PubliCE, (PubliCE) 2004

Research

Ejercicio Explosivo

Meg Stone[1], Mike Stone[2] y Hugh Lamont[3]

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

RESUMEN

Al resumir varios aspectos de los ejercicios explosivos se puede señalar que: diferentes programas de entrenamiento provocan adaptaciones a largo plazo muy específicas, diferentes estados de entrenamiento alteran las adaptaciones al mismo, con el propósito de producir respuestas máximas todos los entrenamientos de la fuerza deberían incorporar esfuerzos máximos sin tener en cuenta el peso utilizado, el entrenamiento de la máxima fuerza explosiva requiere hacer énfasis tanto en la fuerza máxima como en el la fuerza explosiva, el entrenamiento de atletas avanzados requiere de un plan creativo. Este plan debería incorporar una estructura secuencial y periodizada. Podemos concluir que el "ejercicio explosivo", cuando se integra apropiadamente a un programa de entrenamiento, puede ser una parte invaluable del entrenamiento.

Palabras Clave: potencia muscular, ciclo de estiramiento acortamiento, fuerza explosiva, velocidad de desarrollo de

INTRODUCCION

Antes de discutir en detalle acerca de los ejercicios explosivos es necesario definir algunos términos y presentar los antecedentes teóricos para la discusión. Para esta discusión son de particular importancia los conceptos de fuerza, tasa de desarrollo de la fuerza y potencia. La fuerza puede ser definida como la capacidad de producir tensión (Siff 2001, Stone et al. 2001). Debido a que la tensión es una magnitud vectorial, la fuerza tendrá una magnitud y una dirección. La magnitud de la producción de fuerza puede oscilar entre 0 y 100% y los músculos involucrados determinarán la dirección de aplicación de la tensión. Es importante entender que la fuerza puede ser "aplicada" utilizando diferentes acciones musculares.

La fuerza se exhibe cuando los músculos se contraen para producir tensión. Las acciones musculares pueden tener cuatro formas diferentes:

- Isométrica: en la cual el músculo desarrolla tensión pero no hay un cambio apreciable en su longitud.
- Concéntrica: en la cual el músculo genera tensión y se acorta
- Excéntrica: en la cual el músculo genera tensión y se alarga
- Pliométrica: en la cual una acción concéntrica es precedida por una acción excéntrica, y por lo tanto se utiliza el ciclo de estiramiento acortamiento.

Las acciones musculares son respaldados por diferentes mecanismos fisiológicos y biomecánicos.

Los mecanismos involucrados en la producción de fuerza se presentan en la Figura 1. Hay dos factores principales, los cuales gobiernan la activación muscular y la graduación de la fuerza, estos son: 1) el número de unidades motoras reclutadas y 2) la frecuencia de activación de las unidades motoras, lo cual puede denominarse como "tasa de activación".

Estos dos factores normalmente trabajan en conjunto para incrementar la producción de fuerza. El grado exacto en que se hace énfasis en un mecanismo sobre el otro durante la activación muscular depende de la cantidad de fuerza requerida y quizás del tamaño y del tipo de músculo que está siendo activado.

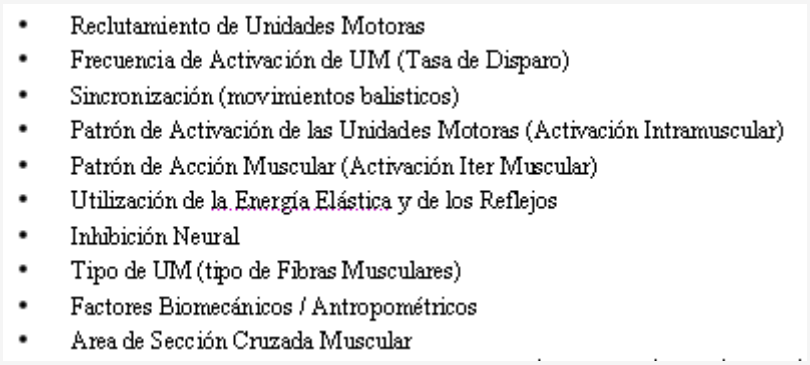


Figura 1. *Factores Neuromusculares Involucrados en la Producción de Fuerza*

Existen ciertas dudas acerca de la completa activación de un músculo desentrenado (Aagaard et al. 2000; Semmler and Enoka 2000). Además, el entrenamiento de la fuerza puede resultar en una mayor activación muscular, y por lo tanto influir la producción de fuerza.

Otro mecanismo, que puede afectar la producción muscular de tensión, es la sincronización de las unidades motoras. En una activación muscular normal de baja intensidad las unidades motoras disparan asincrónicamente. Sin embargo, a medida que se acerca al nivel máximo de fuerza algunas unidades motoras son activadas al mismo tiempo que otras unidades motoras.

La sincronización es también un factor principal en los movimientos balísticos y será discutido luego.

Existe gran evidencia acerca de los conceptos de especificidad intra e inter muscular. Las especificidad de la coordinación intramuscular se refiere a los patrones específicos de activación de las unidades motoras mientras que la especificidad de la coordinación inter muscular se refiere al interjuego de los patrones de activación en los músculos involucrados durante una tarea específica. El concepto de especificidad de la coordinación intramuscular puede ayudar a comprender el fenómeno de la hipertrofia regional (Antonio 2000), en el cual un ejercicio específico puede causar la hipertrofio en una región de un músculo pero no en otros. Los físicoculturistas han reconocido este aspecto del entrenamiento argumentando que para desarrollar de forma completa un determinado músculo de deben realizar diferentes ejercicios.

Tanto los patrones de activación intra como inter musculares pueden cambiar con muy ligeras alteraciones en el patrón de movimiento, en las acciones concéntricas o excéntricas o con los cambios en la velocidad (Semmler and Enoka 2000, Zajac and Gordon 1989). Debido a estas alteraciones en los patrones de activación, la selección de los ejercicios para el entrenamiento de la fuerza/potencia debería ser visto como algo específico para el movimiento mas que simplemente el entrenamiento de un músculo. La mejora en la eficiencia de los patrones de activación intra y especialmente inter muscular implica un mejora en la actividad coordinativa y es un mecanismo importante que contribuye a la mejora en la expresión de la fuerza (Semmler and Enoka 2001)

La utilización de los reflejos y del ciclo de estiramiento acortamiento (CEA) pueden también alterar la producción de fuerza (Bobbert et al 1996, Cronin et al 2000). Básicamente, el CEA consiste de una acción muscular pliométrica en la cual a una acción concéntrica es precedida por una contracción excéntrica. Los mecanismos involucrados en la mejora de la contracción concéntrica incluyen: la utilización de energía elástica, reflejos de estiramiento, optimización de la longitud muscular, optimización de la activación muscular y de los patrones de activación muscular (Bobbert et al. 1996, Bobbert 2001). Cierta evidencia indica que la mejora de la fuerza máxima puede aumentar la porción concéntrica del CEA (Cronin et al 2000). Aprender a utilizar el ciclo de estiramiento acortamiento de manera mas eficiente puede incrementar marcadamente la producción de fuerza.

El grado de inhibición neural también puede afectar la capacidad de producir fuerza. La inhibición puede tomar dos formas diferentes, consciente y somática reflexiva. La inhibición consciente se refiere a la percepción (bien o mal) de que un determinado peso puede producir una lesión. Por ejemplo, si usted nunca antes realizó sentadillas y se le pidiera que

realice una sentadilla completa con 300kg, lo mas probable es que usted (si es remotamente inteligente) se rehuse. La inhibición somática reflexiva, incluye la retroalimentación proveniente de varios receptores musculares y articulares, y se ha sugerido que es parte de un mecanismo protector. Este mecanismo protector, puede reducir la tensión muscular durante esfuerzos máximos o cuasi máximos. Aparentemente el entrenamiento de la fuerza reduce la sensibilidad de los receptores, disminuyendo la inhibición lo que es parcialmente responsable de las mayores tensiones desarrolladas (achieved (Aagaard et al. 2000)

El tipo de unidades motoras también pueden influenciar la fuerza. Varios estudios han indicado que una gran área de sección cruzada de fibras tipo II puede ser ventajoso en términos de producción de fuerza dinámica (Powell et al 1984) aun cuando la arquitectura muscular y otros factores mecánicos deberían tomarse en consideración. El entrenamiento de la fuerza, particularmente, el entrenamiento de la fuerza explosiva parece producir un incremento en la relación en el área de sección cruzada de fibras musculares tipo II/I de manera que favorecería la producción de fuerza y potencia.

Los factores biomecánicos y antropométricos tales como la arquitectura muscular, el punto de inserción muscular, la talla, la longitud de las extremidades y el momento que generan las extremidades pueden alterar las ventajas del sistema de palancas musculares. Por ejemplo, los levantadores de potencia poseen una alta relación de masa corporal/talla (Bm/h) en comparación con sujetos desentrenados u otros grupos atléticos. Esta Bm/h tiene sus ventajas ya que puede proveer una incrementada producción de fuerza. Esta ventaja esta asociada con la fuerte correlación positiva entre el área de sección cruzada muscular y la capacidad de fuerza máxima (Semmler and Enoka 2000). Si dos atletas con diferente talla y diferente longitud de las extremidades tienen la misma masa y volumen muscular, el atleta con menor talla tendrá una mayor área de sección cruzada muscular y por lo tanto una mayor capacidad para generar fuerza.

De los diferentes mecanismos relacionados con la fuerza máxima absoluta, el más importante es el área de sección cruzada muscular. Desde un punto de vista práctico, si el área de sección cruzada muscular no fuera el principal factor que afecte la producción de fuerza máxima absoluta entonces no habría diferentes categorías de peso en deportes tales como el boxeo, judo, lucha o levantamiento de pesas. La correlación entre la fuerza y el área de sección cruzada muscular tiene su origen en el número de sarcómeros en paralelo. Cuantos mas sarcómeros en paralelos halla mayor será la fuerza máxima de un músculo. El proceso de hipertrofia, que resulta del entrenamiento de la fuerza produce una adición de sarcómeros en paralelo los que a la vez produce un incremento en el potencial del músculo para producir fuerza.

EJERCICIO EXPLOSIVO

El ejercicio explosivo puede ser definido como un movimiento en el que se alcanzan tasas máximas o casi máximas de desarrollo de la fuerza. Los ejercicios explosivos pueden ser tanto isométricos como dinámicos. Existen varios factores que contribuyen directamente a los ejercicios explosivos incluyendo la tasa de activación muscular y la sincronización.

Tasa de Activación: un factor importante que afecta la tasa de desarrollo de la fuerza, tiene que ver con la tasa de activación muscular. Un trabajo realizado por Vitasalo y Komi (1981) señaló claramente que el incremento en la activación de las unidades motoras medido a través del EMG está asociado con el incremento en la fuerza muscular. En la Figura 2 pude observarse evidencia de esta relación. Obsérvese que en el trazado de A la tasa inicial de activación y de desarrollo de la fuerza es mayor que en el trazado de B. Por lo tanto, la tasas de desarrollo de la fuerza es en gran medida un función de la habilidad del sistema nervioso para activar el músculo. Con frecuencia, para realizar con éxito “actividades explosivas y con altos niveles de potencia” tales como el sprint, los lanzamientos y el levantamiento de pesas se requieren altas tasas de desarrollo de la fuerza.

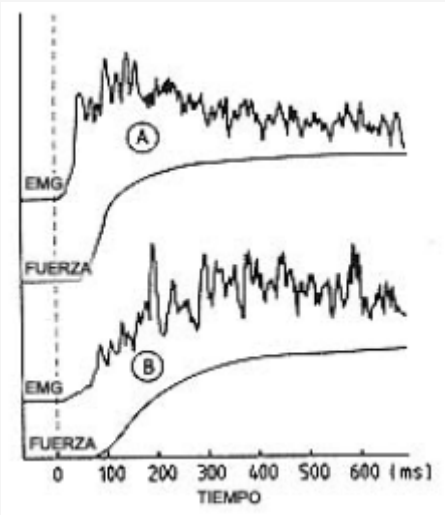


Figura 2. *Tasa de activación. Komi 1986.*

Sincronización: con bajos niveles de tensión muscular casi no se puede observar sincronización. Las unidades motoras comúnmente son activadas en forma de contracciones "dinámicas" breves. La Figura 3 muestra los patrones asincrónicos de activación de varias unidades motoras. Obsérvese que durante una activación asincrónica cuando una unidad motora se desactiva otra esta siendo activada; este patrón crea un producción de tensión muscular, la cual permite la realización de movimientos suaves. El incremento en la activación muscular a través del incremento en el reclutamiento o en la tasa de disparo puede incrementar la producción de fuerza muscular.

A medida que se incrementa la producción de tensión se pueden producir mayores niveles de sincronización. La frecuencia máxima de activación puede oscilar entre 30-50htz para las unidades motoras de bajo umbral, y hasta 100 htz para las unidades motoras de alto umbral, dependiendo del tipo y de la intensidad de la acción muscular. Además, el entrenamiento de la fuerza puede incrementar el número de unidades motoras sincronizadas y puede resultar en una mayor sincronización con menores niveles de producción de fuerza (Semmler and Nordstrom 1998). Sin embargo, el grado al cual la sincronización afecta la fuerza máxima, especialmente cuando se la mide isométricamente, parece ser mínima (Yao et al 2000). La sincronización parece jugar un papel importante en los movimientos balísticos.

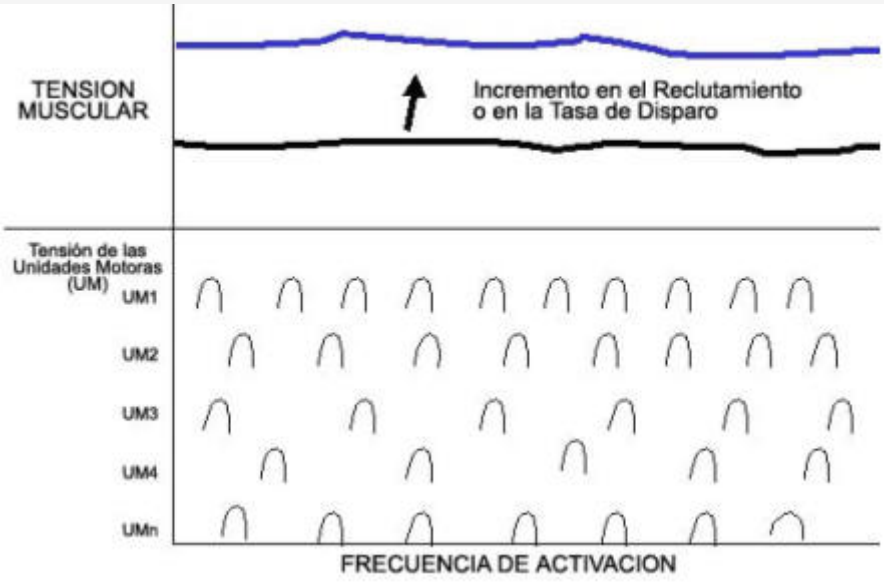


Figura 3. *Activación de las unidades motoras (UM).*

Movimientos Balísticos: dependencia de la sincronización: En la Figura 4 se pueden observar las características trifásicas de los patrones de activación muscular registrados por EMG: en la primera fase hay un período silente durante el cual las unidades motoras tienen tiempo suficiente como para completar sus períodos refractarios. Este "período silente pre motor" precede a la activación del músculo principal o agonista. El período silente pre motor le permite que un gran número de unidades motoras se sincronicen, lo cual a su vez produce un breve pero muy grande impulso de fuerza durante la segunda fase o período pre programado. Luego del estallido de actividad del músculo que realizará el movimiento el agonista es activado y actúa como sistema de palanca, lo cual enlentece el movimiento y reduce el potencial de lesión. En la tercera y última fase de "propiocepción" el músculo agonista se vuelve activo con el propósito de producir sutiles ajustes en las etapas finales del movimiento.

La respuesta básica trifásica es activada en todos los movimientos balísticos y puede ser refinada por medio de un entrenamiento apropiado de la fuerza.

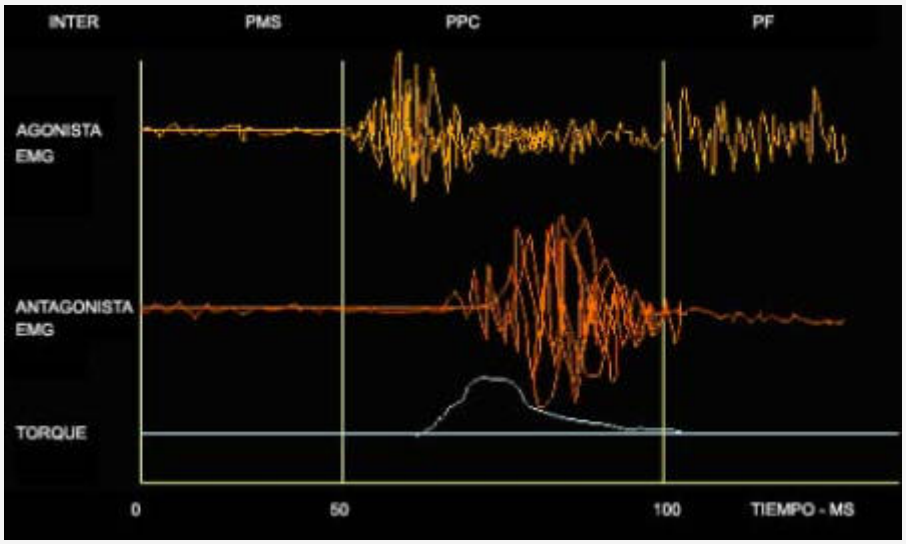


Figura 4. *Patrón de activación trifásico.*

LA MEDICION DE LA FUERZA EXPLOSIVA

Para describir adecuadamente a la "fuerza explosiva" es necesario y medir tanto el pico de fuerza como el desarrollo de la fuerza. Comúnmente se utiliza un plataforma de fuerza.

Curva Fuerza Isométrica – Tiempo: La Figura 5 representa un curva fuerza isométrica – tiempo característica producida durante el tirón en el envión. La fuerza producida en los primeros 30 milisegundos puede ser llamada "fuerza inicial". La fuerza inicial está asociada con la habilidad para producir movimientos rápidos tales como patadas o golpes. La fuerza pico es la fuerza máxima alcanzado bajo las condiciones de medición y está asociada con la habilidad de levantar objetos pesados. La tasa pico de desarrollo de la fuerza es lo que ha sido llamada "fuerza explosiva" y esta asociada con la habilidad de acelerar objetos.

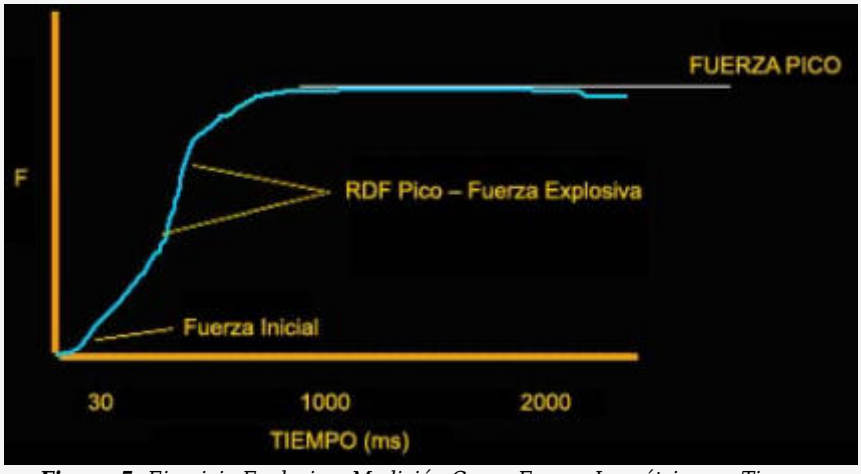


Figura 5. *Ejercicio Explosivo: Medición-Curva Fuerza Isométrica vs. Tiempo.*

Curva Fuerza Concéntrica – Tiempo: La Figura 6 representa la curva fuerza – tiempo durante la fase concéntrica del tirón. Obsérvese que para cualquier esfuerzo dinámico con pesos menores que la capacidad isométrica máxima, la fuerza pico será correspondientemente menor. Por ejemplo el pico de fuerza será mas bajo con porcentajes decrecientes del máximo, desde 90 a 80 a 70 y así sucesivamente. Sin embargo, alguna evidencia indica que hasta cierto punto la tasa pico de desarrollo de la fuerza se incrementa a medida que la carga se reduce. De esta manera, en general, el pico de fuerza y la tasa pico de desarrollo de la fuerza están relacionadas de manera inversa.

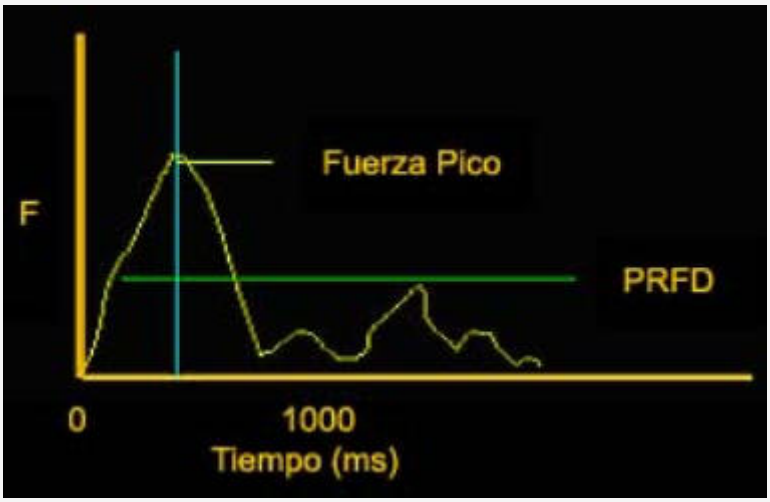


Figura 6. *Ejercicio Explosivo: Medición – Curva Fuerza Concéntrica vs. Tiempo.*

Curva Fuerza Pliométrica – Tiempo: muchos ejercicios involucran la realización de movimientos pliométricos en los cuales se produce el ciclo de estiramiento acortamiento. La Figura 7 muestra una curva fuerza - tiempo característica, la cual puede ser generada como resultado de un movimiento de salto. Durante un salto con contra movimiento hay una fase en donde se reduce el peso lo que inicial el ciclo de estiramiento acortamiento y produce el movimiento pliométrico. La fuerza resultante ascendente puede ser aumentada por medio del estiramiento previo del músculo. Como se señalo anteriormente el/los mecanismo/s por el cual la fuerza puede ser aumentada por medio del estiramiento previa no están completamente aclarados, pero hay varias posibilidades entre las cuales se encuentran: a) las propiedades elásticas del músculo, b) el reflejo miotático, c) el alargamiento del músculo hasta su longitud óptima o d) la optimización del patrón de movimiento (Bobbert 2001).

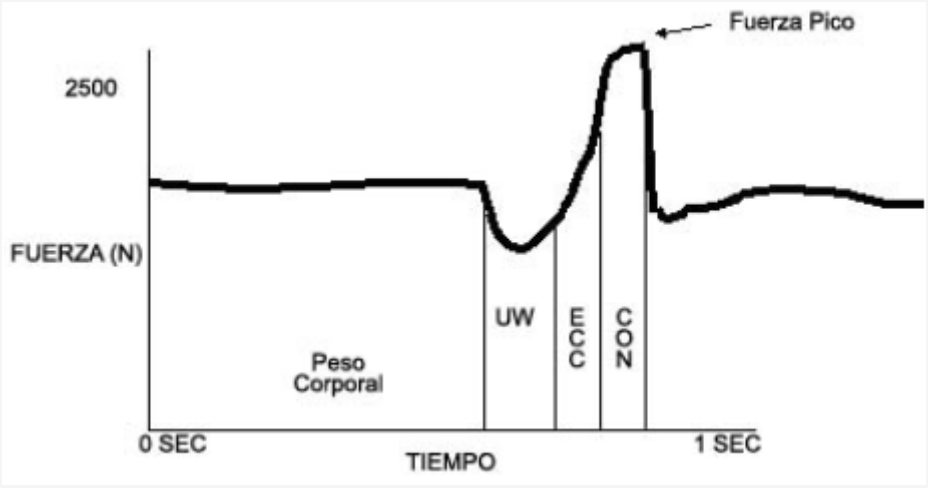


Figura 7. *Fuerza Vertical: Importancia del CEA – Curva Fuerza Pliométrica vs. Tiempo.*

Para muchos deportes la habilidad de producir fuerza rápidamente puede ser más importante que la producción de fuerza máxima. La tasa de producción de fuerza es el cambio en la fuerza / el cambio en el tiempo. Como se señaló previamente la tasa de desarrollo de la fuerza es principalmente una función de la tasa de incremento en la activación muscular por el sistema nervioso (Komi and Viitasalo 1976, Viitasalo and Komi 1981). Aunque la fuerza es la responsable directa de la aceleración de un objeto es posible afirmar que cuanto más rápido se alcanza una determinada fuerza, mas rápido será la correspondiente aceleración. Por lo tanto la tasa de desarrollo de la fuerza puede ser asociada con la habilidad para acelerar objetos (Schmidtbelicher 1992). De esta manera, alcanzar un alto pico de desarrollo de la fuerza o lo que es lo mismo una alta fuerza explosiva estaría asociado con una alta capacidad de aceleración. La importancia tanto del pico de producción de fuerza y como de altas tasa de desarrollo de la fuerza puede observarse a través de la 2º ley de Newton y también utilizando el sprint como ejemplos.

$$F = MA + W$$

En esta ecuación que representa la segunda ley de Newton, la Fuerza (F) menos el peso (W) de un objeto es igual a la masa (M) por la aceleración (A). Acomodando la ecuación, la fuerza (F) es igual al peso de un objeto (W) mas la masa (M) por la aceleración (A).

Los estudios han indicado que las fuerza limitantes durante un sprint son las fuerzas verticales mas que las horizontales, las que afectan la longitud de la zancada (Weyand et al 2000). Durante el sprint los velocistas de elite utilizan un patrón alternante de fuerzas verticales de reacción y el centro de masas se mueve hacia arriba a una velocidad de 0.49 m•s-1 y hacia abajo a una velocidad de 0.49 m•s-1. El tiempo de contacto promedio es de 0.087 s y la masa corporal promedio es de aproximadamente 79.5 kg. la fuerza pico característicamente se produce cuando la rodilla alcanza un ángulo de 135-150º (Mann 1996).

Substituyendo estos valores, para velocistas de elite, en la ecuación de fuerza (segunda ley de Newton)

VF = 79.5 (0.98 m x s-1)/0.087s = 895.5 N + 779.1 = 1674.6N hallamos que un velocista de elite produce 1675 N o 375 lbs de fuerza vertical, sobre una pierna. Por lo tanto los velocistas deben ser bastante fuertes. Además es importante señalar que esta producción de fuerza debe ocurrir solo en 0.087 s, por lo que la tasa de producción de fuerza es bastante alta. De esta manera, estos velocistas deben ser muy fuertes y "explosivos" ya que esta fuerza debe producirse muy rápidamente.

Importancia de la Producción de Potencia: el trabajo es el producto de la fuerza por al distancia. La potencia es la tasa de realización de trabajo y puede ser expresada como el producto de la fuerza por la velocidad. La potencia puede ser calculada como un promedio sobre el rango de movimiento o como un valor instantáneo que ocurre en un instante particular durante el desplazamiento de un objeto. El pico de potencia (PP) es el valor mas alto de potencia instantánea hallada en un rango de movimiento. La potencia máxima (MP) es la producción mas alta de potencia pico que uno es capaz de generar bajo un conjunto dado de condiciones tales como el estado de entrenamiento o el tipo de ejercicio. Las acciones musculares que maximizan la potencia incluyen los saltos, los lanzamientos y las patadas; en efecto las actividades en las cuales esta secuencia de movimientos resulta en velocidades máximas depende principalmente de la producción de potencia (Young 1993). Además, las actividades que requieren rápidos cambios de dirección y aceleración, como las que se

observan en las pruebas de “agilidad”, dependen de estallidos de altas producciones de potencia. Por lo tanto, la producción de potencia es probablemente el factor mas importante que se debe tener en cuenta para clasificar rendimientos deportivos; esto es quien gana y quien pierde. Aunque la producción promedio de potencia puede estar asociada con el rendimiento en los eventos de resistencia, para las actividades explosivas tales como los saltos, los sprints y los movimientos de levantamiento de pesas, la PP está fuertemente correlacionada con el éxito (Garhammer, 1993; Kauhanen et al 2000; McBride et al 1999; Thomas et al 1994).

POTENCIALES ADAPTACIONES AL ENTRENAMIENTO

Las adaptaciones al entrenamiento dependen de numerosos factores incluyendo, las variables de entrenamiento tales como el volumen y la intensidad, la especificidad mecánica y el estatus de entrenamiento. Diferentes métodos de entrenamiento pueden producir diferentes adaptaciones a largo plazo (Figura 8). Por ejemplo se podría esperar que un entrenamiento característico de la fuerza produjera incrementos en la parte alta y al final de la curva de fuerza – tiempo. El entrenamiento explosivo, probablemente afectará la parte inicial de la curva mas que la fuerza pico. Se debe señalar que con el propósito de afectar las adaptaciones a largo plazo, se deben considerar en el entrenamiento tanto el volumen y como la intensidad.

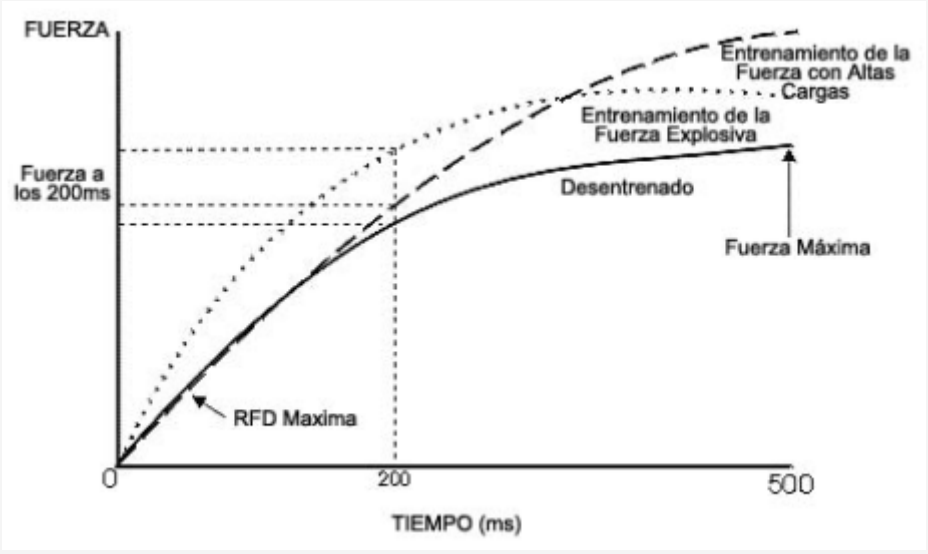


Figura 8. *Adaptaciones potenciales al entrenamiento.*

Valor de umbral para la fuerza: por ejemplo, Hakkinen et al (1987, 1988) estudiaron a levantadores de pesas de elite durante un período de 1 año. Se observó que los niveles de fuerza máxima dependían de la máxima activación muscular. La máxima activación muscular se alcanzaba solamente cuando la intensidad del entrenamiento era del 80% de 1RM o mayor. Cuando la intensidad relativa promedio de entrenamiento caía por debajo del 80% la fuerza máxima también se reducía. Estos datos indican que entre los levantadores de pesas, el umbral para el mantenimiento de la fuerza o para el incremento de la fuerza máxima es aproximadamente el 80% de 1RM.

Sin embargo, Hakkinene et al (1987, 1988) también observaron que si los levantadores de pesas entrenaban a mayores intensidades durante demasiado tiempo, la fuerza máxima y la potencia se reducían a pesar de la intensidad del entrenamiento. Mas recientemente, Fry et al (1994) ha presentado datos que indican que un entrenamiento a intensidad constante puede provocar una reducción en la fuerza máxima y en la fuerza explosiva, en tan poco tiempo como 2-3 semanas. Este tipo de “sobreentrenamiento” ha sido atribuido a la “fatiga neural” y señala la necesidad de la variación en el entrenamiento.

Argumentos similares se pueden realizar con respecto al volumen.

ESPECIFICIDAD DEL ENTRAMIENTO

"La transferencia del efecto de entrenamiento" tiene que ver con el grado de adaptación del rendimiento, la cual resulta de los ejercicios utilizados en el entrenamiento y está fuertemente relacionada al concepto de especificidad del entrenamiento. La especificidad mecánica se refiere a la cinética y a las asociaciones cinemáticas entre los ejercicios de entrenamiento y el rendimiento físico. Por lo tanto la especificidad mecánica, incluye patrones de movimiento, el pico de fuerza, la tasa de desarrollo de la fuerza, y los parámetros de aceleración y velocidad. Cuanto mas se asemeje el ejercicio de entrenamiento a la realidad mayor son las probabilidades de transferencia (Behm 1995, Sale 1992, Schmidt 1991).

Existen varios métodos de entrenamiento de la fuerza/potencia. Sin embargo, los efectos de estos métodos de entrenamiento sobre la fisiología neuromuscular y las variables de rendimiento pueden ser drásticamente diferentes. Aquí se discutirán cuatro tipos de entrenamiento, estos métodos son: isométrico, entrenamiento con altas cargas, entrenamiento de la fuerza velocidad y entrenamiento intencionalmente lento.

La Tabla 1 compara los efectos relativos sobre el sistema neuromuscular que resultas de los 4 diferentes tipos de protocolos de entrenamiento (Hakkinen 1994, Jones et al 1999, Jones et al 2000, Stone et al 2001): isométrico, entrenamiento característico de la fuerza, entrenamiento dinámico explosivo y entrenamiento intencionalmente lento.

Tipo de Entrenamiento	Hipertrofia	CSA II/I	Neural
Isométrico	+	+	++
Altas Cargas	++++	++	+
Fuerza Velocidad	+	+++	++++
Intencionalmente Lento	+++	+	+

Tabla 1. *Especificidad del entrenamiento de la fuerza/potencia. Adaptaciones neuromusculares relativas. El momento del entrenamiento y el estado de entrenamiento son de suma importancia. Hakkinen 1994, Stone 1993, Jones et al 1999, Jones et al 2000, Stone et al 2001*

El entrenamiento isométrico, el cual alcanzó popularidad en los 60', no ha mostrado producir una gran hipertrofia. El entrenamiento con altas cargas está caracterizado por la utilización de cargas iguales o mayores al 80% de 1RM y 5-8 repeticiones. La carga levantada se mueve lentamente, aun si se realiza el levantamiento de forma explosiva, debido los valores relativos cercanos al máximo. El entrenamiento de la fuerza con altas cargas puede producir una marcada hipertrofia, excepto durante las etapas iniciales de un programa para un principiante. El entrenamiento de la fuerza – velocidad con una alta producción de potencia no produce una marcada hipertrofia, excepto en individuos sedentarios, pero puede resultar en profundas alteraciones del sistema nervioso. El entrenamiento intencionalmente lento se hizo popular recientemente en los clubes de salud, básicamente este tipo de entrenamiento se realiza moviendo una carga ligera a una velocidad intencionalmente lenta tanto durante la fase concéntrica como durante la excéntrica, lo cual se cree que causa un mayor reclutamiento de unidades motoras. Los entusiastas de los movimientos intencionalmente lentos creen que en el tiempo en que el músculo está bajo tensión se mejora tanto la fuerza como la hipertrofia. Frecuentemente este tipo de entrenamiento se realiza en una sola serie. Aunque, actualmente hay poca información en lo que respecta a los efectos del entrenamiento con movimientos intencionalmente lentos sobre la hipertrofia, algunos estudios sugieren que si bien se puede producir la misma hipertrofia, esta no es tan extensiva como la que se obtiene como resultado del entrenamiento con altas cargas (Keeler et al 2000).

Se han observado diferentes adaptaciones para los distintos tipos de fibras. Las fibras tipo II característicamente muestran una tasa mas rápida de hipertrofia en comparación con las fibras tipo I, aunque la razón de esta mas rápida hipertrofia no es completamente clara. De esta manera el entrenamiento de pesas puede producir hipertrofia fibrilar tal como el incremento en la relación del área de sección cruzada de fibras tipo II/I; cuyo grado de incremento depende del tipo de entrenamiento. Existe evidencia de que un entrenamiento llevado a cabo con grandes producciones de potencia produce incrementos en la relación del área de sección cruzada de fibras tipo II/I, en mayor extensión que los otros tipos de entrenamiento. Una alta relación de fibras tipo II/I es probablemente una ventaja en lo que se refiere a la realización de "ejercicios explosivos con altas producciones de potencia".

La Tabla 2 compara los métodos de entrenamiento en base a los resultados potenciales de rendimiento. Aunque frecuentemente las adaptaciones al entrenamiento isométrico son específicas del ángulo, este tipo de entrenamiento puede

mejorar las fuerza máxima, especialmente cuando la fuerza máxima se mide isométricamente. En sujetos relativamente desentrenados el entrenamiento isométrico pude mejorar la velocidad de movimiento, debido a que se realiza un esfuerzo consciente para moverse rápido (Behm 1995). Sin embargo, los efectos sobre la velocidad son relativamente menores en comparación con el entrenamiento de la fuerza velocidad (Hakkinen 1995). El entrenamiento de pesas con altas cargas tiene su mayor efecto sobre la fuerza máxima medida en 1RM. Entre los principiantes se producen grandes ganancias en la fuerza, en la tasa de desarrollo de la fuerza y en la velocidad. El entrenamiento de la fuerza velocidad tiene su mayor efecto sobre la tasa de desarrollo de la fuerza y sobre la producción de potencia, con menores efectos sobre las mediciones de fuerza máxima. El entrenamiento intencionalmente lento tiene su mayor efecto sobre las mediciones de fuerza máxima, con mucho menos efecto y quizás hasta con efectos negativos sobre la tasa de desarrollo de la fuerza, la potencia y la velocidad.

Tipo de Entrenamiento	Isométrico PF	1RM	IPRFD	DPRFD	PP	Velocidad Máxima
Isométrico	++++	+++	++	+	+	+
Altas Cargas	+++	++++	++	++	++	++
Fuerza Velocidad	+	++	+++	++++	++++	+++
Intencionalmente Lento	+++	++	?	+	+	+,-

Tabla 2. *Especificidad del entrenamiento de la fuerza/potencia. Efectos relativos sobre el rendimiento. El momento del entrenamiento y el estado de entrenamiento son de suma importancia. Hakkinen 1994, Stone 1993, Jones et al 1999, Jones et al 2000, Stone et al 2001.*

La especificidad de los efectos del entrenamiento son muy aparentes en una comparación entre el entrenamiento de la fuerza con altas cargas y el entrenamiento de la fuerza velocidad (Figura 9) llevado a cabo en una serie de estudios realizados por Hakkinen y Komi (1985a,. 1985b). Un grupo de estudiantes de educación física entrenaron en media sentadilla utilizando el método de altas cargas, mientras que otro grupo utilizó saltos con cargas de aproximadamente 30 % de su 1 RM. Las curvas de fuerza-tiempo trazadas con los valores pre y post entrenamiento muestran las diferentes adaptaciones. El grupo que entrenó con altas cargas mostró un incremento del 27 % en la fuerza pico, pero muy poca alteración en la tasa pico de desarrollo de la fuerza. El trazado simultáneo del EMG mostró las alteraciones correspondientes a cambios en la curva fuerza-tiempo con solo un incremento del 3 % en la activación en la región del pico de fuerza y sin cambios en la región de la tasa de desarrollo de la fuerza. La ganancia en el pico de fuerza mostrada por el grupo que entrenó con altas cargas fue atribuida a la hipertrofia muscular. Por otro lado el grupo que entrenó fuerza velocidad mostró un incremento del 11% en la región de la fuerza pico de la curva de fuerza-tiempo y una mejora del 24 % en la región de la tasa de desarrollo de la fuerza. El trazado simultáneo del EMG indico que una mejora en el EMG generalmente se corresponde con ganancias en el pico de la fuerza y en el desarrollo de la fuerza. Por lo tanto, el grupo que entrenó fuerza velocidad mostró las mayores adaptaciones en el sistema nervioso mientras que el grupo que entrenó con altas cargas mostró mayores ganancias en la hipertrofia.

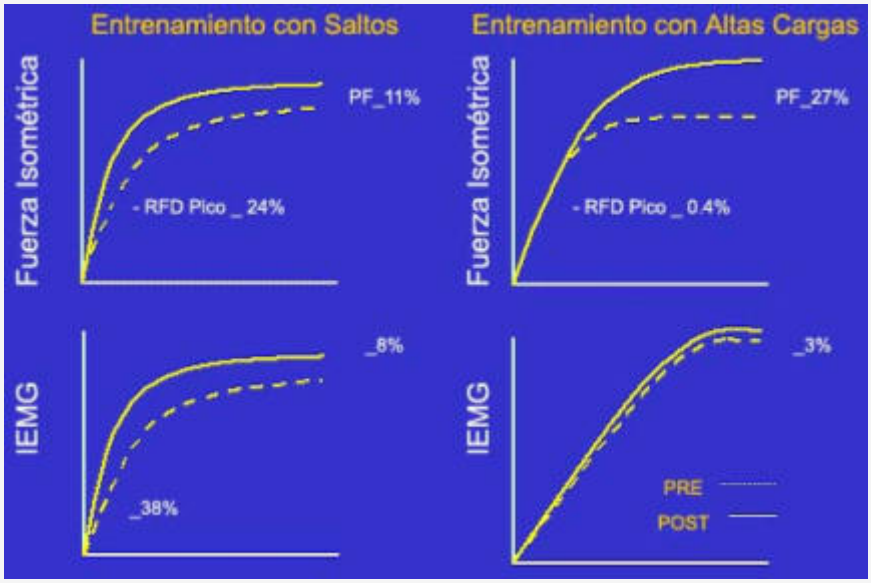


Figura 9. *Adaptaciones neurales al entrenamiento de la fuerza con altas cargas.*

Otro factor, que mejora la transferencia del entrenamiento al rendimiento, tiene que ver con el patrón de movimiento. El patrón de movimiento es la aplicación de las fuerzas de la manera mas eficiente y en la dirección mas apropiada. El patrón de movimiento incluye tanto aspectos específicos de coordinación intramuscular como intermuscular.

Especificidad de patrón de movimiento (intramuscular): varios estudios han mostrado que hay una alto grado de especificidad intramuscular en una tarea. Estos estudios indican que para una tarea específica , existe un grupo de neuronas motoras que son activadas de una manera específica. Si la tarea es cambiada, a través de alteraciones en el patrón de movimiento o quizás en la velocidad, entonces tendrá que producirse un cambio en el grupo de neuronas que lleva a cabo la tarea. Estos datos respaldan la práctica difundida entre los físicoculturistas de utilizar diferentes ejercicios para provocar el completo desarrollo de un músculo (Antonio 2000).

Especificidad en el patrón de movimiento (intermuscular): el patrón de activación de todos los músculos, así como también la utilización eficiente de los reflejos y del ciclo de estiramiento acortamiento, son específicos de la tarea a realizar. Con respecto a esto, el rol funcional de los músculos como agonistas, antagonistas o estabilizadores debe ser establecido con cuidado. Estos roles funcionales pueden cambiar dependiendo de si se esta realizando un movimiento monoarticular o multiarticular así como también con cambios en la velocidad de movimiento (Zajac and Gordon 1989). Por lo tanto en el deporte o en las actividades de la vida diaria en las cuales se producen movimientos multiarticulares, especialmente aquellos que requieren de altas producciones de potencia o altas velocidades, la transferencia de los efectos del entrenamiento se logran mediante la utilización de movimientos complejos multiarticulares que tienen una cinética similar y características cinemáticas similares.

Debido al alto grado de especificidad de una tarea, las ganancias en la fuerza pueden ser afectadas por numerosos factores incluyendo el número de articulaciones involucradas, la velocidad y la posición del movimiento (Rach and Morehouse 1957, Zajac and Gordon 1989, Stone et al 2001). Por ejemplo, Thorstensson (1977) llevo a cabo un estudio con estudiantes de educación física que entrenaron con media sentadilla durante 8 semanas. Las mediciones pre y post entrenamiento indicaron una mejora del 75% en la 1RM en media sentadilla (Figura 10). Sin embargo, la mejora en la fuerza isométrica medida en press de piernas fue solo del 40% y esencialmente no se produjeron mejoras en el ejercicio de extensiones de rodilla. Aunque la media sentadilla afectó a los músculos utilizados en los tres ejercicios es claro que las diferencias en el patrón de movimiento alteraron las aparentes ganancias en la fuerza. Estos datos también indican que cuanto mas similar es el ejercicio al patrón de movimiento utilizado en el deporte mayor será la transferencia.

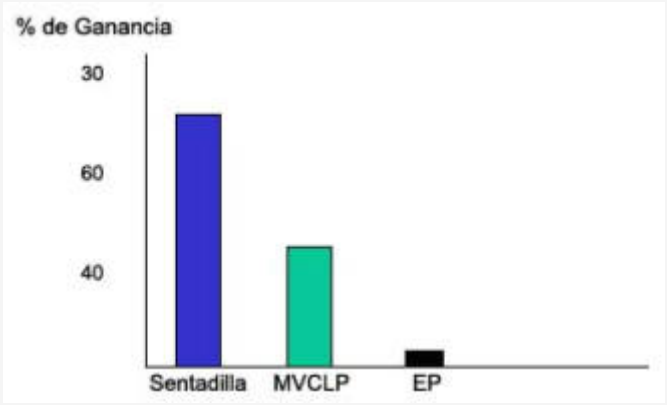


Figura 10. *Especificidad del patón de movimiento.*

Ejercicios de Fuerza Velocidad

Muchos deportes requieren del desarrollo de la velocidad. Con el propósito de mejorar el desarrollo de la velocidad se han utilizado una categoría especial de ejercicios llamados “ejercicios de fuerza velocidad”. Los ejercicios de fuerza velocidad se realizan con un esfuerzo máximo y con cargas submáximas seleccionadas para maximizar la potencia. La evidencia indica que para ejercicios monoarticulares que involucran pequeñas masas musculares la potencia pico se encuentra alrededor del 30% de la fuerza isométrica pico. Para ejercicios multiarticulares en los cuales esta involucrado el peso corporal, tales como el salto o los movimientos de levantamiento de pesas, aparentemente el pico de potencia se produce entre el 10 y el 40% de la fuerza isométrica pico, dependiendo del estatus de entrenamiento.

Si el rendimiento es balístico, entonces la evidencia indica que la mayoría, si no todo, el entrenamiento debería también ser de naturaleza balística (Newton et al 1996). Los ejercicios balísticos no están limitados por un punto de desaceleración como si lo están los ejercicios tradicionales tales como el press en banco o las sentadillas. Los ejercicios balísticos incluyen varios tipos de lanzamientos, saltos y movimientos del levantamiento de pesas. Deberíamos señalar también que los movimientos balísticos pueden ser movimientos concéntricos o pueden ser de naturaleza pliométrica.

Ejercicios pliométricos versus ejercicios solo concéntricos: Los ejercicios para el desarrollo de la potencia y de la velocidad pueden ser divididos en diferentes categorías en base a su velocidad de movimiento o en base a si contienen o no un elemento pliométrico. Por ejemplo (Figura 11) los movimientos de salto pueden ser realizados como sentadillas con cargas o pueden ser realizados como un ejercicio de fuerza velocidad, sin embargo ambos tendrán una fase de contramovimiento preliminar. En algunos deportes un movimiento puede ser iniciado si un contramovimiento, por ejemplo un velocista que sale de los tacos. Por lo tanto algunos de los ejercicios de entrenamiento deberían intentar imitar este tipo de salida, por ejemplo, las sentadillas con altas cargas pueden ser realizadas descendiendo, manteniendo la posición por varios segundos antes de ascender, o se podrían realizar las sentadillas ascendiendo desde cierta altura en una máquina multifuerza.

Categoría	Ejemplo
Contra movimiento	
a) lento	Sentadillas con carga
b) rápido	Saltos verticales con carga
Salida Estática	
a) lento	Sentadillas solamente ascendentes, peso muerto
b) rápido	Saltos verticales estáticos, arranque, envión

Figura 11. *Especificidad. Desarrollo de la potencia y de la velocidad: Categoría de ejercicios*

TRANSFERENCIA EXITOSA DEL EFECTO DE ENTRENAMIENTO

Como se señalo previamente, existen numerosos criterios que debe cumplir un ejercicio para que este tenga un transferencia exitosa del efecto de entrenamiento. Estos criterios incluyen el patrón de movimiento, la producción de fuerza y los parámetros de velocidad. También debe haber una aplicación de la sobrecarga para una adaptación exitosa del rendimiento. Sin no hay sobrecarga entonces el rendimiento deportivo no mejorará mas allá de la adaptación a la simple práctica del deporte.

Las características del patrón de movimiento incluyen (Siff and Verkoshansky 1998, Stone et al. 2001):

1. El tipo de acción muscular
2. Regiones acentuadas de producción de fuerza
3. La complejidad, amplitud y dirección del movimiento
4. Movimientos balísticos versus movimientos no balísticos

Los factores de sobrecarga incluyen:

1. Producción de fuerza
2. Tasa de producción de fuerza
3. Producción de potencia

EL ESTADO ENTRENADO

La Figura 12 representa una expresión cualitativa del potencial cronológico de las adaptaciones de la fuerza y de los mecanismos subyacentes. Los mecanismos subyacentes han sido divididos a grosso modo en factores de tipo neural y factores de tipo hipertrófico. La adaptación neural inicial ocurre bastante rápidamente en comparación con los factores hipertróficos y representa el mecanismo principal de adaptación al entrenamiento de la fuerza durante las etapas tempranas del entrenamiento. Las posteriores adaptaciones son característicamente mas dependientes del incremento en el área de sección cruzada muscular. Sin embargo, ambos factores tienen limitaciones genéticas que hacen que las posteriores ganancias en la fuerza o en la potencia sean difíciles de alcanzar para los atletas avanzados.

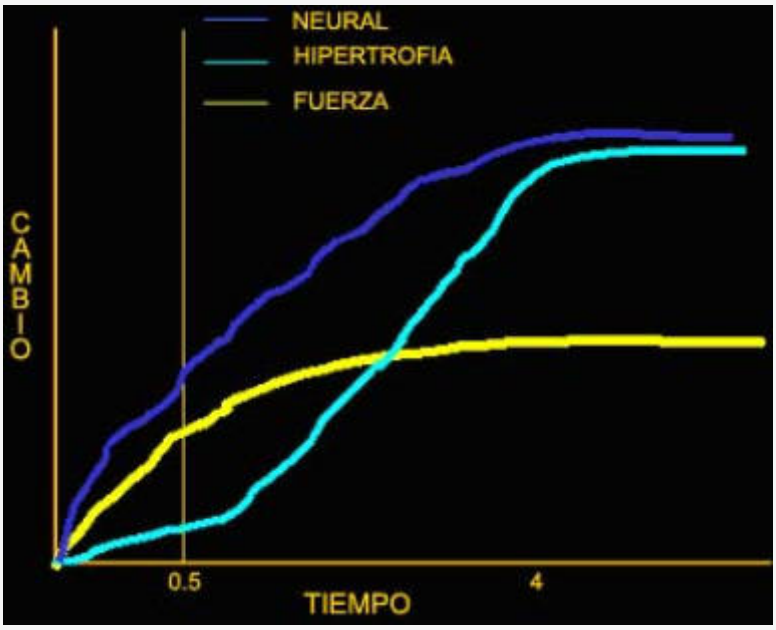


Figura 12. *El Estado Entrenado. Curso Temporal de las Adaptaciones.*

Interesantemente, casi cualquier programa razonable de entrenamiento puede mejorara la fuerza máxima, la potencia y la velocidad en sujetos desentrenados debido a las rápidas adaptaciones neurales. Sin embargo, el entrenamiento de atletas avanzados y de atletas de elite requiere de una variación considerable así como también de un enfoque creativo, para poder provocar ganancias en el rendimiento.

Especificidad del Entrenamiento de la Fuerza/Potencia – Desentrenado

La Tabla 3 muestra las adaptaciones principales esperadas de tres diferentes métodos de entrenamiento en sujetos inicialmente desentrenados. En base a la literatura científica actual, así como también en la experiencia, el entrenamiento de la fuerza con cargas altas debería producir marcadas y substanciales alteraciones en la fuerza máxima, en la tasa pico de desarrollo de la fuerza y en la potencia. El entrenamiento de la fuerza velocidad debería tener sus mayores efectos sobre el pico de desarrollo de la fuerza y sobre la potencia y el entrenamiento intencionalmente lento debería mostrar ganancias en la fuerza pero efectos mucho menores sobre la tasa de desarrollo de la fuerza y sobre la potencia.

Tipo de Entrenamiento	Adaptación Principal
Altas Cargas/baja velocidad (entrenamiento explosivo con altas cargas)	Incrementos en la fuerza, la RFD, y la potencia (especialmente en movimientos con carga)
Cargas Bajas/alta velocidad (entrenamiento explosivo con cargas ligeras)	Incremtno en la RFD y en al potencia. Alguna ganancia en la fuerza máxima
Movimientos intencionalmente lentos	Incremento en la fuerza. Pequeñas ganancias en la RFD y en la potencia

Tabla 3. *Resumen. Esplecificidad del entrenamiento de la fuerza/potencia (rendimiento) – desentrenados. Ver Sale 1993, Hakkinnen y Komi 1985, Stone 1979, y Hakkinnen 1994.*

Sin embargo, el entrenamiento de atletas avanzados y de elite requiere de una variación considerable así como también de un enfoque creativo para continuar obteniendo ganancias en el rendimiento. Utilizando hombres previamente entrenados en la fuerza, Wilson et al (1993) estudió los efectos de varios tipos de entrenamiento sobre la fuerza máxima de las piernas y sobre distintas mediciones de la fuerza “explosiva” (Tabla 4). Cincuenta y cinco sujetos entrenados fueron divididos en 4 grupos. Un grupo continúo realizando entrenamiento de la fuerza con altas cargas, pero sin aplicar el principio de sobrecarga, simplemente entrenaron con los pesos ya establecidos, sirviendo por lo tanto como grupo control. Un segundo grupo que también entrenó con cargas altas continúo con su rutina de entrenamiento pero aplicando el principio de sobrecarga incrementando los pesos levantados a lo largo del período experimental. Un tercer grupo cambió su entrenamiento normal por el entrenamiento con saltos con caída desde una plataforma colocada a 0.2 metros y progresando hasta 0.8 metros. El cuarto grupo cambió su entrenamiento regular por el entrenamiento con saltos explosivos utilizando una carga igual al 30% de la fuerza isométrica pico medida a un ángulo de 135º en la articulación de la rodilla. Las mediciones pre y post entrenamiento incluyeron saltos con contramovimiento y saltos con partida estática, extensiones isocinéticas de rodillas a 400º/s y un test de Wingate modificado para medir la potencia máxima. Luego de 10 semanas de entrenamiento no se observaron cambios en ninguna de las mediciones en el grupo control. El grupo que entrenó con el método tradicional mejoró en los saltos con contramovimiento y con partida estática y en el test en cicloergómetro. El grupo que entrenó con saltos con caída mejoró solo en el salto con contramovimiento. Sin embargo, el grupo que entrenó la fuerza velocidad mejoró en todas las mediciones. Además el porcentaje de mejora en estas mediciones fue tan bueno o mejor que el de cualquiera de los grupos. Estos datos indican que los ejercicios de fuerza velocidad pueden optimizar el rendimiento “explosivo” y es posible que el entrenamiento previo de la fuerza mejore el proceso de optimización.

Todos los sujetos (n = 55) habían entrenado previamente la fuerza				
Variable	**Fuerza Velocidad (n = 15)**	**P (n = 13)**	**Tradicional (n = 13)**	**Control (n = 14)**
CVJ	SI	SI	SI	NC
SVJ	SI			NC
ILE	SI			NC
30 m	SI			NC
Wingate	SI		SI	NC

Tabla 4. *Fuerza Velocidad: producción de potencia óptima (30% de la fuerza isométrica pico). Pliométrico: Saltos con caída (0.2 metros en la semana 0 – 0.8 metros en la semana 10). Tradicional: 3 series de 6-10 repeticiones Wilson et al. Med Sci Sports Exerc. 1993.*

El respaldo al concepto de que el entrenamiento de la fuerza optimiza el subsiguiente entrenamiento de la fuerza velocidad puede hallarse en la observación de que los levantadores de pesas de elite entrenan de diferentes maneras. Madvedev et al (1981) dividió varios cientos de levantadores de pesas de elite soviéticos en tres diferentes grupos de entrenamiento. El Grupo 1 entrenó con altas cargas a lo largo de todo el período experimental que duró varios meses enfatizando en las ganancias de fuerza. El Grupo 2 entrenó con pesos relativamente ligeros, entre el 70-80% de 1RM. Sin embargo, el Grupo 3 entrenó de manera secuencial tal que un mes fue dedicado al entrenamiento de la fuerza con altas cargas y el resto del período experimental fue utilizado para el entrenamiento de la fuerza velocidad. Al finalizar el período experimental el grupo 3 obtuvo mejoras superiores en el total olímpico, principalmente a través de la mejora en el arranque. Además el grupo 3 mostró mejoras superiores en otras mediciones de la fuerza explosiva en comparación con los otros dos grupos tales como la habilidad de sprint y el lanzamiento de balones medicinales. Estos datos indican que un programa secuencial de entrenamiento en el cual el énfasis en el entrenamiento de la fuerza preceda al entrenamiento de la potencia, puede producir resultados superiores, particularmente en mediciones de la fuerza explosiva. Con el propósito de investigar adicionalmente el concepto de entrenamiento secuencial, Harris et al 1999 utilizaron un grupo de 42 jugadores de fútbol americano. El estudio se concentró en el desarrollo de la fuerza máxima y la explosiva de las piernas y las caderas. Durante 4 semanas todos los jugadores entrenaron utilizando un programa con un alto volumen de entrenamiento de la fuerza resistencia. Luego de las 4 semanas iniciales los jugadores fueron divididos en tres grupos igualados en 1RM y en la masa corporal. El Grupo 1 entrenó 9 semanas adicionales utilizando entrenamiento de la fuerza explosiva con cargas altas. El Grupo 2 empleó métodos de entrenamiento de la fuerza velocidad utilizando pesos equivalente al 30-40% de la 1RM en sentadilla. El Grupo 3 utilizó un programa combinado y secuencial de entrenamiento; en el cual durante las primeras 5 semanas este grupo entrenó de la misma manera que el grupo 1 con la excepción de que se utilizaron día combinados de pesos livianos y pesados. Durante las 4 últimas semanas el grupo 3 utilizó una combinación de entrenamiento de pesas con altas cargas y ejercicios de fuerza velocidad. Por ejemplo, en la sentadilla, luego de las series de entrada en calor, se realizó una serie al 85-90% de 1RM seguida por 3 series de saltos al 30% de 1 RM. Todos los levantamientos fueron realizados lo mas explosivamente posible.

Las mediciones pre y post entrenamiento incluyeron varias medidas de la fuerza máxima, saltos verticales con contramovimiento, salto vertical de potencia, el test de Margaria, sprints de 30 metros, el test de agilidad de 9.1 m y salto horizontal sin carrera. Los resultados indicaron que el grupo que entrenó con altas cargas (Gp1) y el grupo que entrenó combinado (Gp3) mostraron las mayores ganancias en las mediciones de la fuerza máxima. Sin embargo, en las mediciones de la potencia y de la fuerza explosiva, el grupo que entrenó la fuerza velocidad (Gp2) y el grupo que entrenó combinado (Gp3) mostraron las mayores ganancias. Además el porcentaje de ganancia mostrado por grupo que entrenó combinado (Gp3) en todos los test fue bueno o mejor en comparación con los otros dos grupos. Estos datos indican que: 1) el entrenamiento combinado puede producir ganancias superiores en un amplio espectro de variables de rendimiento y 2) el entrenamiento secuencial que consiste en entrenamiento de la fuerza resistencia seguido por el entrenamiento de la fuerza velocidad puede optimizar estas respuestas al entrenamiento (Tabla 5)

Variable	SS (n = 16)	Combinado (n = 13)	HWT (n = 13)
1 RM en sentadilla		*	*
1 RM en ¼ de sentadilla	*	*	*
1 RM MTP	*	*	*
VJ	*	*	*
VJPI		*	
M-K Indice de Potencia	*	*	*
30 m		‡	
10 y ida y vuelta	*		
SLJ	*		

***Tabla 5**. * p<0.05, ‡p<0.08. Todos los sujetos eran previamente entrenados (1RM en sentadilla). SS = fuerza velocidad (alta producción de potencia). HWT = entrenamiento de la fuerza con altas cargas. Combinado = 5 semanas de entrenamiento con días de cargas altas y días de cargas ligeras, 4 semanas combinado. Harris et al. JSCR 2000: American Football Players*

Especificidad del Entrenamiento de la Fuerza/Potencia – Previamente Entrenados

La preocupación del entrenador es crear la forma de que sus atletas continúen produciendo ganancias. La Tabla 6 muestra un lista de las adaptaciones potenciales al entrenamiento de la fuerza/potencia en atletas con experiencia en el entrenamiento de la fuerza. Por ejemplo podríamos esperar que la continuación con el entrenamiento de fuerza con altas cargas resultaría en una disminución o en una pequeña ganancia en la fuerza máxima, tasa de desarrollo de la fuerza y en la potencia, los movimientos intencionalmente lentos también podrían resultar en una disminución en las adaptaciones. Cierta evidencia indica que el paso a un entrenamiento con movimientos intencionalmente lentos reducirá la fuerza máxima y especialmente la tasa de desarrollo de la fuerza y la potencia. Por otro lado si el paso a un entrenamiento de fuerza velocidad puede provocar alteraciones beneficiosas y muy marcadas en la tasa de desarrollo de la fuerza y en la potencia (Wilson et al. 1993, Harris et al. 1999).

Tipo de Entrenamiento	Adaptación Principal
Altas Producción de Fuerza / Baja Velocidad (entrenamiento con altas cargas)	Disminución o poca ganancia en la fuerza máxima, RFD y potencia
Alta Producción de Fuerza / Alta Velocidad	Incremento en la RFD y potencia
Movimientos intencionalmente lentos	Disminución o poca ganancia en la fuerza máxima, disminución en la RFD y en la potencia

***Tabla 6:** Resumen: Especificidad del Entrenamiento de la Fuerza/Potencia (Rendimiento) – Entrenados. Sale 1993, Hakkinnen and Komi 1985, Stone 1979 and 1993, Wilson et al 1993, Hakkinnen 1994.*

FACTORES QUE AFECTAN LA FUERZA EXPLOSIVA

Además de los protocolos específicos de entrenamiento hay varios factores que pueden tener un marcado impacto sobre el desarrollo de la fuerza explosivas en un atleta. Estos factores incluyen la fuerza máxima, el nivel de fatiga y el entrenamiento cruzado.

La interacción entre la fuerza y la potencia es de capital importancia. La evidencia indica que:

1. Las mediciones de la fuerza máxima y la potencia tienen correlaciones moderadas a muy fuertes
2. La fuerza de la relación depende en parte de las similitudes mecánicas de las mediciones
3. Aunque la fuerza máxima influencia la producción de potencia con cargas ligeras su efecto sobre la potencia parece incrementarse con la carga
4. El entrenamiento secuencial y periodizado y sus variaciones puede ofrecer ciertas ventajas

Por lo tanto, el desarrollo de la potencia y de la fuerza explosiva puede ser aumentado a través del desarrollo de la fuerza. Si bien hay factores tales como la fuerza máxima que pueden tener un efecto positivo sobre la fuerza explosiva, hay otros factores tales como la fatiga y el entrenamiento cruzado que pueden tener un impacto negativo. Dos factores, que deben ser considerados en los programas de entrenamiento, son el grado de fatiga que ocurre dentro de una sesión de entrenamiento, y el grado de fatiga residual, que se puede acumular entre las sesiones de entrenamiento.

La fatiga resulta en reducciones de la fuerza máxima, de la tasa pico de desarrollo de la fuerza y de la producción de potencia. Debido a la reducción en la capacidad de rendimiento inducida por la fatiga, altos niveles de la misma puede interferir con la técnica e interferir con el aprendizaje o el establecimiento de la técnica. Por lo tanto se puede poner en riesgo el aprender a “ser explosivo”.

La evidencia indica que la combinación de entrenamiento aeróbico, tal como carreras de larga distancia, y el entrenamiento de la fuerza puede resultar en una reducción en la fuerza máxima y la potencia. De esta manera, si se desean altos niveles de fuerza y especialmente potencia y velocidad, entonces el entrenamiento aeróbico debería ser reducido o eliminado.

Potencial de Lesión del Entrenamiento de Sobrecarga

Se sabe bien que el potencial de lesión de los pesos libres es bajo en comparación con otras actividades recracionales (Powell et al 1998) y deportivas (Hamill 1994). Aunque se comúnmente se cree que los pesos libres producen una mayor tasa de lesiones que las máquinas no existe evidencia para tal creencia (Requa et al 1993). Esta es particularmente importante comprender esta última afirmación debido a que los pesos libres puede producir transferencias superiores del efecto de entrenamiento en comparación con las maquinas, especialmente para la fuerza explosiva (Stone et al 2001).

También comúnmente se cree que el levantamiento de pesas y los otros ejercicios de tipo balístico producen mayores tasas de lesión. Nuevamente hay pocos datos que respalden esta idea. Hamill (1994) estudio las tasas de lesiones de varios deportes en el Reino Unido y en los Estados Unidos. En base a las tasas de lesiones cada 100 horas de participación, tanto el entrenamiento de pesas general como el levantamiento de pesas produjeron tasas de lesión que estuvieron entre las mas bajas de los deportes estudiados. Por lo tanto, hay poca evidencia de que el entrenamiento con pesas, incluyendo el entrenamiento de la fuerza explosiva, produzca lesiones excesivas (Tabla 7).

Deporte	**Lesiones cada 100 horas de participación**
Fútbol Infantil Escolar	6.20
UK Rugby	1.02
USA Basquetbol	0.03
UK Cross Country	0.37
Squash	0.10
USA Fútbol	0.10
Badminton	0.05
USA Gimnasia	0.044
USA Levantamiento de Potencia	0.0027
USA Tenis	0.001
USA Voleibol	0.0013
Entrenamiento con Pesas	0.0035 (85.733H)
Levantamiento de Pesas	0.0017 (168,551 H)

Tabla 7. *Tasas de lesiones entre diferentes deportes. Hamill 1994*

REFERENCIAS

1. Aagaard, P. Simonsen, E.B., Andersen, J.L., Magnusson, S.P., Halkjaer-Kristensen, J. and Dyhre-Poulsen, P (2000). Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. *Journal of Applied Physiology 89:2249-2257*
2. Antonio, J (2000). Nonuniform response of skeletal muscle to heavy resistance training: can bodybuilders induce regional muscle hypertrophy?. *Journal of Strength and Conditioning Research 14:102-113*
3. Behm, D.G (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research 9(4): 264-274*
4. Bobbert, M.F., Gerritsen, K.G., Litjens, M.C. and Van Soest A.J (1996). Why is countermovment jump height greater than squat jump height?. *Medicine and Science in Sports and Exercise 28:1402-1412*
5. Bobbert, M.F (2001). Dependence of human squat jump perfromance on the series elastic compliance of the triceps surae: a simulation study. *Journal of Experimental Biology 204(pt 3): 533-542*
6. 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*
7. Fry, A.C. W.J. Kraemer, F. van Borselen, J.M. Lynch, J.L. Marsit, E.P. Roy, N.T. Triplett and H.G. Knuttgen (1994). Performance decrements with high intensity resistance exercise overtraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise 26:1165-1173*
8. 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*
9. Hakkinen, K (1994). Neuromuscular adaptation during strength training, aging, detraining and immobilization. *Critical Reviews in Physical and Rehabilitation Medicine 6(3): 161-198*
10. Hakkinen, K. and P.V. Komi (1985). Changes in electrical and mechanical behaviour of leg extensor muscle during heavy resistance strength training. *Scandinavian Journal of Sports Science 7:55-64*
11. Hakkinen, K. and P.V. Komi (1985). The effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch shortening cycle exercises. *Scandinavian Journal of Sports Science 7:65-76*
12. Hakkinen, K., P.V. Komi, M. Alen and H. Kauhanen (1987). EMG, muscle fibre and force production characterisitcs during a 1 year training period in elite weightlifters. *European Journal of Applied Physiology 56:419-427*
13. Hakkinen, K. A. Pakarinen, M. alen, H. Kauhanen and P.V. Komi (1988). Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *Journal of Applied Physiology 65:2406-2412*
14. Hamill, B.P (1994). Relative safety of weightlifting and weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research. 8(1): 53-57*
15. Harris, G.R., Stone, M.H., O'Bryant, H., Proulx, C.M. & Johnson, R (1999). Short term performance effects of high speed, high force and combined weight training. *Journal of Strength and Conditioning Research 13: 14-20*
16. Jones, K. G. Hunter, G. Fleisig, R. Escamilla, and L. Lemak (1999). The effects of compensatory acceleration on the development of strength and power. *Journal of Strength and Conditioning Research 13: 99-105*
17. Jones, K., P. Bishop, G. Hunter and G. Flesig (2001). The effects of varying resistance-training loads on intermediate- and high-velocity- specific adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research 15: 349 -356*
18. 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 Eur. College of Sports Science, Jyvaskala, Finland (Avela, Komi and Komulainen, eds) pp. 383*
19. Keeler, L.K., L.H. Finkelstein, W Miller and B. Fernhall (2001). Early-phase adaptations of traditional- speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research 15: 309-314*
20. Komi, P.V. and J. H. Vitasalo (1976). signal characteristics of EMG at different levels of muscle tension. *Acta Physiologica Scandinavica 96:267-276*
21. Mann, R (1996). Fundementals of sprinting and hurdling. *Presentation at Level 3 track and field clinic, Orlando, Fl*
22. 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*
23. Medvedev, A.S., Rodionov, VF. Rogozkin, V. Gulyants, A.E (1981). Training content of weightlifters in preparation period. *(translation: M. Yessis) Teoriya I praktika Fizcheskoi Kultury 12: 5-7*
24. Powell, KE., G.W. heath, M.J. Kresnow,JJ. Sacks and C.M. Branche (1998). Injury raes from walking, gardening, weightlifting, outdoor bicycling and aerobics. *Medicine and Science in sports and Exercise. 30: 1246-1449*
25. Powell, P.L., Roy, R.R., Kanim, P. Bello, M.A and Edgerton, V.R (1984). Predictability of skeletal muscle tension from architectural determinations in guinea pig muscle. *Journal of Applied Physiology 57: 1715-1721*
26. Rasch, P.J. & Morehouse, L.E (1957). Effect of static and dynamic exercises on muscular strength and hypertrophy. *Journal of Applied Physiology 11: 29-34*
27. Requa, R.K., DeAvilla L.N. & Garrick, J.G (1993). Injuries in recreational adult fitness activities. *The American Journal of Sports Medicine 21(3): 461 -467*
28. Sale, D.G (1992). Neural adaptation to strength training. *In P.V. Komi (ed), Strength and Power in Sport. pp. 249 - 265*
29. Semmler, J.G. and Enoka, RM (2000). Neural contribution to changes in muscle strength. *In V.M. Zatsiorsky (ed) Biomechanics in Sport, Blackwell Science Ltd, London, pp. 3- 20*
30. Semmler, J.G. and Nordstrom (1998). Motor unit discharge and force tremor in skill- and strength- trained individuals. *Experimental Brain Research 119: 27-38*

31. Schmidt, R.A (1991). Motor Learning and Performance Champaign. *Il: Human Kinetics*
32. 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*
33. Schmidtbleicher, D (1992). Training for power events. *In Strength and Power in Sports (P.V. Komi Ed) London, Blackwell Scientific Publications pp. 381-395*
34. Siff, M (2001). Biomechanical foundations of Strength and power training. *In: V. Zatsiorsky ed. Biomechanics in Sport London, Blackwell Scientific Ltd., pp. 103-139*
35. Siff, M.C. & Verkhoshanski (1998). Supertraining: Strength Training for Sporting Excellence (3ºed.). *Johannesburg: University of the Witwatersrand*
36. Stone, M.H., Plisk, S. and Collins, D (2001). Training Principle: evaluation of modes and methods of resistance training - a coaching perspective. *Sport Biomechanics 1(1): (In Press)*
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. Thorstensson, A (1977). Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man. *Acta Physiologica Scandinavica Suppl: 443*
39. Vitasalo J.T. and P.V. Komi (1981). Interelationships between electromyographic, mechanical, muscle structure and reflex time measurements in man. *Acta Physiologica Scandinavica 111: 97-103*
40. 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*
41. Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J. & Humphries, B.J (1993). he optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sport and Exercise 25(11): 1279-1286*
42. Yao, W.X., Fuglevand, A.J., and Enoka, R.M (2000). Motor unit synchronization increases EMG amplitude and decreases force steadiness of simulated contractions. *Journal of Neurophysiology 83: 441-452*
43. Young, W (1993). Training for speed/strength: Heavy versus light loads. *National Strength and Conditioning Association Journal 15(5): 34-42*
44. Zajac, F.E. & Gordon, M.E (1994). Determining muscles force and action in multiatrticular movement. *InPandolph, (ed), Ex and Sport Sciences Reviews W and W, Baltimore*