PubliCE, (PubliCE) 2012

Monograph

Relaciones Fuerza-Velocidad, Impulso-Momento: Implicaciones Respecto de la Efectividad del Entrenamiento con Sobrecarga Realizado Intencionalmente Lento

Michael Falvo[2], Loren Chiu[3] y Brian Schilling[1]

[1]*Exercise Neuromechanics Laboratory, the University of Memphis, Memphis, USA.*
[2]*Locomotor Control Laboratory, Washington University School of Medicine, USA.*
[3]*Department of Biokinesiology and Physical Therapy, University of Southern California, Los Angeles, California 90089 Steven A. Hawkins.*

RESUMEN

El propósito de esta breve revisión es explicar las relaciones mecánicas entre el impulso y el momento cuando el entrenamiento de la fuerza se lleva a cabo intencionalmente lento (PS). El PS está caracterizado por contracciones concéntricas de ~10s y contracciones excéntricas de ~4-10s. Si bien varios estudios han revisado los efectos del PS, ninguno ha explicado hasta el momento dicho entrenamiento en el contexto de la relación impulso-momento. Para ello hemos llevado a cabo un estudio comparando el entrenamiento normal versus el PS en el ejercicio de sentadillas. Un hombre de 85 kg realizó sentadillas con varias cargas tanto a velocidad normal (acción excéntrica de 3s y acción concéntrica con aceleración máxima) como en forma intencionalmente lenta. Las sentadillas realizadas a velocidad normal produjeron fuerzas de propulsión pico y medias mayores que la acción PS en todo el rango de cargas utilizadas. Sin embargo, la TUT se incrementó en mayor medida con las acciones PS, con valores cuatro veces mayores que los observados con las repeticiones llevadas a cabo con aceleración máxima. Los datos y explicaciones apuntan hacia una mayor producción de fuerzas por el sistema neuromuscular con la utilización del entrenamiento a velocidad norma indicando que esta modalidad de entrenamiento es superior para provocar las adaptaciones neuromusculares.

Palabras Clave: impulso, momento, acciones intencionalmente lentas, tiempo bajo tensión

INTRODUCCION

La realización de ejercicios bajo cualquier tipo de carga es definido como entrenamiento con sobrecarga (Newton, 1999). Debido a que el efecto de la gravedad está presente en cualquier parte de la tierra, la física del entrenamiento con sobrecarga con una carga constante (isoinercial) es relativamente simple. Sin embargo, lo que no es simple son los efectos fisiológicos y morfológicos del entrenamiento con sobrecarga. En los programas de entrenamiento con sobrecarga pueden

manipularse diversas variables para provocar un resultado específico (Wernbom et al., 2007). Durante el entrenamiento con sobrecarga pueden manipularse la carga, el número de repeticiones por serie, el número de ejercicios, el modo de ejercicio (máquinas vs pesos libres), la velocidad de las repeticiones, la duración del período de recuperación, el orden de los ejercicios, la frecuencia de entrenamiento y los ejercicios específicos, para promover un resultado deseado y específico. Dichos resultados incluyen el incremento de la resistencia muscular, el tamaño muscular, el incremento de la fuerza muscular, el incremento de la potencia muscular, y la reducción de la grasa corporal relativa. *Es improbable que un único programa o método sea efectivo para provocar todos los posibles beneficios del entrenamiento con sobrecarga en forma similar*.

Se han desarrollado programas de entrenamiento con el propósito de regular la velocidad de repetición, recomendando específicamente la utilización de acciones musculares intencionalmente lentas (~ 10s para las acciones concéntricas y ~4-10s para las acciones excéntricas). La mayor parte del respaldo para dichos programas existe solo en medios no especializados (Brzycki, 1995; Hutchins, 2001; Wescott, 1999) y con poca evidencia empírica (Greer, 2005). Los argumentos para la prescripción de dichos programas de entrenamiento con frecuencia utilizan terminología diferente a la utilizada en la física clásica o que deriva de otras modalidades del entrenamiento/evaluación de la fuerza diferentes a la necesaria para abordar esta cuestión (i.e., isocinético, *estudios in vitro o estudios in vivo*). Por ejemplo, los protocolos de esta modalidad han sido denominados erróneamente como protocolos para el entrenamiento de la "fuerza lenta" (Hutchins, 2001), mientras que al mismo tiempo se promociona a esta modalidad como una forma de entrenamiento que produce "más tensión muscular" (Wescott et al., 2001), "más fuerza muscular" y "menos momento" (Wescott, 1999). El propósito de este artículo es describir correctamente los aspectos *mecánicos* de dicha forma de entrenamiento, debido a que estos programas han sido utilizados en varios estudios empíricos (Greer, 2005). También proveeremos el ejemplo de un caso para el cual se mostraran las propiedades mecánicas de un programa característico de entrenamiento con sobrecarga. No se revisarán en detalle los estudios de entrenamientos específicos ya que estos están principalmente enfocados en los efectos fisiológicos (para una revisión ver Greer, 2005) pero esperamos que esta revisión de los aspectos *mecánicos* establezca las bases para la evaluación prospectiva del entrenamiento de la fuerza en el amplio espectro de la carga-velocidad.

Relación Fuerza-Velocidad

La capacidad del sistema neuromuscular para generar tensión mediante la activación voluntaria o involuntaria máxima del sistema muscular es dependiente de la velocidad de movimiento, como se ilustra a través de la relación fuerza-velocidad (F-V) (Fitts and Widrick, 1996; Gülch, 1994). Esencialmente, la relación F-V es una curva hiperbólica construida a partir de los resultados de numerosos experimentos que han descrito la dependencia de la fuerza en la velocidad de movimiento (Hill, 1953). Esta relación ha sido examinada in vitro, in situ e in vivo. *La fuerza que los músculos pueden producir se reduce a una velocidad pre-determinada (modalidades isocinéticas/isovelocidad in vivo controladas mediante computador) y a medida que la velocidad se incrementa*. La relación F-V asume que una velocidad dada, los músculos generan la mayor fuerza posible. Una relación carga-velocidad similar, también puede observarse con la aceleración de una carga isoinercial mediante una acción máxima voluntaria in vivo (Cronin et al., 2003). En este caso, a medida que se incrementa la carga externa (i.e., masa), la máxima velocidad que dicha carga alcanza se reduce. La relación carga-velocidad asume que la velocidad de movimiento es la máxima posible para una determinada carga. La base de la relación F-V es el hecho de que cuando se incrementa la velocidad de los ciclos de formación de puentes cruzados, hay menos puentes cruzados formados para desarrollar tensión (Gülch, 1994). Esta relación entre la fuerza y la velocidad ha provocado que algunos sugieran que una acción muscular voluntaria debería llevarse a cabo en un período de 10 segundos, de manera que la velocidad sea lenta y por lo tanto haya un incremento en la fuerza (Wescott, 1999)

Impulso y Momento

La relación entre la fuerza y la velocidad para una masa constante (como la observada en el entrenamiento con pesos libres) está dada por la relación entre el impulso y el momento. Una masa constante bajo la influencia de luna fuerza puede expresarse mediante la segunda ley de Newton, representada en la ecuación 1.

Ecuación 1

$$F = ma = m\frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(mv)$$

En el caso anterior, la aceleración (a) experimentada por un objeto es directamente proporcional a la fuerza imprimida (F) e inversamente proporcional a su masa (m). Debido a que la aceleración es la primera derivada (d) de la velocidad con respecto al tiempo, la ecuación también puede ser escrita para reflejar la primera derivada con respecto al tiempo (tasa de cambio) en la cantidad mv. En dicho caso el momento linear (L) es expresado como en la ecuación 2.

Ecuación 2

$$L = mv$$

Cuando una fuerza actúa sobre un objeto por un período de tiempo t1 a t2, la ecuación 1 puede ser integrada en el tiempo para obtener la ecuación 3.

Ecuación 3

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F \, dt$$

La ecuación 3 define el impulso linear (I), y *es igual al cambio en el momento linear*, como se muestra en la ecuación 4.

Ecuación 4

$$\int_{t_1}^{t_2} F \, dt = \int_{t_1}^{t_2} L \, dt = L_2 - L_1 = \Delta L$$

Debido que durante el entrenamiento de sobrecarga con pesos libres la masa es una constante, un mayor *impulso* resultará en una mayor velocidad.

En el movimiento humano, la fuerza es requerida primero para mantener el equilibrio estático y segundo para generar la aceleración. La fuerza requerida para mantener el equilibrio estático es igual a la masa del objeto multiplicada por la aceleración gravitacional. La fuerza adicional resulta en la aceleración de la masa o el cambio en el momento. Estos componentes de la aceleración se describen en la ecuación 5.

Ecuación 5

$$F = mg + ma = mg + mdv/dt$$

Por lo tanto, mediante la generación de una fuerza mayor que el peso de la carga (i.e., fuerza propulsiva; Garhammer and Gregor, 1992) se puede alcanzar una mayor velocidad de movimiento y/o una reducción del tiempo de movimiento. A medida que la velocidad se aproxima a cero, la fuerza propulsiva también se aproxima a cero, y por lo tanto el movimiento lento de objetos solo requerirá de una fuerza aproximadamente igual al peso de la carga. *Cuanto más lenta es la velocidad intencional, más cercana la fuerza expresada se encontrará de la inercia linera de la carga (i.e., la cantidad de fuerza necesaria para mantener un peso sin movimiento)*. Si se observa la Ecuación 1 se puede apreciar que la fuerza es inversamente proporcional al tiempo. Esto es, para realizar un movimiento en un corto período de tiempo, se debe generar una mayor fuerza. Se ha propuesto que la tensión muscular se mantendrá constante a través de un determinado rango de movimiento, y por lo tanto, proveerá la estimulación óptima a través de dicho rango (Wescott, 1999). Esta afirmación no ha sido verificada experimentalmente y desafortunadamente no tiene en cuenta los cambios en el momento y en la longitud muscular, lo cual en definitiva provoca el cambio en la fuerza muscular sin considerar la velocidad de acción. Este argumento; sin embargo, tiene cierta base fáctica, ya que el impulso se incrementa con el incremento del tiempo (Ecuación 4), en el caso de esfuerzos máximos. En el caso del PS, el incremento en el tiempo provoca la reducción de la fuerza, y una excesiva duración del movimiento no maximizará el impulso.

Argumentos a Favor del Entrenamiento Intencionalmente Lento (PS)

Fuerza Muscular

Si bien los defensores del PS difieren en su razonamiento para sugerir este método, la premisa básica es que cuando se levanta un peso en forma rápida, los músculos no son capaces de ejercer tanta fuerza y por lo tanto habrá una reducción de los efectos del entrenamiento (Brzycki, 1995; Wescott, 1999). Si bien es verdad que los músculos no producen tanta fuerza a mayores velocidades durante un esfuerzo realizado a máxima velocidad y en forma controlada, la afirmación previa ignora los requisitos de fuerza para iniciar un movimiento a alta velocidad con una determinada carga en

condiciones isoinerciales. Además, la relación F-V previamente mencionada, fue derivada bajo condiciones de máxima aceleración (activación muscular voluntaria máxima), y por lo tanto es diferente en movimientos intencionalmente lentos. Un intento de reducir la velocidad de movimiento subsiguientemente reducirá la fuerza expresada (Keogh et al., 1999).

Estímulo Metabólico

Los factores metabólicos influenciados por la contracción muscular incluyen la producción de H^+, la concentración sarcoplasmática de calcio, la concentración intramuscular de oxígeno, los factores de crecimiento, las citoquinas, y la disponibilidad de hormonas y receptores (Crewther, Cronin, and Keogh 2006; Rennie et al., 2004). Las modificaciones en cualquiera de estos factores metabólicos durante el ejercicio pueden alterar las vías de transducción de señales y por lo tanto modificar la transcripción genética para el crecimiento muscular (Rennie et al., 20004). Las potenciales adaptaciones al entrenamiento de la fuerza debido a estímulos metabólicos agudos han sido revisadas recientemente (Crewther et al., 2006) y se han realizado argumentos respecto de la importancia de los factores metabólicos para las adaptaciones al entrenamiento con sobrecarga (Kawada and Naokata, 2005; Kanehisa et al., 2002; Schott et al., 1995; Smith and Rutherford, 1995). La hipótesis metabólica hasta el momento no ha sido examinada en los estudios que han investigado el PS y; por lo tanto, en la actualidad estas ideas son especulativas para este tipo de entrenamiento.

Tiempo Bajo Tensión

Los movimientos llevados a cabo a bajas velocidades prolongan el tiempo de contracción en cada repetición para un rango de movimiento dado (tiempo bajo tensión; TUT). Los defensores del entrenamiento PS consideran este incremento en el tiempo bajo tensión como una característica positiva para estimular las adaptaciones al entrenamiento (Wescott et al., 2001). El TUT puede ser considerado una manera mediante la cual prescribir una dosis de entrenamiento de sobrecarga (Tran and Docherty, 2006), lo cual es crucial ya que la dosis óptima para el entrenamiento de la fuerza está sujeta a un tremendo debate (Carpinelli and Otto, 1998; Stone et al., 1998). Los defensores del entrenamiento PS sugieren que esta dosis o TUT es más importante que la carga real levantada, lo cual puede relacionarse con el hecho de que el esfuerzo percibido durante el entrenamiento PS y durante el entrenamiento de sobrecarga característico ha mostrado ser similar (Egan et al., 2006). Este razonamiento tiene su origen en la hipótesis de que existe una relación directa entre la duración de la contracción y el estímulo metabólico; no obstante, esta hipótesis no ha sido respaldada en aquellos estudios que han examinado el entrenamiento PS (Gentil et al., 2006; Hunter et al., 2003; Keogh et al., 1999).

Un potencial efecto negativo del incremento en el TUT es que posiblemente deba reducirse la carga para poder realizar una contracción concéntrica de 10 s en comparación con una repetición llevada a cabo con aceleración máxima (i.e., reducción del TUT). Se ha sugerido que este estímulo de la carga o estímulo mecánico es de importancia crítica para inducir las adaptaciones al entrenamiento (Dudley et al., 1991; Hortobagyi et al., 1996; McDonagh and Davies, 1984). La evidencia respecto de la carga utilizada en el entrenamiento con sobrecarga con énfasis en la hipertrofia indica un posible umbral del 85% de 1RM (Fry, 2004), pero las múltiples variables agudas del entrenamiento que pueden alterarse además de la carga hacen que sea difícil hacer una recomendación precisa. Sin embargo, la reducción de la carga propuesta en el entrenamiento PS podría ser menos efectiva para provocar hipertrofia debido a limitaciones en la carga. Esta reducción de la carga es vista, por los defensores del entrenamiento PS, como inconsecuente a los efectos fisiológicos. Sin embargo, una premisa básica para la adaptación tisular (i.e., la Ley de Wolff y Davis (Biewener and Bertram, 1994)) es que se requiere de un umbral mínimo de fuerza para provocar una adaptación. La noción de que la carga es poco importante es totalmente opuesta a lo demostrado por diversos autores respecto de que la magnitud del estrés mecánico (i.e., carga) es responsable, en el contexto del volumen de ejercicio, de las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular (Dudley et al., 1991; Hortobagyi et al., 1996). Es importante señalar que si bien la cara y la fuerza muscular están relacionadas, estas no son lo mismo ya que las fuerzas propulsivas pueden diferir.

El incremento en el TUT durante una sesión de entrenamiento puede alcanzarse simplemente mediante el incremento en el número total de repeticiones realizadas con aceleración máxima (incremento en el volumen-carga, Tran and Docherty, 2006). Esto podría en definitiva incrementar el tiempo en que los músculos se encuentran bajo tensión, pero la producción de fuerza de los músculos será mayor debido a la mayor carga relativa. La relación compleja entre la carga y el TUT requiere de investigaciones adicionales.

Aplicaciones para el Entrenamiento con Sobrecarga

Las diversas formas de entrenamiento con sobrecarga caen en un continuum que va desde velocidades de contracción lenta a velocidades de contracción rápida. El entrenamiento con sobrecarga como el levantamiento de potencia (relativamente lento) y el levantamiento de pesas (relativamente rápido) están bastante separados en este continuum. El levantamiento de pesas (WL) es un deporte en el que los atletas intentan levantar el mayor peso posible en los movimientos de arranque y envión (Chiu and Schilling, 2005). El WL está caracterizado por grandes aceleraciones y altas velocidades debido a la naturaleza inherente del deporte, en el se debe mover una barra cagada desde el piso con una velocidad inicial

“0” y llevarla hasta arriba de la cabeza. Un levantamiento exitoso requiere de grandes velocidades y por lo tanto de una gran potencia (Garhammer, 1980; 1993). Sin embargo, las cargas relativas no son tan grandes como las observadas en el levantamiento de potencia (PL). El PL, está compuesto de tres levantamientos, press de banca, sentadillas y peso muerto, y se lleva a cabo a velocidades substancialmente menores que el WL. Los récords en el PL exceden los 400 kg en cada uno de los levantamientos (Kraemer and Koziris, 1994). Si bien estos levantamientos comienzan con una contracción muscular explosiva (una alta RDF), la velocidad global es lenta, debido principalmente la gran carga que está siendo movilizada (Brown and Abani, 1985; Garhammer and McLaughlin, 1980). Tanto el PL como el WL característicamente implican una aceleración máxima, siendo la velocidad resultante una función de la carga levantada, y se ha sugerido que el intento de acelerar en forma máxima la carga es común entre el PL y el WL (Behm and Sale, 1993). De hecho, los atletas del PL y del WL muestran niveles similares de fuerza en algunos movimientos (McBride et al., 2002). Análogamente al PL, el entrenamiento PS emplea velocidades similarmente bajas, pero con una carga substancialmente menor, debido a que la velocidad es deliberadamente lenta (baja aceleración). Considerando estas características únicas, se puede utilizar un simple caso de relación impulso-momento para comparar conceptualmente estas formas de entrenamiento con sobrecarga (Tabla 1). Las relaciones entre la fuerza y los diferentes modos de entrenamiento de la fuerza que se muestran en la Tabla 1 exponen el potencial para una superior producción de fuerza por parte del WL y del PL, pero no con el entrenamiento PS. Estas relaciones conceptuales han sido substanciadas con las menores fuerzas excéntricas y concéntricas observadas durante la realización de repeticiones deliberadamente lentas, en comparación a aquellas realizadas sin restricciones en la velocidad (Keogh et al., 1999)

Relación Impulso Momento	$F\Delta t = m\Delta v$
Levantamiento de pesas	$\uparrow F = \frac{\leftrightarrow m \uparrow \Delta v}{\downarrow \Delta t}$
Levantamiento de potencia	$\uparrow F = \frac{\uparrow m \leftrightarrow \Delta v}{\leftrightarrow \Delta t}$
Entrenamiento intencionalmente lento	$\downarrow F = \frac{\downarrow m \uparrow \Delta v}{\uparrow \Delta t}$

Tabla 1. *Relación impulse-momento en diferentes formas de entrenamiento con sobrecarga. F = Fuerza, v = velocidad, m = masa, t = timpo, ↑ = grande, ↓ = pequeño, ↔ = moderado*

EJEMPLO DE UN CASO

METODOS

Un ex levantador de pesas de nivel nacional de los Estados Unidos perteneciente a la categoría de 85 kg realizó sentadillas por detrás con cargas de 110, 130, 150 y 170 kg en una plataforma de fuerza uniaxial (Roughdeck; Rice Lake Weighing Systems). Un extremo de la barra fue conectado a un transductor de velocidad (VP510; Unimeasure) para registrar la velocidad vertical de la barra. Los datos fueron recolectados a través de un tablero análogo-digital de 12 bits en interfase con un Datapac 2K2 (v3.17; Run Technologies). Luego de la entrada en calor, se realizaron dos repeticiones con cada carga, una con aceleración concéntrica máxima y una intentando deliberadamente realizar la contracción concéntrica en 10 segundos y la contracción excéntrica en 4 segundos. Se permitieron cinco minutos de pausa entre las series para reducir los efectos de la fatiga. Se utilizó la descarga pasiva para eliminar los efectos de la carga en adición a la masa corporal, de manera que solo se registraran las fuerzas propulsivas (la carga es constante entre las condiciones PS y normal, e iguales a la inercia linear del sistema). Esta fuerza está presente sin considerar el movimiento. Las variables de interés fueron el impulso, la velocidad pico y la fuerza media/pico, así como también el tiempo de ejecución. Los datos de la velocidad y la fuerza fueron filtrados con un filtro de paso bajo Butteworth de 4^{to} orden con frecuencias de corte de 10 y 20 Hz respectivamente. La confiabilidad y precisión fueron determinados previamente obteniendo un $ICC_{3,1}$>0.7 y un CV<15% respectivamente. Todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Revisión Institucional para la Investigación con Sujetos Humanos (E07-291).

RESULTADOS

Los datos de las seis pruebas se muestran en la Tabla 2. Los datos de la fuerza/velocidad para la carga de 130 kg se muestran en las Figuras 1 (rápido) y 2 (lento). Como se puede apreciar en estas figuras, una vez que se realizó el promedio entre las cargas, las sentadillas realizadas con aceleración máxima produjeron una mayor fuerza pico y mayores fuerzas propulsivas que las acciones PS. Como se mencionó previamente, la fuerza que se requiere para mantener el equilibrio estático es igual a la masa del objeto multiplicada por la aceleración de la gravedad, y en este caso fue constante entre las condiciones. La fuerza adicional resulta en la aceleración de la masa o el cambio en el momento. Nuevamente, debido a que el movimiento PS reduce la aceleración, la fuerza utilizada para acelerar el objeto es casi "0". El TUT fue mayor en la condición PS, con valores casi cuatro veces mayores a los observados durante las repeticiones con aceleración máxima. Claramente, el PS resulta en menores fuerzas propulsivas, y la interacción entre el tiempo y la carga debe ser examinada en mayor medida para poder realizar conclusiones definitivas respecto de la eficacia de dicha forma de entrenamiento.

Condición	Carga (kg)	Fuerza Propulsiva Media (N)	Fuerza Propulsiva Pico (N)	Velocidad Pico (m/s)	Tiempo (s)
Lento	170	6.2	623.8	0.3	10.9
Lento	150	4.2	360.6	0.3	11.1
Lento	130	2.9	528.9	0.4	13.3
Lento	110	2.7	257.1	0.2	12.9
Normal	170	45.3	1189.7	1.2	2.8
Normal	150	17.9	1210.3	1.4	2.4
Normal	130	72.6	1332.0	1.5	2.3
Normal	110	21.3	1007.9	1.6	2.2

Tabla 2. *Datos de las sentadillas por detrás realizadas con aceleración máxima e intencionalmente lentas a través del espectro de cargas utilizado.*

DISCUSION

Los defensores del entrenamiento PS con frecuencia utilizan la relación inversa entre la fuerza muscular y la velocidad como base para la prescripción de este tipo de entrenamiento. Esta relación establece que a medida que la velocidad de acortamiento se incrementa durante un esfuerzo máximo, la fuerza que puede ser desarrollada a una determinada velocidad se reduce en forma hiperbólica.

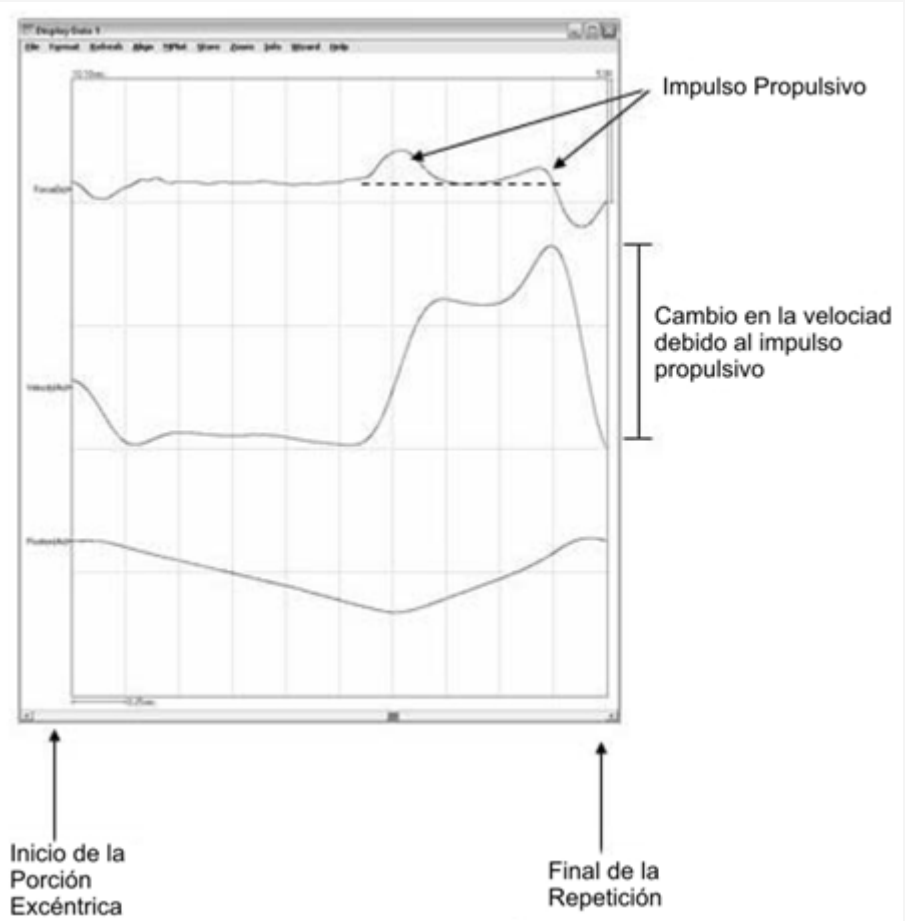

Figura 1. *Curva Fuerza-Tiempo para una sentadilla con aceleración máxima. La línea punteada indica la posición inferior de la sentadilla y muestra el cambio de posición. Obsérvese el gran cambio en la fuerza y la velocidad durante la porción concéntrica.*

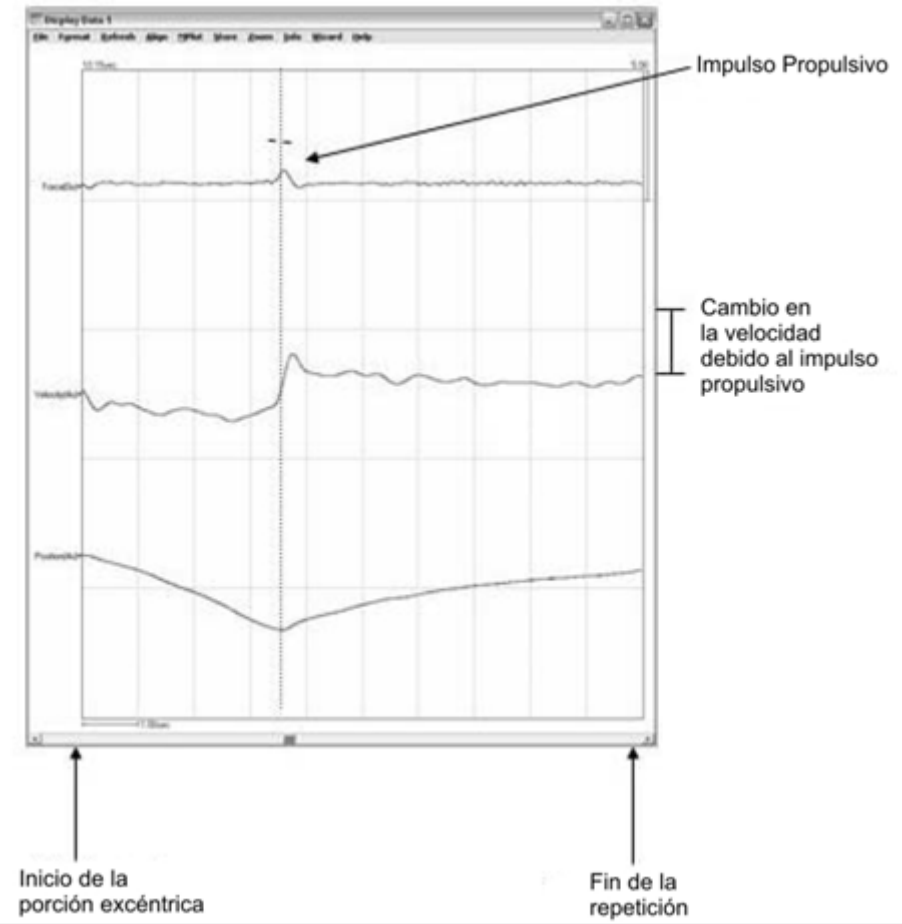

Figura 2. *Curva Fuerza-Tiempo para una sentadilla realizada intencionalmente lenta. La línea punteada indica la posición inferior de la sentadilla y muestra el cambio de posición. Obsérvese las pequeñas fluctuaciones y las mínimas fuerzas propulsivas. La fuerza es similar a la necesaria para sostener el peso sin movimiento.*

Es evidente que la relación F-V original no tiene aplicación universal cuando la aceleración es menor que la máxima o cuando se utilizan modalidades diferentes a la isocinética. Lo que no se tiene en cuenta en dichos casos es la simple relación mecánica entre el impulso y el momento para objetos de masa constante. Dicho de otra forma, para una masa constante, una mayor fuerza y/o un mayor período de aplicación de una fuerza máxima producirá un mayor cambio en la velocidad. Para dicha acción *máxima*, el rango de movimiento limitará el tiempo de aplicación de la fuerza, por lo que, en este caso, una mayor fuerza causará el mayor cambio en la velocidad de un objeto de masa constante.

CONCLUSIONES

Los profesionales del ejercicio deben ser conscientes de las características mecánicas básicas de todos los métodos de entrenamiento con sobrecarga para así realizar la mejor prescripción del entrenamiento. Si bien la cierta literatura ha sugerido que las fuerzas observadas con el entrenamiento PS son óptimas, los datos obtenidos aquí conjuntamente con los estudios revisados y la examinación de la relación impulso-momento sugieren lo contrario. Las menores fuerzas propulsivas observadas con el entrenamiento PS sugieren que los otros métodos para el entrenamiento de la fuerza tienen un mayor potencial para provocar adaptaciones neuromusculares. Si bien es imprudente sugerir el mismo método de entrenamiento para todos los individuos, se debería tener precaución cuando se selecciona un modo de diseña un programa de entrenamiento para así alcanzar los objetivos en forma apropiada.

Puntos Clave

A medida que la velocidad se aproxima a cero, la fuerza propulsiva se aproxima a cero y; por lo tanto, el movimiento lento

de objetos solo requerirá de una fuerza aproximadamente igual al peso de la carga.

Debido a que en el entrenamiento con sobrecarga la masa es constante, un mayor impulso resultará en una mayor velocidad.

Las menores fuerzas propulsivas que acompañan al entrenamiento intencionalmente lento sugieren que los otros métodos para el entrenamiento de la fuerza tienen un mayor potencial para provocar adaptaciones.

REFERENCIAS

1. Behm, D.G. and Sale, D.G (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology 774(1), 359-368*
2. Biewener, A.A. and Bertram, J.E (1994). Structural response of growing bone to exercise and disuse. *Journal of Applied Physiology 76(2), 946-955*
3. Brown, E.W. and Abani, K (1985). and kinetics of the dead lift in adolescent power lifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise 117(5), 554-563*
4. Brzycki, M (1995). A practical approach to strength training. *3rd edition. Lincolnwood, Il: Masters Press*
5. Carpinelli, R.N. and Otto, R.M (1998). Strength training single versus multiple sets. *Sports Medicine 26(2), 73-84*
6. Chiu, L.Z. and Schilling, B.K (2005). A primer on weightlifting: From sport to sports training. *Strength Conditioning Journal 227(1), 42-48*
7. Crewther, B., Cronin, J. and Keogh, J (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses. *Sports Medicine 336(3), 65-78*
8. Cronin, J.B., McNair, P.J. and Marshall, R.N (2003). Force-velocity analysis of strength-training techniques and load: Implications for training strategy and research. *Journal of Strength and Conditioning Research 117(1), 148-155*
9. Dudley, G.A., Tesch, P.A., Miller, B.J. and Buchanan, P (1991). Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviation, Space, and Environmental Medicine 662(6), 678-682*
10. Egan, A.D., Winchester, J.B., Foster, C. and McGuigan, M (2006). Using session RPE to monitor different methods of resistance exercise. *Journal of Sports Science and Medicine 5(2), 289-295*
11. Fitts, R. and Widrick, J (1996). Muscle mechanics: Adaptations with exercise-training. *Exercise and Sport Science Reviews 224, 427-473*
12. Fry, A.C (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine 334(10), 663-679*
13. Garhammer, J (1980). Power production by Olympic weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise 54-60*
14. Garhammer, J (1993). A review of power output studies of Olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction, and evaluation tests. *Journal of Strength and Conditioning Research 77(2), 76-89*
15. Garhammer, J. and Gregor, R.J (1992). Propulsion forces as a function of intensity for weightlifting and vertical jumping. *Journal of Applied Sport Science Research 66(3), 129-134*
16. Garhammer, J. and McLaughlin, T (1980). Power output as a function of load variation in Olympic and power lifting [Abstract]. *Journal of Biomechanics 3, 198*
17. Gentil, P., Oliveira, E. and Bottaro, M (2006). Time under tension and blood lactate response during four different resistance training methods. *Journal of Physiological Anthropology 25(5), 339-344*
18. Greer, B.K (2005). The effectiveness of low velocity (superslow) resistance training. *Strength and Conditioning Journal 227(2), 32-37*
19. Hill, A.V (1953). The mechanics of active muscle. *Proclamations of the Royal Society of London (Biology) 1141, 104-117*
20. Hunter, G.R., Seelhorst, D. and Snyder, S (2003). Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research 117(1), 6-81*
21. Hortobagyi, T., Hill, J.P., Houmard, J.A., Fraser, D.D., Lambert, N.J. and Israel, R.G (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *Journal of Applied Physiology 80(3), 765-772*
22. Hutchins, K (2001). What is SuperSlow?. *Available from URL: http://www.sszrc.com/articles/What_is_SuperSlow.pdf*
23. Kanehisa, H., Nagereda, H., Kawakami, Y., Akima, H., Masani, K., Kouzaki, M. and Fukanaga, T (2002). Effects of equivolume isometric training programs comprising medium or high resistance on muscle size and strength. *European Joural of Applied Physiology 887(2), 112-119*
24. Kawada, S. and Naokata, I (2005). Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Medicine and Science in Sport and Exercise 37(7), 1144-1150*
25. Keogh, J.W., Wilson, G.J. and Weatherby, R.P (1999). A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. *The Journal of Strength and Conditioning Research 113(3), 247-258*
26. Kraemer, W.J. and Koziris, L.P (1994). Olympic weightlifting and power lifting. In: Physiology and nutrition for competitive sport. *Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. Vol. 7. Eds: Lamb, D.R., Knuttgen, H.G. and Murray, R. Carmel (IN): Cooper. 1-54*
27. McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A. and 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 116(1), 75-82*
28. McDonagh, M. and Davies, C (1984). Adaptive responses of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European*

Journal of Applied Physiology 552(2), 139-155
29. Newton, H (1999). Weightlifting? Weight lifting? Olympic lifting? Olympic weightlifting?. *and Conditioning Journal 221(3), 15-16*
30. Rennie, M.J., Wackerhage, H., Spangenburg, E.E. and Booth, F.W (2004). Control of the size of the human muscle mass. *Annual Reviews of Physiology 666, 799-828*
31. Schott, J., McCully, K. and Rutherford, O.M (1995). The role of metabolites in strength training II. Short versus long isometric contractions. *European Journal of Applied Physiology 71(4), 337-341*
32. Smith, R.C. and Rutherford, O.M (1995). The role of metabolites in strength training I. A comparison of eccentric and concentric contractions. *European Journal of Applied Physiology 771(4), 332-336*
33. Stone, M.H., Plisk, S.S., Stone, M.E., Schilling, B.K., O'Bryant, H.S. and Pierce, K.C (1998). Athletic performance development: Volume load-1 Set vs. multiple sets, training velocity and training variation. *Strength and Conditioning 20(6), 22-33*
34. Tran, Q.T. and Docherty, D (2006). Dynamic training volume: a construct of both time under tension and volume load. *Journal of Sports Science and Medicine 55, 707-713*
35. Wernbom, M., Augustsson, J. and Thomee, R (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine 337(3), 225-264*
36. Wescott, W.L., Winett, R.A., Anderson, E.S., Wojcik, J.R., Loud, R.L., Cleggett, E. and Glover, S (2001). Effects of regular and slow speed resistance training on muscle strength. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 441(2), 154-158*
37. Wescott, W.L (1999). The case for slow weight-training technique. *Available from URL: http://www.naturalstrength.com/research/detail.asp?ArticleID=205*

Cita Original

Brian K. Schilling, Michael J. Falvo and Loren Z.F. Chiu. Force-Velocity, Impulse-Momentum Relationships: Implications For Efficacy Of Purposefully Slow Resistance Training. Journal of Sports Science and Medicine (2008) 7, 299 - 304