Schilling, and R.L. Johnson (1999). Periodization: Effects of manipulating volume and intensity□Part 2. *J. Strength Cond. 21:54□60*
28. Stone, M.H., H.S. O Bryant, F.E. Williams, K.C. Pierce, and R.L. Johnson (1998). Analysis of bar paths during the snatch in elite male weightlifters. *J. Strength Cond. 20:56□64*
29. Stone, M.H., S. Plisk, and D. Collins (2002). Training principle: Evaluation of modes and methods of resistance training□A coaching perspective. *Sport Biomech. 1:79□104*
30. Verkhoshansky, Y (1979). Principles of planning speed/strength training program in track athletes. *Legaya Athleticka. 8:8□10*
31. Verkhoshansky, Y (1981). How to set up a training program in speed-strength events. *Sov. Sports Rev. (M. Yessis, translation). 16:123□126*
32. Vitasalo, J.T., and P.V. Komi (1981). Interrelationships between electromyographic, mechanical, muscle structure and reflex time measurements in man. *Acta Physiol. Scand. 111:97□103*
33. Wilson, G.J., and A.J. Murphy (1996). The use of isometric tests of muscular function in athletic assessment. *Sports Med. 22:19□37*
34. Wilson, G., R.U. Newton, A.J. Murphy, and B.J. Humphries (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med. Sci. Sport Exerc. 25:1279□1286*

Cita Original

Stone, M.H., K. Sanborn, H.S. O'Bryant, M. Hartman, M.E. Stone, C. Proulx, B. Ward, and J. Hruby. Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. J. Strength Cond. Res.; Vol. 17, No. 4, pp. 739-745, 2003.