

LA HIPERTROFIA Y LA FUERZA MUSCULAR EN EL HOMBRE. POSICIONAMIENTOS CONTEMPORANEOS.

M. Sc. Fernando César Rezende Pinto¹, Dr. C. José Enrique Carreño Vega²

1. Universidad Federal de Visosa, Minas Gerais, Brasil.

*2. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” Vía Blanca Km
3½. Matanzas, Cuba.*

Resumen.

Hoy existe un reconocimiento de que el entrenamiento de la fuerza muscular ha sido recomendado no sólo para deportistas y para la estética, sino que ha cobrado mayor valor para la promoción de la salud y la calidad de vida de jóvenes, adultos, hipertensos, cardiopatas (ACSM, 2000; NSCA, 1994; SBME, 1999; NHI, 1995). Por ello, además de esas recomendaciones de la actividad de musculación, es el cuidado a prescribir y cuando prescribir ejercicios para determinados grupos de personas practicantes de musculación, considerando siempre la situación de cada individuo. En dicha práctica se transita por diferentes fases, entre las que se encuentra la hipertrofia muscular, cuya explicación ha sido explicada de manera diferente y es por ello que el autor pretende con este trabajo dar su punto de vista y sistematizar el conocimiento que sobre el asunto se dispone. Finalmente, se reconocen como los principales factores musculares que contribuyen al aumento de la fuerza muscular a la hipertrofia, hiperplasia y la topología de las fibras musculares; así como que ocurriendo o no la hiperplasia, la persona que desea maximizar sus ganancias en masa muscular debe participar de un programa de entrenamiento inteligentemente elaborado, respetando todas las variables que intervienen en dicho programa.

Palabras claves: *Hipertrofia; Hiperplasia y fibras musculares.*

Las referencias hacia la capacidad motora fuerza son multiples, Fleck y Kraemer (2004) definen la fuerza muscular como la cantidad máxima de fuerza que el músculo o grupo muscular puede generar en un patrón específico de movimiento y una determinada velocidad. Por su parte, Já Hamill y Knutzen (1999) le definen como, la cantidad máxima de esfuerzo producido por un músculo o grupo muscular en el lugar de inserción del esqueleto. Según el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, 2003), la fuerza muscular se refiere a la máxima tensión que puede ser generada por un músculo específico o grupo muscular. También, Guedes Jr. (2007) define la fuerza muscular como la capacidad de producir tensión muscular contra resistencia superando, sustentando o cediendo la misma, mientras que V, M. Zatsiorskij (1989) le había definido como la capacidad que tiene el hombre de vencer una resistencia externa o contrarrestarla a costa de esfuerzos musculares. Luego de esta conceptualización de la fuerza muscular, el autor, generalizando los diferentes posicionamientos considera que esta representa la capacidad de un individuo para imponer tensión contra una resistencia y que depende principalmente de factores mecánicos, fisiológicos y psicológicos.

El entrenamiento es responsable por una serie de transformaciones que benefician la mejor utilización de las fibras musculares. La especificidad del entrenamiento es el factor que direcciona el mejor aprovechamiento de las mismas para el objetivo propuesto. Lo que puede ser constatado en las literaturas e investigaciones, es que la proporción de las fibras musculares puede variar sensiblemente de un grupo muscular para otro, de individuo a individuo; así como en las categorías diferenciadas de deportistas de elite, en función de la fuerza que predomine, de la velocidad o de la resistencia en el deporte practicado.

El entrenamiento mejora la estabilidad de las articulaciones, aumentando la fuerza de los tendones y de los ligamentos. Ayuda a prevenir o retardar la declinación provocada por la edad en los tejidos adiposos, en la fuerza, densidad ósea y en la tasa metabólica general. Causa una transformación favorable en la composición corporal, aumentando la masa y el tono muscular y reduce la cantidad de grasa en el cuerpo (Bean, 1999). Para una mejor comprensión se precisa una definición compacta de lo que realmente expresa y engloba el término entrenamiento de la fuerza. El entrenamiento de la fuerza, también denominado entrenamiento con pesos, se refiere al uso de halteras, pesos, aparejos y otros equipamientos (chalecos con pesos, bastones, elásticos y otros) con el propósito de mejorar el acondicionamiento físico, la apariencia y/o desempeño deportivo (Baechle et-al, 2000).

Para que se tenga consciencia de lo que es realmente el entrenamiento de la fuerza, precisamos primero entender lo que significa la palabra fuerza (Weineck, 1999). En cuanto al aspecto cinesiológico la fuerza puede ser definida como: La interacción de un objeto con todo aquello que le rodea, inclusive otros objetos, o agente que produce o tiende a producir una transformación en el estado de reposo de movimiento de un objeto (Enoka, 2000).

Para (Barbanti, 1979), la fuerza se puede manifestar de dos formas básicas: dinámica y estática. La fuerza dinámicas cuando existe un acortamiento de las fibras musculares, provocando una aproximación o separación de los segmentos o partes musculares próximas, por tanto hay movimiento. Ella puede ser positiva o negativa: La positiva es aquella en que se verifica una superación de la resistencia (peso); la fuerza muscular ejercida es mayor que la resistencia ofrecida.

Diferentes variables pueden ser manipuladas en los programas de entrenamiento de la fuerza. Algunas de esas variables son fundamentales en el dimensionamiento y control del volumen; así como de la intensidad del entrenamiento, donde el control es considerado un aspecto primario en la elaboración de los programas de entrenamiento de la fuerza. Recomendaciones del nivel de intensidad en el entrenamiento con pesos se basan tradicionalmente en los valores porcentuales de la fuerza máxima (Fleck, 1997). El test de una repetición máxima (1RM) que puede ser entendido como el peso que puede ser movido solamente una vez por una determinada amplitud de movimiento, es aplicado en el diagnóstico de la fuerza muscular y consigue un valor representativo de la fuerza máxima. Estos valores porcentuales de 1RM son asociados con un determinado número de repeticiones y esa relación es comúnmente encontrada en la literatura. A través ello, el entrenamiento con pesos ha sido direccionado para diferentes objetivos.

Aunque esa relación ha sido frecuentemente utilizada, resultados de estudios orientados para su cuestionamiento podría ser transferida para diferentes ejercicios, individuos con distintos niveles de entrenamiento y experiencias deportivas. El tipo de ejercicio, las características de las muestras y la fuerza de ejecución del ejercicio parecen interferir en la generalización de las relaciones entre el porcentual de 1RM y el número de repeticiones realizadas.

Se sabe que el aumento del volumen muscular acompaña el aumento de la fuerza muscular. A continuación se refieren los factores musculares que contribuyen al aumento de la fuerza. Básicamente tales factores corresponden a: LA HIPERTROFIA, HIPERPLASIA y LA TIPOLOGIA DE LAS FIBRAS MUSCULARES.

a) HIPERTROFIA

La hipertrofia muscular puede ser considerada como el aumento del número de miófibrillas, ocasionando concomitantemente el aumento del diámetro de la fibra muscular (Minamoto y Salvini, 2001). Esta también ha sido considerada como una de las principales adaptaciones del músculo esquelético mediante el entrenamiento resistido (Fleck y Kramer, 1997). Es importante recordar que esa hipertrofia puede expresarse en magnitudes diferentes dependiendo de varios factores como la genética, edad, entrenamiento, dieta y género.

En todo momento ocurre degradación y síntesis de proteínas en el organismo. A este fenómeno se le denomina "turnover protéico". El entrenamiento estimula el aumento del "turnover protéico". Ello quiere decir que tanto la síntesis, como la degradación de proteínas aumentan posterior a la realización de ejercicios. Este aumento acostumbra a permanecer por aproximadamente 48 horas o más (pudiendo llegar a más de 96 horas) y en ese período la síntesis va gradualmente superando la degradación (Huston, 1999). Otro factor curioso es poder comprender como el organismo escoge la proteína a ser sintetizada en el momento dado, ya que existen millares de proteínas en el cuerpo humano. Para responder esa interrogante, Viru (1994) sugiere que el tipo de estímulo (entrenamiento) incide en la producción de metabolitos y hormonas (óxido nítrico, GH, IGF-I, insulina, MGF) que actúan en la selección de las proteínas solicitadas en aquel momento debido al tipo de entrenamiento.

Se sabe que el entrenamiento intenso proporciona microlesiones en la matriz intra-celular, lámina basal y sarcolema (Hawke, 2005). En respuesta a los daños ocurridos durante el entrenamiento, una señal asociada al daño muscular señalaría la acción de las células satélites que se proliferan y migran para el local de la lesión. Las microlesiones en las fibras musculares causadas por el entrenamiento son entonces reconstituidas a partir de las “células-satélite”, pequeñas células mononucleadas y no-especializadas, que poseen potencial miogénico y están vinculadas tanto al crecimiento, como a la regeneración del músculo esquelético (Carlson y Faulkner, 1983; Mc Comas, 1996; Kadi et. al., 1999, Hawke, 2005).

La lesión de la fibra muscular producida por el ejercicio induce a la producción de oxido nítrico, siendo este uno de los responsables por la liberación y activación del GH, que es proporcional a la lesión muscular (Hawke, 2005). Por su parte Halevy et al., (1996) sugiere que el GH puede tener una acción directa en las células satélites activando su proliferación y llevando a una adición de mionúcleos en la fibra muscular. La liberación de GH es mediada por la hormona liberadora de HGH (HLGH), que es secretada atendiendo a varios factores secundarios, como hipoglicemia, noradrenalina y estress generalizado (Bacurau, 2001). El GH es secretado por la hipófisis anterior, después, esta se asocia a receptores encontrados en el hígado que promueve la síntesis de IGF-I (Insulin Growth Factor I) (Florini et al., 1996; Gayton y Hall, 1996). Este GH en el músculo se asocia con su receptor (C-MET), localizado en la membrana plasmática, proporcionando así, una señal para que las células satélites migren para el local de la microruptura, realizando la función y en consecuencia se repara la fibra muscular (Hawke, 2005). También, es menester resaltar que algunas células (mecanócitos) tienen la capacidad de responder a los estímulos mecánicos y poseen mecanismos locales para el control del crecimiento, remodelación y reparación celular (Minamoto y Salvini, 2001). Las fibras musculares son un ejemplo de mecanócitos (Goldspink, 1998, 1999a). Otro mecanismo de reparación e hipertrofia muscular ocurre por la liberación de otra isoforma identificada y denominada de Mechano Growth Factor (MGF), está es responsable por la interacción entre la señal mecánica (carga o alargamiento) y la regulación del crecimiento muscular (Goldspink, 1999a). De modo contrario al IGF-I y MGF presenta solamente una acción local (intra-celular) sin que haya sido detectado en la sangre (Minamoto y Salvini, 2001). El MGF está asociado a una proteína específica denominada BP5, cuya presencia fue confirmada solamente en los espacios intersticios del músculo esquelético, tejidos nerviosos y óseos (Goldspink, 1999 b).

A este proceso, en sus inicios, le sucede una sensación padecida tanto por deportistas de élite como por principiantes. Un conjunto de síntomas conocidos como agujetas, cuya denominación es de inflamación muscular de aparición retardada (IMAR) o dolor muscular post-esfuerzo de aparición retardada, del inglés *Delayed Onset Muscle Soroness* (DOMS). Esto, según Dorbnic, 1989 en Miñarro, 2000, citado por Chulvi Medrano, I (2007).

Esta inflamación se caracteriza por ser un proceso de dolor agudo y difuso muscular. Sensación que aparece debido a la disfunción mecánica y la inflamación, que activarán las respuestas de los nociceptores (receptores del dolor) tipo III y IV (O'Conner, 1999 en Hilbert y col., 2003) Esta sensación difusa de la DOMS se caracteriza por dolor muscular durante las primeras 24 horas, alcanzando su pico de dolor entre 24 y 48 horas y

descendiendo y remitiendo pasados 5-7 días tras el ejercicio (Miñarro, 2002, Armstrong, 1984, Powers, 1996), los síntomas característicos de este fenómeno, la impotencia funcional y el dolor a la palpación (Miñarro, 2002), como consecuencia de la DOMS estaría la reducción del rango de movimiento, alteraciones, incluso en los patrones de reclutamiento de fibras, con lo que aumenta la posibilidad de sufrir lesiones (Cheung y col., 2003). Esta situación es importante controlarla y si fuera posible atenuarla.

b) HIPERPLASIA.

El término hiperplasia es usado cuando se quiere mencionar el aumento del número de células en un órgano o en un tejido. La hiperplasia ocurre si la población celular fuera capaz de sintetizar DNA permitiendo que ocurra la mitosis. Debido a el envejecimiento, las células van perdiendo la capacidad de sufrir mitosis pues no pueden duplicar más su DNA debido a falta de telómeros (extremo libre de los cromosomas lineales de eucariotas. En humanos, el ADN de los telómeros está compuesto por repeticiones en tándem de la secuencia T-T-A-G-G-G) dentro del núcleo celular, pues esa sustancia se va perdiendo a medida que la célula se multiplica durante toda la vida, por este motivo las personas de mayor edad no poseen un cuerpo atlético, pues sus células ya están envejecidas.

El papel de la hiperplasia en la hipertrofia del músculo esquelético.

Los mecanismos celulares responsables por la hipertrofia muscular aún no están totalmente esclarecidos, se sabe que este proceso adaptativo resulta en un aumento del área de la sección transversal (AST) del músculo, así como en un aumento de la AST de la fibra muscular como respuesta al aumento de la síntesis proteica, aumento del número y tamaño de las miofibrillas, así como la adición de sarcomeros en el interior de la fibra muscular.

La hipertrofia observada en deportistas cuya disciplina exige de altos niveles de fuerza muscular, como fisiculturistas y balistas, es atribuida a un aumento anormal en el tamaño de las fibras musculares. Todavía, algunos relatos tienen propuesta la hiperplasia de las fibras musculares como un mecanismo alternativo de la hipertrofia muscular esquelética inducida por el entrenamiento de la fuerza muscular. Hiperplasia se traduce en un aumento en el número de células, en este caso las células (o fibras) musculares en relación al original. Es interesante observar, entretanto, que estos relatos fueron hechos en estudios utilizando animales de laboratorio, como aves y mamíferos. Entonces, y en seres humanos? Sería posible establecer esta relación? Los resultados encontrados en animales podrían ser relacionados con los encontrados en humanos sometidos a entrenamiento de fuerza muscular? Se conoce de varios estudios que sugieren que ello es posible.

Probables mecanismos de la hiperplasia muscular.

A pesar de los factores responsables por la probable ocurrencia del aumento del número de fibras musculares aun hay aspectos que permanecen oscuros, sobrecargas crónicas, impuestas, al músculo esquelético de varias especies animales, parece estimular el surgimiento de nuevas fibras a través de dos mecanismos: A partir de las células satélites y por medio de la indicción longitudinal de la fibra muscular. Las células satélites (CS) son

estructuradas de reserva no funcionales y especializadas, también conocidas por células tronco miogénicas. Estas células están localizadas en la periferia de la fibra muscular, más específicamente entre la lámina basal y la membrana plasmática, también conocida por plasmalena. Estas células son mioblastos que se encuentran normalmente en estado creciente. Se sabe que las CS ejercen un papel primario en el proceso regenerativo del tejido muscular esquelético lesionado, y en respuesta a los posibles procesos adaptativos estimulados por el entrenamiento de la fuerza muscular. Posterior a la hipertrofia inicial de la fibra muscular, una gran demanda mecánica, como la impuesta por el entrenamiento de este tipo de capacidad estimularía la formación de nuevas fibras, una vez que los daños a la fibra, provocados por este estímulo, traen como resultado la liberación de factores miogénicos de crecimiento, como los factores de crecimiento fibroblastos (FCF) y subsecuentemente las CS. De hecho se verifico un aumento en la activación de las CS necesarias para la reparación de las fibras que sufrieran microtraumatismos, o daños, inducidos por el ejercicio físico. Estos daños inducen la activación y proliferación de las CS que pueden tanto sustituir las fibras que fueran damnificadas (es el caso de la extensión del daño provocado y la necrosis de este tejido), al fundirse a estas fibras (en caso que el daño sea extenso, aunque no llegue a provocar la necrosis tecidual). En tanto, la hiperplasia podría no ocurrir en caso que la necrosis de la fibra muscular, provocada por el ejercicio, ocurriendo en la misma proporción de la proliferación de las CS.

Evidencias de hiperplasia muscular.

Hace más de treinta años, Reitsma observo un aumento del número de fibras musculares en ratones sometidos al entrenamiento de fuerza muscular de alta intensidad. Gonyea, en un estudio posterior, también verifico que ocurría un aumento del número de fibras musculares esqueléticas en animales sometidos a un entrenamiento de la fuerza muscular. Seis años más tarde este mismo autor, con la ayuda de colaboradores, confirmo la ocurrencia de hiperplasia de las fibras musculares en animales que participaron de un programa de entrenamiento de fuerza muscular. Otros estudios también concuerdan con estos resultados, verificándose que el aumento del número de fibras musculares en animales sometidos a este tipo de entrenamiento. En este sentido, Mikesky et al, también refuerza los resultados indirectos que surgieran como contribución de la hiperplasia a el aumento de la masa muscular inducida por el entrenamiento de fuerza.

Todavía, hay estudios contradictorios a estos hallazgos, en los cuales los investigadores consiguieron verificar un aumento del número de fibras musculares en animales sometidos a regímenes de entrenamiento de la fuerza muscular. Es interesante verificar que los estudios que observaron la ocurrencia de la hiperplasia muscular se valieron de un régimen de entrenamiento de la fuerza diferente de aquel utilizado en los estudios de Gollnick et al y Timsom et al. Estos últimos autores, usaron un entrenamiento de la fuerza muscular que preconizaba la resistencia muscular y, generalmente, este tipo de entrenamiento utiliza bajas sobrecargas y un alto número de repeticiones, caracterizando un entrenamiento de baja intensidad, lo cual sugiere que los entrenamientos de la fuerza de alta intensidad son necesarios para la inducción de procesos hiperplásico.

La hiperplasia muscular parece no ocurrir solamente en respuesta al ejercicio físico, como al entrenamiento de la fuerza. El estiramiento crónico es otra técnica utilizada por los

investigadores en el estudio de este fenómeno adaptativo. Sola et-al, verificó la ocurrencia de hiperplasia de las fibras musculares de animales expuestos al estiramiento. Varios autores confirmaron este hallazgo en estudios subsiguientes, utilizando el ejercicio de estiramiento. Es curioso observar, entretanto, que el grado de hiperplasia es diferente en las especies animales, concretamente en lo referente al método utilizado para inducir tal proceso. En un meta-análisis, Kelley verificó que el aumento en el número de fibras musculares era mayor en aves (cerca de 21% de aumento) que en mamíferos (cerca de 8% de aumento). El estiramiento crónico también produjo un mayor aumento en el número de fibras (cerca de 21%) cuando fue comparado con el ejercicio (11% aproximadamente).

Hiperplasia en seres humanos

En tanto no sea un fenómeno constatado en la especie humana, la hiperplasia muscular parece no ser una adaptación improbable en estos individuos. Algunos estudios coinciden un número importante de datos que sugieren la ocurrencia del aumento en el número de fibras musculares en seres humanos. El mayor logro en el estudio de este fenómeno de la hiperplasia muscular en seres humanos es la metodología utilizada en la investigación de este fenómeno, que por ser muy invasiva encuentra barreras éticas, aunque técnicas de biopsia ya han sido aplicadas para la observación del número de fibras musculares en humanos. La tomografía computadorizada y resonancia magnética, también emergen como procedimientos empleados para la verificación de la ocurrencia de hiperplasia en estos individuos. Interesante, es punto es la convergencia entre los estudios que verificaron la posible ocurrencia del fenómeno hiperplástico en humanos y animales en el uso de ejercicio físico, más específicamente el entrenamiento de la fuerza, para la posible observación del aumento en el número de fibras musculares.

Comparando el tamaño de las fibras musculares del deltoides de nadadores profesionales con individuos que no son practicantes sistemáticos, Nygaard y Nielsen verificaron que, no obstante al volumen muscular del deltoides de los deportistas fuese considerablemente mayor, el tamaño (diámetro) de las fibras musculares era menor. Siendo así, no se puede explicar que la hipertrofia muscular fuese el resultado de un aumento del área de la sección transversal de la fibra muscular. En este caso, la hiperplasia podría estar ejerciendo un importante papel. En otro estudio, MacDougall et al., verificaron que, aunque la circunferencia del brazo de fisiculturistas de elite fuese cerca de 27% mayor que la de personas sedentarias, el tamaño del área de la sección transversal de las fibras musculares del tríceps de estos deportistas no se diferenciaba del grupo de control. Tesch y Larsson (1982), comparando el área de la fibra muscular del vasto lateral y del deltoides (porción media) de fisiculturistas de elite con las de estudiantes de educación física y deportistas de levantamiento básico y potencia, descubrieron que el área de las fibras del vasto lateral de los fisiculturistas era igual al de los estudiantes de educación física, independientemente del mayor volumen muscular y del menor porcentaje de grasa de los fisiculturistas. Estos mismos autores, estudiando el volumen muscular de fisiculturistas verificaron que estos deportistas presentaban la circunferencia del cuádriceps y del bíceps braquial significativamente mayor que la de los sujetos del control, aun cuando el tamaño medio de sus fibras musculares no es diferente. De hecho, uno de los fisiculturistas mostró un área media de la fibra muscular menor que la de los sujetos del grupo control.

Al comparar el tamaño del bíceps braquial entre fisiculturistas de elite del sexo masculino y femenino, Alway et al, demostraron que el área de la sección transversal del músculo en cuestión estaba correlacionada tanto del área de la fibra muscular, como su número, ello les permitió considerar que el mayor tamaño de la musculatura podría ser resultado de una hiperplasia. En 1996, McCall et al., utilizando a universitarios que participaban del entrenamiento de fuerza recreativa, sin fines competitivos, en una investigación que pretendían observar si ocurría hiperplasia muscular. Los resultados mostraron un significativo aumento del área transversal del bíceps braquial, así como un mayor aumento de las fibras tipo II en relación a las fibras tipo I, sin ninguna transformación en el número de fibras musculares. Todavía, aun cuando el número estimado de fibras haya permanecido inalterado al final del estudio, la hipertrofia total del músculo no estaba relacionada a la magnitud de la hipertrofia de la fibra muscular, concluyeron los autores.

Respecto a la controversia existente en el medio científico, un número significativo de estudios ofrecen datos a este respecto. Todavía, la hiperplasia parece ocurrir apenas solo bajo circunstancias especiales, una vez que existen varios estudios demostrando el aumento de la masa muscular sin un sustancial aumento en el número de fibras musculares. El entrenamiento de la fuerza desarrollado por deportistas de elite de fisiculturismo parece ser una de las condiciones para la ocurrencia de la hiperplasia. Se sabe que los protocolos de entrenamiento de estos individuos se constituyen en volúmenes e intensidades muy altos, y que estos muestran un nivel de hipertrofia muscular sorprendentes. Todo indica, que hay un límite para la hipertrofia de la fibra muscular esquelética y a partir de este límite, estas se dividirán en dos fibras de menor tamaño para continuar creciendo. Otro importante factor a ser considerado es el uso de esteroides anabólicos androgénicos por estos deportistas, una vez que estas drogas pueden aumentar la proliferación de células satélites, como fuera observado por Joubert et al y Kadi et al., ejerciendo un papel fundamental en el proceso hiperplástico de la fibra muscular.

En fin, ocurriendo o no la hiperplasia, la persona que desea maximizar sus ganancias en masa muscular debe participar de un programa de entrenamiento inteligentemente elaborado, respetando todas las variables que intervienen en dicho programa.

c) TIPOLOGÍA DE LAS FIBRAS MUSCULARES

La velocidad y la fuerza de contracción muscular dependen de la cantidad de fibras musculares activas, y de sus propiedades contráctiles y metabólicas. La molécula de meromiosina pesada (MHC – miosyn heavy chain), constituyente del filamento grueso, es la proteína miofibrilar predominante en el músculo esquelético. Su estructura y responsable por la acción mecano-química de acortamiento del sarcómero, que resulta en la contracción muscular. La velocidad máxima de acortamiento de una única fibra muscular está correlacionada con las isoformas (diferentes tipos de proteína) de MHC que predominan en las fibras musculares. Como las fibras musculares diferenciándose básicamente en su velocidad de contracción, todo el metabolismo intracelular, desde el sustrato energético hasta el peso de las moléculas de miosina, es diferente.

En los mamíferos fueron caracterizados tres tipos funcionales básicos de fibras musculares: Fibras de contracción lenta, oxidativas; fibras de contracción rápida, oxidativas y glicogenolíticas; y fibras de contracción rápida, glicogenolíticas.

Las fibras oxidativas consumen glucosa y ácidos grasos a través de metabolismo aerobio. Las fibras glicogenolíticas consumen exclusivamente glucosa a través del metabolismo anaeróbico. La concentración de estas isoformas dentro de cada fibra determina su tipología. Las fibras del tipo I, oxidativas, poseen una velocidad de contracción lenta y son capaces de contraerse repetidamente con una fuerza moderada. Utilizan preferentemente ácidos grasos como fuente de energía. Son muy resistentes a la fatiga. Ellas expresan la isoforma I de la proteína miosina (MHC I). Por otro lado, las fibras del tipo II tienen una contracción rápida, con un desarrollo de la fuerza mucho mayor, pero por poco tiempo. Son ricas en glicógeno y subdivididas en IIA y IIX. Las fibras IIA son oxidativas y glicogenolíticas. Su contracción es rápida y sustentable por un razonable período de tiempo. Ellas expresan la isoforma protéica IIa (MHC IIa).

Las fibras IIX son exclusivamente glicogenolíticas. Su contracción es rápida, más ellas no consiguen sustentar esta contracción por mucho tiempo. Ellas expresan la isoforma IIX (MHC IIX). Un gran porcentaje de fibras musculares expresan más de una isoforma de MHC. Estas fibras son denominadas fibras intermedias, o híbridas. Estas fibras entre los dos tipo I y las IIA son denominadas IC y IIC. Ellas entre las IIA y IIX son denominadas IIXA y IIXB. Estas denominaciones describen diferentes porcentajes de cada isoforma en una misma fibra híbrida. La fibra IC posee más isoformas I que II, en cuanto que la IIC posee más isoformas II. Las fibras híbridas representan estadios intermedios de un proceso de transición, que puede ser estimulado por el entrenamiento o el desentrenamiento, o por el envejecimiento.

Estas fibras corresponden a una verdadera especialización individual, esencialmente genética, que son posibles de modificar inducidas por el entrenamiento. Entre tanto, la capacidad máxima de interconversión entre los diferentes tipos de fibras es limitada, y depende de un adecuado estímulo. De esta forma, el estímulo adecuado puede hacer una fibra muscular, inicialmente adaptada para la contracción rápida pasar a expresar isoformas de contracción lenta, convirtiéndose de contracción rápida, y vice-versa.

La tipificación muscular en equinos ya es realizada hace algún tiempo, a través de biopsia y posterior análisis de laboratorio por diferentes técnicas. En el laboratorio de la universidad Estatal de Campinas (UNICAMP) se utilizan dos técnicas. Una histoquímica, donde se tipificó, contó y midió individualmente cada fibra, y otra bioquímica, donde se separa por electroforesis los diferentes tamaños (tipos) de miosina (MHC). Las dos técnicas son complementarias. En tanto, desde el punto de vista de la aplicabilidad, la bioquímica es precisa, rápida y económicamente viable.

CARACTERÍSTICA DE UN CORRECTO DESARROLLO DE LA HIPERTROFIA MUSCULAR.

El objetivo principal de los entrenamientos contra resistencia, es por lo general la fuerza muscular y sus diferentes manifestaciones, así como la hipertrofia muscular la fuerza es una

cualidad física de característica neuromuscular. El volumen muscular activo durante la contracción, será el responsable por el producto final de la fuerza generada en el movimiento. Cuanto más y mayores unidades motoras fueran activadas (estimuladas) mayor será la fuerza desarrollada por el músculo o grupo de músculos.

La Hipertrofia como concepto comprende el aumento de la sección transversal del músculo. Ella es el producto final o resultante de la utilización de entrenamientos especializados en fuerza, o sea es una adaptación fisiológica del músculo, siendo más pronunciada después de períodos prolongados de esta forma de entrenamiento. Esta no debe ser comprendida como una cualidad física, por el hecho de ser una supercompensación de un entrenamiento específico de una capacidad motora.

Cada músculo está cubierto por una capa de tejido conjuntivo denominada epimysio. De esta parte más capas del mismo tejido que dividen al músculo en pequeñas fascias de fibras o células musculares a estas capas se les denominan perimysio. Se reconoce una tercera subdivisión con las mismas características de tejido envoltorio conjuntivo, constituyendo el endomysio el cual es la envoltura de cada fibra muscular.

Cada fibra muscular está constituida por hasta un 80% de miofibrillas en su volumen total, es que pueden ser en el orden de decenas y hasta centenas de millares por fibra. Las miofibrillas están constituidas por miofilamentos de dos tipos y pueden ser diferenciados en diámetro, en largo, en posición y composición. La mejor manera para su identificación es por sus diferentes diámetros que son clasificados como miofilamentos gruesos o Miosina y miofilamentos finos o Actina.

Otra forma de clasificación de las fibras musculares es por medio de su propiedad contráctil: fibras lentas, rojas o del tipo I, las fibras rápidas o fibras blancas o de tipo IIA y IIB. Los entrenamientos de la fuerza generalmente movilizan más expresivamente las fibras blancas y por este motivo son básicas en los entrenamientos dando preferencia a la hipertrofia, principalmente por estar más presentes en la composición de los músculos de los deportistas o practicantes de modalidades de fuerza y/o velocidad. Las fibras blancas son aproximadamente 45% más hipertrofiadas en los halterofilistas, en comparación las fibras musculares rojas, son más encontradas en los músculos de deportistas especializados en resistencia (corredores, nadadores, remeros, triatletas, etc).

Es un gran error utilizar el entrenamiento de la fuerza muscular dando preferencia a la hipertrofia. Se deben combinar entrenamientos de fuerza muscular y de resistencia a la fuerza muscular, para potenciar el desarrollo máximo de todos los tipos de fibras musculares. Se observa no solo un desarrollo más elevado de la estructura muscular con esta metodología, si no también y principalmente la evolución de los niveles de fuerza muscular e hipertrofia por medio de la ruptura de la barrera de la hipertrofia.

Hay dos formas posibles de hipertrofia muscular. La primera forma es por medio de la sobrecarga tensionar (hipertrofia miofibrilar), la segunda por medio de la sobrecarga metabólica (hipertrofia sarcoplasmática). La característica principal de la primera forma es el aumento del volumen de las fibras musculares, causado por el aumento del volumen y también del número de miofibrillas adicionando más proteínas contráctiles (actina y

miosina). La característica principal de la segunda forma es el aumento del espacio sarcoplasmático.

La sobrecarga tensionar es de adquisición lenta, y reconocida como hipertrofia real, su resultado es obtenido a mediano y largo plazo, por medio de entrenamientos de fuerza muscular. La sobrecarga metabólica produce efectos inmediatos. Es inestable y de pequeño alcance. La forma de entrenamiento metabólica hace uso de los porcentos de carga que estimulan la resistencia a la fuerza muscular.

Para que sea lograda una hipertrofia plena se debe conducir el entrenamiento racionalmente por medio de la periodización mixta, combinando trabajos de sobrecarga tensional, en la mayor parte del entrenamiento, con trabajos de sobrecarga metabólica.

Comúnmente se encuentran entrenamientos aplicados que dan preferencias al desarrollo de la fuerza muscular, con las características o particularidades de los entrenamientos para la hipertrofia y vice versa. En este caso los resultados son totalmente adversos. Cuando el objetivo fuera el aumento de la fuerza muscular y no del peso muscular (hipertrofia) se deben utilizar cargas de trabajo que posibiliten la tensión muscular máxima, y para este fin el número de repeticiones oscila entre 1-3, o sea de 100%-90% de 1 RM de la fuerza máxima. La mayor elevación de la fuerza muscular se verifica por medio de cargas de trabajo que posibiliten un límite de máximo ocho repeticiones, según Hettinger; 1986. Estos trabajos son de características neuronales.

Para un desarrollo pleno de la fuerza muscular se debe conocer cuál es el tipo o forma de manifestación de la misma que se pretende atender. Luego de disponer de los conocimientos que permiten distinguir las diferencias entre las manifestaciones de la fuerza muscular, se estará apto para escoger y aplicar el entrenamiento ideal.

Las manifestaciones de fuerza están interconectadas, y no deben asumirse separadas.

La orientación a un desarrollo pleno da hipertrofia, comprende grados elevados de dificultades relacionadas con la obtención de resultados positivos en el aumento muscular. Las dificultades están dadas por las características del entrenamiento aplicado, las variaciones de los porcentos de cargas, la alimentación adecuada o suficiente, incluyendo las características genéticas o individuales.

Se busca en todo momento, procurar dominio técnico de los ejercicios y controlar los entrenamientos, para reducir posibles efectos tanto insuficientes, como excesivos. Durante la planeación es preciso diferenciar los periodos que priorizan el desarrollo de la fuerza específica, de los momentos en que se da preferencia a la hipertrofia muscular.

Se debe desarrollar primeramente la fuerza al máximo y utilizarla para los entrenamientos de la hipertrofia. Mezclar ciclos de trabajo de la fuerza muscular, seguidos de ciclos de hipertrofia y de flujo, resulta la mejor manera para evitar e interrumpir la posible barrera de la hipertrofia (estancamiento) y también el fenómeno de barrera protectora, (Krestóvnikov y Matvéev en Matveev; 1986), identificado por el acomodo inmediato de la fuerza muscular, errores de coordinación en los movimientos, desanimo etc.

Romper la rutina de los entrenamientos es un imperativo. Utilizando volúmenes de ejercicios más elevados y con menor intensidad, realizar entrenamientos cruzados de fuerza muscular con porcentos de cargas variadas en una misma sesión que posibilitan sortear el estancamiento que pudiera ser generado por períodos extensos de trabajos con porcentos de cargas y secuencias de ejercicios fijos.

Otro motivo para la ruptura de la rutina de los entrenamientos con cargas elevadas, es la posibilidad bastante alta de proporcionar lesiones y de generar over training (sobreentrenamiento).

En la búsqueda de una elevada hipertrofia se debe equilibrar positivamente el balance nitrogenado muscular (síntesis proteica). La propuesta básica para lograr este equilibrio puede ser por medio de dos maneras distintas; la primera es reducir el catabolismo (desgaste) del músculo, la otra es elevar el anabolismo (construcción) del tejido muscular.

Al priorizar reducir el catabolismo muscular cuando hay un estancamiento del rendimiento de la hipertrofia, se aplica una maniobra sobre el volumen total de entrenamiento, por medio de la reducción del número de ejercicios, de grupos o del número de sesiones de entrenamiento semanal, o dividir el mismo en varias secuencias de ejercicios, ampliando los períodos de reposo entre las sesiones de trabajo con el mismo grupo muscular.

Para estimular el anabolismo se intenta la elevación del porcentaje de carga a niveles que comprendan entre 70% a 79% y 80% a 89% (condición de intensidad grande 1a y 2a subzona) de la fuerza máxima individual (tabla 1).

Tabla 1. Correspondencia aproximada entre la carga adicional y el número máximo de repeticiones por grupo en los ejercicios de fuerza muscular.

Condiciones de intensidad.	Porcentual de carga.	de Repeticiones máximas.
Máxima	100	1
Submáxima	99 – 90	2 a 3
Grande (1 ^a subzona)	89 – 80	4 a 6
Grande(2 ^a subzona)	79 – 70	7 a 10
Moderada (1 ^a subzona)	69 – 60	11 a 15

Moderada (2 ^a subzona)	59 – 50	16 a 20
Pequena (1 ^a subzona)	49 – 40	21 a 30
Pequena (2 ^a subzona)	39 – 30	31 y más

Sholikh en Matveev; 1986.

La zona de trabajo referida posibilita una mayor degradación o ruptura proteica durante el entrenamiento (tabla 2). La mayor parte del tiempo de entrenamiento destinado a la hipertrofia, se basa en esta degradación del organismo en respuesta a los estímulos, por este motivo esta zona porcentual es siempre privilegiada.

Tabla 2. Degradación o ruptura proteica durante el entrenamiento.

Repeticiones máximas	Tasa de degradación proteica.	Trabajo mecánico (nº de repeticiones).	Volumen de proteína degradada.
1	Alta	Pequeño	Pequeño
5 a 10	Media	Medio	Grande
Mayor de 25	Baja	Alto	Pequeño

V. M. Zatsiorskij; 1999

La ejecución de los movimientos es realizada de forma lenta, principalmente en la fase excéntrica del gesto, buscando la mayor ruptura proteica muscular posibles en el ejercicio, así como los períodos de reposo entre los grupos son cortos, entre 30 segundos a 1 minuto y 30 segundos para estimular elevados índices de lactato.

El volumen de entrenamientos para el mismo grupo muscular semanalmente, por lo general es de dos días, excepcionalmente se entrena una o tres veces, así como, hay casos y técnicas de aplicación de sobrecargas de entrenamientos en dos días seguidos, como por ejemplo, la forma de esfuerzo superposición (Chiesa, 2002 y Verkhoshanskij, 2000).

El número de ejercicios por grupos musculares generalmente es extenso y puede llegar a hasta seis o más. Se debe garantizar un volumen elevado de grupos por agrupaciones musculares, aproximadamente entre 15 a 20.

Para que sea optimizado un eficiente entrenamiento contra resistencia, priorizando la hipertrofia, se deben mantener controles parciales de la degradación (catabolismo) presente en los entrenamientos de fuerza y la restauración amplia muscular (anabolismo) provocada por medio del reposo en asociación con un control alimentario meticulosamente orientado, así como medios de restauración del organismo tales como la sauna, masaje, ejercicios de estiramientos entre otros.

Un error cometido frecuentemente es la no utilización de las experiencias de los alumnos como respuesta a entrenamientos anteriores. Se debe siempre dar atención a los resultados obtenidos anteriormente y hacer un análisis de los mismos y de las técnicas que fueron experimentadas o practicadas en el entrenamiento. Necesariamente no se debe reproducir a ciegas, técnicas de sucesos identificados en el pasado durante el entrenamiento deportivo del alumno. Será más interesante intentar siempre el perfeccionamiento, ampliando de esta manera las posibilidades de éxitos en los resultados actuales. No deben ser copiados entrenamientos de campeones publicados por revistas. Estos entrenamientos son fórmulas verdaderas y de éxito, que son adaptaciones perfectas y exclusivas del organismo de aquellos fenómenos genéticos.

No hay una fórmula exacta para el éxito de los entrenamientos, principalmente sobre la hipertrofia, por el hecho de existir factores adversos y sin el posible control lógico. La genética es un elemento crucial en los resultados alcanzados, las adversidades del medio ambiente sobre el organismo, son en la mayoría de los casos poco probable de ser controladas, elevando sobremanera la posibilidad de fracaso en la resultante de los entrenamientos.

Otras formas de entrenamiento relacionadas directamente a la hipertrofia son los trabajos de flujo, (Verkhoshanskij; 2000), que son desarrollados por medio de repeticiones elevadas entre 16 y 20, con porcentos de cargas en la zona moderada 2a sub-zona (tabla 1). Esta forma de entrenamiento es utilizada para romper la rutina, así como para la recuperación y desarrollo de un tipo de músculo, con características de más resistencia y con la capacidad de utilizar (quemar) más energía proveniente del metabolismo oxidativo o de los lípidos.

Cuando el objetivo es aumentar la fuerza muscular, las reglas que tipifican los trabajos son bastante diferentes de aquellas relacionadas con la hipertrofia. Como ejemplo de entrenamientos para la fuerza muscular, se debe mantener siempre un tiempo de reposo largo entre los grupos, superior de 1 minuto y 30 segundos y hasta 5-10 minutos.

Las zonas de cargas en los entrenamientos contra resistencia deben posibilitar la realización de movimientos que pueden oscilar entre 1 y 3, en los casos de entrenamientos para la fuerza máxima o pura, de 4 a 6 repeticiones para fuerza dinámica y de 7 a 10, para la fuerza explosiva, con variaciones de 11 a 15 repeticiones. Durante la utilización de estas cargas inferiores, se deben ejecutar los movimientos con alta velocidad, este hecho es imperativo para aumentar la velocidad del movimiento y estimular la movilización de las fibras de velocidad o blancas, (Zakharov; 1992). El autor, aunque concuerda con lo anterior, considera oportuno aclarar que esto es preciso asociarlo al tiempo de descanso que mediará entre las series. Por ejemplo, 7-10 repeticiones y 3-5 minutos de descanso es típico de la

fuerza explosiva; sin embargo esta mismas repeticiones con 1 minuto de descanso es representativo de hipertrofia.

Los números de entrenamiento semanales son como promedio tres y comúnmente realizados en días intercalados. En casos excepcionales que priorizan grandes ganancias de fuerza máxima, estos entrenamientos pueden ser extendidos hasta cuatro veces por semana.

El volumen de ejercicios por serie es bajo, así como para cada grupo muscular y se deben escoger ejercicios principalmente deportivos. En los casos de entrenamientos sin fines competitivos, los ejercicios multiarticulares son básicos a la hora de la composición de las series.

Las características relacionadas con las formas de trabajo, como fue referido encima, pueden y determinan los métodos de entrenamiento que se pretenden utilizar, y en función de los objetivos de los alumnos se deben crear las condiciones ideales para que estos sean atendidos. Para una mejor comprensión, seguidamente, se refiere una caracterización de las cargas de trabajo (tabla 3), propuesta por Zatsiorskij; (1999).

Tabla 3. Caracterización de las cargas de trabajo.

Método	Característica das cargas utilizadas
Método de esfuerzo máximo	Cargas máximas
Método de esfuerzo sub-máximo	Cargas intermedias que no provocan el cansancio muscular.
Método de esfuerzo dinámico.	Utilizan cargas de característica sub-máxima con la mayor velocidad de movimiento posible.
Método de esfuerzo repetido,	Utilización de cargas intermedias que conducen al cansancio.

Las cargas de trabajo y sus características, expuestas (tabla 3), delimitan la diferenciación entre las formas de aplicación de las cargas, que priorizando objetivos distintos, deben ser consideradas como una línea divisoria entre los entrenamientos de la fuerza y de la hipertrofia muscular.

Para obtener grandes avances de fuerza máxima el entrenamiento debe ser principalmente por medio de la utilización del método de esfuerzo máximo, el cual comprende cargas de trabajo de características máximas 100% o incluso por encima, como en los entrenamientos

excéntricos (Chiesa; 2002). Las cargas de trabajo de características sub-máximas de 90% a 99%, también están en la zona del desarrollo de la fuerza máxima.

Para la hipertrofia propiamente dicho, el método de esfuerzo repetido aplicando cargas de características moderadas (1a subzona) combinado con el método de esfuerzo sub-máximo con características de carga grande (2a subzona) son las que tipifican este tipo de trabajo.

Lo elemental para diferenciar el entrenamiento de la hipertrofia del principal de fuerza explosiva, es la velocidad de ejecución de los movimientos. Estos para la hipertrofia deben ser realizados en la forma más lenta posible, característica totalmente opuesta o inversa a la aplicación del entrenamiento orientado al desarrollo de la fuerza en movimiento o fuerza explosiva.

Varias son las teorías y prácticas para la obtención de un avance significativo de la hipertrofia muscular, por ello, todas tienen la misma base: intensidad versus volumen de entrenamiento. Hay varias formas de aplicación de estos dos indicadores, que forman la base para el montaje y estructuración de un entrenamiento para la hipertrofia muscular. En estudio realizado (Badillo y Gorostiaga, 2001, p.169) justamente sobre estos dos métodos, base de los dos extremos de la musculación en el entrenamiento para aumentar la sección transversal del músculo: la sobrecarga tensionar y la sobrecarga metabólica. Ambas en cuestión fueron aplicadas dentro de los límites de series, repeticiones e intervalos referenciados actualmente como ideas y de consenso general entre profesionales de esta área, lo cual hace que los dos resultados obtenidos y discutidos en esta investigación se conviertan en un fundamento ideal, como forma de consulta para el montaje de un programa de entrenamiento para la hipertrofia muscular y sus subproductos.

Estos mismos autores (Badillo y Gorostiaga, 2001, p.169) reconocen que la degradación de proteínas en una serie de musculación depende de la carga y del trabajo mecánico realizado. Por tanto, la masa de proteína catabolizada durante un ejercicio de musculación, se puede reconocer como el producto de la tasa de proteína degradada por repetición y por el número de estas. Con intensidades muy altas que sólo permitan realizar una repetición, hay una tasa de degradación muy elevada, mientras que el trabajo mecánico es bajo. El mismo resultado es producido si son utilizadas cargas que permitan realizar elevadas repeticiones por serie: el trabajo mecánico es alto; pero la tasa de degradación es muy baja.

Muchos autores atribuyen la hipertrofia al tiempo en que el músculo permanece sobre tensión y no solamente a determinados algoritmos. Una serie de 10 repeticiones, por ejemplo, puede ser realizada en 10 segundos, 40 segundos o 2 minutos. La velocidad de ejecución, la carga utilizada, el tiempo de pausa, amplitud de ejecución, pueden ocasionar notables diferencias de vías metabólicas necesarias para mantener el ejercicio, con diferentes respuestas adaptativas bioquímicas y morfológicas. En este sentido, Verkhoshanskij (2000) y Poliquin (1997), se refieren a tiempos entre 20-40 a 60-70 segundos de ejecución como ideales para ganar masa muscular, en cada serie de entrenamiento de la fuerza muscular. En este sentido, Cossenza (2001), define que la glicólisis encuentra su máximo aproximadamente a los 45 segundos.

Autores como, Consoante Cossenza (2001), Bompa (2000), Brooks (2000), Fleck y Kraemer (1999), Zatsiorskij (1999), Santarem (1999), Andrada (1998), Monteiro (1997) y Araújo Filho (1994), concuerdan en que el mayor aumento de la hipertrofia muscular con un entrenamiento de musculación corresponde con la realización de 6 a 12 repeticiones, de lo cual el autor también es partidario, asumiendo como valor medio y de mayor efecto 10 RM. Estos son dos de los puntos críticos, enfatizados y exhaustivamente discutidos por varios autores, donde se evidencia que estos son los límites numéricos ideales para una hipertrofia muscular eficiente y significativa, dentro de los patrones normales de entrenamiento y alimentación.

SOBRECARGA TENSIONAR E HIPERTROFIA MIOFIBRILAR.

Otro asunto sumamente socorrido en este tipo de actividad es el referente a la sobrecarga tensionar y la hipertrofia miofibrilar. En este sentido, de acuerdo con la hipótesis energética, la tasa de degradación proteica es una función del peso levantado: cuanto mayor sea el peso, mayor será la tasa de degradación de proteína (Zatsiorskij, 1999, p.150). Al ser sintetizadas más proteínas contráctiles, durante el período de anabolismo, la densidad de los filamentos aumenta. Según Guedes Júnior (2003), Santarem (1999), Zatsiorskij (1999) y Tous (1999), el aumento de la síntesis de proteínas contráctiles, estimulado por el entrenamiento de la fuerza muscular, promueve el aumento del tamaño y del número de miofibrillas por fibra muscular. A esa adaptación se reconoce con el nombre de hipertrofia miofibrilar, y el estímulo capaz de causar tal adaptación sería la sobrecarga tensionar, relacionada con un alto nivel de tensión impuesto al músculo a costa de un peso elevado a ser vencido. En los ejercicios resistidos cuanto mayor es la carga mayor es la sobrecarga tensionar. Grandes sobrecargas tensionales implican bajas repeticiones y un corto tiempo de ejecución de cada serie de un ejercicio.

Para Santarem (1999), el aumento de la tensión muscular durante los ejercicios caracteriza una sobrecarga tensionar y es directamente proporcional a la resistencia opuesta al movimiento. El mismo autor, agrega que el entrenamiento típico para el aumento de la fuerza muscular se apoya en la sobrecarga tensionar, con poco énfasis en la sobrecarga metabólica. Por su parte, Bompa (2000) considera la hipertrofia miofibrilar, estimulada por la sobrecarga tensionar, como más estable y duradera.

Los elementos hasta aquí expuestos sobre la fuerza máxima y la hipertrofia muscular confirman que el trabajo con altas cargas, bajas cargas y corto tiempo de ejecución esta asociados a lo primero; mientras la sobrecarga tensionar, asociada con la metabólica generan mayor hipertrofia. Es preciso prestar atención, tanto a la carga a vencer, como a los periodos de descanso; así como al ritmo de ejecución para lograr el efecto deseado.

SOBRECARGA METABÓLICA E HIPERTROFIA SARCOPLASMÁTICA.

La sobrecarga metabólica provoca en las células musculares un mayor estrés bioquímico, por el mayor tiempo de ejecución de una serie, pero en compensación con un menor número de carga que durante una sobrecarga tensionar. Según Guedes Júnior (2003), Santarem (1999), Zatsiorskij (1999) y Tous (1999), durante

las contracciones musculares prolongadas ocurre un aumento de la actividad de los procesos de producción de energía, caracterizando así a una sobrecarga metabólica del tipo energética. Esta sobrecarga metabólica contribuye al aumento del volumen muscular a través del aumento de substratos energéticos localizados en el sarcoplasma (CP-supercompensación- es el aumento de las reservas de glicógeno, una respuesta adaptativa al consumo aumentado de esta sustancia altamente hidratada –superhidratación-). El otro mecanismo es extracelular, y consiste en el aumento de la vascularización del tejido muscular. A esto se le puede llamar hipertrofia sarcoplasmática o volumización celular, estimulada por la sobrecarga metabólica, caracterizada por el elevado número de repeticiones y por el tiempo prolongado de ejecución de cada serie de un ejercicio.

Para Bompa (2000), el aumento de la masa muscular en algunos culturistas es frecuentemente el resultado de un aumento de fluido/plasma en el músculo, en lugar del engrosamiento de los elementos contráctiles de la fibra muscular. Desde el punto de vista práctico, la sobrecarga metabólica aumenta en los ejercicios con pesos en la medida que aumentamos las repeticiones y/o disminuimos los intervalos de reposo. De esta manera, la sobrecarga metabólica es inversamente proporcional a la sobrecarga tensionar (Santarem, 1999, p.39).

Recapitulando, se puede concluir que se reconocen como los principales factores musculares que contribuyen al aumento de la fuerza muscular a LA HIPERTROFIA, HIPERPLASIA y LA TIPOLOGIA DE LAS FIBRAS MUSCULARES. También, que ocurriendo o no la hiperplasia, la persona que desea maximizar sus ganancias en masa muscular debe participar de un programa de entrenamiento inteligentemente elaborado, respetando todas las variables que intervienen en dicho programa. Hoy han sido caracterizados tres tipos funcionales básicos de fibras musculares: Fibras de contracción lenta, oxidativas; fibras de contracción rápida, oxidativas y glicogenolíticas; y fibras de contracción rápida, glicogenolíticas. Los preparadores concuerdan en que el mayor aumento de la hipertrofia muscular con un entrenamiento de musculación corresponde con la realización de 6 a 12 repeticiones, de lo cual el autor también es partidario, asumiendo como valor medio y de mayor efecto 10 RM. Estos son dos de los puntos críticos, enfatizados y exhaustivamente discutidos por varios autores, donde se evidencia que estos son los límites numéricos ideales para una hipertrofia muscular eficiente y significativa, dentro de los patrones normales de entrenamiento y alimentación. Desde el punto de vista práctico, la sobrecarga metabólica aumenta en los ejercicios con pesos en la medida que aumentamos las repeticiones y/o disminuimos los intervalos de reposo. De esta manera, la sobrecarga metabólica es inversamente proporcional a la sobrecarga tensionar.

Bibliografía.

AMERICAM COLLEGE OF SPORTS AND MEDICINE. Directrices del ACSM para los tests de esfuerzo y su prescripción, 6ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara. 2003.

BAECHLE, T.R., et. al. El entrenamiento de la resistencia. In Essentials of Strength Training and Conditioning, Second Ed. Champaign, IL: Human-9-Kinetics, Inc. 2000.

BADILLO, J.J. y GOROSTIAGA, E. Fundamentos del entrenamiento de La fuerza: aplicación al alto rendimiento. 2ªed. Porto Alegre: Artmed. 2001.

BARBANTI, V. J. Teoría y práctica del entrenamiento deportivo. 2ª ed. São Paulo: Editorial Edgard Blücher LTDA. 1997.

BEAN, A. Guía Completa del Entrenamiento de la Fuerza. Madrid. Ed. Tutor. 1999.

BOMPA, T. Periodización del entrenamiento deportivo. Barcelona: Editorial Paidotribo, 205p. 2000.

CARLSON, B.M. y FAULKENER, J.A. The regeneration of skeletal muscle fibers following injury: a review. Med. Sci. Sports Exerc. v. 15, n. 3, p. 187-198. 1983.

CHEUNG, K. et al. (2003) Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. En: Sports Med. 33 (2): 145-164.

CHIESA, L. C. Musculación aplicaciones prácticas. Técnicas de uso de las formas y métodos de entrenamiento. Rio de Janeiro: Shape editora. 2002.

CHULVI MEDRANO I. Microroturas musculares: agujetas e hipertrofia Revista Digital Efdeportes- Buenos Aires - Año 12 - N° 115 -[on-line]. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/> 2007.

COSENZA Rodrigues et-al. Musculación: Teoria e Prática. Rio de Janeiro: Sprint, 1985.

FLECK, S.J. y KRAEMER, W.J. Diseño de programas de entrenamiento para la resistencia. 2ª ed. New York: Human Kinetics. 1997.

FLECK, S. J. y KRAEMER, W. J. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza muscular. Porto Alegre: Ed. Artmed. 2004.

GOLDSPINK, N. M. Los efectos combinados del ejercicio y la reducción de la ingesta de alimentos en las fibras del musculo esquelético. J Cell Comp Physiol. 1998.

GUEDES Jr. D. P. Musculación: estética y salud femenina. 3ª ed. São Paulo: Phorte. 2007 a.

GUEDES Jr. D. P. Sepa todo sobre musculación. Rio de Janeiro: Cuerpo y Salud. 2007 b.

HILBERT J.E. et al. Los efectos del masaje en la inflamación muscular de aparición retardada. Br. J. Sports Med. 37:72-75 [on-line]. 2003.

MATVIEV, L. P. El proceso del entrenamiento deportivo. Buenos Aires: Editorial Stadium, 101 p. 1986.

MINAMOTO, V. B. y SALVINI, T. F. El músculo como un órgano de secreción hormonal regulado por un estímulo mecánico. Rer. Bra. Fisioter. v. 5, n. 2, p. 87 – 94. 2001.

POWERS, S.K. y HOWLEY, E. T. Fisiología del ejercicio. 3ª ed. San Paulo: Manole. 2000.

TOUS FAJARDO, J. Nuevas tendencias en fuerza y musculación. Barcelona: Ergo. 1999.

VERKHOSHANSKIJ, Y. V. Hipertrofia muscular: body building. Rio de Janeiro: Ney Pereira Editora Ltda, 2000.

WEINECK, J. Manual de entrenamiento deportivo. 2ª ed. São Paulo, Manole, 1999.

ZAKHAROV, A. Ciencia del entrenamiento deportivo. Rio de Janeiro: Grupo Palestra Sport, 1992.

ZATSIORSKIJ, V. M. Ciencia y práctica del entrenamiento de la fuerza. San Paulo: Phorte. Brasil. 1999.