

The force-velocity
relationship

Henneman's
size principle

Hypertrophy

The length-tension
relationship

Fatigue

Muscle fiber growth caused
by mechanical tension

Chris Beardsley

CONTENIDO

1. [INTRODUCCIÓN](#) 3

[MECANISMOS DE HIPERTROFIA](#) 5

2. [¿QUÉ ES EL CRECIMIENTO MUSCULAR?](#) 6

3. [¿QUÉ CAUSA EL CRECIMIENTO MUSCULAR?](#) 13

4. [¿QUÉ NOS PUEDE ENSEÑAR EL SALTO SOBRE EL CRECIMIENTO MUSCULAR?](#) 22

5. [¿EL DAÑO MUSCULAR CAUSA HIPERTROFIA?](#) 30

6. [¿EL ESTRÉS METABÓLICO PROVOCA CRECIMIENTO MUSCULAR?](#) 38

7. [¿PUEDE EL MODELO DE TENSIÓN MECÁNICA, ESTRÉS METABÓLICO Y DAÑO MUSCULAR EXPLICAR TODOS LOS
¿FORMAS EN QUE OCURRE LA HIPERTROFIA?](#) 48

8. [¿QUÉ * REALMENTE * DETERMINA LA TENSIÓN MECÁNICA DURANTE EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA?](#) 52

9. [¿QUÉ DETERMINA SI UNA FIBRA MUSCULAR AUMENTA EN LONGITUD O DIÁMETRO?](#) 57

10. [¿QUÉ ES LA HIPERTROFIA REGIONAL Y CÓMO SUCEDE?](#) 61

11. [¿CÓMO AFECTAN LOS DIFERENTES TIPOS DE FATIGA A LA HIPERTROFIA Y LA RECUPERACIÓN?](#) 68

12. [EXPLICAR CÓMO FUNCIONA LA HIPERTROFÍA UTILIZANDO ÚNICAMENTE LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE FISIOLOGÍA MUSCULAR](#) 75

[CONCEPTOS BÁSICOS DEL ENTRENAMIENTO EN HIPERTROFIA](#) 81

13. [¿QUÉ ES VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO?](#) 82

14. [¿CÓMO DIFIERE EL VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO ENTRE ENTRENAR AL FRACASO, EVITAR EL FRACASO Y USAR
¿TÉCNICAS AVANZADAS?](#) 89

15. [¿CUÁL ES EL TIEMPO BAJO TENSIÓN? 95](#)

16. [¿POR QUÉ ES ESENCIAL LA SOBRECARGA PROGRESIVA PARA LA HIPERTROFIA? 102](#)

17. [¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA TÉCNICA PARA LA HIPERTROFIA? 108](#)

[VARIABLES DE ENTRENAMIENTO DE HIPERTROFÍA 115](#)

18. [¿CÓMO AFECTA EL PESO EN LA BARRA A LA HIPERTROFIA? 116](#)

19. [¿POR QUÉ LAS CARGAS MUY LIGERAS NO PRODUCEN TANTO CRECIMIENTO MUSCULAR COMO LAS CARGAS LIGERAS? 126](#)

20. [¿CÓMO AFECTA LA PROXIMIDAD AL FRACASO A LA HIPERTROFIA? 130](#)

21. [¿CUÁNTO VOLUMEN DEBEMOS REALIZAR PARA UN MÁXIMO CRECIMIENTO MUSCULAR? 139](#)

22. [¿EL ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO Y CONCÉNTRICO PRODUCE DIFERENTES TIPOS DE CRECIMIENTO MUSCULAR? 148](#)

23. [¿POR QUÉ BAJAR EL TEMPO AFECTA EL CRECIMIENTO MUSCULAR, PERO EL ELEVAR EL TEMPO NO? 156](#)

24. [¿MANTENER LA TENSIÓN CONSTANTE EN UN MÚSCULO AUMENTA LA HIPERTROFIA? 164](#)

25. [¿PUEDE EL USO DE LA CONEXIÓN MENTE-MÚSCULO MEJORAR LA HIPERTROFIA? 172](#)

26. [¿UN RANGO COMPLETO DE MOVIMIENTO SIEMPRE PRODUCE MÁS CRECIMIENTO MUSCULAR? 178](#)

27. [¿QUÉ DETERMINA LA FRECUENCIA DE ENTRENAMIENTO? 185](#)

28. [¿CÓMO AFECTAN LAS TÉCNICAS AVANZADAS A LA HIPERTROFIA? 194](#)

29. [¿LOS PERIODOS DE DESCANSO CORTOS AYUDAN O AYUDAN AL CRECIMIENTO MUSCULAR? 202](#)

30. [¿CÓMO AFECTA EL ORDEN DE EJERCICIO EN UN ENTRENAMIENTO A LA HIPERTROFIA? 208](#)

31. [¿CÓMO PODRÍA EL EJERCICIO AERÓBICO REDUCIR LAS GANANCIAS DE TAMAÑO MUSCULAR? 213](#)

32. [¿CÓMO AFECTA A LA HIPERTROFIA EL DESCANSO DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA? 219](#)

33. [¿CÓMO PUEDE AYUDAR LA PERIODIZACIÓN A MEJORAR EL CRECIMIENTO MUSCULAR? 225](#)

34. [¿CÓMO FUNCIONA EL ENTRENAMIENTO DE RESTRICCIÓN DEL FLUJO DE SANGRE \(BFR\)? 232](#)

[SELECCIÓN DE EJERCICIO PARA HIPERTROFIA 240](#)

35. [¿CÓMO PUEDEN LAS CURVAS DE FUERZA DEL EJERCICIO AFECTAR LA HIPERTROFIA? 241](#)

36. [¿QUÉ GRUPOS MUSCULARES ESTIMULAN LOS EJERCICIOS \(Y CUALES SIMPLEMENTE FUNCIONAN\)? 249](#)

37. [PALABRA FINAL 257](#)

INTRODUCCIÓN

El propósito de este libro es muy simple: es proporcionarle un marco que puede explicar cómo la hipertrofia resulta de las contracciones musculares, por referencia a ciertos principios básicos de la fisiología del ejercicio.

Construir ese marco requerirá que emprendamos un viaje para comprender el camino en el que los músculos producen fuerza en diferentes contextos, para aprender la naturaleza de la adaptaciones producidas por varios tipos diferentes de entrenamiento de fuerza, y para apreciar exactamente cómo y cuándo las fibras musculares producen la fuerza que luego experiencia como carga mecánica, que es lo que los lleva a aumentar en Talla.

¡Empecemos!

MECANISMOS DE HIPERTROFIA

¿QUÉ ES EL CRECIMIENTO MUSCULAR?

Aumentar el tamaño de los músculos a través del entrenamiento de fuerza es clave para mejorar el cuerpo. composición. Es por eso que levantar pesas es esencial para el culturismo, personal entrenamiento y entrenamiento de fuerza por igual.

En los últimos años, se ha publicado una gran cantidad de investigación (y continúa siendo publicado) explorando los efectos del entrenamiento de fuerza sobre el tamaño de los músculos. Esto es un emocionante oportunidad para todos los que trabajamos en la industria del fitness, porque nos permite mejorar continuamente los efectos de nuestros programas de formación, añadiendo a nuestro conocimiento a lo largo del tiempo.

Para integrar cada estudio a medida que se publica, creo que ayuda tener un marco en el que establecer nueva información. Este marco debería ayudarte Identificar las fortalezas y limitaciones de las nuevas investigaciones, así como vincular conceptos. de diferentes artículos juntos, para crear una comprensión clara de cómo la fuerza El entrenamiento trabaja para producir crecimiento muscular.

Mi marco básico comienza definiendo lo que cada medida de músculo crecimiento realmente significa. Luego establece una imagen clara de cómo las fibras musculares aumentar en tamaño. Finalmente, proporciona un modelo de cómo un entrenamiento de fuerza Estimula el aumento de la síntesis de proteínas musculares que provoca la hipertrofia de las fibras.

¿Qué son el crecimiento muscular, la hiperplasia y la hipertrofia de las fibras?

Los músculos a menudo aumentan de volumen (y, por lo tanto, de masa) después de un entrenamiento de fuerza.

Dado que están formados por muchas fibras individuales, los músculos pueden teóricamente aumento de volumen porque (1) aumenta el número de fibras (llamado hiperplasia), o (2) el volumen de cada fibra muscular aumenta (llamado fibra hipertrofia).

Cualquiera de estos procesos implica un aumento en el contenido de proteínas del conjunto músculo, que se conoce como hipertrofia.

1. Hiperplasia

La investigación en roedores ha encontrado aumentos en el número de fibras después de la mecánica. carga, observándose mayores aumentos después de la exposición a fuerzas más altas en longitudes musculares más largas. Las nuevas fibras suelen ser más pequeñas que las más antiguas y algunos investigadores han sugerido que esto sucede porque las fibras se dividen de modo que se pueden multiplicar.

Las fibras divididas a menudo se observan en tándem con aumentos en el número de fibras en estudios de roedores. Sin embargo, las fibras también se dividen cuando los músculos experimentan contusiones. que no estimulan el crecimiento muscular, así que si esta división representa una utilidad adaptación o es un efecto secundario de daño muscular severo no está claro.

En los seres humanos, los investigadores han observado signos de división de la fibra después de programas de entrenamiento de fuerza voluntario, pero hasta la fecha no tenemos indicaciones de que el entrenamiento de fuerza a largo plazo provoca aumentos en la fibra muscular. De hecho, algunas investigaciones sugieren que el entrenamiento de fuerza no causa hiperplasia en humanos, como lo indican las comparaciones de personas no capacitadas y culturistas que muestran un número similar de fibras musculares en los músculos de ambas poblaciones. Por tanto, parece poco probable que la hiperplasia contribuya significativamente para el crecimiento de todo el músculo después del entrenamiento de fuerza.

2. Hipertrofia de fibras

Aumenta el contenido de proteínas (y por lo tanto el volumen) de cada músculo. Las fibras pueden ocurrir porque (1) aumentan de diámetro o de sección transversal área, o (2) aumentan de longitud.

Puede parecer extraño pensar que las fibras musculares aumentan de longitud después del entrenamiento, porque las ubicaciones del origen y la inserción de todo el músculo no pueden

cambio. Aun así, todo el músculo puede aumentar de longitud después del entrenamiento, sobresaliendo ligeramente en el medio, incluso cuando sus puntos de inicio y final son reparados.

Muchos estudios en humanos han demostrado que la longitud del fascículo muscular (los fascículos son haces de fibras musculares) aumenta después de un entrenamiento de fuerza a largo plazo. Esto sucede particularmente a menudo cuando el programa de entrenamiento de fuerza involucra contracciones sólo excéntricas, o cuando se produce la contracción máxima del ejercicio en longitudes de músculos largos.

Del mismo modo, los investigadores han descubierto que el diámetro de las fibras musculares individuales también aumenta después de un entrenamiento de fuerza a largo plazo. Los aumentos de diámetro son a veces mayores en las fibras de tipo II, probablemente porque las fibras de tipo I son más comúnmente (¡pero no siempre!) vinculadas con las unidades motoras de umbral más bajo, y generalmente, sólo las unidades motoras de umbral más alto aumentan de tamaño después de la fuerza de capacitación.

¿Cómo medimos el crecimiento muscular?

Los investigadores pueden medir el crecimiento muscular de varias formas, que pueden ser subdivididos en (1) los que evalúan todo el cuerpo, (2) los que evalúan músculos y (3) los que evalúan las fibras musculares.

1. Todo el cuerpo

Un enfoque común para medir los cambios en la masa muscular después de la fuerza El entrenamiento consiste en utilizar la exploración de todo el cuerpo con rayos X (DEXA), que permite a los investigadores estimar la masa corporal magra (no grasa). Combinando estos datos con otras medidas, como el volumen corporal total mediante desplazamiento de aire pletismografía y agua corporal total utilizando impedancia bioeléctrica, una se puede lograr una evaluación precisa.

Este tipo de medición es valioso porque nos brinda una buena descripción general de cambios en la composición de todo el cuerpo después del entrenamiento de fuerza. Sin embargo, no Cuéntanos mucho sobre cómo se ha adaptado cada músculo.

2. Músculo

Otros métodos de escaneo, como la resonancia magnética (MRI), calculados La tomografía (TC) y la ecografía pueden darnos una idea de cómo los músculos individuales cambian de tamaño en cada una de sus dimensiones. Sin embargo, los músculos no aumentan de tamaño en todas las direcciones por igual después del entrenamiento de fuerza, y esto afecta la forma en que interpretamos los resultados de cada medición de escaneo.

Cuando se realizan múltiples exploraciones axiales a lo largo del músculo, esto produce una serie de imágenes transversales. Combinar estos juntos permite a los investigadores para calcular el volumen total del músculo. Este tipo de medición es útil porque no importa si las fibras musculares individuales aumentan de longitud o diámetro, ni si la disposición de las fibras dentro del músculo se altera después entrenamiento, ni si las diferentes regiones del músculo aumentan de tamaño más de otros.

A veces, no se realizan exploraciones múltiples, y sólo una Se graba una imagen seccional (la imagen se describe como "axial" cuando se perpendicular al cuerpo en posición anatómica). Esta medida es llamado el área anatómica de la sección transversal. A diferencia de las medidas de volumen muscular, El registro del área de la sección transversal anatómica puede hacer que subestimemos o sobrestimar un cambio real en el volumen muscular, si la disposición de las fibras el interior del músculo se altera después del entrenamiento, o si diferentes regiones del músculo aumentan de tamaño más que otros.

De hecho, la disposición de las fibras dentro de un músculo * sí * cambia después de la fuerza capacitación. Su ángulo en relación con la línea de tracción (llamado ángulo de separación) aumenta junto con aumentos en el diámetro de la fibra. Del mismo modo, muchos Los músculos aumentan de tamaño en algunas regiones más que en otras, dependiendo de la ejercicio utilizado en el entrenamiento, porque tienen subdivisiones funcionales, cada una de las cuales

cuál es el más adecuado para producir fuerza en una dirección diferente o en una diferente ángulo de articulación.

Si visualiza las fibras musculares corriendo de un extremo al otro de un músculo, puede parecer extraño pensar en ellos cambiando su ángulo dentro de un músculo después entrenamiento de fuerza. Sin embargo, las fibras a menudo corren diagonalmente a través de los músculos, entre amplias láminas de tejido de colágeno (llamadas aponeurosis) a ambos lados. Después de la fuerza entrenamiento, a medida que las fibras musculares aumentan en el ángulo de penetración, se vuelven menos paralelas a las aponeurosis, y más perpendicular.

Más recientemente, algunos investigadores han adoptado la ecografía para evaluar cambios en el tamaño de los músculos, porque el equipo es económico. Lo mas La medida común registrada por ultrasonido es el grosor de los músculos. Se refiere a la distancia lineal perpendicular entre las aponeurosis superficial y distal. Está bastante relacionado con el área de la sección transversal anatómica, y está sujeto a la mismas limitaciones.

3. Fibra individual

Algunos estudios registran cambios en el diámetro de una sola fibra después del entrenamiento de fuerza. Para Hacer esto requiere tomar una biopsia de músculo antes y después del largo plazo. programa de entrenamiento de fuerza, y luego tomar cortes transversales del músculo tejido, antes de realizar procedimientos de tinción e imágenes para identificar los bordes (y por tanto el diámetro) de cada fibra muscular.

A menudo, los procedimientos de tinción permiten a los investigadores identificar las fibras musculares de diferentes tipos, y esto significa que los cambios promedio en el tipo de fibra Se puede medir el área de la sección.

Dado que el crecimiento muscular en los seres humanos parece deberse principalmente al aumento de volumen de fibra, estudiar los cambios en el diámetro de las fibras musculares individuales es un método atractivo. Sin embargo, la principal desventaja es que las fibras también pueden aumentar en length, y este cambio no se registra con este enfoque.

¿Qué sucede dentro de una fibra muscular durante la hipertrofia?

Los músculos contienen muchas decenas de miles de fibras musculares. En los humanos, un El aumento en el tamaño de los músculos enteros surge predominantemente de aumentos en el volumen de algunas de estas fibras musculares. Estas fibras musculares aumentan de volumen. principalmente debido a aumentos en su diámetro, pero también en parte debido a aumenta en su longitud.

Cuando las fibras musculares aumentan de diámetro, esto implica un aumento en el número de sarcómeros en paralelo. Cuando las fibras musculares aumentan de longitud, esto implica una aumento del número de sarcómeros en serie.

Los sarcómeros son secciones cortas de miofibrillas de actina y miosina y sus estructuras citoesqueléticas asociadas, que permiten que los músculos produzcan fuerza. Estas las secciones se unen en largas cuerdas, a lo largo de cada fibra. Cada La fibra involucra muchas cuerdas miofibrilares dispuestas en paralelo. Roedor y humano Los estudios nos han demostrado que puede haber entre 1000 y 1500 miofibrillas dentro de una sola fibra.

Si el volumen de una fibra muscular aumenta debido a un aumento en la número de sarcómeros en cada cadena miofibrilar, o debido a un aumento en el número de hilos miofibrilares dentro de la fibra muscular, esto requiere una aumento en el contenido de proteína de la fibra, lo que ocurre a través de un aumento en la tasa de síntesis de proteínas musculares.

Esta proteína adicional comprende las diversas moléculas que se necesitan para crear los nuevos sarcómeros y sus estructuras de soporte sarcoplásmicas circundantes.

¿Pueden la hipertrofia miofibrilar y la hipertrofia sarcoplásmica? suceder de forma independiente?

Algunos investigadores han especulado que la densidad (número por unidad cruzada área seccional) de cuerdas miofibrilares en paralelo dentro de cada fibra muscular podría

variar. Esto afectaría la fuerza de una fibra muscular (y por lo tanto de un músculo) en relación con su tamaño, ya que son las cuerdas miofibrilares las responsables de fuerza de producción.

Esta hipótesis surgió para explicar por qué la fuerza aumenta mucho más que el tamaño del músculo después del entrenamiento de fuerza, y por qué la fuerza aumenta más después entrenamiento de fuerza con cargas pesadas que después del entrenamiento de fuerza con cargas ligeras, a pesar de ganancias similares en el tamaño de los músculos.

Específicamente, se sugirió que el entrenamiento de fuerza con cargas más pesadas podría causar más hipertrofia miofibrilar y menos hipertrofia sarcoplásmica, en comparación con el entrenamiento de fuerza con cargas más ligeras.

Sin embargo, probablemente esto no suceda.

La investigación ha demostrado que aumenta la cantidad de miofilamentos en una fibra muscular en proporción a su área transversal después del entrenamiento de fuerza, y esto es

probablemente por qué la fuerza que puede ejercer una sola fibra muscular en relación con su El área seccional tiende a permanecer constante después del entrenamiento de fuerza.

Además, ahora sabemos que el entrenamiento de fuerza aumenta la fuerza en más del tamaño, porque hay muchas otras adaptaciones que contribuyen a una mayor capacidad para producir fuerza, y estas adaptaciones se estimulan preferentemente cuando se utiliza pesos pesados. Entonces, la hipótesis de que la hipertrofia miofibrilar y sarcoplásmica puede ocurrir de forma independiente es innecesario.

¿Qué estimula a que ocurra la hipertrofia?

Las fibras musculares pueden detectar la tensión mecánica utilizando receptores ubicados en el membrana celular. Cuando estos receptores dentro de la fibra muscular detectan la presencia de carga mecánica, esto desencadena una secuencia de eventos de señalización en un proceso conocido como mecanotransducción.

Es muy importante señalar que es la fibra muscular la que detecta la presencia de carga mecánica, y no todo el músculo, porque sabemos que todo Los músculos pueden experimentar un nivel de carga mecánica, mientras que los

las fibras musculares de su interior experimentan un estímulo completamente diferente. Por lo tanto, siempre debemos pensar en el estímulo que experimenta la fibra muscular, y no todo el músculo.

¿Qué es la comida para llevar?

El crecimiento muscular en los seres humanos ocurre predominantemente a través de aumentos en la volumen de fibras musculares individuales, aunque no todos los métodos de medición son ideales para grabar esto. Parece poco probable que un aumento en el número de fibras musculares (hiperplasia) contribuye de manera significativa al crecimiento muscular en humanos.

Las fibras musculares individuales aumentan de volumen principalmente debido a aumentos en su de diámetro, sino también en parte debido al aumento de su longitud. Este aumento en volumen implica un aumento en el contenido de proteínas, que se produce por un aumento en la tasa de síntesis de proteínas musculares, y el aumento en el tamaño de la fibra implica aumentos proporcionales en elementos miofibrilares y sarcoplásmicos.

Las fibras musculares individuales se activan para crecer cuando los receptores ubicados en su célula las membranas detectan la presencia de carga mecánica. Esta carga mecánica puede ser diferente de la carga mecánica experimentada por el músculo como un todo, pero es el estímulo detectado por la fibra individual lo que determina cómo se adapta al programa de entrenamiento de fuerza.

¿QUE CAUSA EL CRECIMIENTO MUSCULAR?

Durante muchos siglos, hemos sabido que levantar pesas aumenta la fuerza, como así como masa muscular.

Hace miles de años, Milo de Croton desarrolló una tremenda fuerza para Lucha olímpica levantando una pantorrilla sobre sus hombros todos los días, creciendo más y más fuerte a medida que se hacía más pesado.

Más recientemente, a finales del siglo XIX, hombres fuertes como Eugen Sandow incluyeron posar rutinas al final de sus actuaciones de levantamiento de pesas, para mostrar la musculatura desarrollo que habían logrado a través de la formación.

En otras palabras, descubrimos hace mucho tiempo que levantar progresivamente más pesado los pesos eran necesarios para seguir aumentando la fuerza y el tamaño. Sin embargo, no fue hasta hace poco tiempo que los investigadores comenzaron a estudiar el entrenamiento de fuerza y aplicaron método científico para identificar exactamente qué causa el crecimiento muscular, explorando los mecanismos y procesos a través de los cuales el levantamiento de pesas causa hipertrofia.

Esta investigación es un recurso importante para nuestra comprensión del entrenamiento de fuerza. Aprendiendo sobre los mecanismos y procesos mediante los cuales el entrenamiento de fuerza provoca el crecimiento muscular, podemos estructurar nuestros programas de entrenamiento para maximizar el resultados que queremos lograr.

¿Cuáles son los mecanismos y procesos que conducen a la hipertrofia?

Hay tres fases principales en el proceso a través del cual el entrenamiento de fuerza provoca el crecimiento muscular. Cada una de estas fases ha sido examinada por investigadores, aunque a algunos se les ha prestado más atención que a otros.

En primer lugar, hay un estímulo inicial, a menudo llamado mecanismo primario. Ya que El crecimiento muscular ocurre principalmente a través de un aumento en el tamaño del individuo.

fibras musculares, esto debe ser detectado por receptores dentro de las células musculares. En segundo lugar, hay eventos de señalización molecular dentro del músculo. Estos últimos varias horas, y como resultado del estímulo inicial. En tercer lugar, hay un temporal aumento en la tasa de síntesis de proteínas musculares, que es desencadenada por el

Eventos de señalización molecular. Esto es lo que conduce a aumentos en el músculo en general. tamaño, que luego se puede medir de varias maneras.

1. Estímulo inicial

Los investigadores han planteado la hipótesis de que hay tres mecanismos principales que podría estimular el crecimiento muscular: (1) tensión mecánica, (2) estrés metabólico y (3) daño muscular. Estos mecanismos son condiciones ambientales que pueden detectado por fibras musculares individuales, que luego estimulan la señalización molecular eventos que aumentan las tasas de síntesis de proteínas musculares y, posteriormente, causan la acumulación de proteínas dentro de las fibras musculares individuales.

Actualmente, tenemos un modelo bastante claro de cómo se desencadena la tensión mecánica crecimiento muscular, aunque la ubicación e identidad de los mecanorreceptores dentro de las fibras musculares aún se desconocen. Por el contrario, no está claro cómo el músculo el daño y el estrés metabólico podrían influir. Esto se debe en parte a la problemas inherentes al examen de estos factores.

La principal dificultad a la que se enfrentan los investigadores al intentar comprender efectos independientes de la tensión mecánica, el daño muscular y el estrés metabólico es que es muy difícil estimular un músculo con daño muscular o estrés metabólico sin proporcionar el estímulo de tensión mecánica al mismo tiempo.

Algunos investigadores también han sugerido que la activación de las fibras musculares, resultando del reclutamiento de unidades motoras, es un mecanismo primario a través del cual el músculo se estimula el crecimiento. Pero este no puede ser el caso, porque la unidad de motor completa El reclutamiento se aborda en contracciones musculares de alta velocidad, que causan poco crecimiento muscular.

Además, cuando la activación muscular se mantiene constante en niveles altos, aumentar la velocidad de una contracción reduce la hipertrofia. Esto parece suceden porque las velocidades de contracción más rápidas reducen la tensión mecánica producida por cada fibra muscular y, por tanto, la cantidad de carga mecánica detectado por sus mecanorreceptores.

2. Señalización molecular

Los investigadores han revelado una compleja serie de vías de señalización anabólica que se activan en respuesta a los entrenamientos de entrenamiento de fuerza, y que parecen ser involucrado en la elevación de la síntesis de proteínas musculares y causando la acumulación de proteína dentro de las fibras musculares.

La más famosa de estas vías moleculares es la vía de señalización de mTOR. Dentro de esta vía de señalización se encuentra una enzima llamada p70S6K. Incrementos en el La actividad de esta enzima se ha relacionado estrechamente con aumentos a largo plazo en tamaño de los músculos tanto en animales como en humanos. Además, la señalización elevada de p70S6K es observado cuando utilizamos variables de entrenamiento que se sabe que conducen a una mayor hipertrofia, como mayores volúmenes de entrenamiento.

Sin embargo, algunas variables de entrenamiento que no parecen mejorar el crecimiento muscular también muestran una señalización elevada de p70S6K, incluida la excéntrica (en comparación con contracciones concéntricas). Esto puede implicar que la señalización de mTOR también está involucrada

en otros procesos, como la reparación de daños musculares, como el alargamiento las contracciones causan más daño muscular que las contracciones acortadas.

De hecho, incluso hay situaciones en las que la señalización de mTOR se puede estimular y La p70S6K aumenta, pero las tasas de síntesis de proteínas musculares no aumentan. Esta se ha informado en casos de sobreentrenamiento, que puede causar pérdida de masa muscular, y donde el estrés oxidativo parece inhibir la síntesis de proteínas musculares. aumentado. Los resultados de tales experimentos proporcionan una nota de advertencia. Deberíamos No asuma que un mayor aumento en la señalización de mTOR * siempre * causará una mayor aumento en las tasas de síntesis de proteínas musculares y un posterior a largo plazo aumento del tamaño de los músculos.

3. Síntesis de proteínas musculares

Hasta hace muy poco, los investigadores no habían podido vincular los aumentos en el músculo las tasas de síntesis de proteínas después de un entrenamiento a las ganancias a largo plazo en el tamaño del músculo después de un programa de entrenamiento de fuerza que comprende una secuencia de ese tipo de entrenamiento, aunque a menudo observaron aumentos transitorios después de un solo entrenamiento.

A pesar de que el contenido de proteína de una fibra muscular está determinado por el equilibrio de la síntesis de proteínas musculares y las tasas de degradación de las proteínas musculares, esto seguía siendo frustrante, porque había buena evidencia que sugería que era el aumento en la tasa de síntesis de proteínas musculares que fue responsable del cambio en tamaño de los músculos a lo largo del tiempo.

En consecuencia, fue un verdadero avance cuando un grupo de investigación identificó muy Recientemente, las elevaciones en la síntesis de proteínas musculares (miofibrilares) podrían ser relacionados con ganancias a largo plazo en el tamaño de los músculos después de eliminar la elevación en el músculo tasas de síntesis de proteínas necesarias para reparar el tejido muscular dañado.

Este descubrimiento fue importante, no solo porque confirmó el papel central de aumentar las tasas de síntesis de proteínas musculares para causar hipertrofia, pero también porque insinuaba que si bien la reparación del daño muscular y el crecimiento muscular son muy procesos similares, la reparación del daño muscular probablemente no mejora los aumentos en el tamaño del músculo.

Además, el estudio también sugiere que el diseño de estudio popular en el que se miden las elevaciones del entrenamiento en la síntesis de proteínas musculares puede no ser tan útil como habíamos esperado anteriormente. Dado que las tasas de síntesis de proteínas musculares son aumentado, tanto para reparar el daño muscular (que no mejora hipertrofia) y también para aumentar el contenido de proteína de la fibra muscular (que causa hipertrofia), tales estudios pueden llevarnos a concluir * incorrectamente * que más Los entrenamientos que dañan los músculos conducen a un mayor crecimiento muscular.

Por lo tanto, al igual que con la señalización molecular, debemos tener cuidado con la forma en que interpretar los hallazgos de estudios que exploran cambios en la síntesis de proteínas musculares después de un entrenamiento, ya que tales cambios podrían reflejar fácilmente la reparación del músculo daño, en lugar del crecimiento de tejido muscular.

¿Qué sabemos sobre la tensión mecánica?

Introducción

Hay tres áreas importantes que se deben abordar al pensar en el papel de tensión mecánica en el crecimiento muscular: (1) la naturaleza de activo y pasivo

tensión mecánica, (2) el papel de la resistencia externa, y (3) los efectos de fatiga.

1. Tensión mecánica activa y pasiva

Los músculos pueden experimentar tensión mecánica cuando se contraen activamente o cuando se estiran pasivamente. Cuando están activamente contraerse, pueden producir fuerza al acortar, alargar o permaneciendo en una longitud constante (isométrica). En todos los casos, la cantidad de mecánicas La tensión se ha relacionado con el cambio posterior en el tamaño del músculo, por lo que confirmando el papel clave de este mecanismo en la hipertrofia.

Si bien estamos más acostumbrados a que el crecimiento muscular ocurra después de la fuerza Entrenamiento mediante contracciones musculares activas, también se ha informado hipertrofia. después del estiramiento pasivo de músculos inactivos, tanto en humanos como en animales, y muy probablemente implica una señalización molecular algo similar a través del mTOR ruta.

Curiosamente, sin embargo, parece probable que las fibras musculares puedan detectar la diferencia entre la tensión mecánica proporcionada por las contracciones activas y por carga pasiva.

Esto se refleja en la naturaleza de la señalización molecular a través del mTOR. vía, y también en las adaptaciones a largo plazo al entrenamiento de fuerza, que son a menudo mayor después de combinar la carga activa y pasiva, incluso cuando el músculo las fuerzas se equiparan. Prácticamente hablando, esto sugiere que las contracciones musculares y el estiramiento proporcionan estímulos independientes y aditivos que conducen a la crecimiento.

2. El papel de la resistencia externa

La forma en que la tensión mecánica provoca el crecimiento muscular es con frecuencia incomprendido, porque tendemos a pensar en la resistencia externa como la estímulo mecánico.

Si bien esto es apropiado cuando se piensa en el estiramiento pasivo de músculos tejido, no es válido cuando se piensa en el entrenamiento de fuerza en el que activo están involucradas las contracciones musculares.

La señal de tensión mecánica que conduce a la hipertrofia se detecta mediante una sola fibras y no por el músculo en su conjunto, por mecanorreceptores que probablemente son ubicado en la membrana de cada célula muscular. Este es un factor importante, porque significa que necesitamos definir el estímulo de tensión mecánica en relación con las fuerzas experimentadas por cada fibra muscular individual, y no por la todo el músculo.

A este respecto, hay dos puntos clave.

En primer lugar, en una contracción muscular activa, la fuerza de tracción detectada por una fibra muscular es esencialmente la fuerza que se produce a sí misma. Aun así, en ausencia de fatiga, es la resistencia externa que determina la velocidad a la que cada fibra puede contraerse. Dado que las velocidades de contracción más lentas permiten que se establezcan más puentes cruzados de actina-miosina formar dentro de una fibra, las resistencias externas más grandes aumentan así la tensión que cada fibra produce, porque el número de puentes cruzados de actina-miosina unidos determina la fuerza producida por una fibra. De hecho, aunque la resistencia debe ser externo al músculo, puede ser interno al cuerpo, como cuando se contrae los músculos agonista y antagonista simultáneamente.

En segundo lugar, las fibras musculares interactúan entre sí, abultando hacia afuera en el medio del sarcómero y ejerciendo fuerza lateralmente, y todo el músculo se dobla y cambia de forma durante una contracción. Esto significa que una contracción muscular expone sus fibras a una variedad de restricciones externas. Esto conduce a diferentes fibras acortamiento de velocidades, tensión mecánica y cambios de longitud, y esto afecta las fibras de algunas regiones más que de otras. Probablemente esta sea la razón por la que los músculos no se adaptan uniformemente después del entrenamiento de fuerza, pero algunas regiones aumentan la fibra diámetro y / o longitud más que otros.

3. Los efectos de la fatiga

Al realizar múltiples y repetidas contracciones musculares, se desarrolla fatiga. Esta significa que las fibras musculares gobernadas por las unidades motoras de trabajo se vuelven incapaz de producir la fuerza requerida. Esto hace que las unidades motoras de umbral más alto ser reclutados, y luego se activan sus fibras musculares asociadas.

Además, la fatiga hace que las fibras musculares activas reduzcan su velocidad de contracción sobre el conjunto. Esta reducción en la velocidad de contracción es cercana vinculado a la cantidad de estrés metabólico en el músculo.

En consecuencia, durante series de fatiga con cualquier carga, las unidades motoras de umbral alto que crecen después de que se activa el entrenamiento de fuerza, y sus fibras musculares se contraen en una velocidad lenta. Dado que las fibras musculares se acortan a una velocidad lenta, una gran cantidad de Se forman puentes cruzados de actina-miosina unidos. Esto produce mecánicas tensión en la fibra, lo que la estimula a crecer.

¿Qué sabemos sobre el estrés metabólico?

El entrenamiento con cargas pesadas o ligeras produce un crecimiento muscular similar (siempre que series se realizan hasta el fallo) y entrenamiento de carga ligera con restricción del flujo sanguíneo también produce ganancias similares en el tamaño de los músculos al entrenamiento con cargas pesadas.

En ocasiones, estas observaciones se han utilizado para respaldar el papel del metabolismo estrés en hipertrofia. Sin embargo, como se señaló anteriormente, hay una Explicación de cómo la fatiga conduce a un aumento de la tensión mecánica en el músculo. fibras de las unidades motoras de umbral alto, estimulándolas a crecer.

De hecho, debido a este efecto de la fatiga sobre la tensión mecánica, es extremadamente Es difícil explorar los efectos independientes del estrés metabólico sobre el crecimiento muscular.

Para solucionar el problema, algunos investigadores han probado los efectos a largo plazo de aplicar periódicamente restricción del flujo sanguíneo a un músculo sin ninguna

contracciones musculares simultáneas, ya sea como una intervención independiente en roedores, o inmediatamente después de un entrenamiento en humanos. Sin embargo, los hallazgos de este las investigaciones han sido contradictorias. En la actualidad, parece probable que los efectos de El estrés metabólico está * en gran parte * mediado por la fatiga, en la medida en que la fatiga aumenta crecimiento muscular aumentando la carga mecánica.

En consecuencia, en realidad no existe una necesidad real de hipotetizar un papel para el metabolismo estrés, porque los efectos que originalmente se hipotetizó para explicar pueden en realidad se explica más fácilmente por la carga mecánica, como resultado de la efectos de la fatiga.

¿Qué sabemos sobre el daño muscular?

A menudo se piensa que el entrenamiento excéntrico provoca un mayor crecimiento muscular que entrenamiento concéntrico. Del mismo modo, el entrenamiento de grandes longitudes musculares (que implica estiramiento) a menudo (pero no siempre) provoca más crecimiento muscular que el entrenamiento en músculos cortos longitudes.

Dado que tanto las contracciones excéntricas como el entrenamiento de largos músculos causan más

daño muscular que las contracciones concéntricas y el entrenamiento en longitudes de músculos cortos, Estas observaciones se han utilizado para respaldar el papel del daño muscular en hipertrofia.

Si bien las excéntricas causan más daño muscular que las concéntricas, esto no se traduce en una mayor hipertrofia en modelos de roedores. Y en los humanos, suprimiendo los efectos dañinos para los músculos de las contracciones excéntricas parecen tener poco impacto sobre el crecimiento muscular. Además, si las excéntricas causan más crecimiento muscular que concéntricas, entonces el efecto es bastante pequeño. Las diferencias entre excéntrico y El entrenamiento concéntrico observado en algunos estudios puede estar relacionado con la medición métodos utilizados: una nueva investigación ha demostrado que las excéntricas causan mayores aumentos en longitud de la fibra muscular, mientras que los concéntricos provocan mayores ganancias en el diámetro de la fibra, mientras que la hipertrofia general es similar.

Quizás lo más importante es que la investigación con roedores cuidadosamente controlada ha demostrado que los efectos variables de los diferentes tipos de contracciones musculares (concéntricas, excéntrico e isométrico) sobre el crecimiento muscular se explican casi en su totalidad por la

cantidad de tensión mecánica involucrada. En otras palabras, mientras que algunos excéntricos de hecho, los programas de entrenamiento pueden producir un mayor crecimiento muscular que un programa de entrenamiento concéntrico comparable, el efecto probablemente esté mediado por el mayor nivel de tensión mecánica y / o trabajo realizado que se puede lograr con alargamiento de las contracciones.

De manera similar, el papel del aumento de la longitud muscular en la estimulación del crecimiento muscular es poco claro. Si bien el estiramiento pasivo puede causar crecimiento muscular tanto en humanos como en animales, no está claro si esto sucede debido a un sensor de tensión mecanismo o un mecanismo de detección de daños. Dado que el estiramiento pasivo rara vez causa dolor muscular (a diferencia del entrenamiento de fuerza), parece plausible que el El mecanismo implica sentir la tensión más que el daño.

Por lo tanto, los investigadores sugieren cada vez más que la reparación del músculo el daño es un proceso separado del crecimiento muscular. De hecho, los estudios han demostrado que las elevaciones en la síntesis de proteínas musculares solo están relacionadas con ganancias a largo plazo en tamaño del músculo después de eliminar el aumento en las tasas de síntesis de proteínas musculares necesario para reparar el tejido muscular dañado.

Sin embargo, toda la investigación anterior implicó sacar conclusiones de la fuerza entrenamientos de entrenamiento en los que tanto la tensión mecánica como el daño muscular podrían han estimulado la hipertrofia. Al igual que con el estrés metabólico, es muy difícil explorar los efectos independientes de la tensión mecánica y el daño muscular en desarrollo muscular.

Para solucionar el problema, algunos investigadores han probado los efectos a largo plazo de otros tipos de carga mecánica, como la compresión mecánica, en el músculo crecimiento. La compresión mecánica produce un daño muscular similar al tensión mecánica, incluso provocando la división de fibras musculares en algunos casos, y todos los tipos del daño muscular parece repararse de la misma manera.

Si el proceso de reparación muscular después de la carga compresiva se activara hipertrofia, entonces esto sería una buena evidencia de que es un mecanismo primario que conduce al crecimiento muscular. Sin embargo, hasta ahora, la investigación sugiere que sí no, y de hecho puede causar la pérdida de algunas fibras musculares como resultado de la daño. Otros estudios también han demostrado que es probable que se produzca un daño muscular excesivo. responsable tanto de la exageración como de la pérdida de masa muscular, cuando se administra junto con tensión mecánica, tanto en humanos como en animales.

En la actualidad, por lo tanto, parece más probable que cualquier efecto aparente del músculo Los daños son * en gran parte * una función del entrenamiento de daño muscular que involucra ya sea (1) mayor carga mecánica, o (2) la detección de estiramiento.

En consecuencia, en realidad no existe una necesidad real de plantear la hipótesis de un papel para el músculo daño en la hipertrofia, porque los efectos que originalmente se hipotetizó Explicar en realidad se puede explicar más fácilmente mediante la carga mecánica, como resultado

de los efectos de estirar las estructuras pasivas de las fibras.

¿Qué es la comida para llevar?

Hay tres fases principales en el proceso a través del cual el entrenamiento de fuerza provoca el crecimiento muscular, que han sido examinados por los investigadores: (1) el mecanismo primario, (2) eventos de señalización molecular y (3) cambios en el músculo tasas de síntesis de proteínas, que son responsables de la acumulación a largo plazo de proteína dentro de las fibras musculares y un aumento en el tamaño de los músculos.

Actualmente, tenemos un modelo claro de cómo el mecanismo primario de mecánica La tensión puede producir crecimiento muscular, y está determinada por la tensión producida. y detectado por cada fibra muscular. Esta tensión es producida por el número de puentes cruzados de actina-miosina unidos, que es mayor en la contracción más lenta de la fibra velocidades. La velocidad de contracción de la fibra (y, por lo tanto, la cantidad de tensión) puede reducirse mediante una mayor resistencia externa o más fatiga.

Por el contrario, los roles del estrés metabólico y el daño muscular son mucho menos claros, principalmente porque son difíciles de investigar independientemente de la mecánica tensión. Actualmente, el papel del estrés metabólico se puede explicar bien por la efectos de la fatiga sobre el aumento de la tensión mecánica. Del mismo modo, cualquier potencial efectos del daño muscular que pueden surgir cuando el entrenamiento excéntrico o el entrenamiento en Las longitudes largas de los músculos pueden explicarse fácilmente mediante una mayor mecánica carga o la detección de estiramiento.

¿Qué nos puede enseñar el salto?

¿DESARROLLO MUSCULAR?

La industria principal del fitness está * plagada * de mitos y supersticiones sobre cómo ocurre el crecimiento muscular y cómo debemos estructurar los entrenamientos para maximizar las ganancias. Por el contrario, el culturismo serio y la fuerza profesional, y condicionando comunidades están mucho mejor educadas y muy bien fundamentadas en la ciencia de la hipertrofia.

Aun así, todavía hay un concepto erróneo que presenta una barrera para el comprensión del crecimiento muscular incluso de los entrenadores de fuerza más instruidos y entrenadores personales, que es la forma en que el grado de reclutamiento de unidades motoras afecta hipertrofia posterior.

Afortunadamente, podemos solucionar este problema comparando los efectos de la alta velocidad programas de entrenamiento de fuerza, como los que implican saltos o ejercicios pliométricos, y programas de culturismo convencionales.

Antes de llegar a eso, repasemos los conceptos básicos del reclutamiento de unidades motoras.

¿Qué es el reclutamiento de unidades motoras?

Las unidades motoras se definen como neuronas motoras y las fibras musculares que enconar. Por lo general, hay cientos de unidades motoras en cualquier músculo dado, pero el número exacto puede variar bastante entre músculos.

Cuando el sistema nervioso central provoca un potencial de acción (una señal eléctrica) viajar a lo largo de una neurona motora, esto "recluta" la unidad motora y hace que todos los las fibras musculares gobernadas por esa unidad motora para ser activadas. Una vez músculo las fibras se activan, inmediatamente producen fuerza y tratan de acortarse lo más rápido como puedan.

¿Cómo se reclutan las unidades motoras?

Las unidades motoras se reclutan en orden de tamaño de neurona motora (no fibra muscular), que puede identificarse por la amplitud del potencial de acción, porque el motor más grande

las neuronas muestran grandes potenciales de acción. Esto se llama "tamaño de Henneman principio."

Podemos medir el nivel de fuerza al que se reclutan las unidades motoras individuales durante las contracciones musculares, y esto proporciona una medida de la umbral de contratación. Este umbral es simplemente la fuerza (en Newtons) o el par (en Newton metros) en el que la unidad de motor se enciende por primera vez por la central sistema nervioso.

Unidades motoras que se reclutan antes en secuencia, a menudo en niveles relativamente más bajos de fuerza, se denominan "unidades motoras de umbral bajo" y gobiernan un pequeño número de fibras musculares. Unidades motoras que se reclutan posteriormente en secuencia, en niveles más altos. de fuerza, se denominan "unidades motoras de umbral alto" y gobiernan un gran número de fibras musculares.

¿Cómo se relaciona el reclutamiento de unidades motoras con la fuerza estática? ¿producción?

Cuando se evita que los músculos no fatigados se acorten, como cuando realizar una contracción estática (isométrica), la cantidad de fuerza que pueden producir es determinado por (1) el número de unidades motoras que se reclutan, y (2) el frecuencia de las descargas del potencial de acción.

También se creyó una vez que el grado de sincronización de la unidad motora podría ser alterado para afectar el nivel de fuerza muscular, pero ahora creemos que esto es fijo, y no cambia.

La fuerza muscular aumenta dramáticamente con el aumento del reclutamiento de unidades motoras, con el reclutamiento de algunas unidades motoras de alto umbral que involucran cien veces más fuerza que el reclutamiento de las primeras unidades motoras de bajo umbral. Este aumento de la fuerza ocurre principalmente porque se activan * más * fibras musculares con niveles crecientes de reclutamiento, y esto ocurre de dos maneras.

En primer lugar, a medida que se reclutan más unidades motoras, todas las unidades motoras anteriores permanecen activo. Por lo tanto, hay un aumento incremental en el número de activos fibras musculares a medida que aumenta el número de unidades motoras reclutadas.

En segundo lugar, aumenta el número de fibras musculares controladas por una unidad motora. exponencialmente con orden de contratación. Si bien hay cientos de miles de fibras dentro de un músculo, el número de fibras controladas por cada unidad motora varía ampliamente, desde un puñado hasta un par de miles. Por tanto, la cantidad de La fuerza que puede producir una unidad motora de umbral bajo es mucho menor que la cantidad de fuerza ejercida por una unidad motora de umbral alto.

Además del número de fibras musculares activas, la producción de fuerza también se afectados por el tamaño y el tipo de las propias fibras. Mayor diámetro, más Las fibras fatigables pueden producir un poco más de fuerza que un diámetro más pequeño, menos fibras fatigables. Si bien es cierto que las unidades motoras de umbral bajo tienden a ser asociado con fibras de menor diámetro, menos fatigables (contracción lenta), no hay asociación exacta entre el tipo de fibra y el umbral de la unidad motora.

¿Cómo se relaciona el reclutamiento de unidades motoras con la fuerza dinámica? ¿producción?

Cuando los músculos no fatigados pueden acortarse, como en el entrenamiento de fuerza normal. y en la mayoría de los otros tipos de movimiento, la cantidad de fuerza que pueden producir es determinada por la relación fuerza-velocidad, así como por los mismos factores que influir en la fuerza estática (isométrica).

Es importante destacar que, a partir de estudios realizados con fibras musculares individuales, sabemos que la La relación fuerza-velocidad está determinada por la propia fibra. Cuando una sola fibra se acorta lentamente, es capaz de producir un alto nivel de fuerza. Cuando un soltero La fibra se acorta rápidamente, solo puede ejercer un bajo nivel de fuerza.

La relación fuerza-velocidad dentro de una fibra muscular está determinada por la número de puentes cruzados de actina-miosina que se unen en un momento dado, porque el puente cruzado de actina-miosina es el motor que produce la fuerza. Cuando el músculo Las fibras se acortan lentamente, pueden formar muchos puentes cruzados simultáneos, pero cuando se acortan rápidamente solo pueden formar una fracción de este número de puentes cruzados al mismo tiempo. Esto se debe a que la tasa de desprendimiento de los motores de miosina de Los filamentos de actina son más bajos a velocidades más lentas.

Esto significa que cuanto más rápido intentemos movernos, menor será la fuerza de cada músculo individual. la fibra puede producir, para contribuir a la fuerza muscular total.

Para compensar esto, el sistema nervioso central acelera la velocidad a la que Las unidades motoras son reclutadas, a medida que aumenta la velocidad de movimiento, lo que aumenta la número de fibras musculares activadas. Esto significa que el umbral de contratación (nivel de fuerza) en el que se enciende cualquier unidad de motor dada es * menor * en un rápido contracción que en una contracción lenta.

De hecho, el umbral de reclutamiento de una unidad motora en movimientos rápidos puede ser justo 10-30% del nivel de fuerza requerido para reclutar la misma unidad motora en una contracción (isométrica). En la práctica, niveles extremadamente altos de unidad motora el reclutamiento se puede alcanzar con cargas ligeras y velocidades de barra rápidas, por lo que La pliometría aumenta los niveles de activación voluntaria después del entrenamiento.

¿Cómo cambia el reclutamiento de unidades motoras con la fatiga?

Cuando los músculos experimentan fatiga al mismo tiempo que producen fuerza, la cantidad de fuerza que pueden producir está determinada por el nivel de fatiga, como así como por los mismos factores que influyen en la fuerza dinámica.

Aunque las formas en que la fatiga conduce a una reducción de la fuerza son muy complejo, el mecanismo subyacente por el cual la fatiga afecta la producción de fuerza es una reducción en la capacidad de las fibras musculares individuales para producir fuerza. Entonces en esta manera, la fatiga afecta la fuerza muscular de manera similar a la fuerza-velocidad relación.

Para compensar la cantidad reducida de fuerza producida por cada uno (fatigado) fibra muscular gobernada por unidades motoras de bajo umbral, el sistema nervioso central recluta unidades motoras de alto umbral.

Esto significa que el umbral de reclutamiento (nivel de fuerza) en el que cualquier motor dado la unidad está encendida es * más baja * cuando hay fatiga que cuando la fatiga no es regalo. De hecho, los modelos informáticos de los efectos de la fatiga en la unidad motora reclutamiento sugieren que se pueden lograr niveles muy altos de reclutamiento incluso con fuerzas bastante bajas, al igual que pueden hacerlo en movimientos de alta velocidad.

¿Cómo funciona el reclutamiento de unidades motoras durante el entrenamiento de fuerza? estimular el crecimiento muscular?

Hasta hace poco, se creía que necesitábamos levantar pesos pesados para lograr desarrollo muscular.

Durante la última década, ha quedado cada vez más claro que este no es el caso. En De hecho, se puede lograr un crecimiento muscular similar con cargas ligeras y pesadas, siempre que las series con cargas ligeras se realizan hasta fallo muscular, lo que implica una alta nivel de fatiga.

En estudios que comparan los efectos de cargas pesadas y ligeras, a menudo leerá investigadores que sugieren que el mecanismo por el cual ocurre el crecimiento muscular es un alto nivel de reclutamiento de unidades motoras. Después de todo, al levantar pesos pesados, el El nivel de reclutamiento de unidades motoras es alto porque existe la necesidad de producir un alto nivel de fuerza, mientras que al levantar pesos livianos hasta fallar, es necesario reclutar unidades motoras de umbral alto para compensar la fuerza reducida producida por cada fibra muscular gobernada por las unidades motoras de bajo umbral.

Desafortunadamente, podemos ver al observar movimientos de alta velocidad como saltar que esta explicación no puede ser correcta. Aunque movimientos rápidos implican niveles extremadamente altos de reclutamiento de unidades motoras, investigación a largo plazo sobre las adaptaciones producidas por el salto revelan que causa poco o ningún músculo crecimiento.

Los tres métodos de entrenamiento (cargas pesadas, cargas ligeras a velocidades rápidas y ligeras cargas en condiciones de fatiga) implican niveles muy altos de unidad motora reclutamiento y, sin embargo, solo dos de estos métodos conducen a una crecimiento (cargas pesadas y cargas ligeras en condiciones de fatiga).

Claramente, alcanzar un alto grado de reclutamiento de unidades motoras no es * suficiente * para produciendo el estímulo necesario que conduce a la hipertrofia. Como podemos ver por En esta comparación, * también * se requiere una velocidad de acortamiento muscular lenta.

NB Tiempo bajo tensión

Algunas personas han argumentado que el factor que impide la fuerza a alta velocidad El entrenamiento a partir de la estimulación del crecimiento muscular es un período corto de tiempo bajo tensión. (y no una velocidad rápida de acortamiento del músculo), porque tales movimientos son completado muy rápidamente. Sin embargo, si el tiempo bajo tensión fuera el factor clave, en lugar de la velocidad de acortamiento muscular, entonces podríamos lograr Hipertrofia significativa al hacer una gran cantidad de saltos con largos períodos de descanso. entre ellos, en el transcurso de un día entero, lo que es casi seguro jno!

¿Cómo afecta la velocidad de acortamiento muscular durante el entrenamiento de fuerza? estimular el crecimiento muscular?

Como expliqué anteriormente, se puede lograr un crecimiento muscular similar después del entrenamiento de fuerza. con cargas ligeras o pesadas, siempre que las series con cargas ligeras se realicen para insuficiencia muscular, que implica un alto nivel de fatiga. Por el contrario, el músculo el crecimiento es muy limitado después de un entrenamiento de fuerza a alta velocidad con cargas ligeras. Esta nos dice que incluso cuando las fibras musculares están activadas, todavía necesitan acortarse en un velocidad lenta para estimular su crecimiento.

Claramente, las cargas pesadas hacen que las fibras musculares se acorten a una velocidad lenta debido a la relación fuerza-velocidad. Para producir la cantidad necesaria de fuerza para levantar una carga pesada, las fibras no pueden hacer otra cosa que contraerse lentamente. los la velocidad de contracción lenta permite un mayor número de puentes cruzados de actina-miosina para ser conectado en cualquier momento, y el puente cruzado de actina-miosina es el motor que produce fuerza.

Este nivel más alto de fuerza de las fibras musculares que es permitido por una contracción lenta. La velocidad es detectada como tensión mecánica por mecanorreceptores en el músculo. membrana celular. Esto desencadena las cascadas de señalización molecular que conducen a síntesis de proteínas musculares elevada y provoca un aumento en el contenido de proteínas de la fibra muscular, que registramos como hipertrofia.

De manera similar, el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras hasta el fallo hace que las fibras musculares se acortar a una velocidad más lenta debido al estrés metabólico acumulado. Este es reflejado en un patrón bastante similar en la reducción de la velocidad de la barra, que alcanza la misma velocidad independientemente de la carga relativa utilizada.

A medida que avanza el conjunto, y se reclutan nuevas unidades motoras de umbral más alto, su Las fibras musculares se contraen lentamente y la velocidad de contracción lenta permite una gran número de puentes cruzados de actina-miosina simultáneos que se unirán en cualquiera tiempo, lo que produce un alto nivel de fuerza de las fibras musculares. Esta fuerza se detecta como tensión mecánica por mecanorreceptores en la membrana de la célula muscular, desencadenando cascadas de señalización molecular, aumentando la síntesis de proteínas musculares tasas y produciendo aumentos en el tamaño de las fibras musculares.

NB tempos lentos

Algunas personas han sugerido que ralentizar el tempo durante la fuerza El entrenamiento con cargas ligeras debería aumentar el crecimiento muscular, ya que aumenta la tensión mecánica en las fibras musculares que trabajan. Si bien esto es cierto, la barra lenta La velocidad también aumenta drásticamente el umbral de reclutamiento de la unidad motora, lo que significa que las unidades motoras de umbral alto que son las que más aumentan de tamaño después de la formación no se contratan, que es probablemente la razón por la que la mayoría de los estudios a largo plazo informan que el tempo tiene poco efecto sobre la hipertrofia. Parece probable que la carga ligera El entrenamiento de fuerza no estimula el crecimiento muscular hasta que la fatiga comienza a causar aumento del reclutamiento de unidades motoras, momento en el que reduce el acortamiento muscular

velocidad también.

¿Cuáles son las implicaciones prácticas?

Es importante destacar que el tamaño del peso utilizado no afecta la velocidad de la barra de la final. representante al entrenar hasta el fracaso. Independientemente del peso que usemos en un ejercicio, terminamos moviéndonos a la misma velocidad al final de la serie.

Dado que esta es la misma velocidad a la que nos movemos en un esfuerzo de 1RM, probablemente Sucede porque es la velocidad la que permite la máxima producción de fuerza. capacidad de las unidades motoras reclutadas.

Sin embargo, dado que el crecimiento muscular se puede lograr sin entrenar hasta el fracaso, hay debe ser una velocidad de barra de umbral (ligeramente más rápida) a la que un conjunto comienza a dispararse crecimiento muscular, porque esto corresponde a un nivel umbral de tensión experimentado por cada fibra muscular.

Antes de este punto, estamos entrenando con una velocidad de barra submáxima y por lo tanto, utilizando principalmente unidades motoras de bajo umbral que no crecerán sustancialmente después del entrenamiento, o estamos entrenando con la máxima velocidad de la barra pero moviéndonos demasiado rápido para que las fibras musculares activas alcancen los niveles necesarios de mecánica tensión que estimula el crecimiento muscular.

Este umbral de "velocidad de hipertrofia" probablemente corresponderá a la velocidad que Puede moverse al levantar pesos ligeramente más pesados que los que se han utilizado tradicionalmente. para el culturismo, porque tales pesos se levantan en condiciones fatigantes. Dado que el reclutamiento completo de unidades motoras se alcanza típicamente entre el 85 y el 90% de 1RM, Podríamos especular que la velocidad a la que podemos movernos sin fatiga con este peso en un El ejercicio dado es el umbral de velocidad que necesitamos alcanzar para activar los músculos. crecimiento, aunque si aumenta el reclutamiento de unidades motoras y la velocidad de la barra disminuye exactamente de la misma manera no está claro.

Dado que entrenar hasta el fracaso conduce a más daño muscular que evitarlo, Monitorear la velocidad de la barra durante una serie podría ser una forma valiosa de detener una serie después el estímulo de hipertrofia se ha disparado pero antes de demasiado daño muscular se acumula, lo que permite una recuperación más rápida después del entrenamiento y una mayor frecuencia de entrenamiento. Naturalmente, esto solo funcionaría si se realizaran todas las repeticiones. con el máximo esfuerzo.

Una vez que lo identificamos, esta "velocidad de hipertrofia" probablemente corresponderá a una determinada número de repeticiones en reserva, dada la estrecha relación entre la velocidad de la barra y representantes en reserva que se ha observado, y esta sería la forma más fácil de implementar este hallazgo en la práctica.

¿Qué es la comida para llevar?

Las fibras musculares aumentan de tamaño cuando se activan y se acortan lentamente. velocidad de contracción. Solo este estado permite suficientes puentes cruzados de actina-miosina para formar y producir un nivel suficientemente alto de tensión mecánica para estimular la mecanorreceptores en la membrana de la célula muscular, que luego desencadenan la cascadas de señalización molecular que conducen a una elevada síntesis de proteínas musculares, y por lo tanto, un aumento en el contenido de proteínas de las fibras musculares de alto umbral unidades motoras. Este estado se puede alcanzar mediante el entrenamiento de fuerza con pesados cargas o cargas ligeras en condiciones de fatiga, pero no por resistencia a alta velocidad entrenamiento o pliometría, que implican altos niveles de reclutamiento de unidades motoras, pero Velocidades rápidas de contracción muscular.

Dado que podemos lograr el crecimiento muscular sin entrenar hasta el fallo, y dado que el La velocidad de la barra de la repetición final en una serie hasta el fallo es la misma independientemente de la carga que usamos, debe haber una velocidad de barra de umbral por debajo de la cual la hipertrofia es estimulado (siempre que se utilice el esfuerzo máximo en todas las repeticiones). Desde el entrenamiento hasta falla y detenerse antes de fallar produce un crecimiento muscular similar, y dado que El entrenamiento para fallar toma más tiempo para recuperarse que para evitarlo porque causa más daño muscular, esta podría ser una forma valiosa de aumentar el entrenamiento frecuencia.

¿CAUSA DAÑO MUSCULAR?
¿HIPERTROFIA?

El entrenamiento de fuerza, que aumenta la fuerza y el tamaño de los músculos, implica produciendo fuerza a través de repetidas contracciones musculares. Cuando los músculos se contraen repetidamente, a menudo se dañan.

Algunos investigadores han sugerido que el daño que resulta de la fuerza El entrenamiento contribuye al crecimiento muscular, porque los tipos de entrenamiento de fuerza que Producir más hipertrofia suele dejarnos con más daño muscular. Además, cuando los músculos se dañan después del entrenamiento de fuerza, esto desencadena un gran aumento en la tasa de síntesis de proteínas musculares, un aumento en la activación de las células satélite, y adaptaciones estructurales que pueden ser útiles para futuros aumentos en el tamaño de los músculos.

Pero, ¿es esta la mejor interpretación de los hechos?

¿Qué es el daño muscular y qué es el crecimiento muscular?

Los culturistas han vinculado tradicionalmente el dolor y la hipertrofia muscular, y A menudo creen que los músculos deben dañarse antes de que puedan crecer. De hecho, es comúnmente se afirma que los músculos crecen precisamente * porque * están dañados, en la suposición de que el proceso de crecimiento implica la construcción de tejido muscular roto retroceda de nuevo después de un duro entrenamiento. Sin embargo, el crecimiento muscular y el proceso de La reparación muscular después del daño son procesos bastante separados, aunque ambos requieren un aumento en las tasas de síntesis de proteínas musculares.

El crecimiento muscular implica un aumento en el contenido de proteínas de una fibra muscular. Dado que las fibras musculares son cilindros largos y delgados, este proceso puede implicar una aumento en el diámetro de la fibra, o un aumento en su longitud. Aumenta en El diámetro de la fibra implica un aumento en el número de miofibrillas en paralelo. los las miofibrillas contienen cadenas de actina y miofilamentos de miosina que se unen para producir fuerza. Los aumentos en la longitud de la fibra implican una extensión en la longitud de cada una de las miofibrillas, debido a un aumento en el número de sarcómeros en serie. Los sarcómeros son las unidades contráctiles individuales que se unen en un largo cadena para formar las miofibrillas.

Podemos aumentar el número de miofibrillas en paralelo, o la longitud de cada una de las miofibrillas, sin dañarlas primero. Dañar una miofibrilla no tiene ningún efecto

en nuestra capacidad para construir otro y dañar los sarcómeros en cualquier momento a lo largo de una miofibrilla no tiene ningún efecto sobre nuestra capacidad para agregar sarcómeros a su final, donde normalmente se crean.

El daño muscular ocurre cuando las estructuras internas de una fibra muscular, o su exterior capas de envoltura, están dañadas. Las miofibrillas y el citoesqueleto que soporta se dañan más fácilmente, y podemos observar esto como cambios en el distribución del disco Z, que es un hito clave en el sarcómero. Cuando el Las capas de envoltura externa de la fibra muscular se hacen más permeables (tal vez por está dañado), esto hace que parte del contenido de la fibra muscular se escape en los espacios entre las fibras musculares y posteriormente en el torrente sanguíneo. Esto se observa como una elevación de los niveles de creatina quinasa.

Es importante destacar que las fibras musculares pueden dañarse en diversos grados.

Los niveles bajos de daño implican solo interrupciones de los sarcómeros, mientras que los mayores Los niveles de daño implican daños en las capas de envoltura exterior. En ambos casos, la La fibra muscular se puede reparar conservando las estructuras existentes, eliminando la partes rotas y reemplazarlas con nuevas proteínas (llamado reparación). Sin embargo, cuando la fibra está demasiado dañada para ser reparada, como cuando se rompe completamente a la mitad, puede volverse necrótico (las células musculares mueren). Cuando esto sucede, la fibra se descompone dentro de su membrana celular y una en su interior se cultiva nueva fibra de reemplazo (llamada regeneración).

En resumen, el crecimiento de la fibra muscular implica un aumento en el volumen de la fibra muscular, ya sea por la adición de nuevas miofibrillas, o por un aumento en la longitud de la miofibrillas existentes. La reparación de la fibra muscular implica la eliminación y reemplazo de áreas dañadas de una fibra muscular. La regeneración de las fibras musculares implica la Eliminación completa de la fibra muscular vieja y creación de una nueva fibra muscular.

dentro de la membrana de la célula muscular existente.

¿Qué causa el daño muscular?

Sorprendentemente, la causa del daño muscular es algo polémica. Está comúnmente se cree que el daño muscular es causado por la exposición a altos niveles de carga mecánica mientras los músculos se alargan, lo que provoca que el individuo

sarcómeros en las cadenas de miofibrillas para "estallar" y alargarse más allá de su elástico límite.

Sin embargo, este modelo no puede explicar por qué (1) el entrenamiento concéntrico provoca pequeñas cantidades de daño muscular, ni puede explicar por qué (2) el entrenamiento de fuerza con cargas muy ligeras y la restricción del flujo sanguíneo pueden causar cantidades significativas de daño muscular. Estos tipos de entrenamiento implican poca producción de fuerza mientras que el el músculo se está alargando y, por lo tanto, no debe causar ningún daño.

Una propuesta alternativa es que el daño muscular es el resultado de la acumulación de calcio intracelular y neutrófilos inflamatorios en respuesta a fatiga contracciones musculares, que degradan el interior de la fibra muscular.

Cualquier contracción muscular sostenida que implique fatiga puede aumentar los niveles de iones de calcio, que altera la membrana de la fibra muscular a través de la proteasa activación. De hecho, la investigación ha demostrado que bloquear la afluencia de extracelulares calcio en la fibra muscular de los canales iónicos activados por estiramiento durante Las contracciones excéntricas reducen la cantidad de daño experimentado por la célula. membrana y el citoesqueleto. Esto muestra que los iones de calcio son responsables de parte del daño que de otro modo podríamos atribuir a la carga mecánica mientras alargamiento.

Del mismo modo, varios tipos de ejercicio (no solo contracciones excéntricas) pueden estimular la liberación de neutrófilos inflamatorios. Estos actúan para degradar los dañados tejidos y en realidad puede ser la causa principal de las alteraciones de la célula membranas después de contracciones excéntricas.

En general, parece probable que tanto la carga mecánica directa como los efectos de las contracciones sostenidas interactúan para causar daño. Las contracciones musculares producen carga mecánica, que daña las fibras directamente, pero contracciones repetidas bajo condiciones de fatiga liberan calcio intracelular e inflamatorio neutrófilos, que degradan el interior de la fibra. La fibra debilitada es entonces dañada más fácilmente por la carga mecánica producida por los músculos contracciones De hecho, la fatiga reduce la capacidad de las fibras para absorber energía mientras alargamiento, y esto aumenta la probabilidad de que se dañen, ya que la cantidad de energía que un músculo debe absorber en relación con su capacidad está vinculada al daño que experimenta.

¿Por qué algunos investigadores creen que el daño muscular contribuye al crecimiento muscular?

Aunque los procesos por los cuales las fibras musculares aumentan de tamaño y son reparados o regenerados están completamente separados, los primeros investigadores propusieron una hipótesis de que el daño muscular inducido por el ejercicio contribuyó a la hipertrofia, en la base de tres observaciones conectadas.

En primer lugar, notaron que hubo un aumento en la renovación de proteínas musculares después ejercicio dañino, ya que tanto la síntesis de proteínas musculares como las tasas de degradación son aumentado. En segundo lugar, observaron que esto ocurrió en conjunto con

aumento de la inflamación muscular y elevación de los iones de calcio intramuscular. En tercer lugar, señalaron que el entrenamiento excéntrico, que produce más daño muscular que otros tipos de contracción muscular, pareció causar una mayor hipertrofia que el entrenamiento isométrico o concéntrico.

Décadas más tarde, estas observaciones siguen siendo la base de la hipótesis, aunque se han agregado uno o dos hallazgos más.

Investigadores posteriores identificaron que el daño muscular inducido por el ejercicio afecta a los genes expresión, que probablemente desencadena adaptaciones dentro de las fibras musculares que son beneficioso para resistir los efectos de futuras contracciones dañinas. Algunos Los comentaristas han tomado este hallazgo como una prueba más de que el daño muscular contribuye a la hipertrofia, ya que tales cambios estructurales podrían apoyar un aumento posterior del volumen de fibras musculares. Sin embargo, es completamente especulativo si tales alteraciones en la expresión génica, y las adaptaciones subsiguientes, son relacionados con el crecimiento de la fibra muscular, o si simplemente son útiles para reducir el riesgo de daño muscular futuro.

Más importante aún, se ha propuesto recientemente que los músculos inducidos por el ejercicio El daño podría mejorar el crecimiento muscular después del entrenamiento de fuerza debido a una mayor nivel de activación de la célula satélite y posterior diferenciación, lo que resulta en una

mayor aumento en el número de núcleos dentro de cada fibra muscular. Dado el claro papel de las células satélite en la reparación y regeneración de las fibras musculares dañadas, este es un tema clave.

En resumen, algunos investigadores han sugerido que los músculos inducidos por el ejercicio El daño puede contribuir a la hipertrofia porque el recambio de proteínas musculares es aumentado después de entrenamientos dañinos (tal vez mediado por inflamaciones o señalización relacionada con el ión calcio), en primer lugar porque el entrenamiento excéntrico, que causa más daño muscular que otros tipos de contracción, puede estimular más músculo crecimiento que otros tipos de entrenamiento, y en segundo lugar, porque la actividad de las células satélite es a menudo elevado cuando los músculos están dañados y aumenta el número de núcleos dentro de cada fibra muscular es probable que sea necesario para la hipertrofia a largo plazo.

¿Por qué algunos investigadores creen que el daño muscular * no * contribuir al crecimiento muscular?

Algunos grupos de investigación creen que el daño muscular no contribuye a la crecimiento. Señalan investigaciones que muestran que el daño muscular inducido por el ejercicio puede causar pérdida de masa muscular en lugar de ganancia de masa muscular. En su modelo, el daño muscular es un efecto secundario innecesario del entrenamiento de fuerza, más que un factor contribuyente. En consecuencia, las observaciones clave sobre el ejercicio que daña los músculos son explicado de diferentes formas.

1. Mayor aumento en la renovación de proteínas musculares.

El mayor aumento en el recambio de proteínas musculares que se produce después de dañar entrenamientos (mediados por señalización inflamatoria o relacionada con iones de calcio) es explicado por la necesidad de eliminar las áreas dañadas de las fibras musculares (aumento degradación de las proteínas musculares) y reemplazarlas por otras nuevas (aumento síntesis de proteínas musculares). Este proceso de reemplazo no necesita involucrar el crecimiento de nuevas miofibrillas, ni es necesario que implique la extensión de miofibrillas por agregando nuevos sarcómeros.

Esta interpretación está respaldada por investigaciones que muestran que en las primeras fases de programas de entrenamiento de fuerza a largo plazo, hay un aumento en el nivel de músculo síntesis de proteínas que no está relacionada con el crecimiento muscular. En cambio, parece ser totalmente dirigido a la reparación del daño muscular. Por lo tanto, el músculo en general Las tasas de síntesis de proteínas son muy altas, pero esto no se traduce en un aumento hipertrofia.

2. Mayor hipertrofia después del entrenamiento excéntrico

El (posiblemente) mayor crecimiento muscular que se produce después de las contracciones excéntricas. comparado con otras acciones musculares puede explicarse por la mayor mecánica tensión que ejercen las fibras musculares y, por lo tanto, experimentan contracciones en ya sea la misma carga relativa (porcentaje de resistencia máxima) o al mismo nivel de activación muscular.

La mayor tensión mecánica que experimentan las fibras musculares durante la excéntrica Las contracciones resultan de la fuerza producida por ambos activos (actina-miosina puentes cruzados) y elementos pasivos (principalmente titina, pero también colágeno). Durante contracciones concéntricas, la fuerza es producida únicamente por los elementos activos. los Las contribuciones adicionales de los elementos pasivos permiten, por lo tanto, mayores fuerzas que se producirá durante las contracciones excéntricas, a pesar de que la activación muscular es similar.

Esta interpretación está respaldada por investigaciones que muestran que los efectos superiores de El entrenamiento excéntrico están estrechamente asociados con la mayor tensión mecánica que es producido.

3. Mayor actividad de las células satélite después del ejercicio que daña los músculos

El aumento de la actividad de las células satélite que se produce cuando los músculos están dañados puede explicarse como una simple respuesta al ejercicio, o únicamente dirigido a

reparación de las fibras musculares, en lugar de un proceso que aumente el número de núcleos en cada fibra muscular.

La primera interpretación está respaldada por investigaciones que muestran que la celda satélite La activación ocurre de manera similar después del ejercicio aeróbico y después del entrenamiento de fuerza en tanto en roedores como en humanos, y la última interpretación está respaldada por investigaciones mostrando que el aumento en la activación de las células satélite que se produce al comienzo de programas de entrenamiento de fuerza (cuando el daño muscular es más severo) no se convierten en núcleos aumentados dentro de las fibras musculares.

¿Se ha probado alguna vez la hipótesis?

La mayoría de las discusiones sobre si el daño muscular puede contribuir a centro de hipertrofia en el análisis de los mecanismos teóricos, más que en evidencia directa.

Los grupos de investigación actuales que trabajan sobre el problema han manifestado que es muy difícil diseñar estudios apropiados que evalúen el impacto del daño muscular como el factor principal, sin alterar también otras variables de entrenamiento que podrían ser se espera que influya en la cantidad de crecimiento muscular. Sin embargo, algunos perspicaces Se han realizado estudios.

Con frecuencia, se hacen comparaciones entre programas de excéntricos o concéntricos. contracciones, ya que las contracciones excéntricas producen mucho más daño muscular. Aun así, la diferencia en la cantidad de crecimiento muscular que resulta del entrenamiento con cada tipo de contracción es probablemente bastante pequeño, puede implicar crecimiento muscular en diferentes regiones del músculo, e incluso cuando las contracciones excéntricas producir evidentemente más daño muscular, esto no desencadena más hipertrofia.

Un estudio único evaluó los efectos de dos excéntricas Programas de entrenamiento. En un grupo, hubo una fase de acumulación de 3 semanas antes de una bloque de entrenamiento de la semana. En la fase de acumulación de 3 semanas, el nivel de fuerza y la el volumen comenzó extremadamente bajo (5 minutos por entrenamiento). Este grupo experimentó pocos signos de daño muscular. En el otro grupo, no hubo acumulación fase, y los sujetos simplemente comenzaron con un nivel adecuado de fuerza y volumen

para aumentar la fuerza y el tamaño muscular. Este grupo experimentó signos de daño muscular. En última instancia, ambos grupos mejoraron la fuerza y el tamaño a un nivel similar. medida, lo que sugiere que había poco beneficio de incurrir en el nivel más alto de daño muscular.

En general, estos estudios sugieren que es probable que no exista un efecto beneficioso obvio para hipertrofia de incurrir en daño muscular durante el entrenamiento de fuerza, y en cualquier caso debe hacerse con base en los mecanismos a través de los cuales se propone ejercer sus efectos.

¿Cuál es la diferencia entre daño muscular y ejercicio? daño muscular inducido?

El proceso de reparación después de un daño muscular sigue un curso bastante similar, independientemente de la forma en que se lesione el tejido muscular. Si el daño fue causado por el músculo se alargó a la fuerza en condiciones fatigantes, como ocurre durante el ejercicio y el estiramiento pasivo, o si el músculo fue sometido a un impacto contundente o laceración, como ocurre con frecuencia en muchos En los deportes de contacto, el proceso de reparación muscular sigue un patrón similar.

Cuando los músculos se dañan durante el ejercicio o el estiramiento pasivo, los músculos se aplica tensión a las fibras. Esta tensión mecánica es detectada por mecanorreceptores y desencadena las cascadas de señalización que conducen a hipertrofia. Esta es la razón por la que la carga mecánica del músculo tanto activa como pasiva las fibras provocan el crecimiento muscular. Por el contrario, cuando los músculos están dañados por compresión o laceración, no hay tensión mecánica. Sin embargo, en cada caso las fibras musculares están dañadas y deben repararse por sí mismas.

Por tanto, podemos utilizar modelos de compresión para estudiar los efectos hipertróficos de daño muscular. Si el daño muscular puede desencadenar hipertrofia porque la reparación proceso conduce a un aumento en el tamaño de la fibra muscular, luego una compresión la lesión debe conducir al crecimiento muscular. Por otro lado, si es únicamente mecánico tensión que es responsable de la hipertrofia, y el daño muscular es un efecto secundario, entonces una lesión por compresión no debería producir ningún efecto beneficioso sobre el músculo Talla.

Dicha investigación muestra que el daño muscular causado por la compresión no conduce hipertrofia, pero en realidad hace que algunas fibras musculares se pierdan y en general masa muscular a reducir. Por tanto, es probable que sea la mecánica tensión que conduce al crecimiento muscular después de un ejercicio que daña los músculos, y no a la proceso de reparación posterior al daño muscular.

¿Qué es la comida para llevar?

Se ha propuesto que el daño muscular contribuye a la hipertrofia, aunque la procesos por los cuales las fibras aumentan de volumen y los procesos por los cuales se reparan son bastante diferentes. La idea de que el daño muscular puede contribuir a El crecimiento muscular se basa en (1) observaciones de que el ejercicio dañino causa grandes aumentos en el recambio de proteínas musculares y la activación de las células satélite, así como adaptaciones estructurales únicas, y (2) la hipertrofia posiblemente mayor que

ocurre después del entrenamiento excéntrico, en comparación con el entrenamiento concéntrico.

Sin embargo, el gran aumento en la síntesis de proteínas musculares que resulta de

El ejercicio dañino no parece contribuir a la hipertrofia, y el satélite

La activación celular que se produce no parece dar lugar a la adición de nuevos núcleos.

dentro de las fibras musculares. La hipertrofia potencialmente mayor que se produce después

El entrenamiento excéntrico puede explicarse simplemente por la mayor carga mecánica que

está involucrado, debido a la contribución de los elementos pasivos del músculo

fibras para forzar la producción. Cuando se evita el daño muscular a largo plazo

entrenamiento de fuerza, esto parece no tener efectos negativos sobre las ganancias musculares que

resultado, y cuando el daño muscular se produce por medios distintos a

ejercicio esto no produce hipertrofia.

En general, parece probable que el daño muscular no sea un factor que contribuya a

hipertrofia. En cambio, parece ser simplemente un efecto secundario que ocurre cuando

los músculos están expuestos a repetidas contracciones musculares.

¿CAUSA EL ESTRÉS METABÓLICO?

¿DESARROLLO MUSCULAR?

Entrenamiento de fuerza, que conduce a aumentos en la fuerza máxima y el músculo tamaño, implica producir fuerza a través de repetidas contracciones musculares. Cuando los músculos se contraen repetidamente, se fatigan.

La fatiga es una reducción en la capacidad de producir fuerza voluntaria. Puede ocurrir a través de mecanismos dentro del sistema nervioso central (fatiga central) o dentro el músculo (fatiga periférica). Estos dos tipos de fatiga se pueden dividir aún más en múltiples procesos diferentes, que son complejos.

Tradicionalmente, se creía que el crecimiento muscular solo se podía lograr mediante utilizando cargas pesadas. Esto tenía sentido, ya que la investigación de laboratorio ha identificado que Las fibras musculares detectan la tensión mecánica y detectan esta tensión mecánica. conduce a una secuencia de cascadas de señalización anabólica que desencadenan aumentos en la tasa de síntesis de proteínas musculares, lo que posteriormente provoca aumentos en la fibra muscular volumen, que registramos como hipertrofia.

Sin embargo, recientemente ha quedado claro que el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras para falla (que implica un nivel muy alto de fatiga) puede producir músculos similares crecimiento al entrenamiento de fuerza con cargas pesadas. Dado que las cargas ligeras no causan hipertrofia a menos que se realice dentro de una cierta proximidad de la falla, esto muestra que la fatiga experimentada durante el entrenamiento de fuerza es un factor que contribuye a desarrollo muscular.

Algunos investigadores han sugerido que la forma en que la fatiga contribuye a El crecimiento muscular se produce a través de la acumulación de metabolitos que se produce en algunos tipos de entrenamiento de fuerza. Se cree que la acumulación de metabolitos proporciona "Estrés metabólico" a la fibra muscular y desencadenar cascadas de señalización anabólica, en una forma similar a la tensión mecánica.

Pero, ¿es esta la mejor interpretación de los hechos?

¿Cuál es la diferencia entre fatiga y estrés metabólico?

La fatiga es una reducción en la capacidad de producir fuerza voluntaria. Reducciones en La fuerza voluntaria puede ocurrir debido a una reducción en el tamaño de la señal.

enviado desde el sistema nervioso central (fatiga central) o debido a una reducción en la capacidad del músculo para producir fuerza (fatiga periférica).

La fatiga central puede ocurrir debido a una reducción en el tamaño de la señal. enviado desde el cerebro o la médula espinal, o debido a un aumento de aferentes retroalimentación que posteriormente reduce la excitabilidad de la neurona motora.

La fatiga periférica surge debido a reducciones en la activación de los músculos individuales. fibras (ya sea debido a una disminución en la sensibilidad de la actina-miosina miofilamentos a iones de calcio, o debido a una reducción en la liberación de calcio iones del retículo sarcoplásmico), oa través de factores que afectan la capacidad de fibras musculares individuales para producir fuerza, lo que implica deficiencias en el función de los puentes cruzados actina-miosina.

Se cree comúnmente que los efectos de la fatiga periférica se producen en el primera instancia por la acumulación de lactato que ocurre durante anaeróbicos glucólisis, o debido a la liberación asociada de iones de hidrógeno (acidosis). Sin embargo, la investigación muestra que estos subproductos metabólicos no son fundamentales para la proceso de fatiga y que probablemente otros factores sean más importantes.

En términos muy generales, la fatiga periférica parece ocurrir en parte debido a (1) una acumulación de iones que reducen la liberación de iones calcio (potasio extracelular) o alteran la sensibilidad de los miofilamentos de actina-miosina a los iones de calcio (reactivos especies de oxígeno), (2) la producción de subproductos metabólicos que interfieren con función de puente cruzado de actina-miosina (iones fosfato y difosfato de adenosina), y (3) una reducción en la disponibilidad de sustrato en las diversas energías caminos.

¿Por qué los investigadores sostienen la hipótesis de que el estrés metabólico produce hipertrofia?

Uno de los primeros estudios que explora los mecanismos de hipertrofia después de El entrenamiento de fuerza no se refirió a un papel potencial del estrés metabólico, sino identificó con cautela un papel de la fatiga en general.

No mucho después, los investigadores sugirieron que la acumulación de metabolitos podría ser un estímulo para la hipertrofia, en parte porque notaron que el alargamiento las contracciones (excéntricas) produjeron un crecimiento muscular similar al acortamiento (concéntricas) a pesar de involucrar fuerzas mayores, y en parte porque encontraron que las contracciones estáticas (isométricas) continuas y de larga duración produjo un mayor crecimiento muscular que el mismo volumen (y tiempo bajo tensión) de contracciones estáticas (isométricas) de corta duración, menos fatigantes, con descansos entre contracciones

Mucho más tarde, los investigadores desarrollaron aún más la hipótesis del estrés metabólico como un contribuyente a la hipertrofia. Notaron que el culturismo convencional programas, que generalmente implican muchas series de cargas moderadas con un breve descanso períodos, tienden a producir más estrés metabólico que los programas de levantamiento de pesas, que utilizan menos juegos de cargas pesadas con períodos de descanso más largos. Además, muchos Los culturistas usan un tempo controlado y más lento, mientras que los atletas casi siempre usan esfuerzo máximo para acelerar la barra en cada repetición.

Sobre la base de esta observación y de la investigación anterior, se desarrolló un modelo en el que el estrés metabólico (durante el entrenamiento de fuerza con carga ligera hasta el fallo) podría Contribuir al crecimiento muscular que se logre.

Aunque no conocemos ningún sensor de "estrés metabólico" como el mecanorreceptores que detectan la deformación de las fibras musculares, se ha sugerido que la acumulación de metabolitos podría contribuir a la hipertrofia a través de (1) aumento del reclutamiento de unidades motoras, (2) liberación sistémica de hormonas, (3) músculo liberación de citocinas (miocinas), (4) liberación de especies reactivas de oxígeno y (5) músculo hinchazón celular. Veamos cada uno de los hitos en la formación de este hipótesis y luego examinar el modelo.

1. Contracciones excéntricas y concéntricas.

Las contracciones prolongadas (excéntricas) son mucho más eficientes energéticamente que acortamiento (concéntrico) de las contracciones y, por lo tanto, implican mucho menos metabolito acumulación. Sobre la base de sus resultados, los investigadores propusieron que el mayor tensión mecánica conseguida durante el alargamiento (excéntrico)

contracciones fue contrarrestado por el estrés metabólico en el acortamiento contracciones (concéntricas), lo que permite que los dos tipos de entrenamiento de fuerza provoquen crecimiento muscular similar.

¿Es esta una explicación válida?

En los últimos años, ha quedado claro que, si bien es excéntrico y concéntrico El entrenamiento produce cambios similares en el volumen muscular, producen diferentes aumenta el diámetro y la longitud de las fibras musculares.

El entrenamiento excéntrico aumenta principalmente la longitud del fascículo, mientras que el entrenamiento concéntrico aumenta principalmente el área de la sección transversal del músculo. Esto parece suceder porque Las contracciones de alargamiento (excéntricas) requieren una gran proporción de tensión a ser proporcionada por elementos pasivos (titina y la matriz extracelular) pero Las contracciones de acortamiento (concéntricas) implican que la fuerza es producida completamente por el elementos activos (puentes cruzados actina-miosina).

Cuando una fibra muscular se acorta activamente, sobresale hacia afuera en el medio de cada sarcómero. Este comportamiento es probablemente parte del estímulo de deformación que es

detecta y conduce a la hipertrofia. Por el contrario, cuando se estira una fibra muscular pasivamente se alarga sin el mismo abultamiento hacia afuera. Alargamiento activo
Las contracciones (excéntricas) implican una combinación de ambos tipos de deformación.
Es importante destacar que estas diferentes deformaciones conducen a diferentes señales anabólicas.
cascadas. Estas diferencias son probablemente la razón de los diferentes tipos de músculos.
crecimiento de fibra que ocurre después del alargamiento (excéntrico) y acortamiento (concéntrico)
contracciones

No podemos suponer que solo porque la fuerza es mayor en el alargamiento
contracción (excéntrica) que desencadenará una mayor tensión mecánica
estímulo, ya que la deformación resultante que conduce a un aumento de la fibra muscular
el volumen es diferente en cada tipo de contracción. Es posible que las fuerzas requeridas
para producir las deformaciones que conducen a una determinada cantidad de crecimiento de fibra son
mayor en las contracciones de alargamiento (excéntricas).

Además, dado que somos aproximadamente un 30% más fuertes durante la excéntrica
contracciones que en contracciones concéntricas, no podemos suponer que la mayor
Las fuerzas experimentadas durante las contracciones excéntricas conducirán a una mayor mecánica

carga experimentada por las fibras musculares controladas por el umbral alto
unidades motoras.

Si las fibras musculares no se activan durante el entrenamiento, no crecerán. En efecto,
Varios estudios han demostrado que el nivel de activación voluntaria que puede
lograda durante las contracciones excéntricas es menor que durante las concéntricas
contracciones, especialmente en individuos no entrenados.

Dado que son las fibras musculares de las unidades motoras de alto umbral las que más contribuyen a
crecimiento muscular, esto podría explicar por qué las mayores fuerzas musculares produjeron
durante el entrenamiento excéntrico a menudo no conducen a una mayor hipertrofia en humanos, pero
las mayores fuerzas producidas durante el entrenamiento involuntario (estimulado eléctricamente)
en animales están estrechamente asociados con el crecimiento muscular.

2. Contracciones estáticas de corta y larga duración

Las contracciones estáticas continuas y de larga duración conducen a una mayor fatiga, en conjunto
con la acumulación de una mayor cantidad de metabolitos, que de corta duración
contracciones estáticas con descansos entre cada contracción. Sobre la base de estos
resultados, los investigadores propusieron que la mayor acumulación de metabolitos
lograda durante las contracciones estáticas continuas y de larga duración fue
responsable de desencadenar una mayor hipertrofia.

¿Es esta una explicación válida?

Es cierto que varios estudios han demostrado que cuando las contracciones estáticas
realizado durante un período de tiempo sostenido, el desarrollo de * fatiga * conduce a
un aumento en el reclutamiento de unidades motoras, que está de acuerdo con el tamaño
principio.

La tensión mecánica, o deformación de la fibra muscular, estimula a las fibras a
aumentar en tamaño. Los mecanorreceptores detectan cambios en la forma de la fibra
durante las contracciones y la carga, se producen cascadas de señalización anabólica, y esto
conduce a una mayor síntesis de proteínas musculares y la acumulación de proteínas
dentro de la fibra.

Según la Tercera Ley de Newton, la tensión mecánica experimentada por un
La fibra muscular durante una contracción muscular debe ser igual y opuesta a la
Fuerza de tracción que ejerce la fibra sobre el tendón. En otras palabras, la mecánica

La tensión que hace que una fibra muscular aumente de tamaño es la misma que la fuerza que produce cuando intenta contraerse.

El factor principal que determina cuánta fuerza puede producir una fibra es la fuerza: relación de velocidad. Cuando se permite que una fibra se contraiga rápidamente, como cuando no se aplica resistencia, la fuerza que ejerce es pequeña. Cuando se previene una fibra de contraerse rápidamente, como cuando se aplica una gran resistencia (o la articulación está fija en su lugar, como ocurre en las contracciones estáticas), la fuerza que ejerce es grande.

Durante esfuerzos fatigantes, como contracciones estáticas continuas y de larga duración, las fibras musculares de las unidades motoras de bajo umbral se vuelven incapaces de contribuir fuerza suficiente para mantener los niveles deseados. Esto conduce a un aumento de la unidad motora. reclutamiento, y dado que se evita que el músculo se acorte, el nuevo las fibras musculares activadas de las unidades motoras de umbral alto producen fuerzas elevadas, debido a la relación fuerza-velocidad. Esto los expone a altos niveles de tensión mecánica.

Las unidades motoras de umbral alto gobiernan muchas más fibras musculares que las de bajo unidades motoras de umbral, y sus fibras responden mejor a la fuerza estímulo de entrenamiento y muestran una mayor señalización anabólica después del entrenamiento. Por lo tanto, Cuando las unidades motoras de umbral alto se estimulan en una contracción, esto conduce a un crecimiento muscular mucho mayor.

Por tanto, parece válido que las contracciones estáticas continuas y de larga duración provoquen aumento de la hipertrofia debido al aumento del reclutamiento de unidades motoras debido a fatiga. Pero, ¿ocurre este aumento en el reclutamiento de unidades motoras debido a la acumulación de metabolitos?

Probablemente no.

De hecho, la presencia de lactato y acidosis no son necesarias para producir Se puede producir un mayor reclutamiento de unidades motoras y fatiga periférica sin cualquier acumulación de metabolitos (por contracciones excéntricas con un descanso prolongado entre series períodos). Sin embargo, este estado de fatiga aún aumenta el impulso neuronal del músculo.

Parece probable que el reclutamiento de unidades motoras aumente en respuesta a la necesidad de producir un mayor esfuerzo, ya sea que ese esfuerzo sea necesario para levantar una carga más pesada o para levante la misma carga con los músculos más débiles (fatigados). El subyacente exacto El mecanismo que causa la debilidad muscular (fatiga) es irrelevante.

Cualquier mecanismo local que reduzca la capacidad de producir fuerza del Las fibras musculares activas en el músculo probablemente conducirán a un aumento de la unidad motora. reclutamiento cuando se intenta producir un nivel dado de fuerza (que es exactamente como es de esperar, para que los músculos funcionen correctamente).

3. Cargas pesadas y ligeras

Dado que los culturistas se centran en lograr una mayor masa muscular, mientras Los levantadores de pesas se centran en aumentar la fuerza máxima en relación con el tamaño, es lógico que los programas de entrenamiento de culturismo incluyan características que son más útil para aumentar el tamaño de los músculos.

Estas características incluyen el uso de moderado (6–15RM) en lugar de pesado (1–5RM) cargas, volúmenes más altos y descansos más cortos entre series. Sobre la base de esto observación, los investigadores han propuesto que los culturistas podrían utilizar moderada cargas porque esto aumenta el crecimiento muscular a través de un mayor estrés metabólico.

¿Es esta una explicación válida?

Cuando se entrena hasta el fallo con el mismo número de series, el rango de repetición no afectan la cantidad de crecimiento muscular que se produce, entre 5 y 30 repeticiones.

En cualquier conjunto de fallas, la fatiga provoca un mayor reclutamiento de unidades motoras (que ocurre debido a una mayor percepción de esfuerzo) y progresivamente disminución de la velocidad de la barra, lo que reduce la velocidad de acortamiento muscular. Juntos, estos hacen que la tensión mecánica sea experimentada por las fibras musculares controladas por las unidades motoras de umbral alto.

En la práctica, parece probable que cada serie incluya 5 repeticiones estimulantes al final,

durante el cual el reclutamiento de la unidad motora es alto y la velocidad de la barra es lenta, independientemente de la carga. Sin embargo, cuando el rango de repeticiones es inferior a 5 repeticiones, el crecimiento muscular

estimulado por cada serie se reduce al número de repeticiones en la serie. Esencialmente, el número de repeticiones estimulantes por serie es menor.

Por lo tanto, los culturistas pueden usar cargas moderadas (en lugar de pesadas) porque involucran un mayor número de repeticiones estimulantes, en lugar de porque esa repetición rango implica una mayor acumulación de metabolitos. Tiene sentido lograr el número requerido de repeticiones estimulantes en la menor cantidad de series posible, simplemente para ajustar más el volumen general en un entrenamiento, y el volumen es un factor clave para el crecimiento muscular.

Curiosamente, la mayoría de los culturistas competitivos utilizan cargas ligeramente más pesadas (7–9RM) de lo que la mayoría de la gente asume. Esto les da la capacidad de realizar el máximo posible número de repeticiones estimulantes en cada serie (que es cinco) sin hacer demasiado muchas repeticiones adicionales innecesarias.

4. Duraciones de períodos de descanso cortos y largos

Los programas de culturismo convencionales generalmente involucran muchas series de moderadas cargas con períodos de descanso cortos, y tienden a producir más estrés metabólico que los programas de levantamiento de pesas, que utilizan menos series de cargas pesadas con un descanso más prolongado períodos.

Algunas investigaciones sugieren que la duración del período de descanso probablemente no tiene efecto significativo sobre la acumulación de metabolitos, mientras que otras investigaciones indican que los períodos de descanso más cortos implican un mayor estrés metabólico, medido por la sangre lactato.

Las diferencias entre estos estudios probablemente se deben al período de descanso. duraciones probadas. Al probar duraciones similares entre 30 segundos y 2 minutos, parece haber poca diferencia en la cantidad de metabolito acumulación, pero al comparar períodos de descanso de 1 minuto y 5 minutos, la los períodos de descanso más cortos provocan mayores elevaciones del lactato en sangre.

Inicialmente, se asumió que debido a que los culturistas usaban breves períodos de descanso, esto la práctica conduciría a una mayor hipertrofia. Sin embargo, ahora se sabe que el uso de períodos de descanso más largos conducen a un mayor crecimiento muscular, aunque el descanso más corto

los períodos implican más estrés metabólico. Por tanto, si existe alguna relación entre la cantidad de estrés metabólico y la hipertrofia resultante que sucede después del entrenamiento, parece ser negativo.

5. Tempos lentos y rápidos

Los culturistas suelen utilizar un ritmo de levantamiento controlado, mientras que los atletas casi siempre use el máximo esfuerzo para acelerar la barra en cada repetición. La mayoría La investigación sugiere que el ritmo de elevación no tiene un efecto significativo en hipertrofia, aunque los tempos descendentes más largos parecen beneficiosos.

Curiosamente, los ritmos de levantamiento más lentos implican menos estrés metabólico que el levantamiento más rápido. tempos, y los tempos más lentos implican el menor estrés metabólico de todos, a pesar de producir el mayor crecimiento muscular. Por tanto, si existe alguna relación entre la cantidad de estrés metabólico y la hipertrofia resultante que sucede después del entrenamiento, parece ser negativo.

6. El modelo de estrés metabólico

El modelo de estrés metabólico incluye cinco elementos clave: (1) unidad motora reclutamiento, (2) liberación sistémica de hormonas, (3) citocina muscular (miocina) liberación, (4) liberación de especies reactivas de oxígeno y (5) inflamación de las células musculares.

Como se explicó anteriormente, la acumulación de metabolitos (y por lo tanto también la liberación de especies reactivas de oxígeno) no es necesario para un aumento en la unidad motora reclutamiento. Parece probable que el reclutamiento de unidades motoras aumente en respuesta a la percepción de un mayor esfuerzo debido a la fatiga, en lugar de cualquier periférico factores dentro del músculo.

Cuando eliminamos los elementos del modelo que son causados por la percepción de esfuerzo, y no por la acumulación de metabolitos, el modelo incluye el liberación de hormonas sistémicas y citocinas musculares e hinchazón celular. los El papel de la liberación de hormonas sistémicas después del ejercicio en el crecimiento muscular es polémico,

y al menos un grupo de investigación líder lo considera completamente irrelevante. Mientras tanto, el papel de las citocinas musculares aún no está claro.

La investigación sobre la restricción del flujo sanguíneo proporciona un buen modelo para explorar el papel de estrés metabólico, porque produce hipoxia. Es particularmente útil porque se puede aplicar con el músculo en reposo, lo que evita cualquier carga mecánica de ser experimentado por las fibras musculares. Si la restricción del flujo sanguíneo (y por lo tanto, la acumulación de metabolitos) causa hipertrofia mientras el músculo está en descanso, entonces esto proporcionaría mucho apoyo para los elementos del modelo que se producen únicamente por la acumulación de metabolitos, y no por un aumento en el reclutamiento de unidades motoras. Si bien un estudio con roedores ha brindado cierto apoyo para esta afirmación, otros no lo han hecho, y todos los estudios actuales en humanos que han evaluado La restricción del flujo sanguíneo en ausencia de contracciones musculares indica que es ineficaz.

Aun así, la hinchazón celular implica una mayor presión contra la célula. membrana, que muy probablemente aumenta la cantidad de mecánica multiaxial carga que experimenta la fibra muscular durante cada contracción activa, que conduce a las cascadas de señalización anabólica que producen hipertrofia. Este efecto podría ser responsable del aumento potencialmente mayor en el tamaño del músculo que ha Se ha observado en algunos estudios después de un entrenamiento de fuerza con cargas ligeras hasta el fracaso con restricción del flujo sanguíneo, en comparación con un entrenamiento similar sin oclusión.

¿Qué significa esto?

Los investigadores propusieron que el estrés metabólico contribuye al crecimiento muscular después haciendo observaciones sobre las diferencias entre alargamiento (excéntrico) y contracciones acortadas (concéntricas), acerca de las diferencias entre las contracciones isométricas de corta duración, y sobre los efectos del entrenamiento con cargas pesadas o moderadas. Posteriormente, se ideó un modelo para proporcionar mecanismos para sustentar estas observaciones.

Comparaciones entre alargamiento (excéntrico) y acortamiento (concéntrico)
Las contracciones son difíciles de realizar porque involucran diferentes tipos de músculos.

deformación de la celda en respuesta a la carga mecánica, y posteriormente diferentes cambios en la longitud y el diámetro de las fibras musculares.

Las contracciones isométricas de larga duración producen un mayor crecimiento muscular que las de corta duración. duración de las contracciones isométricas porque conducen a un aumento de la unidad motora reclutamiento. Esto sucede debido a una mayor percepción del esfuerzo, no

debido a la acidosis o la acumulación de metabolitos.

Los culturistas probablemente usan cargas moderadas, no debido al mayor metabolismo. estrés, sino porque definitivamente permiten el máximo número de estimulantes repeticiones por serie (que son cinco). Esto significa que se pueden realizar repeticiones más estimulantes. realizado en cualquier período de tiempo de entrenamiento dado. Esto aumenta la cantidad de volumen que se puede hacer, lo que mejora el crecimiento muscular.

Curiosamente, el uso de períodos de descanso más cortos conduce a menos hipertrofia que el descanso prolongado. períodos (a pesar de los períodos de descanso cortos que implican más estrés metabólico), Las fases de levantamiento provocan el mismo crecimiento muscular que las fases de levantamiento lento (a pesar de fases de levantamiento que implican más estrés metabólico) y el uso de fases de descenso rápido conduce a menos hipertrofia que las fases de descenso (a pesar de las fases de descenso rápido que implican menos estrés metabólico).

¿Qué es la comida para llevar?

La fatiga periférica contribuye al crecimiento muscular aumentando la unidad motora reclutamiento y disminución de la velocidad de acortamiento de las fibras musculares durante la fuerza capacitación. Estos cambios aumentan la tensión mecánica experimentada por el fibras musculares controladas por unidades motoras de umbral alto (que está determinada por la relación fuerza-velocidad).

El reclutamiento de unidades motoras aumenta durante el entrenamiento de fuerza bajo fatiga. condiciones porque esto activa fibras musculares adicionales, y estas recién activadas Las fibras musculares compensan las fuerzas más bajas que las debilitadas, previamente- están produciendo fibras musculares activadas. Este aumento en el reclutamiento de unidades motoras es experimentado como un aumento en la sensación de esfuerzo. Los debilitados, previamente- Las fibras musculares activadas pueden experimentar una reducción de la fuerza debido a varios mecanismos de fatiga, algunos de los cuales están asociados con la acumulación de metabolitos

(estrés metabólico), y algunos de los cuales no lo son. Por lo tanto, probablemente sea el capacidad de producción de fuerza reducida de las fibras musculares previamente activadas que desencadena el aumento en el reclutamiento de unidades motoras, y no los elementos específicos de cada proceso fatigante.

Mientras que otros mecanismos que involucran la liberación de hormonas sistémicas y músculos citocinas e hinchazón celular se han propuesto para explicar cómo la La acumulación de metabolitos (estrés metabólico) podría contribuir a la crecimiento, estos son argumentos más débiles. Aun así, en la medida en que la hinchazón celular contribuye a la hipertrofia, esto también ocurriría al aumentar la mecánica tensión en las fibras musculares individuales, debido al aumento de la presión interna dentro del músculo.

¿PUEDE LA TENSION MECÁNICA, ESTRÉS METABÓLICO Y MÚSCULO MODELO DE DAÑOS EXPLIQUE TODOS LOS FORMAS EN LAS QUE HIPERTROFIA ¿OCURRE?

Hace varios años, se realizó un estudio que mostró que el tamaño de la central se incrementó el comando motor en un ejercicio de entrenamiento de fuerza con una carga ligera por la presencia de fatiga. A la luz de trabajos recientes en el campo de la musculatura control de la fuerza, este hallazgo no es del todo sorprendente. Varios estudios (ambos experimentales y con modelos de computadora) han demostrado que la unidad motora el reclutamiento aumenta con el aumento de la fatiga durante la fuerza submáxima producción, a través de reducciones progresivas en el umbral de reclutamiento de unidades motoras.

Sin embargo, el estudio fue muy sorprendente para muchas personas que creían que El estrés metabólico fue el mecanismo clave por el cual el reclutamiento de unidades motoras aumentado durante el entrenamiento de fuerza con carga ligera hasta el fallo, porque los métodos utilizados por el grupo de investigación en este estudio fueron diseñados para evitar que los sujetos acumulando metabolitos mientras desarrollaban fatiga.

Echemos un vistazo más de cerca a este estudio.

¿Qué hicieron los investigadores?

El grupo de investigación que realizó este estudio se interesó principalmente en comprender si la percepción de esfuerzo se asoció con la

magnitud del comando del motor central durante un ejercicio de entrenamiento de fuerza, a través de diferentes cargas y estados de fatiga.

Los sujetos hicieron flexiones de bíceps con un solo brazo con un peso ligero (20% de 1RM), y también con un peso mayor (35% de 1RM), con elevación y descenso de 1 segundo duraciones de las fases. Hicieron estos levantamientos mientras su brazo no estaba fatigado, y nuevamente después de haber estado fatigado con una sesión previa de ejercicio. Mientras que los sujetos estos ascensores, los investigadores registraron las amplitudes de su movimiento relacionado potenciales corticales (CPRM) mediante la actividad de electroencefalograma, que es un medición del tamaño del comando central del motor.

La característica única de este estudio fue la forma en que la fatiga, o la reducción en la capacidad de ejercer la fuerza voluntaria.

Durante muchos tipos de entrenamiento de fuerza, la fatiga se observa junto con aumentos en el reclutamiento de unidades motoras y junto con la acumulación de metabolitos, como el lactato. Sin embargo, no todos los tipos de contracciones fatigantes provocan a la acumulación de metabolitos. De hecho, es posible producir una reducción en capacidad voluntaria de producir fuerza con una serie de contracciones excéntricas, y esto ocurre sin ningún cambio en los niveles de lactato.

En este estudio, los investigadores programaron una serie de ejercicios de excéntricas repetidas. contracciones con 20 segundos de descanso entre repeticiones, y confirmaron que Los niveles de lactato en sangre no se vieron afectados por el ejercicio fatigante al tomar muestras de sangre. muestras del lóbulo de la oreja derecha.

Los investigadores querían evitar la acumulación de metabolitos, porque el El objetivo principal del estudio fue evaluar el vínculo entre el tamaño de la central el mando motor y la percepción del esfuerzo, y se ha sugerido que La acumulación de metabolitos podría estimular la retroalimentación sensorial a través del grupo III y Nervios aferentes del músculo intravenoso, lo que provoca una mayor percepción del esfuerzo.

Indirectamente, este proceso experimental beneficia nuestro estudio de la hipertrofia, porque permite un estudio de cómo la fatiga afecta el impulso neural al músculo cuando el estrés metabólico está ausente.

¿Qué significa esto?

Para integrar este estudio en la literatura sobre hipertrofia, primero tenemos que decidir si el aumento en el comando del motor central, medido por MRCP durante una serie de ejercicios que son idénticos excepto en relación con el peso sobre la barra y el estado de fatiga, es un reflejo de un aumento en la unidad motora reclutamiento. Dado que esta medida es un indicador de la actividad de las áreas premotoras y motoras del cerebro en la medida en que se relacionen con el músculo voluntario contracciones, esto no es totalmente irrazonable.

Suponiendo que aceptamos esto, entonces necesitamos decidir si pensamos que este aumento en el reclutamiento de unidades motoras conduciría a un estímulo hipertrófico, a pesar de la ligera carga que se ha levantado. Si pensamos que estas dos inferencias son razonable, entonces tenemos que aceptar que el modelo tradicional de tres partes de

mecanismos de hipertrofia (carga mecánica, estrés metabólico y músculos daño) no puede explicar todas las formas en que el crecimiento muscular podría ser estimulado.

(Tenga en cuenta que en el modelo tradicional, se supone que se produce una carga mecánica a través de altas fuerzas musculares, incurridas al levantar pesos pesados o producir grandes esfuerzos contra objetos estáticos o de movimiento lento, en lugar de debido a la altas fuerzas de las fibras musculares causadas por la relación fuerza-velocidad).

En el modelo tradicional de tres partes, se cree que la hipertrofia ocurre después de una fuerte entrenamiento de fuerza principalmente debido a la carga mecánica y después de una carga ligera entrenamiento de fuerza hasta el fracaso principalmente debido al estrés metabólico, que es Se cree que estimula el crecimiento muscular a través de: (1) aumento de la unidad motora reclutamiento, (2) liberación sistémica de hormonas, (3) liberación de citocinas musculares, (4) liberación de especies reactivas de oxígeno e (5) hinchazón de las células musculares.

Sin embargo, este estudio sugiere que podemos aumentar el reclutamiento de unidades motoras durante la luz. cargar entrenamiento de fuerza sin incurrir en estrés metabólico. por lo tanto, el El modelo de tres partes parece requerir otra parte, para describir el papel de la fatiga en reclutamiento de unidades motoras, cuando el tipo de fatiga no implica la acumulación de metabolitos. Quizás el modelo de tres partes debería ser un modelo de cuatro partes. modelo que incluye fatiga no relacionada con el estrés metabólico?

Cual es la alternativa?

La alternativa al modelo tradicional de hipertrofia de tres partes es la modelo de factor que implica la carga mecánica en las fibras musculares individuales (en lugar de que en músculos enteros) que presenté anteriormente en el libro.

En este modelo alternativo, las fibras aumentan de volumen después de que experimentan un nivel suficientemente alto de carga mecánica, que es igual y opuesta a la fuerza producida por la propia fibra en una contracción muscular (según Tercera ley de Newton).

La cantidad de fuerza que puede ejercer una fibra durante una contracción muscular es determinada principalmente por su velocidad de contracción (debido a la fuerza-velocidad relación), sino también por su duración mientras se contrae (debido a la relación de tensión). Al igual que cuando un vehículo arrastra un remolque, la carga externa

ser movido no tiene ningún impacto en la fuerza que una fibra muscular (o cualquier motor) puede ejercer, excepto en la medida en que altera cualquiera de estos dos factores internos.

Es importante destacar que cualquier tipo de fatiga muscular local (ya sea asociada con estrés metabólico o no) también puede causar la velocidad de contracción del trabajo las fibras musculares de un músculo se ralentizan, al mismo tiempo que provocan unidades a contratar. Esto aumenta la fuerza producida (y por lo tanto la carga mecánica experimentada) por las fibras musculares del motor recién reclutado unidades, incluso mientras la fuerza producida por los fatigados, previamente reclutados las unidades motoras se reducen.

¿Qué es la comida para llevar?

El estrés metabólico probablemente no pueda explicar todas las formas en que la unidad motora El reclutamiento aumenta durante esfuerzos de entrenamiento de fuerza submáximos y fatigantes con cargas ligeras. Por lo tanto, el modelo tradicional de tres partes de cómo la hipertrofia Lo más probable es que las obras estén incompletas.

Un modelo alternativo (y más simple) propone que las fibras musculares individuales son estimulados para aumentar de volumen cuando experimentan un nivel suficiente de carga mecánica, que está determinada por la fuerza-velocidad (y la longitud-tensión) relaciones de las fibras musculares en funcionamiento. La fuerza-velocidad La relación se puede manipular para aumentar la fuerza producida por cada fibra por ya sea por el peso en la barra, o por el estado de fatiga del músculo, independientemente de si esta fatiga ocurre junto con la acumulación de metabolitos.

LO QUE * REALMENTE * DETERMINA TENSIÓN MECÁNICA DURANTE ¿ENTRENAMIENTO DE FUERZA?

Muchos entrenadores de fuerza le dirán que las cargas pesadas producen altos niveles de tensión mecánica que desencadena la hipertrofia, mientras que las cargas ligeras no lo hacen. Ellos explican la hipertrofia similar lograda después del entrenamiento de fuerza con pesados y cargas ligeras hasta fallar al afirmar que el estrés metabólico también puede estimular los músculos crecimiento.

Sin embargo, no es correcto afirmar que solo las cargas pesadas producen altos niveles de tensión mecánica. De hecho, tanto las cargas pesadas como las ligeras pueden producir altos niveles de tensión mecánica en las fibras musculares para hacerlas crecer, porque la relación fuerza-velocidad es el único factor que determina la producción de fuerza. (y por lo tanto la tensión mecánica) en las fibras musculares individuales.

Dejame explicar.

¿Qué es la tensión mecánica?

La tensión mecánica es el tipo de fuerza que intenta estirar un material. Durante entrenamiento de fuerza, los músculos experimentan fuerzas de estiramiento cuando intentan acortarse, pero se resisten cuando lo hacen. También experimentan fuerzas de estiramiento cuando se alargan mientras sostenemos una carga, pero estas fuerzas son comparativamente menor.

Por ejemplo, nos ponemos de pie desde una posición sentada activando la cadera y la rodilla. Extensores y haciendo que se acorten. A medida que se acortan, experimentan una fuerza de estiramiento que actúa contra ellos, que resulta de la resistencia impuesta en el cuerpo por gravedad e inercia. Es importante destacar que la fuerza de estiramiento experimentada por el músculo es igual y opuesta a la fuerza que el propio músculo ejerce sobre el cuerpo.

Para que podamos salir de una posición sentada, la fuerza muscular que producimos debe ser mayor que nuestro peso corporal debido a la gravedad. Cuanto mayor es determina nuestra aceleración desde la silla. Si aplicamos un músculo mucho más grande fuerza, saldremos de nuestro asiento muy rápidamente, pero si la fuerza muscular es sólo ligeramente mayor que el peso corporal, nos levantaremos lentamente.

¿Cómo producen fuerza los músculos?

Hay dos formas en que los músculos pueden aumentar la cantidad de fuerza que producir durante una acción muscular de elevación (concéntrica): (1) cambios en el número de fibras musculares activas, y (2) cambios en la cantidad de fuerza que cada músculo produce fibra.

Un aumento en el número de fibras musculares activas se logra mediante un aumento en el nivel de reclutamiento de unidades motoras. Las unidades motoras se reclutan en tamaño orden de pequeño a grande. Las unidades motoras pequeñas controlan solo una docena de músculos fibras, mientras que las grandes unidades motoras controlan miles. Cuando se recluta una unidad motora, todas las unidades motoras previamente reclutadas deben reclutarse primero y permanecer activo.

Se logra un aumento en la cantidad de fuerza que produce cada fibra muscular por la relación fuerza-velocidad. Las fibras musculares ejercen grandes fuerzas cuando acortan lentamente, pero fuerzas bajas cuando se acortan rápidamente. Esto es porque lento Las velocidades de acortamiento permiten que se formen muchos puentes cruzados de actina-miosina al mismo tiempo. tiempo, y los puentes cruzados actina-miosina son lo que permite que cada fibra muscular producir fuerza. Por el contrario, las velocidades de acortamiento rápidas hacen que la actina-miosina puentes cruzados dentro de las fibras musculares para desprenderse a un ritmo más rápido, y esto conduce a se forman menos puentes cruzados simultáneos en un momento dado.

Es importante destacar que la relación fuerza-velocidad es el único factor que determina la cantidad de fuerza ejercida por cada fibra muscular. En contraste, tanto la fuerza-velocidad relación y el nivel de reclutamiento de unidades motoras afectan la cantidad de fuerza ejercido por todo el músculo. Esto tiene implicaciones para las fuerzas (y por lo tanto la tensión mecánica) que (1) el músculo y (2) la experiencia de la fibra muscular.

¿Cómo controlamos la cantidad de fuerza que producen los músculos? al levantar cargas ligeras?

Controlamos la cantidad de fuerza que producen los músculos aumentando la cantidad de esfuerzo que ejercemos. Cuando ejercemos un gran esfuerzo, esto desencadena un alto nivel de

Reclutamiento de unidades motoras. Cuando ejercemos un esfuerzo submáximo, solo un pequeño se recluta fracción de las unidades motoras.

Si levantamos una carga ligera con un esfuerzo máximo (en condiciones de falta de fatiga), el peso se mueve muy rápido. Durante este levantamiento, nuestros niveles de reclutamiento de unidades motoras son muy alto y, por lo tanto, la mayoría de las fibras musculares están activas.

Sin embargo, a pesar de los altos niveles de reclutamiento de unidades motoras, la fuerza muscular general no es particularmente alta, porque cada fibra muscular solo ejerce una pequeña cantidad de fuerza cuando se acorta rápidamente. Por eso producimos fuerzas mucho menores. durante los saltos verticales de esfuerzo máximo en comparación con el máximo de una repetición

sentadillas traseras. La relación fuerza-velocidad causa la cantidad de fuerza muscular ejercido para ser más bajo cuando nos movemos más rápido.

Por el contrario, si levantamos una carga ligera con un esfuerzo submáximo (de nuevo, durante condiciones sin fatiga), el peso se mueve comparativamente lento. Durante este levantamiento, Nuestros niveles de reclutamiento de unidades motoras son bajos, y solo una proporción del músculo las fibras están activas.

En este caso, la fuerza muscular total es incluso menor, porque la fuerza externa es más bajo que si moviéramos el mismo peso muy rápidamente. La fuerza externa es igual al peso debido a la gravedad más la fuerza requerida para acelerar la masa, y la velocidad máxima de la barra más lenta significa que la aceleración es menor mientras el peso de la barra es el mismo. Sin embargo, cada fibra muscular activa puede (y por lo tanto) produce una fuerza alta, porque se está acortando lentamente.

¿Qué pasa con la tensión mecánica?

Cuando levantamos una carga ligera muy rápidamente, la fuerza muscular es bastante baja a pesar del hecho que estamos haciendo el máximo esfuerzo. Por lo tanto, la fuerza de estiramiento o La tensión mecánica experimentada por toda la unidad músculo-tendinosa es baja. Esta sucede porque la fuerza que puede ejercer cada fibra muscular individual es muy bajo, debido a la relación fuerza-velocidad.

Cuando levantamos una carga ligera deliberadamente lentamente, la fuerza muscular es aún menor, porque estamos provocando que la masa se acelere menos. Por lo tanto, el estiramiento

fuerza o tensión mecánica experimentada por toda la unidad músculo-tendinosa es incluso más bajo. Sin embargo, dado que el nivel de reclutamiento de unidades motoras se reduce considerablemente durante un esfuerzo submáximo, el número de fibras musculares activas es enormemente reducido, y cada fibra muscular individual ejerce una gran fuerza debido a su favorable ubicación en la relación fuerza-velocidad.

Como puede ver, la tensión mecánica que experimentan músculos enteros es muy diferente de la tensión mecánica que experimenta cada fibra muscular. Músculo La fuerza (y por lo tanto la tensión mecánica) disminuye desde el levantamiento rápido con un ligero carga al levantamiento deliberadamente lento con una carga ligera, pero la fibra muscular individual La fuerza (y por lo tanto la tensión mecánica) aumenta sustancialmente desde el levantamiento rápido. al levantamiento deliberadamente lento.

¿Qué sucede con la tensión mecánica cuando nos fatigamos?

Cuando levantamos una carga ligera y experimentamos fatiga, el peso se mueve gradualmente más y más lento hasta que se detenga por completo. Si comenzamos el conjunto usando un máximo velocidad, entonces la disminución de velocidad es bastante grande, pero si comenzamos la serie con un lento tempo es comparativamente pequeño.

Mientras levanta esta carga ligera y experimenta fatiga, la cantidad de unidad motora el reclutamiento puede cambiar. Si comenzamos la serie usando una velocidad máxima, entonces permanecen altos en todo momento, pero si comenzamos el set con un tempo lento aumentará dramáticamente.

Al final de la serie, independientemente de nuestro punto de partida, terminamos con niveles altos. de reclutamiento de unidades motoras y una velocidad de barra lenta. Estos cambios ocurren en orden para que podamos seguir produciendo el mismo nivel de fuerza para levantar el peso, a pesar de la acumulación de fatiga. Es importante destacar que el nivel de unidad motora Es muy probable que el reclutamiento alcanzado sea tan alto (o casi tan alto) como cuando se cargas pesadas, y la velocidad de barra lenta que resulta es esencialmente tan lenta como al levantar un peso muy pesado.

La fuerza muscular general es baja durante toda la serie, porque la fuerza externa es baja. Sin embargo, la fuerza sobre cada fibra muscular cambia a lo largo de la serie. Cuando usas un tempo lento, las fibras musculares controladas por unidades motoras de umbral alto no

incluso estar activos al comienzo de la serie, y solo se reclutan hacia el final. Cuando finalmente son reclutados, experimentan fuerzas elevadas, ya que acortarse lentamente. Cuando se usa un tempo rápido, todas las fibras musculares estarán activas a lo largo del set, pero solo experimentarán altos niveles de mecánica tensión hacia el final cuando la velocidad de la barra disminuye y la fibra muscular se acorta la velocidad se vuelve similar a la alcanzada al levantar pesos pesados.

¿Qué significa esto?

La hipertrofia ocurre cuando las fibras musculares individuales experimentan carga, no cuando unidades enteras de tendones y músculos experimentan una carga mecánica. Por lo tanto, los diferentes niveles de fuerza muscular son irrelevantes para nuestro comprensión de cómo funciona el crecimiento muscular. En última instancia, solo la fuerza-velocidad la relación importa.

Esto sugiere que deberíamos poder producir hipertrofia de las fibras musculares. controlado por unidades motoras de umbral bajo moviéndose a tempos deliberadamente lentos. De hecho, esto sucedería si esas fibras musculares respondieran a la mecánica cargando.

Sin embargo, la investigación sugiere que las fibras musculares muy oxidativas no pueden crecer fácilmente. después del entrenamiento de fuerza, que no responden mucho a un entrenamiento de fuerza estímulo, y no contribuyen al crecimiento muscular. Esto explica porque El entrenamiento con tempos deliberadamente lentos no estimula una mayor hipertrofia. que usar tempos rápidos o seleccionados por uno mismo.

¿Qué es la comida para llevar?

Las cargas pesadas no producen los altos niveles de tensión mecánica en el músculo. fibras que las hacen crecer. De hecho, la velocidad de contracción determina la tensión mecánica experimentada por el trabajo de las fibras musculares. Cuando un musculo se acorta lentamente, sus fibras ejercen grandes fuerzas (y por lo tanto experimentan altos niveles de carga mecánica) debido a la relación fuerza-velocidad.

Podemos hacer que los músculos se acorten lentamente, ya sea moviéndonos deliberadamente lentamente, por requiriéndoles que ejerzan una gran fuerza muscular (con una carga pesada), o mediante fatiga. Sin embargo, solo ejerciendo una gran fuerza muscular (con una carga pesada) y La fatiga implican altos niveles de reclutamiento de unidades motoras al mismo tiempo, que es lo que estimula las fibras musculares más sensibles que están controladas por unidades motoras de umbral, lo que provoca el crecimiento muscular general.

LO QUE DETERMINA SI UN LA FIBRA MUSCULAR AUMENTA EN LONGITUD ¿O DIÁMETRO?

Después del entrenamiento de fuerza, los músculos enteros aumentan de volumen y, por lo tanto, también aumento de masa. En los humanos, esto ocurre en gran parte debido a un aumento en la volumen de las fibras musculares individuales, en lugar de un aumento en el número de fibras.

Las fibras individuales pueden aumentar de volumen al aumentar su longitud o al aumentando de diámetro. Los aumentos de longitud se producen mediante la adición de nuevos sarcómeros en serie, que probablemente se agregan al final de las fibras existentes, mientras que los aumentos de diámetro se producen por la adición de miofibrillas en paralelo. Los cambios en la forma y estructura del músculo se adaptan a estos aumentos de tamaño, de modo que el origen y la inserción de todo el músculo no necesitan ser alterado.

Entonces, ¿qué estimula a una fibra muscular a aumentar de diámetro o de longitud?

¿Cómo se estimula la hipertrofia?

El estímulo para la hipertrofia es la tensión mecánica. Esta tensión mecánica debe ser generado por la fibra misma, pero puede ser producido por activo contracción o resistencia pasiva al estiramiento.

Cuando la tensión mecánica que experimenta la fibra muscular se produce más por los elementos pasivos (estas son las partes estructurales de la fibra, incluida la titina molécula gigante), la fibra parece aumentar de volumen principalmente al aumentar de longitud, agregando sarcómeros en serie. Este efecto puede ser estimulado por titina. detectar el estiramiento que se le impone, ya que la fibra se deforma longitudinalmente.

Por el contrario, cuando la tensión mecánica experimentada por la fibra muscular es producido más por los elementos activos (los puentes cruzados actina-miosina), la fibra parece aumentar de volumen principalmente al aumentar de diámetro, al agregar miofibrillas en paralelo. Este efecto podría verse estimulado por el abultamiento exterior de las fibras musculares que se producen cuando se forman puentes cruzados actina-miosina, que deforma la fibra muscular en dirección transversal.

¿Qué determina cuánta tensión mecánica es producido por fuerzas activas o pasivas?

La contribución de la fuerza pasiva y activa a la tensión mecánica general es determinada por la longitud del músculo, el modo de contracción y la velocidad de alargamiento.

1. Longitud del musculo

Entrenamiento de fuerza mediante ejercicios que involucran rangos de movimiento más amplios (ROM) aumentar la proporción de tensión mecánica que proviene de elementos pasivos, porque los elementos estructurales se estiran después de que las fibras alcanzan una cierta longitud.

Contrariamente a la creencia popular, ROM completa y ROM parcial solo fuerza concéntrica El entrenamiento de cada uno causa una hipertrofia similar, si se realiza la misma cantidad de trabajo. realizado en ambos programas de entrenamiento y siempre que midamos la hipertrofia por cambios en el volumen muscular, en lugar de cambios en la sección transversal del músculo zona.

Sin embargo, el tipo de hipertrofia es ligeramente diferente después de cada tipo de fuerza. capacitación. El entrenamiento de ROM completo causa principalmente hipertrofia al aumentar el fascículo longitud, mientras que el entrenamiento de ROM parcial causa predominantemente aumentos en área de la sección.

2. Modo de contracción

El entrenamiento de fuerza con contracciones de alargamiento (excéntricas) aumenta la proporción de tensión mecánica que proviene de elementos pasivos, porque La titina se activa una vez que la fibra comienza a alargarse y automáticamente comienza a contribuir a la producción de fuerza.

Los investigadores han descubierto que la titina contiene dos elementos en serie entre sí. (los dominios Ig y el segmento PEVK). Parece que cuando la titina se alarga pasivamente, los dominios elásticos de Ig aumentan de longitud, lo que proporciona poca resistencia al estiramiento. Por el contrario, cuando la titina se alarga de forma activa, se producen cambios que hacen que el segmento PEVK más rígido se alargue en su lugar. Esto proporciona una gran cantidad de resistencia pasiva al estiramiento, pero solo durante el alargamiento activo (contracciones excéntricas).

Aunque alguna vez se creyó que el entrenamiento de fuerza sólo excéntrico podía producir un mayor crecimiento muscular que la fuerza convencional o concéntrica, ahora es ampliamente aceptado que cuando los programas son de volumen o trabajo coincidente, la cantidad de hipertrofia que se produce después de cada excéntrica sólo y El entrenamiento de fuerza solo concéntrico es muy similar.

Es importante destacar que las últimas investigaciones muestran que, si bien son sólo excéntricas y concéntricas, solo el entrenamiento de fuerza produce aumentos similares en el volumen muscular, excéntrico- solo el entrenamiento aumenta principalmente la longitud del fascículo, mientras que el entrenamiento solo concéntrico aumenta principalmente el área de la sección transversal del músculo.

3. Velocidad de alargamiento

El entrenamiento de fuerza con contracciones excéntricas puede implicar diferentes alargamientos, velocidades, y dado que la relación fuerza-velocidad es mucho más plana en la excéntrica, en comparación con el lado concéntrico, estas velocidades de alargamiento no influyen sustancialmente en la cantidad de fuerza ejercida.

Sin embargo, la velocidad de alargamiento afecta la proporción de la fuerza que se produce por los elementos pasivos y activos, respectivamente.

Las velocidades más rápidas reducen la proporción de tensión mecánica que proviene de elementos pasivos, porque la tasa de desprendimiento de los puentes cruzados de actina-miosina es más rápido, reduciendo así la cantidad de fuerza activa producida. Por otra parte, Aumentan la proporción de tensión mecánica que proviene del pasivo. elementos, debido a las propiedades viscoelásticas de la titina y el otro, estructural elementos de la fibra muscular que resisten el alargamiento.

En consecuencia, el entrenamiento de fuerza rápido excéntrico produce mayores aumentos en longitud del fascículo que el entrenamiento de fuerza excéntrico lento, mientras que el excéntrico lento solo el entrenamiento de fuerza probablemente causa mayores aumentos en los músculos cruzados área de la sección.

¿Qué es la comida para llevar?

Las fibras musculares aumentan de volumen al aumentar su longitud o al aumentar en diámetro. Los aumentos de longitud se producen mediante la adición de sarcómeros en serie, mientras que los aumentos de diámetro se producen mediante la adición de miofibrillas en paralelo.

Durante el entrenamiento de fuerza, cuando la tensión mecánica experimentada por una fibra es producida más por los elementos pasivos, la fibra parece aumentar de volumen principalmente aumentando de longitud. Por el contrario, cuando la tensión mecánica experimentada por la fibra es producida más por los elementos activos, la fibra parece aumentar de volumen principalmente al aumentar de diámetro.

La contribución de la fuerza pasiva y activa a la tensión mecánica general, y por lo tanto, si la hipertrofia se produce a través de aumentos en la longitud de la fibra o diámetro, se determina por la longitud del músculo, el modo de contracción y la velocidad de alargamiento.

¿QUÉ ES LA HIPERTROFIA REGIONAL? ¿Y CÓMO OCURRE?

Sabemos que los músculos aumentan de tamaño después del entrenamiento de fuerza, pero es menos claro en qué medida también cambian de forma, debido a mayores aumentos en una región que en otro. Aun así, hay un patrón bastante claro en los datos, si miramos con cuidado.

¿Cómo crecen los músculos?

Los músculos están formados por miles de fibras musculares cilíndricas dispuestas en haces, llamados fascículos. En los músculos fusiformes, los fascículos corren longitudinalmente desde un extremo del músculo al otro. En los músculos penados, corren diagonalmente desde un lado del músculo al otro, uniéndose a la fascia que lo rodea. los isquiotibiales proporcionan buenos ejemplos de los diferentes tipos de músculos, como

el semitendinoso es fusiforme, mientras que los otros isquiotibiales están pennados.

Los músculos crecen cuando las fibras musculares individuales aumentan de volumen. Ya que son cilíndricas, las fibras musculares pueden aumentar de volumen ya sea aumentando su longitud, o aumentando de diámetro.

Al principio puede resultar confuso pensar que las fibras musculares aumentan de longitud, dado que los músculos no cambian donde están unidos al esqueleto en su origen e inserción después del entrenamiento. Sin embargo, las fibras pueden aumentar fácilmente su longitud. Muchas razones.

En primer lugar, las fibras no siempre recorren toda la longitud de los fascículos musculares de todos modos. Entonces un aumento en la longitud de la fibra muscular no necesita causar un aumento en el músculo. La longitud del fascículo. Aun así, la longitud del fascículo a menudo aumenta después de ciertos tipos de entrenamiento de fuerza.

En segundo lugar, dado que los fascículos van de un lado a otro de un músculo en forma de músculos, un aumento en la longitud del fascículo no necesariamente necesita aumentar la longitud total del músculo sustancialmente cuando se mide desde su origen hasta su inserción.

En tercer lugar, incluso cuando un músculo aumenta en su longitud total, esto no cambia donde está unido al esqueleto. A medida que aumenta de longitud, el músculo

simplemente sobresale en el medio, de modo que toma un camino más largo desde el origen a la inserción.

¿Qué determina si las fibras musculares aumentan más en longitud o diámetro?

Cuando el entrenamiento de fuerza aumenta la longitud de la fibra proporcionalmente más que el diámetro, esto provoca un cambio diferente en la forma del músculo de cuando aumenta el diámetro de la fibra proporcionalmente más que la longitud de la fibra. Cuando la fuerza de entrenamiento aumenta más la longitud del fascículo, esto tiende a aumentar el tamaño del músculo más en la región distal, donde se agregan nuevos sarcómeros a los existentes fibras. Por el contrario, cuando el entrenamiento de fuerza aumenta principalmente el diámetro de la fibra (como así como el ángulo de pennation), esto tiende a causar mayores aumentos en la región media del músculo.

El desencadenante de si una fibra muscular aumenta más en longitud o en diámetro es la proporción en que los elementos pasivos y activos contribuyen a la fuerza general de producción. Los elementos pasivos son aquellas partes de la fibra muscular que son deformadas elásticamente durante el alargamiento muscular, incluido el citoesqueleto, titina, y la capa externa de colágeno (endomysio). Los elementos activos son la actina y los puentes cruzados de miosina, que utilizan energía para producir fuerza.

Cuando los elementos activos son los únicos responsables de la producción de fuerza, la fibra tiende a aumentar principalmente en diámetro. Cuando los elementos pasivos contribuyen más a la producción de fuerza muscular, la fibra tiende a aumentar más en longitud.

¿Los diferentes tipos de entrenamiento de fuerza hacen que el crecimiento muscular ocurra en diferentes regiones (parte 1)?

Varios estudios han comparado los efectos a largo plazo de diferentes tipos de entrenamiento de fuerza sobre el crecimiento muscular que se traduce en varias regiones de un músculo. Algunos de estos estudios han comparado tipos de entrenamiento de fuerza que involucran

Diferentes contribuciones de elementos activos y pasivos a la fuerza muscular.
(modo de contracción, rango de movimiento y tipo de resistencia externa).

1. Modo de contracción

El entrenamiento de fuerza solo excéntrico implica usar solo la fase de descenso de un movimiento, mientras que el entrenamiento de fuerza solo concéntrico usa solo la fase de levantamiento de un movimiento. Durante las contracciones excéntricas, podemos ejercer aproximadamente un 30% más fuerza que en contracciones concéntricas similares, porque los elementos pasivos de las fibras musculares contribuyen sustancialmente.

El entrenamiento de fuerza solo excéntrico y el entrenamiento de fuerza solo concéntrico causan el crecimiento muscular se produce en diferentes regiones. Entrenamiento de fuerza solo excéntrico provoca un mayor crecimiento muscular en la región distal, mientras que la fuerza concéntrica El entrenamiento hace que la región media aumente más de tamaño. En tono rimbombante, El entrenamiento solo excéntrico también causó mayores aumentos en la longitud del fascículo en comparación con al entrenamiento solo concéntrico.

2. Rango de movimiento

El entrenamiento de fuerza de rango completo de movimiento implica que los músculos en trabajo alcancen una duración bastante larga en un ejercicio, mientras que el entrenamiento de fuerza con rango parcial de movimiento implica detener el ejercicio mientras los músculos son más cortos. Alcanzando un largo longitud muscular mediante el uso de un rango completo de movimiento permite que los elementos pasivos de la fibras musculares para contribuir más a la fuerza muscular, de acuerdo con la longitud-relación de tensión.

Los investigadores han descubierto que el entrenamiento de fuerza de rango completo de movimiento y El entrenamiento de fuerza con rango de movimiento hace que el crecimiento muscular ocurra en diferentes regiones. El entrenamiento de fuerza de rango completo de movimiento hace que el crecimiento muscular ocurra para una mayor extensión en la región distal. El entrenamiento de rango completo de movimiento también causa mayores aumentos en la longitud del fascículo, en comparación con el entrenamiento de rango parcial de movimiento.

3. Tipo de resistencia externa

Usar una carga constante (peso) como resistencia externa durante el entrenamiento de fuerza Implica a los músculos que producen mayores fuerzas a largas distancias en un ejercicio, mientras que acomodar la resistencia (como la proporcionada por las bandas elásticas) implica la músculos que producen mayores fuerzas mientras son más cortos. Esto significa que el Los elementos pasivos de las fibras musculares contribuyen más a la fuerza muscular cuando usando el peso, en comparación con cuando se usa la resistencia acomodaticia.

Hay indicios de que utilizando una carga constante (peso) o acomodando La resistencia durante el entrenamiento de fuerza puede hacer que el crecimiento muscular se produzca en diferentes regiones. Específicamente, el uso de una carga constante parece producir una mayor aumenta el grosor del músculo de la región distal, pero si esto está relacionado con una mayor la longitud del fascículo muscular no está clara.

Entrenamiento de fuerza solo excéntrico, entrenamiento de fuerza de rango completo de movimiento y El entrenamiento de fuerza con carga constante (peso) implica una mayor contribución del elementos pasivos de las fibras musculares para forzar la producción, en comparación con entrenamiento de fuerza solo concéntrico, entrenamiento de fuerza de rango parcial de movimiento y acomodando la resistencia. Estos tipos de entrenamiento de fuerza también producen una mayor aumenta la longitud del fascículo y el tamaño del músculo de la región distal. Por tanto, parece Es probable que algunos casos de crecimiento muscular regional sean causados por diferentes cambios en la longitud y el diámetro de la fibra.

¿Los diferentes tipos de entrenamiento de fuerza hacen que el crecimiento muscular ocurren en diferentes regiones (parte 2)

Un par de otros estudios han comparado los efectos de otros entrenamientos de fuerza variables sobre el crecimiento muscular en diferentes regiones de un músculo.

Se ha sugerido que ciertos métodos de entrenamiento de fuerza podrían cargar fibras musculares de contracción lenta (más oxidativas) proporcionalmente más que contracción rápida

fibras musculares (menos oxidativas), al menos en relación con otros entrenamientos de fuerza métodos.

Específicamente, algunos investigadores creen que al realizar un mayor volumen de repeticiones con cargas ligeras, la carga proporcional en las fibras musculares que son controladas por las unidades motoras de umbral bajo podría incrementarse, en relación con el carga en las fibras controladas por unidades motoras de umbral alto. Sin embargo, esto propuesta es polémica, y algunos grupos de investigación la consideran muy poco probable, porque solo las fibras musculares de las unidades motoras de alto umbral parecen responder a entrenamiento de fuerza aumentando de tamaño, en parte porque estas unidades motoras controlan un mayor número de fibras, y en parte porque las propias fibras musculares de contracción rápida son más receptivos.

Aun así, es bien sabido que el tipo de fibra muscular difiere entre las regiones de el mismo músculo, tanto en roedores como en humanos.

Por lo tanto, si el entrenamiento de fuerza puede producir un crecimiento proporcionalmente diferente en fibras de diferentes tipos, es teóricamente posible que el crecimiento muscular regional debe ocurrir en respuesta al entrenamiento con volúmenes altos y bajos, y en respuesta al uso de cargas pesadas y ligeras. Dado que los volúmenes más altos y las cargas más ligeras tanto estresan los tipos de fibras más oxidativas en mayor medida, regiones que tienen un Se debe desarrollar una mayor proporción de fibras de contracción lenta a una proporción mayor medida.

Sin embargo, en los escasos estudios que se han publicado hasta la fecha, parece que El entrenamiento con cargas pesadas o ligeras, o con volúmenes altos y bajos, resulta en crecimiento muscular regional similar, que puede deberse a cargas pesadas y ligeras Ambos proporcionan un estímulo similar a las fibras musculares del motor de alto umbral. unidades, y ninguno proporciona ningún estímulo significativo a las fibras musculares de baja unidades motoras de umbral.

¿Por qué diferentes ejercicios pueden llevar a un crecimiento muscular diferente?

Diferentes ejercicios pueden producir un crecimiento muscular regional diferente de uno otro, incluso cuando se utilizan los mismos tipos de entrenamiento de fuerza, simplemente porque de la compartimentación funcional de los músculos.

Aunque tendemos a pensar en los músculos como estructuras homogéneas que todos Contribuyen de manera similar a una acción conjunta, en realidad se componen de compartimentos que tienen diferentes características. A veces, estos los compartimentos están incluso separados entre sí por inscripciones tendinosas, como en el semitendinoso.

Por ejemplo, el glúteo medio tiene cuatro compartimentos (anterior, anterior-medio, posterior-medio y posterior), que están inervados por separado, tienen diferente arquitectura muscular (ángulo de pennation, longitud del fascículo y fisiológica área de sección transversal), y tienen longitudes de brazo de momento interno para una variedad de cadera movimientos. Es casi seguro que cada región es activada por separado por el cerebro en respuesta a la necesidad de producir fuerza en diferentes direcciones, contribuyendo así a diferentes movimientos de la cadera.

Aun así, la inervación separada puede no ser necesaria para el crecimiento muscular regional. que ocurra después del entrenamiento de fuerza, particularmente cuando el aumento de la fibra muscular el tamaño resulta de un aumento en la longitud de la fibra.

Después de un entrenamiento de fuerza involuntario (estimulado eléctricamente) solo excéntrico en conejos, el aumento resultante en la longitud del fascículo muscular difiere entre las regiones, y está asociado con la cantidad que los fascículos se alargan durante el ejercicio. Este cambio en la longitud del fascículo durante el ejercicio probablemente no se vio afectado por el nivel de reclutamiento de unidades motoras en cada región, ya que las fibras fueron estimuladas eléctricamente.

Parece probable que las diferencias en la arquitectura muscular entre las regiones del músculo harán que las fibras de cada región trabajen en diferentes puntos de la relación longitud-tensión, y por lo tanto experimentan diferentes niveles de carga mecánica y muestran diferentes cambios resultantes en la longitud de la fibra después de la capacitación.

Algunos investigadores han logrado vincular la activación de ciertas regiones de un músculo durante una sola sesión de un ejercicio de entrenamiento de fuerza con el resultado de cambio en el tamaño de los músculos después de un entrenamiento prolongado con el mismo ejercicio, y se ha demostrado que diferentes ejercicios que utilizan los mismos grupos musculares implican diferentes activaciones de los músculos regionales entre sí.

Sin embargo, en ambos casos esta activación se ha medido mediante resonancia magnética. Las exploraciones de imágenes, que probablemente reflejan el grado de daño muscular en lugar de que la cantidad de activación muscular posterior al reclutamiento de unidades motoras. Por lo tanto, no podemos estar seguros de si estos resultados reflejan diferencias en la innervación entre compartimentos funcionales, o simplemente diferencias en la arquitectura entre regiones.

¿Qué significa esto en la práctica?

Lógicamente, los programas de entrenamiento que desarrollan una variedad de regiones musculares conducirán a mayor crecimiento muscular que los programas de entrenamiento que solo desarrollan una región. Aun así, el enfoque apropiado para cada grupo muscular puede diferir.

Es probable que los músculos con un solo compartimento funcional solo respondan al uso de diferentes tipos de carga. Por lo tanto, deben elegirse ejercicios que enfatizan los elementos pasivos (entrenamiento excéntrico, rangos completos de movimiento y constante carga) o los elementos activos (entrenamiento concéntrico, rango parcial de movimiento y acomodando la resistencia).

Músculos con múltiples compartimentos funcionales (especialmente aquellos con regiones que están innervados por separado) pueden beneficiarse de una variedad de ejercicios que involucran diferentes patrones de movimiento, así como diferentes tipos de carga.

¿Qué es la comida para llevar?

El crecimiento muscular regional puede ocurrir debido a diferencias en la cantidad que las fibras musculares aumentan de longitud o diámetro después del entrenamiento de fuerza, o debido a diferencias en el crecimiento de diferentes compartimentos funcionales.

Entrenamiento de fuerza solo excéntrico, entrenamiento de fuerza de rango completo de movimiento y El entrenamiento de fuerza con carga constante implica una mayor contribución del pasivo. Los elementos de las fibras musculares para forzar la producción, en comparación con sólo concéntricos entrenamiento de fuerza, rango parcial de movimiento, entrenamiento de fuerza y acomodación

resistencia. También conducen a una hipertrofia regional diferente, probablemente porque una mayor participación de los elementos pasivos estimula mayores incrementos en la longitud del fascículo, mientras que una mayor participación de los elementos activos estimula

mayores incrementos en el diámetro de las fibras musculares.

Además, diferentes ejercicios pueden hacer que crezcan diferentes regiones de un músculo, dependiendo de los ejercicios y el músculo. Donde múltiples funcionales existen compartimentos de un músculo, cada uno puede ser estimulado para crecer a un mayor medida que los demás después del entrenamiento con un ejercicio debido a la necesidad de producir fuerza en una dirección específica. Esto puede ocurrir porque esa región es inervados por separado, o simplemente porque los fascículos de esa región están sujetos a una mayor elongación en el ejercicio como consecuencia de su arquitectura específica.

**¿CÓMO SE HACEN LOS DIFERENTES TIPOS DE
LA FATIGA AFECTAN LA HIPERTROFIA Y
¿RECUPERACIÓN?**

Los levantadores a menudo hablan de que la fatiga interfiere con su capacidad para entrenar o hacer Progreso. Además, los programas de entrenamiento de fuerza a menudo se diseñan o periodizan con el objetivo específico de controlar la fatiga. Pero, ¿qué es la fatiga de todos modos y cómo ¿Causa efectos negativos en los resultados que obtenemos en el gimnasio?

¿Qué es la fatiga?

Aunque la mayoría de la gente piensa en la fatiga como una sensación subjetiva, es en realidad, una medida objetiva. Es una reducción temporal y reversible de nuestra capacidad de producir fuerza voluntaria con un músculo, como resultado de una sesión de ejercicio.

Estamos experimentando fatiga en un músculo si actualmente puede producir menos fuerza. antes de hacer ejercicio (ya sea que nos sintamos cansados o no) es en gran parte irrelevante).

La fatiga ocurre durante series de entrenamiento de fuerza dentro de cada entrenamiento individual. Cuando la fatiga llega a un punto en el que ya no podemos producir suficiente fuerza para levantar el peso en la barra en un set, decimos que hemos alcanzado los músculos falla.

Sin embargo, la fatiga también ocurre después de un entrenamiento de fuerza. Por varios horas (y a veces incluso varios días) después, todavía no podemos producir como mucha fuerza con el músculo trabajado como lo hicimos durante el entrenamiento en sí.

Los diversos mecanismos subyacentes que causan estos dos fenómenos son similares pero no idéntico. Entenderlos requiere que entendamos lo que realmente causa fatiga en primer lugar.

¿Qué causa la fatiga?

La fatiga se produce debido a mecanismos dentro del sistema nervioso central (central fatiga) y dentro del músculo (fatiga periférica).

La fatiga periférica se divide además en dos grupos separados de mecanismos: (1) aquellos que son muy transitorios y solo ocurren durante e inmediatamente después ejercicio (estos también se conocen de manera confusa como "fatiga periférica") y (2) aquellos que son más duraderos y tienden a ocurrir en las horas y días posteriores ejercicio (estos se denominan "daño muscular").

En la práctica, por lo tanto, tendemos a referirnos a fatiga central, fatiga periférica y daño muscular como mecanismos separados.

1. Fatiga central

La fatiga central se refiere a reducciones en nuestra capacidad para producir fuerza voluntaria que resultado de acciones dentro del sistema nervioso central.

La fatiga central puede ocurrir debido a una reducción en el tamaño del original. señal enviada desde el cerebro o la médula espinal, o debido a un aumento de aferentes retroalimentación que posteriormente reduce la excitabilidad de la neurona motora.

La fatiga central puede afectar nuestra capacidad para producir fuerza, tanto dentro de un entrenamiento como también después de un entrenamiento.

Aunque algunos investigadores y expertos en entrenamiento de fuerza creen que el La fatiga que ocurre después de un entrenamiento ocurre como resultado de alcanzar altos niveles de reclutamiento de unidades motoras dentro del entrenamiento, esto es muy poco probable. Está Es más probable que la fatiga central se produzca de forma secundaria a factores periféricos, incluidos retroalimentación aferente, demanda aeróbica y aspectos del daño muscular.

2. Fatiga periférica

La fatiga periférica se refiere a reducciones en la capacidad del propio músculo para producir fuerza, independientemente de la señal del sistema nervioso central.

En términos generales, la fatiga periférica ocurre a través de tres mecanismos principales: (1) una reducción en la liberación de iones calcio del retículo sarcoplásmico, (2) una disminución de la sensibilidad de los miofilamentos de actina-miosina a los iones de calcio, y (3) deficiencias en la función de puente cruzado de actina-miosina, probablemente debido a la generación de

algunos subproductos metabólicos (iones fosfato, difosfato de adenosina y posiblemente también iones de hidrógeno). Contrariamente a la creencia popular, la acumulación de lactato es no es fundamental para el proceso de fatiga.

Es importante destacar que la fatiga periférica solo afecta nuestra capacidad para producir fuerza dentro de un ejercicio, y no afecta nuestra capacidad para producir fuerza durante mucho tiempo después de un ejercicio.

3. Daño muscular

El daño muscular ocurre cuando las estructuras internas de una fibra muscular, o su exterior capas de envoltura, se interrumpen. Estas interrupciones provocan una reducción en nuestra capacidad para ejercer fuerza con la fibra (aunque se desencadena un proceso de reparación inmediato cuando esto sucede, lo que evita la pérdida completa de la función incluso en el músculo nivel de fibra).

El daño muscular probablemente no sea causado únicamente por el estiramiento de las fibras musculares. a la fuerza, aunque las contracciones excéntricas producen daño muscular con mayor facilidad que otros tipos de carga. De hecho, es muy probable que el daño muscular también se produzca en respuesta a la acumulación de calcio intracelular y neutrófilos inflamatorios durante cualquier tipo de contracciones fatigantes, porque estas degradan el interior de la fibra muscular.

Es importante destacar que las fibras musculares pueden dañarse en diversos grados. Las miofibrillas y el citoesqueleto que los sostiene se dañan con mayor facilidad. Esto puede ser observado como cambios en la posición del disco Z, que es un fácilmente identificable característica del sarcómero. Las capas de envoltura exterior de la fibra muscular también son se dañan fácilmente, lo que las hace más permeables. Cuando se vuelven permeable, esto hace que parte del contenido de la fibra muscular se filtre hacia los espacios entre las fibras musculares y posteriormente en el torrente sanguíneo, que se observa como una elevación de los niveles de creatina quinasa.

Después de dañarse, las fibras musculares se someten a uno de dos procesos, dependiendo de la magnitud del daño. Cuando el daño es menor, se repara la fibra. los Las estructuras existentes se conservan, pero las partes rotas se eliminan y reemplazan. con nuevas proteínas. Si la fibra está demasiado dañada para ser reparada, como cuando se rompe completamente por la mitad, se vuelve necrótico y muere. Cuando esto pasa,

la fibra se degrada dentro de su membrana celular, y una nueva fibra de reemplazo es crecido en su interior. A esto se le llama regeneración.

El daño muscular probablemente solo afecte nuestra capacidad para producir fuerza después de un entrenamiento, y no es un factor importante que conduce a la fatiga dentro del entrenamiento en sí.

¿Cómo afectan los distintos tipos de fatiga al entrenamiento de fuerza? ¿estímulo?

Cuando están presentes (ya sea porque se estimulan para que ocurran durante el entrenamiento en sí mismo, o porque todavía están presentes de un entrenamiento anterior), central La fatiga, la fatiga periférica y el daño muscular tienen cada uno un efecto ligeramente diferente. efectos sobre el resultado de un entrenamiento.

La fatiga central probablemente impide que se alcance el reclutamiento completo de las unidades motoras, razón por la cual entrenar hasta la insuficiencia muscular con cargas muy ligeras (20% de 1RM) no provoca tanto crecimiento muscular como el entrenamiento hasta el fallo muscular con luz (40% de 1RM) cargas. Aunque todos los conjuntos con todas las cargas involucran tanto centrales como fatiga periférica, los conjuntos con cargas muy ligeras llegan al fallo a través de una mayor proporción de fatiga central, debido a la mayor demanda aeróbica. por lo tanto, el presencia de fatiga central (ya sea causada por series previas en el entrenamiento en sí mismo, o cuando es causado por un entrenamiento previo) tiene un impacto negativo en la efectos estimulantes de un entrenamiento de fuerza.

Cuando se considera de forma aislada e ignorando sus efectos sobre la fatiga central, La fatiga periférica parece aumentar los niveles de reclutamiento de unidades motoras durante entrenamiento de fuerza. Esto tiene mucho sentido, porque cuando el músculo que trabaja las fibras están fatigadas, otras fibras musculares deben activarse para mantener la niveles de fuerza deseados. Por lo tanto, la fatiga periférica puede ser beneficiosa durante una entrenamiento, porque nos permite aumentar el reclutamiento de unidades motoras y, por lo tanto, entrenar más fibras musculares.

Cuando se considera de forma aislada e ignorando sus efectos sobre la fatiga central, el músculo El daño parece interferir con los efectos estimulantes de un entrenamiento en al menos dos caminos. En primer lugar, el estrés oxidativo asociado parece inhibir las elevaciones en

tasas de síntesis de proteínas musculares post-entrenamiento directamente. En segundo lugar, la necesidad de utilizar parte de la síntesis de proteínas musculares para reparar el daño muscular parece reducir la proporción que puede dirigirse a aumentar el tamaño del músculo fibras. Por lo tanto, la presencia de daño muscular de un entrenamiento anterior puede tener un impacto negativo en los efectos estimulantes de un entrenamiento de fuerza, aunque estos efectos probablemente sean más efímeros que los efectos secundarios sobre la fatiga central.

¿Cuánto duran los distintos tipos de fatiga?

La fatiga periférica se disipa muy rápidamente y sus efectos solo tienen alguna efecto sobre nosotros dentro del entrenamiento en sí.

El daño muscular es lo contrario, en la medida en que normalmente no afecta nuestra capacidad. para producir fuerza durante un entrenamiento, pero afecta nuestra capacidad para producir fuerza después del entrenamiento. Sin embargo, la duración de este efecto puede variar mucho, dependiendo de la extensión del daño. El daño muscular menor se repara a lo largo de un pocos días, y los casos graves pueden tardar hasta una semana. Daño muscular severo que requiere la regeneración de las fibras musculares puede llevar un mes o incluso más. Si bien las fibras musculares generalmente solo se reparan (y no se regeneran) después entrenamiento de fuerza convencional, los signos de fibras necróticas y regeneradoras han se ha observado en atletas de fuerza de alto nivel.

La fatiga central es más compleja, porque puede ocurrir tanto dentro del entrenamiento y también después del entrenamiento.

La fatiga central dentro de un entrenamiento parece ser secundaria a (algunos aspectos de) fatiga periférica que se produce durante el entrenamiento de fuerza, y se acumula gradualmente en múltiples conjuntos, quizás debido a la retroalimentación aferente. La presencia de La fatiga central en un entrenamiento puede ayudar a explicar por qué la hipertrofia se ve afectada por orden de ejercicio y duración del período de descanso. También podría ayudar a explicar el efectos decrecientes de aumentar los volúmenes de entrenamiento por encima de un cierto umbral. Los ejercicios que hacemos al comienzo del entrenamiento son menos susceptibles a fatiga central, porque todavía no estamos cansados. Ejercicios que hacemos más adelante en el El entrenamiento se ve afectado por la fatiga central causada por ejercicios anteriores. Similar,

apresurarse a realizar la siguiente serie tomando breves períodos de descanso puede no ser lo ideal, porque se necesita tiempo para que la fatiga central se disipe de la serie anterior.

La fatiga central después de un entrenamiento parece ser secundaria al daño muscular. De hecho, la fatiga central es mayor cuando se mide en los días posteriores a los entrenamientos que Causar más daño muscular (ya sea que el daño sea producido por un alto entrenamiento volúmenes o contracciones excéntricas). Esta fatiga central puede ser causada por un respuesta inflamatoria post-entrenamiento que involucra ciertas citocinas que ingresan al cerebro, que se sabe que influyen en la fatiga. La presencia de fatiga central. resultado del daño muscular es probablemente la razón por la cual las altas frecuencias de entrenamiento no siempre son más efectivos que los entrenamientos menos frecuentes, y también pueden en parte explicar el efecto de interferencia causado por el ejercicio aeróbico concurrente, ya que este también causa daño muscular.

¿Qué más puede afectar la cantidad de fatiga central que experimentamos? en un entrenamiento?

La cantidad de masa muscular que se usa en un ejercicio también afecta la cantidad de fatiga central. La investigación ha demostrado que cuando realizamos ejercicio que implica menor cantidad de masa muscular, podemos tolerar una mayor masa muscular periférica fatiga que cuando realizamos ejercicio que involucra una mayor cantidad de músculo masa. Por el contrario, cuando realizamos un ejercicio que implica una mayor cantidad de masa muscular, tendemos a experimentar una mayor fatiga central por lo que nos detenemos antes alcanzando un nivel tan alto de fatiga muscular periférica.

Este fascinante fenómeno se ha observado al comparar una articulación con ejercicios de articulaciones múltiples, ejercicios de una sola pierna con ejercicios de dos piernas y pierna más grande músculos con músculos del brazo más pequeños.

Podemos reducir la cantidad de fatiga central que experimentamos usando ejercicios con cantidades más pequeñas de masa muscular, como los que involucran solo articulaciones simples o miembros individuales. Estos ejercicios pueden ser particularmente beneficiosos en el final de un entrenamiento, cuando la fatiga central es naturalmente alta.

Aun así, realizar ejercicios con altos niveles de fatiga periférica provoca más daño muscular después del entrenamiento, porque las fibras musculares están expuestas a una mayor niveles de calcio intracelular durante un período de tiempo más largo. En consecuencia, usando Los ejercicios que involucran * menos * fatiga central durante el entrenamiento conducen a * más * fatiga central después del entrenamiento, porque permiten una fatiga más periférica, lo que conduce a más daño muscular, y el daño muscular es el principal determinante de la fatiga central post-entrenamiento. Por lo tanto, estos ejercicios pueden ser más apropiado en rutinas de división de partes del cuerpo, donde se realizan grandes volúmenes para músculos individuales en entrenamientos menos frecuentes.

¿Qué significa esto en la práctica?

En la práctica, queremos mantener la fatiga central lo más baja posible durante entrenamientos de entrenamiento de fuerza, de lo contrario, nuestros conjuntos llegarán al fracaso de la tarea antes de que todos los se han reclutado las unidades motoras dentro del músculo. Si estamos experimentando fatiga central, entonces pensaremos que estamos entrenando duro, porque todavía estamos alcanzando la insuficiencia muscular, pero las fibras musculares del motor de umbral alto las unidades no funcionarán.

Necesitamos gestionar la fatiga central tanto dentro de cada entrenamiento como desde uno

entrenamiento para el siguiente.

Dentro de cada entrenamiento, la fatiga central parece aumentar con los métodos de entrenamiento que involucran fuertes sensaciones negativas, como altas repeticiones y breves períodos de descanso, así como mediante el uso de ejercicios con una gran masa muscular, quizás debido a la mayor demanda aeróbica que esto provoca. Esta puede ser la razón por la que los niveles más bajos de motor El reclutamiento de unidades se registra durante las contracciones isométricas realizadas a la tarea. falla. Por lo tanto, usar cargas pesadas o moderadas (1-15RM) puede ser mejor que cargas ligeras (> 15RM) para el crecimiento muscular a largo plazo. En la práctica, es difícil acumular suficientes repeticiones estimulantes usando cargas pesadas (1-5RM), y las más altas El final de cargas moderadas todavía puede implicar una gran cantidad de retroalimentación aferente. Entonces el extremo inferior de cargas moderadas (6–8RM) parece óptimo. Este rango de repeticiones es lo que más los culturistas competitivos utilizan (al contrario de lo que puede leer en otros lugares).

Después de cada entrenamiento, la fatiga central puede aumentar después de los entrenamientos que implican (grandes volúmenes de) contracciones que dañan los músculos. Esto puede explicar por qué períodos cortos de entrenamiento excéntrico de alto volumen no logran aumentar la fuerza como efectivamente como podríamos esperar. En la práctica, esto significa que la formación también con frecuencia no producirá resultados óptimos, al igual que el uso de entrenamiento excesivo volúmenes o técnicas avanzadas que producen mucho daño muscular como resultado de períodos prolongados de fatiga periférica.

¿Qué es la comida para llevar?

La fatiga es una reducción temporal y reversible de nuestra capacidad de producir fuerza voluntaria con un músculo, como resultado de una sesión previa de ejercicio. Eso ocurre a través de mecanismos centrales y periféricos.

Algunos de estos mecanismos de fatiga conducen a efectos beneficiosos, como un aumento el reclutamiento de unidades motoras durante una serie de ejercicios, mientras que otros producen efectos, como un menor reclutamiento de unidades motoras o un deterioro de las tasas posteriores al entrenamiento de la síntesis de proteínas musculares. Saber cómo ocurren estos mecanismos es fundamental para una comprensión de cómo la fatiga afecta las adaptaciones al entrenamiento de fuerza.

EXPLICANDO CÓMO LA HIPERTROFIA FUNCIONA UTILIZANDO ÚNICAMENTE BÁSICO PRINCIPIOS DE FISIOLOGÍA MUSCULAR

La hipertrofia es un aumento del volumen o masa muscular. Además, dado que hay poca evidencia de que los músculos humanos se agranden a través de un aumento en el número de fibras musculares, la principal forma en que los músculos aumentan de volumen es a través de un aumento del volumen cilíndrico de múltiples fibras musculares individuales.

Entonces, ¿qué estimula a las fibras musculares individuales a aumentar de volumen?

Sabemos que las fibras musculares se estimulan para aumentar de tamaño después de expuestas a un cierto nivel de carga mecánica. Este estímulo parece ser detectado por mecanorreceptores que se encuentran cerca de la membrana de cada célula muscular individual.

Sin embargo, muchos estudios a largo plazo que exploran los efectos hipertróficos de la fuerza de formación han producido resultados que indican que la carga mecánica puede no ser el único factor que estimula el crecimiento de los músculos. Esta observación ha impulsado a investigadores a buscar otros mecanismos, como el estrés metabólico o el daño muscular, que también podrían estimular la hipertrofia.

Pero, ¿son estas hipótesis realmente necesarias?

¿Podemos en cambio referirnos a la fisiología muscular básica para identificar cuán diferentes son los métodos de entrenamiento en el nivel y el tipo de carga mecánica que se experimenta por fibras musculares individuales? Creo que podemos.

Hay varias características o relaciones importantes en la fisiología muscular que afectan el nivel de carga mecánica que experimenta una fibra muscular durante una contracción muscular, incluyendo (1) el principio de tamaño, (2) la fuerza-velocidad, (3) la relación longitud-tensión y (4) la fatiga.

Cada uno de estos fenómenos afecta la cantidad y el tipo de fuerza que un músculo ejerce durante una contracción muscular. Esta fuerza debe ser igual y opuesta

a la cantidad de carga mecánica que experimenta, que ya sabemos es un estímulo clave para la hipertrofia que se produce.

El principio de tamaño

El principio del tamaño es la observación de que las unidades motoras, que son las estructuras que gobiernan grupos de fibras musculares, son reclutadas por el sistema nervioso central en una secuencia establecida, con unidades motoras más grandes que se reclutan para satisfacer las demandas de tareas más exigentes.

Las unidades motoras controlan diferentes números de fibras musculares según su tamaño, y diferentes unidades motoras también gobiernan fibras musculares con diferentes propiedades. Las unidades motoras que se reclutan primero en secuencia gobiernan números muy pequeños (docenas) de fibras musculares que son altamente oxidativas, mientras que las unidades motoras que son reclutadas últimas en secuencia gobiernan un gran número (muchos miles) de fibras musculares que son mucho menos oxidativas.

Los investigadores han identificado que las unidades motoras se reclutan en un reclutamiento específico (fuerza) umbrales durante las contracciones isométricas máximas en un estado sin fatiga, pero la realidad es que se contratan en respuesta a niveles crecientes de esfuerzo en cualquier tipo de contracción. El umbral de reclutamiento de una unidad motora es el nivel de fuerza que produce un músculo en cualquier contracción muscular en la que el músculo primero se activan las fibras de esa unidad motora. Los umbrales de reclutamiento de unidades motoras pueden diferir entre los modos de contracción (excéntrico, isométrico y concéntrico), y cambiar como resultado de la fatiga. Aun así, las unidades motoras siempre se reclutan en el mismo orden de tamaño, independientemente del modo de contracción o cualquier otro factor, y las unidades de motor de umbral bajo siempre permanecen conectadas en el punto en que se reclutan unidades motoras de umbral alto.

Consecuentemente, en condiciones de falta de fatiga, las unidades motoras de bajo umbral, que gobiernan pequeñas cantidades (docenas) de fibras musculares, son reclutadas para llevar a cabo contracciones musculares que involucran fuerzas bajas, mientras que las unidades motoras de umbral alto, que gobiernan un gran número (varios miles) de fibras musculares, se reclutan además de las unidades motoras de bajo umbral ya reclutadas para contribuir a Fuerzas musculares elevadas. Esto significa que solo las (pequeñas cantidades de) fibras musculares

gobernado por unidades motoras de bajo umbral experimentan cualquier carga mecánica en fuerzas bajas, mientras que las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto y bajo Experimente cargas mecánicas con fuerzas elevadas.

Las fibras musculares que se rigen por unidades motoras de umbral alto son mucho menos oxidativas que los que se rigen por unidades motoras de bajo umbral, y también son más sensible al estímulo mecánico que conduce a la hipertrofia. Esta Una mayor capacidad de respuesta probablemente se deba a la relación inversa entre capacidad oxidativa y área de sección transversal de fibras musculares individuales, lo que hace es difícil para las fibras musculares altamente oxidativas (tipo I o contracción lenta) que son gobernado por las unidades motoras de umbral bajo para aumentar de tamaño sin convertirse disfuncional.

El número exponencialmente mayor de fibras musculares controladas por el unidades motoras de alto umbral, y su mayor capacidad de respuesta a la hipertrofia, significa que las fibras musculares controladas por unidades motoras de alto umbral crecen en tamaño sustancialmente más que los controlados por unidades motoras de bajo umbral. Esta explica por qué las contracciones repetidas y sin fatiga a bajos niveles de fuerza (p. ej. ejercicio) no producen mucha hipertrofia, mientras que las contracciones repetidas en niveles de fuerza más altos (por ejemplo, entrenamiento de fuerza) sí.

La relación fuerza-velocidad

La relación fuerza-velocidad es la observación de que las fibras musculares producen más fuerza cuando pueden acortar lentamente, en comparación con cuando acortan rápidamente.

Las fibras musculares producen más fuerza cuando se acortan lentamente porque Las velocidades de acortamiento permiten que se forme un mayor número de puentes cruzados al mismo tiempo entre los miofilamentos de actina y miosina. Velocidades de acortamiento más lentas Permitir que los puentes cruzados permanezcan unidos por más tiempo, después de que inicialmente formado, que podemos medir como una tasa de desprendimiento más lenta.

Estos puentes cruzados son los que generan fuerza dentro de cada fibra muscular, por lo que cuando más de ellos están adheridos al mismo tiempo, esto conduce a una mayor fibra muscular

fuerza y por lo tanto un mayor nivel de carga mecánica. Este alto nivel de La carga mecánica es lo que estimula el crecimiento muscular.

Los estudios de entrenamiento de fuerza a largo plazo han revelado muchos casos en los que la La relación fuerza-velocidad puede explicar los resultados que se registran, mientras que el principio de tamaño por sí solo no puede.

Por ejemplo, las sentadillas pesadas y las sentadillas con salto con cargas ligeras suelen implican niveles altos, o incluso máximos, de reclutamiento de unidades motoras. Esto significa que Todas las fibras musculares del músculo se activan durante cada serie de cada ejercicio, incluidas las unidades motoras de umbral alto que responden muy bien a un estímulo de carga mecánica. Sin embargo, solo los programas de entrenamiento de fuerza las sentadillas conducen al crecimiento muscular. Esto se puede explicar usando la fuerza-velocidad relación: velocidades más lentas de acortamiento de las fibras musculares conducen a fuerzas más altas ejercida por cada una de las fibras musculares del motor activo de umbral alto unidades, lo que provoca que esas fibras aumenten de tamaño.

La relación longitud-tensión

La relación longitud-tensión es la observación de que las fibras musculares producen más fuerza en ciertas longitudes, en comparación con otras. Esta relación es una compuesto de dos relaciones separadas subyacentes: la longitud-tensión activa relación y la relación pasiva longitud-tensión.

Las fibras musculares producen más fuerza cuando se alargan a muy largo longitudes, debido a la relación pasiva longitud-tensión. Esta relacion es determinado por las propiedades elásticas de los elementos estructurales de la fibra, tales como el citoesqueleto celular, las moléculas grandes, incluida la titina, y las capa de colágeno de la fibra, llamada endomisio.

Las fibras musculares también producen un pico de fuerza cuando se contraen en un nivel óptimo. longitud, debido a la relación activa longitud-tensión. Esta relacion es determinado por el grado de superposición entre la actina y la miosina miofilamentos.

Cuando la fibra muscular se alarga a la fuerza, esto coloca una gran carga mecánica sobre sus elementos pasivos, lo que lo deforma longitudinalmente. Esto estimula la fibra para crecer de una manera que satisfaga la demanda, incrementándola en duración. Cuando el La fibra muscular produce una gran fuerza contráctil con sus elementos activos, se abulta hacia afuera debido a la gran cantidad de puentes cruzados de actina-miosina que se forman, que lo deforma transversalmente. Esto estimula a la fibra a crecer de una manera que satisface la demanda, incrementándola en diámetro.

Los estudios de entrenamiento de fuerza a largo plazo han revelado muchos casos en los que la relación longitud-tensión (o al menos la presencia de elementos pasivos

que contribuyen a la producción de fuerza) pueden explicar los resultados que se registran.

Por ejemplo, el entrenamiento de rango completo de movimiento causa hipertrofia mientras aumenta longitud del fascículo en mayor medida, mientras que el entrenamiento de rango parcial de movimiento provoca predominantemente aumentos en el área de la sección transversal. Esto sucede porque el rango de movimiento completo implica estirar las fibras musculares en mayor medida que el rango parcial de movimiento. Del mismo modo, solo excéntrico y solo concéntrico. El entrenamiento de fuerza produce aumentos similares en el volumen muscular, pero sólo excéntrico. El entrenamiento aumenta principalmente la longitud del fascículo, mientras que el entrenamiento solo concéntrico principalmente aumenta el área de la sección transversal del músculo. Esto sucede porque solo excéntrico (alargamiento) las contracciones implican poner un mayor estrés en el pasivo elementos de las fibras musculares en todo el rango de movimiento del ejercicio.

Fatiga

Aunque la mayoría de la gente piensa en la fatiga como una sensación subjetiva, es en realidad, una medida objetiva. Es una reducción temporal y reversible de nuestra capacidad de producir fuerza voluntaria con un músculo, como resultado de una sesión de ejercicio. Estamos experimentando fatiga en un músculo si actualmente puede producir menos fuerza de la que podía producir antes, antes de que hiciéramos ejercicio (ya sea que sentirse cansado o no es en gran medida irrelevante).

La fatiga en cada serie de ejercicios de entrenamiento de fuerza se produce debido a mecanismos tanto dentro del sistema nervioso central (fatiga central) y también dentro del músculo (fatiga periférica). Cada tipo de fatiga afecta la cantidad de mecánica

carga que experimentan las fibras musculares, junto con el tamaño principio, la relación fuerza-velocidad, o la relación longitud-tensión.

La fatiga periférica tiende a aumentar la cantidad de carga mecánica que la experiencia de las fibras musculares, lo que permite que el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras causan una hipertrofia similar a las cargas pesadas.

El principio del tamaño: la fatiga periférica cambia el reclutamiento (fuerza) umbral de unidades motoras, aunque esto no afecta el orden en el que el se reclutan unidades motoras. Cuando un músculo está fatigado, el reclutamiento (fuerza) el umbral se reduce. Por lo tanto, las unidades motoras de umbral alto se reclutan en niveles más bajos de fuerza. Esto significa que cuando un músculo está muy fatigado, puede mostrar un nivel muy alto. nivel de reclutamiento de unidades motoras, a pesar de producir solo un bajo nivel de fuerza. Por lo tanto, la fatiga contribuye a la hipertrofia al aumentar el número de Unidades motoras de umbral que pueden ser reclutadas en cualquier contracción muscular dada. con una carga submáxima.

La relación fuerza-velocidad: la fatiga periférica reduce la velocidad de la barra, reduciendo la velocidad de contracción de las fibras musculares, así como su capacidad para producir fuerza. Si bien es difícil saber si la fatiga permite fatiga muscular fibras para aumentar la fuerza que producen a la velocidad más lenta, ciertamente hace que las fibras musculares no fatigadas de cualquier unidad motora recién reclutada produzcan mayor fuerza y, por lo tanto, experimentan niveles más altos de tensión mecánica debido a la relación fuerza-velocidad. Por tanto, la fatiga contribuye a hipertrofia aumentando la fuerza que produce cada fibra muscular durante una contracción submáxima con una carga ligera, al reducir la velocidad a la que el músculo se acorta.

La relación longitud-tensión: la fatiga periférica cambia el máximo cantidad que las fibras musculares alargan durante una contracción de alargamiento, por reduciendo su capacidad para contribuir con fuerza activa. Esto conduce a una mayor cantidad de Carga mecánica que se coloca sobre los elementos pasivos de las fibras musculares. (que facilita un mayor alargamiento de las fibras musculares), en comparación con en personas sin fatiga músculo, que puede causar una mayor hipertrofia longitudinal.

Por el contrario, es muy probable que la fatiga central tenga efectos negativos sobre la mecánica. carga experimentada por las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto, ya que evita que se alcance el reclutamiento completo de la unidad motora.

Cuando hay fatiga central, podemos llegar a un fallo muscular en un set sin estimulando las fibras musculares controladas por unidades motoras de alto umbral. La cantidad de fatiga central que está presente al final de una serie depende de varios factores, pero se ve incrementado por una mayor demanda aeróbica y aferentes realimentación. Esto explica por qué el entrenamiento de fuerza con descansos más cortos o con las cargas ligeras son tácticas menos efectivas para el crecimiento muscular. También explica por qué Los ejercicios colocados más tarde en un entrenamiento conducen a menos hipertrofia que los que son colocado antes en un entrenamiento.

¿Qué es la comida para llevar?

La hipertrofia es el resultado de las fibras musculares individuales que experimentan carga y posteriormente aumentando de volumen. El tamaño y el tipo de La carga mecánica que experimentan las fibras musculares está determinada por los músculos básicos. fisiología, incluido el principio de tamaño, la relación fuerza-velocidad, la relación longitud-tensión y fatiga. En consecuencia, al observar cuán básico La fisiología muscular afecta la carga mecánica durante diferentes tipos de fuerza. formación, es posible explicar los resultados de la mayoría de los estudios de formación a largo plazo.

CONCEPTOS BÁSICOS DE ENTRENAMIENTO DE HIPERTROFIA

¿QUÉ ES VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO?

El volumen de entrenamiento de fuerza es un determinante clave de la cantidad de crecimiento muscular. eso sucede después de una secuencia de entrenamientos. Sin embargo, exactamente cómo deberíamos medir el volumen no está claro. Métodos comunes para medir el volumen de entrenamiento incluir contar el número de series hasta el fallo o el volumen de carga (series x repeticiones x peso), aunque los investigadores han utilizado muchos otros enfoques.

Aun así, ninguno de estos métodos actuales para medir el volumen puede ser ideal, porque no registran con precisión el volumen del estímulo mecánico que desencadena el crecimiento muscular.

El estímulo mecánico que desencadena el crecimiento muscular es la duración del tiempo para

en el que se activan las fibras musculares controladas por unidades motoras de umbral alto y acorte lentamente. Contracciones que involucran velocidades de movimiento más rápidas, o que no activan estas fibras particulares, no estimulan mucho la hipertrofia. Conjuntos de cargas ligeras o moderadas, por lo tanto, debe incluir algunas repeticiones que no pueden proporcionar cualquier estímulo en absoluto. A pesar de esto, la mayoría de nuestros métodos actuales para medir el volumen los registrará como parte del total.

Al medir el volumen para el culturismo, sería mejor si solo contamos aquellas repeticiones que activan unidades motoras de umbral alto mientras la velocidad de la barra es lenta, y que por tanto estimulan el crecimiento de las fibras musculares.

Dejame explicar.

¿Qué es el estímulo de carga mecánica?

La hipertrofia es el resultado del aumento de volumen de las fibras musculares individuales, generalmente por un aumento de su diámetro, pero también por un aumento de longitud. Un solo músculo Las fibras son estimuladas para crecer una vez que han detectado una carga mecánica o deformación con receptores ubicados en sus membranas celulares, llamados mecanorreceptores.

La carga mecánica experimentada por todo el músculo es, por tanto, completamente irrelevante para estimular la hipertrofia, porque todo el músculo tiene

no hay forma de detectar esta tensión. Lo único que importa es la mecánica. tensión producida y detectada por cada fibra muscular.

La tensión mecánica detectada por una fibra muscular está determinada por (1) si la fibra se activa, y (2) la velocidad a la que se acorta la fibra muscular, debido a la relación fuerza-velocidad. Según la fuerza-velocidad relación, las velocidades de acortamiento más lentas permiten ejercer una mayor tensión. Estos dos factores se ven afectados por el tamaño de la carga externa utilizada y la grado de fatiga experimentado.

Veamos cada uno de esos dos factores más de cerca.

1. Activación de fibras musculares

Las fibras musculares se activan cuando se reclutan las unidades motoras que las controlan. Las unidades motoras se reclutan en orden de tamaño, siendo las unidades motoras de umbral bajo reclutados antes que las unidades motoras de umbral alto. Mayores grados de unidad motora Por tanto, el reclutamiento aumenta el número de fibras que se activan. Sin embargo, hay más en esta historia, por dos razones.

En primer lugar, el número de fibras activadas aumenta * exponencialmente * como unidad motora aumenta el reclutamiento. Esto significa que un número relativamente pequeño de Las unidades motoras de umbral controlan típicamente alrededor de la mitad de las fibras de un músculo. Defecto reclutar las unidades motoras de umbral alto, por lo tanto, deja una gran proporción de las fibras musculares en un músculo no estimulado.

En segundo lugar, las fibras musculares controladas por unidades motoras de bajo umbral son menos capaces de aumentar de tamaño, en parte debido a su naturaleza más oxidativa, y en parte porque se estimulan en la vida cotidiana. Estimulándolos por unos pocos Docenas de repeticiones en un entrenamiento de fuerza palidecen en comparación con su uso. en la vida cotidiana o durante el ejercicio aeróbico (y en la medida en que estos músculos en particular las fibras pueden detectar, estas actividades son idénticas).

Por ambas razones, son principalmente las fibras musculares controladas por la alta unidades motoras de umbral que crecen después del entrenamiento de fuerza. Sin embargo, esto no significa que solo las fibras de tipo II aumentan de tamaño. Las fibras musculares controladas por

Las unidades motoras de umbral alto gobiernan una gama de fibras de tipo I, IIA y IIX, porque la mayoría de las unidades motoras en un músculo controlan las fibras de tipo I. Sólo los más altos Las unidades motoras de umbral gobiernan únicamente las fibras de tipo II.

Entonces, ¿cómo funciona esto en la práctica?

Las cargas pesadas y las cargas moderadas o ligeras en condiciones de fatiga pueden utilizarse para alcanzar altos niveles de reclutamiento de unidades motoras durante el entrenamiento de fuerza, debido al principio de tamaño, que establece que las unidades motoras se reclutan en tamaño orden en respuesta a los crecientes niveles de esfuerzo. En el caso de cargas pesadas, alta Las unidades motoras de umbral se reclutan desde el principio de un conjunto porque el tamaño del peso significa que todas las fibras del músculo necesitan ejercer fuerza para para levantarlo. En el caso de cargas moderadas o ligeras en condiciones de fatiga, alta las unidades motoras de umbral se reclutan para compensar la fuerza reducida producida por cada una de las fibras controladas por las unidades motoras de umbral inferior, como fatiga aumenta.

2. Velocidad de acortamiento de las fibras musculares

Las fibras musculares dentro de un músculo no crecerán si no experimentan tensión mecánica suficiente, incluso si se han activado. Además, este La tensión solo puede ser producida por las propias fibras musculares, no puede ser impuesto sobre ellos desde fuera del músculo. Para producir un nivel suficientemente alto de tensión, las fibras musculares * deben * acortarse lentamente (estrictamente hablando, también pueden permanecer una longitud constante, o alargar). Sabemos esto porque la alta velocidad movimientos como el salto implican niveles muy altos de reclutamiento de unidades motoras, pero no desencadenar el crecimiento muscular.

La cantidad de tensión que ejercen las fibras musculares depende de su velocidad de contracción, porque la velocidad de contracción determina el número de simultáneamente unidos puentes cruzados actina-miosina y esto es lo que determina la fuerza ejercida por la fibra. Sabemos esto porque los investigadores han descubierto que si aumentan experimentalmente la fuerza producida por una sola fibra muscular, la aumenta el número de puentes cruzados adjuntos. Por el contrario, cuando ellos aumentar experimentalmente la velocidad de contracción de la fibra, el número de

los puentes transversales adjuntos disminuyen. Esto sucede porque la tasa de desprendimiento de los puentes cruzados al final de su carrera de trabajo aumentan a una contracción más rápida velocidades. Cuando los puentes cruzados se separan a un ritmo más rápido, esto reduce el número de puentes cruzados de actina-miosina unidos simultáneamente.

Entonces, ¿cómo funciona esto en la práctica?

Las cargas pesadas y las cargas moderadas o ligeras en condiciones de fatiga pueden utilizarse para producir velocidades lentas de acortamiento de fibras durante el entrenamiento de fuerza. En En el caso de cargas pesadas, se utilizan velocidades lentas desde el inicio de una serie. porque el tamaño del peso significa que las fibras del músculo deben acortarse lentamente para levantarlo. En el caso de cargas moderadas o ligeras bajo fatiga condiciones, la velocidad de contracción de las fibras musculares se reduce gradualmente a medida que aumenta la fatiga.

¿Cómo sabemos que existe un efecto dosis-respuesta del estímulo de carga mecánica?

Muchos estudios han demostrado que existe un efecto dosis-respuesta del entrenamiento de fuerza. con volúmenes crecientes, donde el volumen se define tradicionalmente como el número de conjuntos por grupo de músculos en una semana.

Esta relación dosis-respuesta no es lineal, pero es probable que sea una curva, con la mayores incrementos en el efecto hipertrófico que ocurren cuando los volúmenes son aumentó de niveles bajos a moderados, y se produjeron aumentos mucho más pequeños cuando los volúmenes aumentan de niveles moderados a altos.

Sin embargo, los músculos crecen cuando se estimulan las fibras musculares individuales para aumentar en tamaño por tensión mecánica, y la carga experimentada por músculos enteros puede no reflejar el verdadero estímulo. Si el nivel de reclutamiento de unidades motoras no es suficientemente alta, o la velocidad de contracción de la fibra no es lo suficientemente lenta, entonces una repetición no producirá un estímulo hipertrófico.

Entonces, ¿cómo sabemos que existe una relación dosis-respuesta entre el volumen e hipertrofia al considerar el estímulo mecánico en cada individuo ¿fibra muscular?

Sabemos esto porque la investigación ha demostrado que la activación del motor de umbral alto unidades mientras sus fibras musculares se acortan lentamente no desencadena el crecimiento muscular para ocurren si el estímulo ocurre solo una pequeña cantidad de veces en un entrenamiento. Haciendo una prueba de repetición máxima (1RM) diaria durante 21 días no se activa crecimiento muscular, pero haciendo pruebas de 1RM además de entrenar con múltiples series de una carga moderada causa hipertrofia. Un esfuerzo de 1RM ciertamente implica una reclutamiento de unidades motoras, y también implica una velocidad de contracción lenta. Claramente, para que ocurra la hipertrofia se requieren más de unas pocas repeticiones de esta mecánica carga de estímulo en un solo entrenamiento.

¿Cómo podemos medir el volumen de esta carga mecánica? ¿estímulo?

Podemos medir el volumen del estímulo mecánico en un solo músculo. fibras registrando solo el número de repeticiones realizadas a un alto nivel de motor reclutamiento de unidades ya una velocidad de contracción lenta. Podemos llamar a los representantes que proporcionan este estímulo mecánico a las "repeticiones estimulantes" de las fibras musculares individuales.

Las cargas pesadas (1-5RM), que corresponden a > 85% de 1RM, generalmente involucran reclutamiento completo de unidades motoras para todas las repeticiones en una serie, y también implica movimiento con una velocidad lenta. Por lo tanto, podríamos esperar que todas las repeticiones de estas series contar como "repeticiones estimulantes".

Por el contrario, moderado (6–15RM) y ligero (15RM +) no implican motor completo Reclutamiento de unidades en todas las repeticiones de una serie. Además, siempre que nos movamos con intención máxima, las fibras musculares no se acortan a una velocidad lenta. Más bien, niveles El reclutamiento de unidades motoras aumenta gradualmente a medida que avanza el conjunto, mientras que la barra la velocidad se reduce progresivamente debido a la fatiga. De hecho, la velocidad de la barra alcanzó la repetición final de una serie hasta la falla muscular con * cualquier * carga es la misma que la barra velocidad alcanzada en un esfuerzo de 1RM. Por lo tanto, podríamos esperar solo las repeticiones finales. de series con cargas moderadas y ligeras para contar como "repeticiones estimulantes", mientras que el las repeticiones anteriores no lo harán.

Otra cosa que es importante tener en cuenta es que debido a la curva relación dosis-respuesta entre el volumen de entrenamiento y la hipertrofia, deberíamos

esperar que el efecto de aumentar el número de repeticiones estimulantes aumente rápidamente de números bajos a moderados, pero para aumentar mucho menos de moderados a altos números.

¿Cuántas repeticiones estimulantes implica una serie?

En aras de crear un modelo, digamos que solo las repeticiones que corresponden a (1) el nivel de reclutamiento de unidades motoras, y (2) la velocidad de la barra utilizada al entrenar con cargas pesadas (1 - 5RM), puede desencadenar el crecimiento muscular. En la práctica, el número podría ser más bajo (1 - 4RM) o más alto (1 - 6RM), y podría diferir ligeramente entre músculos y entre individuos.

En este modelo, cuando se utilizan cargas moderadas o ligeras (que son más ligeras que 5RM), las primeras repeticiones no proporcionan ningún estímulo. Solo las últimas 5 repeticiones de una serie son estimulantes, a medida que aumenta la fatiga.

Este modelo produce dos predicciones sobre cómo debería afectar la carga utilizada en un conjunto desarrollo muscular.

En primer lugar, debemos esperar que cuando se utilizan cargas pesadas (1 - 5RM), el volumen estimulante aumentará con el aumento de la repetición máxima, incluso cuando se equipara el número de conjuntos. Específicamente, el entrenamiento con 3 juegos de 1RM debería estimular un pequeño crecimiento muscular, ya que implica solo 3 repeticiones. Por el contrario, el entrenamiento con 3 series de 3RM debería producir una cantidad moderada de crecimiento muscular, porque implica 9 repeticiones estimulantes. Además, la cantidad de hipertrofia causada por el entrenamiento con 3 series de 3RM debe ser menor que con 3 series de 5 - 15RM, porque estos programas incluyen 15 repeticiones estimulantes. Finalmente, hacer al menos 5 series de 3RM debería compensar el uso de cargas 3RM, porque este enfoque implica > 15 repeticiones estimulantes. Esto es más o menos lo que la investigación nos muestra.

En segundo lugar, deberíamos encontrar que cuando se usa moderado (6 - 15RM) o ligero (15RM +) cargas, el número de repeticiones estimulantes no cambia al aumentar

repetición máxima, aunque el volumen (series x repeticiones) y la carga de volumen (series x repeticiones x peso) cambio. Entrenamiento con 3 series de 10RM y entrenamiento con 3 series de 25RM debería producir la misma cantidad de crecimiento muscular, porque todos implican 15 repeticiones estimulantes. Una vez más, esto es exactamente lo que nos muestra la investigación.

Como acotación al margen, cabe destacar que la diferencia de hipertrofia entre números de repeticiones estimulantes es grande cuando el número de repeticiones es pequeño (de 3 a 9 repeticiones), moderado cuando el número de repeticiones es moderado (de 9 a 15 repeticiones), y inexistente cuando el número de repeticiones es grande (de 15 a 21 repeticiones). Esta está de acuerdo con el efecto dosis-respuesta decreciente al aumentar el volumen.

¿Qué significa esto en la práctica?

Este modelo arroja algo de luz sobre por qué ciertos grupos de aprendices tienden a gravitar hacia programas de formación particulares.

En primer lugar, explica por qué pocos culturistas utilizan cargas pesadas (1 - 5RM). Se vuelve progresivamente más difícil de lograr un número suficientemente alto de repeticiones estimulantes en un entrenamiento, cuanto más te alejes de 5RM. Al equiparar el número de repeticiones estimulantes, programas de entrenamiento que incluyen 15 x 1RM, 8 x 2RM, 5 x 3RM, 4 x 4RM y 3 x 5 - 15RM deberían conducir a un crecimiento muscular similar. No hace falta digamos, 3 x 5 - 15RM es mucho más fácil de encajar en un entrenamiento que 15 x 1RM.

En segundo lugar, explica por qué el modelo 3 x 5RM es uno de los entrenamientos más populares. métodos para aumentar la fuerza máxima al mismo tiempo que aumentan los músculos masa, porque 5RM es la carga más pesada que puede utilizar al mismo tiempo que maximiza la impacto hipertrófico de cada serie (suponiendo que entrenes hasta el fracaso).

En tercer lugar, explica por qué el entrenamiento con cargas ligeras nunca se ha popularizado como un método de entrenamiento popular, a menos que el entrenamiento para mejorar la resistencia muscular como un estrategia para aumentar la carga de volumen. Las primeras 25 repeticiones de una serie de 30RM son solo provocando la fatiga necesaria para que ocurran las últimas 5 repeticiones estimulantes, y probablemente no contribuyan de manera significativa a la hipertrofia.

¿Qué es la comida para llevar?

Al entrenar para el crecimiento muscular, la mejor manera de medir el volumen es contar sólo aquellas repeticiones que implican el reclutamiento de unidades motoras de alto umbral mientras la velocidad de la barra es lenta. Podemos referirnos a estos como "repeticiones estimulantes". Todavía no sabemos exactamente cuántas repeticiones en cada serie hasta el fallo implican la activación de unidades motoras de umbral mientras que la velocidad de la barra es lenta, pero es probable que sea aproximadamente 5 repeticiones, porque 5RM es el límite entre cargas pesadas y moderadas.

Al levantar cargas que pesen más de 5RM, será necesario realizar series adicionales para compensar el menor número de repeticiones estimulantes por serie. Al levantar cargas más livianas que 5RM, el mismo número de juegos a fallar causará similares crecimiento muscular, independientemente del peso o volumen de carga.

¿CÓMO SE DIFIERE EL VOLUMEN DE ENTRENAMIENTO? ENTRE EL ENTRENAMIENTO AL FRACASO, EVITAR FALLOS Y UTILIZAR ¿TÉCNICAS AVANZADAS?

El crecimiento muscular ocurre a través de un aumento en el volumen de cada músculo. Las fibras individuales aumentan de tamaño después de haber detectado un cierto nivel de tensión mecánica, que ellos mismos crean. Este nivel de mecánica La tensión se produce cuando una fibra se activa y se acorta lentamente, porque la La relación fuerza-velocidad activa es el principal determinante de su capacidad para ejercer fuerza.

Las fibras dentro de un músculo son activadas por unidades motoras, pero el número de fibras controlado por cada unidad de motor varía ampliamente. Control de unidades de motor de umbral bajo pequeñas cantidades de fibras que no responden, que no crecen mucho después capacitación. Las unidades motoras de umbral alto controlan un mayor número de fibras sensibles, que crecen sustancialmente después del entrenamiento.

Por lo tanto, el estímulo del entrenamiento de fuerza que desencadena la hipertrofia es la duración de tiempo durante el cual las fibras controladas por unidades motoras de umbral alto son activado y acortar lentamente. Contracciones a velocidades de movimiento más rápidas, o aquellas que no activen las fibras controladas por unidades motoras de umbral alto, no Estimula mucha hipertrofia.

Esto afecta la forma en que medimos el volumen de entrenamiento, porque algunas repeticiones en una serie contribuir al crecimiento muscular, mientras que otros no lo harán.

En el capítulo anterior, propuse que al entrenar para la hipertrofia, deberíamos solo cuenta las repeticiones que reclutan unidades motoras de alto umbral mientras la velocidad de la barra es lenta. Podemos llamar a estas las "repeticiones estimulantes" porque son las únicas que pueden contribuir al crecimiento muscular. En este capítulo, explico cómo el volumen de entrenamiento difiere entre entrenar hasta fallar, evitar fallas y usar técnicas.

¿Cómo debemos medir el volumen de entrenamiento al entrenar hasta el fracaso?

Al construir un modelo en el capítulo anterior, asumí que el crecimiento muscular es desencadenado por repeticiones que corresponden a (1) el nivel de reclutamiento de unidades motoras, y (2) la velocidad de la barra utilizada al entrenar con cargas pesadas (1-5RM). En este modelo, cuando se entrena hasta el fallo con cargas que son más ligeras que 5RM, las primeras repeticiones

proporcionar poco o ningún estímulo. Solo las últimas 5 repeticiones de una serie son estimulantes, como la fatiga se acumula.

Esta suposición depende del nivel de reclutamiento de unidades motoras y de la velocidad de la barra. logrado con una carga de 5RM. El número real de repeticiones puede ser mayor o menor que 5, y probablemente difiera entre individuos y entre grupos de músculos.

Cada serie de repeticiones hasta el fallo con una carga menor o igual a 5RM implica 5 estimulantes repeticiones por serie. Las cargas que pesan más de 5RM (1-4RM) implican menos repeticiones estimulantes por serie, por lo que es necesario hacer más series con pesos más pesados, que con pesos moderados o ligeros, para producir el mismo cantidad de hipertrofia.

¿Cómo debemos medir el volumen de entrenamiento para evitar fallas?

Muchas personas no realizan todas las series hasta el fracaso y detienen una serie de repeticiones breves. de falla en al menos algunos conjuntos. En la práctica, la mejor manera de rastrear la proximidad a La falla es registrar el número de repeticiones en reserva.

Una repetición en reserva (1RIR) significa detener una repetición antes de fallar, dos repeticiones en reserva (2RIR) significa detener dos repeticiones antes de fallar, y así sucesivamente. Es importante destacar que el número de repeticiones en reserva afecta el número de estimulantes repeticiones por serie.

Para cargas iguales o más ligeras que 5RM, el número de repeticiones estimulantes es siempre 4 repeticiones, lo que corresponde a 5 repeticiones menos 1RIR. Para cargas superiores a 5RM, hay una reducción progresiva en el número de repeticiones estimulantes y 1RM no se puede realizar en absoluto. Al hacer múltiples series, si queremos lograr el mismo número de repeticiones estimulantes mientras evitamos fallas, es posible que necesitemos hacer una juego adicional.

Por ejemplo, al realizar 3 series hasta el fallo, el número de repeticiones estimulantes es $3 \times 5 = 15$ repeticiones. Al hacer 3 series con una repetición en reserva, el número de repeticiones estimulantes es $3 \times 4 = 12$ repeticiones, pero agregando una serie extra, podemos hacer más o más menos igual el número de repeticiones estimulantes ($4 \times 4 = 16$ repeticiones).

Cuanto más lejos del fallo entrenemos, más conjuntos adicionales necesitaremos hacer, para equiparar el número de repeticiones estimulantes.

Por ejemplo, al realizar 3 series hasta el fallo, el número de repeticiones estimulantes es $3 \times 5 = 15$ repeticiones. Sin embargo, al hacer 3 series con 2RIR, el número de repeticiones estimulantes es $3 \times 3 = 9$ repeticiones, y necesitamos hacer 2 series adicionales para igualar el número de repeticiones estimulantes ($5 \times 3 = 15$ repeticiones).

¿Cómo debemos medir el volumen de entrenamiento cuando se hace recto? conjuntos?

Las series rectas implican varias series del mismo número de repeticiones en cada serie, con el mismo peso. Las primeras series implican entrenamiento mientras están lejos de fallar, mientras que el conjunto final generalmente implica ir al fracaso. Obviamente, esto significa que el el número de repeticiones en reserva en cada serie disminuye de una serie a la siguiente. Esta * puede * afectar el número de repeticiones estimulantes en cada serie, dependiendo de si se utilizan cargas que son más pesadas o más ligeras que 5RM.

Cuando se utilizan cargas pesadas iguales o superiores a 5RM, el número total de repeticiones es igual al número de repeticiones estimulantes. Cuando se utilizan cargas moderadas, sin embargo, las cosas son muy diferentes. Cuando use cargas que sean más livianas que 5RM, Necesitamos usar las repeticiones en el cálculo de reserva para identificar cuántas repeticiones de cada serie puede contarse como repeticiones estimulantes.

Por ejemplo, la investigación ha demostrado que al hacer 5 series de 10 repeticiones con el 70% de 1RM con el ejercicio de press de banca, las dos primeras series no proporcionan hipertrofia estímulo, y hay 10 repeticiones estimulantes en las 3 series restantes ($2 + 3 + 5$). A pesar de involucrar un mayor número de repeticiones, el estímulo hipertrófico es de dos tercios del proporcionado por 3 series de 5 hasta el fallo (15 repeticiones estimulantes).

Por lo tanto, aunque los métodos de series rectas como 5 series de 10 repeticiones están pensados para ser Programas de "alto volumen", probablemente proporcionen un estímulo hipertrófico más pequeño que los programas que involucran 3 series de 5 repeticiones hasta fallar.

¿Cómo debemos medir el volumen de entrenamiento cuando utilizamos el técnicas?

Dos técnicas avanzadas comunes que se han investigado en relación con la hipertrofia son series de gotas y pausas de reposo.

1. Conjuntos de gota

Las series de caída implican hacer una serie inicial hasta el fallo, después de lo cual se reduce el peso. (en aproximadamente un 20%) y se realiza inmediatamente un "set de caída" adicional al fracaso, tomando el menor descanso posible. Se pueden realizar tantos "conjuntos de gotas" como deseado, simplemente reduciendo la carga después de cada uno.

Algunas investigaciones han sugerido que los juegos de gotas pueden producir un mayor crecimiento muscular que un número similar de series convencionales, cuando se entrena hasta el fallo. Sin embargo, no todos los estudios han encontrado este efecto beneficioso.

No está claro por qué los conjuntos de caída podrían superar a varios conjuntos hasta fallar. Las ganancias más pequeñas en el tamaño de los músculos ocurren cuando se toman descansos cortos entre series. (debido a una respuesta reducida de síntesis de proteínas musculares), y múltiples series para Las fallas con descansos cortos son de naturaleza muy similar a las series de caída, excepto que no implican reducir el peso. Exactamente cómo reducir el peso de un juego a el siguiente podría tener un efecto tan grande en el crecimiento muscular resultante que es difícil comprender.

En cualquier caso, en este modelo de volumen de entrenamiento, cuando cada conjunto de gotas permite al menos 5 repeticiones por hacer, luego las series de caída son esencialmente equivalentes a hacer varias series al fracaso. En la práctica, esto significa que los conjuntos de gotas permiten una gran cantidad de Estímulos las repeticiones para que se realicen muy rápidamente, lo que las convierte en un uso muy eficiente. del tiempo de entrenamiento.

2. Pausa de descanso

La pausa de descanso implica un enfoque muy similar a las series de caída, pero implica mantener el peso es el mismo.

Algunas investigaciones sugieren que la pausa de descanso puede producir una hipertrofia superior a estándar, conjuntos múltiples, pero tales estudios no han igualado el número de repeticiones estimulantes, porque las series estándar no se realizan hasta el fracaso.

Los entrenamientos de pausa de descanso comunes involucran una serie inicial realizada hasta el fracaso con un peso moderado, después de lo cual se toman breves períodos de descanso (10-20 segundos) antes Se realizan conjuntos adicionales hasta el fallo con el mismo peso.

A diferencia de las series de caída, que pueden implicar un número similar de repeticiones en la serie inicial y en las "series de caída", la pausa de descanso implica muchas menos repeticiones en las últimas series que en las fraguado inicial, ya que el peso sigue siendo el mismo. En la práctica, es habitual que menos se realizan más de 5 repeticiones después de cada pausa.

¿Cómo se comparan cada uno de estos métodos de formación?

En este modelo, cualquier método de entrenamiento que utilice el mismo número de repeticiones estimulantes debe conducir a un crecimiento muscular similar. Sin embargo, esto no significa que cada El método de entrenamiento tiene exactamente el mismo efecto.

El entrenamiento hasta el fracaso conduce a un mayor daño muscular, lo que aumenta el tiempo necesario para recuperarse antes de que el músculo pueda volver a entrenarse. Del mismo modo, la formación El uso de un mayor número de repeticiones también tiende a aumentar el daño muscular, lo que aumenta el tiempo necesario para recuperarse. Además, como veremos más adelante en el libro, hay efectos negativos de usar descansos más cortos.

Minimizar el número de veces que llegan a fallar, minimizar el número total de repeticiones (en relación con las repeticiones estimulantes), y evitar descansos cortos son, por lo tanto, variables importantes a considerar al programar para hipertrofia, porque permiten una mayor frecuencia de entrenamiento para cada grupo muscular.

Por ejemplo, si queremos llegar a 15 repeticiones estimulantes con una carga moderada que permite usar 10 repeticiones en cada serie principal (o serie de caída), luego esto se puede hacer en cualquiera de las siguientes formas:

1 serie de pausa de descanso (5 + 3 + 2 + 2 + 2 + 1) = falla 6 veces (20 repeticiones en total)

3 series hasta fallar = falla 3 veces (30 repeticiones en total)

1 serie al fallo más 2 series de caída = falla 3 veces (30 repeticiones en total)

5 series seguidas (5RIR, 3RIR, 2RIR, 1RIR, 0RIR) = falla una vez (50 repeticiones en total)

4 series con 1RIR = no llega al fallo (40 repeticiones en total)

5 series con 2RIR = no llega al fallo (50 repeticiones en total)

En un extremo del espectro, hay una pausa de descanso, que implica llegar al fallo 6 veces por ejercicio con períodos cortos de descanso, pero requiere el menor volumen total (20 repeticiones). Obviamente, el número exacto de veces que se alcanza la falla depende de la duración de los períodos de descanso. En el otro extremo, hay 5 juegos con 2RIR, que no implica llegar al fallo o hacer descansos cortos, pero requiere 50 repeticiones para alcanzar nuestro requisito de 15 estimulantes repeticiones.

Sin embargo, probablemente no sea una buena idea entrenar hasta el fracaso tantas veces (especialmente con períodos de descanso cortos), ni tantas repeticiones no estimulantes. En el medio, hay 3 series para fallar, lo que implica entrenar hasta fallar 3 veces por ejercicio y 30 repeticiones totales, y 4 series con 1RIR, que no implica llegando al fallo, y requiere 40 repeticiones totales.

Suponiendo que desea utilizar cargas moderadas, como hacen la mayoría de los culturistas, ¿cuál de estas opciones que elija probablemente serán preferencias personales, aunque También es importante considerar la necesidad de lograr una sobrecarga progresiva, y esto es más fácil de hacer en algunos programas que en otros.

¿Qué es la comida para llevar?

Al entrenar para el crecimiento muscular, la mejor manera de medir el volumen es contar sólo "repeticiones estimulantes" que implican el reclutamiento de motores de alto umbral unidades mientras que la velocidad de la barra es lenta.

Detenerse antes de fallar reduce la cantidad de repeticiones estimulantes por serie. Cuando entrenamiento con 1-2 repeticiones en reserva, necesitamos hacer series adicionales en comparación con al entrenar hasta el fracaso. Además, cuantas más repeticiones en reserva dejamos en cada conjunto, más conjuntos adicionales necesitamos hacer.

Al entrenar con cargas moderadas y series rectas, que usan la misma carga para el mismo número de repeticiones en múltiples series, el número de repeticiones estimulantes es mucho más bajo que el número de repeticiones totales, porque las primeras series están demasiado lejos de falta de contabilización. Estos programas proporcionan poco volumen estimulante, a pesar de siendo clasificados como enfoques de "alto volumen".

Podemos comparar la eficacia de diferentes enfoques, incluidos los avanzados técnicas, evaluando su capacidad para producir daño muscular, comparando con su efecto estimulante sobre el crecimiento muscular. Características que mejoran los músculos daño son un mayor número de repeticiones totales, un entrenamiento más frecuente hasta el fallo y

períodos de descanso más cortos.

¿CUÁL ES EL TIEMPO BAJO TENSIÓN?

El tiempo bajo tensión es uno de los conceptos más discutidos en el ciencia de la hipertrofia y, sin embargo, sigue siendo poco conocida.

Técnicamente, el tiempo bajo tensión debería ser una buena medida de la dosis del estímulo hipertrofico proporcionado por un entrenamiento. Desafortunadamente, los investigadores tienen como Sin embargo, no ha podido conectar el tiempo bajo tensión con la cantidad de crecimiento muscular. que resulta, en todas las circunstancias.

De hecho, hay muchos informes contradictorios en la literatura, algunos de los cuales sugieren que el tiempo bajo tensión está estrechamente relacionado con la cantidad de crecimiento muscular que ocurre después del entrenamiento de fuerza, mientras que otros sugieren que no es así.

La investigación ha informado de una relación dosis-respuesta entre el volumen de entrenamiento y hipertrofia, pero no existe tal relación entre el tempo de elevación (fase concéntrica) y el crecimiento muscular, a pesar de que el tempo es una forma muy eficaz de aumentar la duración del tiempo dedicado a realizar una serie de ejercicios de entrenamiento de fuerza.

En mi opinión, esta confusión surge porque tradicionalmente no hemos definido qué fibras musculares están sometidas a tensión, ni hemos definido el nivel de tensión que se debe experimentar. De hecho, cuando todas las fibras musculares están activada, y la tensión es alta, el tiempo bajo tensión se puede vincular a la hipertrofia que resulta del entrenamiento. Si solucionamos estos problemas con nuestro definición de tiempo bajo tensión, creo que estas inconsistencias en su mayoría desaparecer.

Dejame explicar.

¿Qué estimula la hipertrofia?

La hipertrofia es principalmente el resultado de fibras musculares individuales dentro de un músculo. aumentando de volumen. Las fibras musculares individuales crecen una vez que se someten a una estímulo de carga mecánica.

Algunos investigadores han sugerido que la hipertrofia también podría ser provocada por estrés metabólico o daño muscular, pero estas hipótesis no son necesarias para

explicar la literatura de investigación actual. La carga mecánica puede dar cuenta de todos los los resultados que se han informado hasta la fecha.

El estímulo de carga mecánica que hace que una fibra muscular individual El aumento de volumen es la fuerza ejercida por la propia fibra. Esta fuerza necesita ser por encima de un cierto umbral, porque las fuerzas que son demasiado bajas no disparan hipertrofia.

Para lograr esta fuerza alta, una fibra necesita contraerse activamente a una velocidad lenta, porque la velocidad de acortamiento de una fibra es el principal determinante de la fuerza que produce. Esto se conoce como relación fuerza-velocidad. Acortamiento lento Las velocidades se producen cuando los músculos se contraen contra cargas pesadas o bajo condiciones fatigantes.

Las velocidades lentas de acortamiento de la fibra permiten mayores fuerzas porque involucran más simultáneamente unidos puentes cruzados actina-miosina, y es la actina adjunta puentes cruzados de miosina que producen fuerza.

De hecho, los investigadores han descubierto que si aumentan experimentalmente la fuerza producido por una sola fibra muscular, el número de sus puentes cruzados adjuntos aumenta. Por el contrario, cuando aumentan experimentalmente la contracción velocidad de la fibra muscular, el número de puentes cruzados adjuntos disminuye. Cuando una fibra se acorta más lentamente, cada uno de sus puentes cruzados puede permanecer unido durante más tiempo, aumentando la cantidad de fuerza que puede ejercer.

Sin embargo, los músculos contienen muchos miles de fibras, organizadas en grupos de unidades motoras. Hay cientos de unidades motoras en cada músculo y son reclutados en orden de tamaño, desde pequeñas unidades motoras de bajo umbral hasta grandes, de alto unidades motoras de umbral.

Las unidades motoras de umbral bajo gobiernan pequeñas cantidades (docenas) de comparativamente fibras musculares que no responden, que no crecen mucho después de ser sometidas a un estímulo de carga mecánica. Las unidades motoras de umbral alto gobiernan grandes números (miles) de fibras musculares altamente sensibles, que crecen

sustancialmente después de haber sido sometido a un estímulo de carga mecánica. Tal motor

Las unidades pueden controlar tanto las fibras de contracción lenta como las de contracción rápida, o solo las de contracción rápida. fibras, dependiendo de las proporciones de fibras del músculo.

Solo aquellas contracciones que implican el reclutamiento de motores de alto umbral. unidades mientras las fibras musculares se acortan lentamente estimularán significativamente cantidades de hipertrofia. El reclutamiento de unidades motoras de bajo umbral no estimulan mucho el crecimiento muscular, porque tales unidades motoras gobiernan sólo un pequeño número de fibras musculares relativamente insensibles.

¿Cómo podemos definir el tiempo bajo tensión?

Tradicionalmente, el tiempo bajo tensión se ha definido como el tiempo dedicado a realizar contracciones musculares como parte de un ejercicio de entrenamiento de fuerza, generalmente cronometrando la duración de las series y repeticiones.

A menos que se utilicen cargas pesadas, esta definición incluirá el tiempo cuando las unidades motoras de umbral no son reclutadas, y también pueden registrar el tiempo cuando el músculo Las velocidades de acortamiento de fibras son demasiado rápidas para que la carga mecánica alcance el nivel requerido. umbral para estimular el crecimiento muscular. Claramente, esta no será una forma útil de registrar la dosis del estímulo hipertrófico.

Para que el tiempo bajo tensión sea una medida significativa de la hipertrófica estímulo, necesita referirse solo a las condiciones biológicas que conducen al músculo crecimiento.

Según nuestro conocimiento actual de cómo funciona la hipertrofia, dicha definición debe referirse al tiempo durante el cual solo las unidades de motor de umbral alto son reclutado, mientras que el músculo se acorta lentamente. Esto significa que la definición necesita para referirse a: (1) qué fibras musculares están sometidas a tensión, y (2) la nivel de tensión que se aplica, en referencia a la velocidad a la que las fibras musculares están acortando.

1. ¿Qué fibras musculares están sometidas a tensión?

Las unidades motoras controlan la producción de fuerza de la misma manera durante todos tipos de contracciones musculares, independientemente de si estas contracciones son clasificado como entrenamiento de fuerza o ejercicio aeróbico.

En la mayoría de los casos, los movimientos repetitivos de las extremidades de actividades de resistencia como correr, andar en bicicleta y nadar no son rápidos. Por lo tanto, la fibra muscular Las velocidades de acortamiento son lentas, lo que permite que cada uno produzca una fuerza bastante alta. fibra de trabajo. Dado que el nivel de esfuerzo que implica cada movimiento es bajo En comparación con la cantidad máxima que podría ejercerse, es probable que esta fuerza producido por las fibras de unidades motoras de bajo umbral.

Exponer las fibras de las unidades motoras de bajo umbral a tensión durante largos períodos de el tiempo en forma de ejercicio aeróbico no estimula ningún músculo significativo crecimiento. La carrera de larga distancia reduce el tamaño de las fibras musculares de todo tipo, a pesar de implicar un tiempo de tensión muy largo para las fibras gobernado por unidades motoras de bajo umbral.

Por lo tanto, si no redactamos nuestra definición de tiempo bajo tensión para referirnos a * qué fibras musculares * están sometidas a tensión, entonces podríamos asumir erróneamente que el ejercicio de resistencia que implica velocidades de movimiento lentas produciría una gran cantidad de hipertrofia en las fibras musculares controlada por unidades motoras de bajo umbral.

En consecuencia, nuestra definición de tiempo bajo tensión debería referirse al tiempo de

en el que solo las fibras de las unidades motoras de umbral alto están sometidas a tensión.

2. El nivel de tensión que se aplica

Someter las fibras musculares de las unidades motoras de alto umbral a bajos niveles de la tensión, al permitir que se acorten rápidamente, no provoca el crecimiento muscular.

Los programas de salto vertical no causan una hipertrofia significativa, aunque

Los movimientos de velocidad implican niveles muy altos de reclutamiento de unidades motoras. Animal

Los estudios de modelos han confirmado que la velocidad de movimiento real es crítica para el cantidad de crecimiento muscular que resulta del entrenamiento de fuerza, independientemente de la nivel de reclutamiento de unidades motoras.

Se pueden reclutar unidades motoras de alto umbral sin que se estimulen sus fibras crecer, porque es la carga mecánica la que determina la magnitud de la estímulo hipertrófico, y no el grado de reclutamiento de la unidad motora. Estudios que han inhibido las acciones de la miosina durante las contracciones musculares (sin que afectan la actividad del ión calcio resultante de la función de la unidad motora) han demostrado que se previene la hipertrofia. Esto revela que es la tensión producida por formación de puentes cruzados de actina-miosina que desencadena el crecimiento muscular, y no si se activa una fibra muscular.

Por lo tanto, si no redactamos nuestra definición de tiempo bajo tensión para referirnos a * el nivel * de tensión que experimentan las fibras musculares, podríamos suponer que La hipertrofia puede resultar de hacer un gran volumen de movimientos rápidos sin fatiga, también conocida como "saltar arriba y abajo todo el día". Como consecuencia, nuestra definición de tiempo bajo tensión debe referirse al tiempo durante el cual el músculo las fibras están sujetas a un nivel de tensión que está por encima de un cierto umbral, que requiere una velocidad de acortamiento lenta de las fibras musculares.

¿Cómo nos ayuda esta nueva definición?

Si aplicamos una definición tradicional de tiempo bajo tensión, el tiempo que registramos difiere bastante dependiendo del tempo de elevación (fase concéntrica) que se utilice. Los tempos de levantamiento más lentos suelen implicar mucho más tiempo bajo tensión que tempos de elevación más rápidos.

Este es un gran problema para la ciencia de la hipertrofia, porque los tempos de levantamiento lentos lo hacen. no estimular un mayor crecimiento muscular, pero se supone que el tiempo bajo tensión es un buena medición de la dosis del estímulo hipertrófico.

Afortunadamente, nuestra nueva definición de tiempo bajo tensión puede ayudarnos a explicar por qué esto pasa.

Nuestra nueva definición solo incluye la cantidad de tiempo durante el cual las fibras de alta Las unidades motoras de umbral están sujetas al nivel de carga mecánica que resulta de ellos acortando lentamente. Podríamos referirnos a esto como el "tiempo estimulante bajo tensión."

Cuando comparamos el tiempo de estimulación bajo tensión entre conjuntos de fuerza ejercicio de entrenamiento con tempos de levantamiento rápidos y lentos, encontramos que no es eso diferente.

He aquí por qué.

¿Por qué el tiempo de estimulación bajo tensión es similar independientemente del levantamiento? ¿tempo?

Para ver cómo el tiempo de estimulación bajo tensión difiere entre conjuntos de fuerza. ejercicio de entrenamiento realizado con un ritmo de levantamiento diferente, es útil considerar repeticiones realizadas con y sin fatiga, ya que la fatiga aumenta la unidad motora reclutamiento.

1. Sin fatiga

La cantidad de fuerza que ejerce todo un músculo a cualquier velocidad cuando la fatiga es ausente está determinado en gran medida por dos factores: (1) el número de unidades motoras que son reclutados, y por lo tanto el número de fibras musculares activadas, y (2) el acortamiento de la velocidad de las fibras musculares activadas, que está determinada por la Relación fuerza-velocidad.

En términos generales, los niveles de reclutamiento de unidades motoras están determinados por el nivel de esfuerzo, mientras que la relación fuerza-velocidad determina la cantidad real de fuerza que corresponde a ese nivel de esfuerzo.

¿Qué sucede en la práctica? De hecho, los efectos varían según la carga.

Al levantar cargas ligeras o moderadas, utilizando un esfuerzo submáximo (un ritmo lento) no recluta unidades motoras de umbral alto. Por lo tanto, el tiempo dedicado a hacer estos las repeticiones no pueden contarse como tiempo estimulante bajo tensión. Al levantar luz o cargas moderadas, el uso de un esfuerzo máximo recluta unidades motoras de umbral alto, pero la velocidad de acortamiento de cada fibra es demasiado rápida para que la carga mecánica alcance

el umbral requerido. Por lo tanto, el tiempo dedicado a hacer estas repeticiones no se puede contar. como tiempo estimulante bajo tensión.

Al levantar cargas pesadas (iguales o superiores a 5RM), levantar un peso con el esfuerzo máximo o submáximo recluta unidades motoras de umbral alto y implica una velocidad de acortamiento de fibra lenta. El tiempo dedicado a hacer estas repeticiones * puede * ser contado como tiempo estimulante bajo tensión. Aun así, el tiempo estimulante bajo la tensión no diferirá sustancialmente entre el esfuerzo máximo o submáximo tempos, ¡porque la velocidad máxima de la barra ya es lenta!

En los raros casos en los que se utiliza un tempo extremadamente lento con una carga pesada y la velocidad de la barra resultante difiere sustancialmente de la velocidad de la barra alcanzada cuando aplicando el máximo esfuerzo, este tempo extremadamente lento necesariamente implicará menos repeticiones antes de fallar. Esto equivaldrá en términos generales a la estimulante tiempo bajo tensión.

2. En condiciones fatigantes

La cantidad de fuerza que ejerce todo un músculo a cualquier velocidad cuando la fatiga es presente está determinado en gran medida por tres factores: (1) el número de unidades motoras que son reclutados, y por lo tanto el número de fibras musculares activadas, (2) el acortamiento de la velocidad de las fibras musculares activadas, que está determinada por la relación fuerza-velocidad, y (3) el estado de fatiga del músculo que trabaja fibras.

Nuevamente, los niveles de reclutamiento de unidades motoras están determinados por el nivel de esfuerzo, mientras que la relación fuerza-velocidad y el estado de fatiga del músculo que trabaja fibras juntas determinan la cantidad resultante de fuerza correspondiente a esa nivel de esfuerzo.

¿Qué sucede en la práctica?

Al levantar cargas pesadas, los efectos son los mismos que al levantar sin fatiga.

Al levantar cargas ligeras o moderadas con una velocidad de barra submáxima, la fatiga aumenta el nivel de reclutamiento de unidades motoras, activando nuevas fibras musculares que compensan la fuerza reducida producida por activados previamente, pero fatigados fibras. A medida que se acerca la falla, el nivel de reclutamiento de unidades motoras alcanza el umbral alto. Esto estimula la hipertrofia.

Al levantar cargas ligeras o moderadas mientras se usa una velocidad de barra máxima, la fatiga disminuye la velocidad de la barra. Esta reducción en la velocidad de la barra aumenta la fuerza que cada uno de las fibras musculares que trabajan pueden producir. A medida que se acerca la falla, el acortamiento de la fibra La velocidad se vuelve lo suficientemente lenta como para producir un alto nivel de carga mecánica en el fibras musculares activas, que son las asociadas con el motor de alto umbral unidades. Esto estimula la hipertrofia.

Al levantar con una velocidad máxima de la barra, la velocidad real de la barra se reduce hacia la final del set de modo que la velocidad de los tempos rápidos y lentos sea similar, solo como cuando se utilizan cargas pesadas cuando no hay fatiga. Por tanto, la duración de estimular el tiempo bajo tensión es muy similar.

Nuevamente, en esos raros casos en los que se usa un tempo extremadamente lento, y el La velocidad de la barra resultante en las repeticiones finales de una serie hasta el fallo difiere sustancialmente de la velocidad de la barra alcanzada durante estas repeticiones cuando se aplica el esfuerzo máximo, esto un tempo extremadamente lento implicará necesariamente que se realicen menos repeticiones antes falla. En términos generales, esto equivaldrá al tiempo de estimulación bajo tensión.

¿Qué es la comida para llevar?

El tiempo bajo tensión es una buena medida de la dosis del estímulo hipertrófico. proporcionado por un entrenamiento, pero solo cuando solo registramos el tiempo durante el cual el Las fibras de las unidades motoras de umbral alto están sujetas a altos niveles de tensión, como indicado por una velocidad de acortamiento lenta de la fibra.

Ya sea que usemos un tempo rápido o lento, el tiempo estimulante bajo tensión es en gran parte lo mismo. Solo en las repeticiones finales, cuando la velocidad de la barra se ha reducido en el ajuste de tempo rápido y cuando el reclutamiento de la unidad motora ha aumentado en el tempo lento conjunto, se estimula el crecimiento muscular. En estas repeticiones finales, la velocidad real de la barra es en gran medida

lo mismo en tempos rápidos y lentos. Cuando la velocidad de la barra sigue siendo diferente, la El tempo implica menos repeticiones porque la fatiga termina la serie antes.

POR QUÉ ES LA SOBRECARGA PROGRESIVA ¿ESENCIAL PARA LA HIPERTROFIA?

Junto con la especificidad, la individualidad y la variedad, la sobrecarga progresiva es uno de los cuatro principios clave de fuerza y acondicionamiento. Usamos estos principios cuando redactar programas de entrenamiento de fuerza para preparar a los atletas para el deporte, pero también proporcionar las bases de todos los programas de formación para cualquier objetivo.

Al diseñar un programa de entrenamiento para aumentar el tamaño de los músculos, el principio de La especificidad nos ayuda a determinar qué ejercicios podemos elegir al intentar para desarrollar cada grupo de músculos a su máximo potencial. El principio de

individualidad nos ayuda a decidir cuál de esos ejercicios seleccionar, cómo asignar volumen y cuántos entrenamientos hacer para cada músculo cada semana. los El principio de variedad asegura que sigamos progresando y no nos quedemos estancados en una meseta.

Por el contrario, el principio de sobrecarga progresiva es menos importante para hipertrofia en la etapa de planificación, pero es más importante en cada entrenamiento, haciéndolo absolutamente esencial para lograr un crecimiento muscular significativo a largo plazo. término. Esto se debe a que la presencia (o ausencia) de sobrecarga progresiva afecta el estímulo de carga mecánica que conduce a la hipertrofia.

Para comprender la sobrecarga progresiva, primero debemos comprender cómo las ganancias en suceda la fuerza máxima.

¿Cómo se obtienen las ganancias en la fuerza máxima?

La capacidad de levantar un objeto extremadamente pesado depende de nuestra capacidad para ejercer fuerza. mientras que las fibras musculares se acortan lentamente. Esto se denomina comúnmente "máximo fuerza."

Las ganancias en la fuerza máxima después de un entrenamiento que implica levantar pesos pesados son logrado a través de cuatro adaptaciones: (1) aumentos en el tamaño de la fibra muscular, (2) aumenta la capacidad de cada fibra muscular para producir fuerza en relación con su tamaño, probablemente debido a la capacidad mejorada para transmitir fuerza lateralmente entre los fibra muscular y su capa de colágeno circundante, (3) aumenta en el número de fibras musculares que se activan, debido a una mayor capacidad para alcanzar la plenitud

reclutamiento de la unidad motora (esto contribuye a un aumento en la capacidad del conjunto músculo para producir fuerza en relación con su tamaño), y (4) aumenta la rigidez del tendón.

Los aumentos en el tamaño de la fibra muscular se desencadenan mediante un entrenamiento cuando el músculo individual Las fibras que pertenecen a las unidades motoras de umbral alto experimentan altos niveles de tensión mecánica. Aumenta la fuerza de la fibra muscular en relación con el tamaño, aumenta en la capacidad de alcanzar el reclutamiento completo de unidades motoras y aumentos en el tendón La rigidez parece ser provocada por un entrenamiento solo si * todo el músculo * (y no solo las fibras musculares que pertenecen a unidades motoras de alto umbral) experimenta altos niveles de tensión mecánica.

Una vez que se hayan producido estas adaptaciones, y una vez que nos hayamos recuperado del entrenamiento, nuestra fuerza máxima aumenta. Esto nos da la capacidad de levantar un peso máximo más pesado en un entrenamiento posterior.

¿Qué es la sobrecarga progresiva?

La sobrecarga progresiva es básicamente la forma en que tomamos las adaptaciones como resultado de un entrenamiento anterior en cuenta al realizar los siguientes entrenamientos.

Después de un entrenamiento en el que levantamos pesos pesados, todas las diversas adaptaciones que contribuyen a la ganancia de fuerza máxima se estimulan. Después de los entrenamientos que involucran pesos ligeros o moderados, es probable que solo aumente el músculo se estimula el tamaño de la fibra (es por eso que levantar pesos pesados conduce a mayores ganancias en fuerza máxima que levantar pesos ligeras o moderadas).

De cualquier manera, cuando llegamos a realizar el próximo entrenamiento, somos más fuertes.

Esto significa que, en el próximo entrenamiento, tenemos la opción de avanzar. Si elegimos esta opción, podemos levantar un peso un poco más pesado por el mismo número de repeticiones, o el mismo peso para un mayor número de repeticiones.

¿Cómo afecta la sobrecarga progresiva a la hipertrofia?

Cuando realizamos un entrenamiento típico de musculación que implica un volumen suficiente de repeticiones estimulantes, activamos un aumento en el tamaño de la fibra muscular. Y si usamos cargas pesadas en el entrenamiento, también activamos otras adaptaciones, que mejoran la capacidad de las fibras para producir fuerza en relación con su tamaño.

Las repeticiones estimulantes son aquellas que involucran las fibras musculares controladas por las unidades motoras de umbral se acortan lentamente. Este estado ocurre cuando el músculo ejerce una gran fuerza, como al levantar un peso pesado, y cuando el músculo ejerce una fuerza máxima en condiciones de fatiga, como al levantar objetos ligeros o pesos moderados dentro de las cinco repeticiones de la falla muscular.

Cuando lleguemos a realizar nuestro próximo entrenamiento, el aumento en el tamaño de la fibra muscular que hemos logrado permite que nuestros músculos produzcan la misma fuerza mientras reclutando menos unidades motoras.

Esto significa que hacer exactamente el mismo entrenamiento (series x repeticiones x peso) que antes no implicará el mismo número de repeticiones estimulantes. Para lograr lo mismo número de repeticiones estimulantes, necesitamos aumentar el número de repeticiones con el mismo peso, o necesitamos aumentar el peso.

¿Cómo afecta la sobrecarga progresiva a la hipertrofia? (trabaja ejemplo)

Si hacemos un entrenamiento de 3 series de 5 repeticiones hasta el fallo con el press de banca usando 90 kg, entonces ese entrenamiento proporcionará 15 repeticiones estimulantes, lo que conducirá a algunas hipertrofia.

Sin embargo, si hacemos el mismo entrenamiento de 3 series de 5 repeticiones con el press de banca usando 90 kg unos días más tarde, después de que nos hayamos recuperado por completo, este entrenamiento No proporcionamos 15 repeticiones estimulantes, porque no estamos entrenando hasta el fallo en todas las series. Lo más probable es que trabajemos en una repetición en reserva en uno o dos de los conjuntos. Por lo tanto, este entrenamiento produciría un aumento menor en el tamaño de los músculos.

Si continuamos haciendo más entrenamientos de 3 series de 5 repeticiones con el press de banca usando 90 kg, entonces cada entrenamiento secuencial implicaría un número menor de repeticiones estimulantes, y esto daría lugar a cantidades cada vez más pequeñas de músculo crecimiento. Eventualmente, el efecto estimulante sería demasiado pequeño para cualquier músculo. crecimiento que ocurra.

Por el contrario, si hacemos entrenamientos con sobrecarga progresiva, ya sea aumentando la peso ligeramente, o aumentando el número de repeticiones, entonces el número de Las repeticiones estimulantes siguen siendo las mismas en cada entrenamiento, y continuamos experimentar el crecimiento muscular. Esta es la razón por la que la sobrecarga progresiva es una clave concepto para el culturismo, y por qué ignorarlo finalmente conducirá a levantadores estancado y no progresando.

¿De qué otra manera puede ayudarnos la sobrecarga progresiva en la práctica?

Después de un entrenamiento de fuerza, nuestra fuerza se reduce durante un corto período de tiempo. tiempo debido a cambios transitorios en tres factores: (1) fatiga periférica, (2) fatiga central y (3) daño muscular. Los efectos de la fatiga periférica son bastante efímero y desaparecen poco después del entrenamiento. Fatiga central que surge durante el entrenamiento también es de muy corta duración y se disipa muy rápidamente. Sin embargo, El daño muscular puede tomar mucho más tiempo para recuperarse y aún puede ser presente durante varios días después del entrenamiento.

Es importante destacar que este daño muscular puede provocar el desarrollo de fatiga central después de la

ejercicio. Y si esta fatiga central todavía está presente en el momento en que realizamos siguiente entrenamiento para el mismo grupo de músculos, no reclutaremos nuestro unidades motoras de umbral en ese entrenamiento, lo que conducirá a una reducción hipertrófica estímulo. Por esta razón, es muy importante que podamos saber si nos hemos recuperado de nuestro último entrenamiento o no.

Si estamos acostumbrados a un entrenamiento en particular, y no implica excesivo volumen de entrenamiento que causa mucho daño muscular, luego la recuperación completa de ambos El daño muscular y la fatiga central deben ocurrir dentro de las 48 horas, lo que permite Debemos entrenar un músculo 2-3 veces por semana en un estado de recuperación total. Por tanto, si el entrenamiento anterior fue eficaz para la hipertrofia (y no estamos en un

estado adverso), entonces deberíamos poder aumentar nuestro rendimiento en un ejercicio por al menos una repetición, o por una pequeña cantidad de peso añadido.

Si no podemos mejorar nuestro rendimiento con una repetición o con una pequeña cantidad de peso agregado, entonces es probable que: (1) estemos en una situación adversa estado debido a altos niveles de estrés, ingesta inadecuada de alimentos o falta de sueño, o (2) el tiempo de recuperación de nuestro entrenamiento anterior ha aumentado, porque cambió un ejercicio o hizo una mayor cantidad de volumen, o (3) el anterior El entrenamiento no estimuló el crecimiento muscular.

Podemos utilizar este proceso para decidir cómo avanzar cuando nos estancamos.

En primer lugar, podemos comprobar si estamos en un estado adverso. Si lo somos, podemos arreglar esto para que nuestro progreso se reanude como antes. En segundo lugar, podemos comprobar si nuestro tiempo de recuperación ha aumentado al reducir nuestra frecuencia de entrenamiento levemente. Si nuestro tiempo de recuperación ha aumentado, esto debería permitirnos reanudar progresa como antes. En tercer lugar, si ninguna de estas tácticas ayuda, debemos asumir que nuestro entrenamiento actual no está funcionando para producir crecimiento muscular y tampoco necesita cambiar el ejercicio o aumentar el volumen en una serie.

Si no seguimos un programa que implique una sobrecarga progresiva obvia, lo hacemos no tenemos esta herramienta a nuestra disposición. Básicamente tenemos que adivinar si estamos desarrollar músculo o no.

¿Qué pasa con los programas que se periodizan?

Si trabajamos con los mismos rangos de repeticiones, en lugar de seguir un (lineal, inverso modelo de periodización de carga lineal o en bloque), luego la sobrecarga progresiva nos proporciona con un indicador externo muy claro de que estamos ganando músculo con el tiempo.

Sin embargo, si usamos la periodización de carga y modificamos el rango de repetición, estamos usando ya sea de un entrenamiento al siguiente (periodización ondulante diaria) o de una semana a la siguiente (periodización ondulante semanal o lineal tradicional periodización), esto puede oscurecer si se está produciendo una sobrecarga progresiva, porque no nos permite comparar el peso o las repeticiones de cada entrenamiento al siguiente.

Por lo tanto, no podemos decir realmente si estamos ganando músculo de una entrenamiento para el siguiente. Tenemos que esperar hasta el final del programa, cuando probamos nuestra fuerza contra la línea de base. Si bien la periodización de cargas presenta ventajas, esta es una gran desventaja.

¿Qué es la comida para llevar?

El principio de sobrecarga progresiva es esencial para lograr una cantidades de crecimiento muscular a largo plazo, porque afecta el tamaño de la

estímulo de carga mecánica en cada serie que conduce a la hipertrofia. Asegurando que La sobrecarga progresiva se está logrando durante un programa de entrenamiento de fuerza. por lo tanto, es muy importante para asegurarse de que se está produciendo el crecimiento muscular. Algunos técnicas de entrenamiento populares, como la periodización de la carga, reducen nuestra capacidad para detectar si se está logrando una sobrecarga progresiva, y esto aumenta el riesgo que podríamos estar realizando un entrenamiento ineficaz sin saberlo.

La sobrecarga progresiva es esencial porque asegura que continuemos lograr altos niveles de reclutamiento de unidades motoras, a pesar de hacerse más fuertes. Si lo hacemos no use la sobrecarga progresiva, y en su lugar haga la misma cantidad de series y repeticiones con la misma carga para entrenamientos sucesivos, entonces cada entrenamiento secuencial implican necesariamente un número menor de repeticiones estimulantes, lo que provoca cantidades más pequeñas de crecimiento muscular. Eventualmente, el efecto estimulante será demasiado pequeño para que ocurra cualquier crecimiento muscular. Por el contrario, si hacemos entrenamientos con sobrecarga progresiva, ya sea aumentando el peso o el número de repeticiones, luego el número de repeticiones estimulantes sigue siendo el mismo en cada entrenamiento y nosotros continuar experimentando crecimiento muscular (hasta cierto punto).

POR QUÉ ES IMPORTANTE LA TÉCNICA PARA ¿HIPERTROFIA?

A la mayoría de los entrenadores de fuerza les gusta ver que se utiliza una buena técnica en un ejercicio, especialmente en los populares ejercicios multiarticulares que se utilizan a menudo para preparar deportistas para el deporte.

A menudo se dice que una buena técnica es útil porque reduce el riesgo de lesiones. Sin embargo, la técnica también afecta a la hipertrofia por dos razones. En primer lugar, afecta nuestra capacidad para enviar un estímulo mecánico al músculo que estamos tratando de entrenar. En segundo lugar, afecta nuestra capacidad de cuantificar y, por tanto, lograr progresivas sobrecarga.

¿Cómo afecta la técnica del ejercicio a la carga mecánica? ¿estímulo?

La técnica del ejercicio afecta las posiciones del cuerpo y las extremidades. Esto a su vez afecta a las fuerzas de giro (pares) que se requieren en cada articulación. También altera los puntos en el rango de movimiento del ejercicio donde se requieren fuerzas de giro máximas (pares). Cada uno de estos cambios puede afectar el estímulo de carga mecánica que un músculo experimenta durante el entrenamiento de fuerza.

Los cambios en las fuerzas de giro (pares) que se requieren en cada articulación desplazan la carga del ejercicio de una articulación a otra (y por lo tanto de un músculo grupo a otro). Esto puede afectar cuál de los grupos de músculos en un ejercicio es el factor limitante para el rendimiento del ejercicio y, por lo tanto, que se acerca más a reclutamiento completo de la unidad motora en el momento de la insuficiencia muscular, aunque las cosas dependen del ejercicio.

Por ejemplo, cuando hacemos una sentadilla con barra baja, alteramos las distancias horizontales de las articulaciones de la cadera y la rodilla de la barra en la parte inferior del ejercicio, donde está más difícil. Al hacerlo, desplazamos parte de la carga del ejercicio desde la rodilla. extensores a los extensores de cadera. Dado que los extensores de la rodilla parecen ser el factor limitante en la sentadilla, esto nos permite levantar un peso un poco más pesado con esta técnica. Sin embargo, dado que los extensores de la rodilla siguen siendo el factor limitante en ambas variaciones del ejercicio, el estímulo para los cuádriceps es probablemente idéntico, pero la

extensor primario de cadera en este ejercicio (el aductor mayor) se pone a trabajar un poco más difícil cuando usamos una posición de barra baja.

Cambios en los puntos en el rango de movimiento del ejercicio donde las fuerzas máximas de giro (pares) son necesarios desplaza el punto de contracción máxima de una parte del rango de movimiento del ejercicio a otro (y por lo tanto de un grupo de músculos o región de un grupo de músculos a otro, debido a diferencias en el momento interno longitudinales de los brazos de los músculos impulsores primarios y las regiones musculares de cada articulación). Esta afecta qué músculos o regiones de un músculo experimentan la mayor carga en un ejercicio, que afecta la subsiguiente hipertrofia del grupo muscular o regional hipertrofia que se produce.

Por ejemplo, cuando modificamos la profundidad en la sentadilla, modificamos la contribución de cada uno de los extensores de cadera en la parte inferior del ejercicio, donde es más difícil. Comparado a una sentadilla profunda, las sentadillas parciales cambian la carga del ejercicio del aductor magnus al glúteo mayor.

En consecuencia, si modificamos nuestra técnica de un entrenamiento a otro, o de un conjunto al siguiente, entonces esto puede interferir con nuestra capacidad para cuantificar progresiva sobrecarga, porque diferentes músculos o regiones de un músculo contribuirán al ascensor en cada entrenamiento.

¿Cómo afectan los cambios en la técnica del ejercicio a la mecánica? estímulo de carga?

A veces, nuestra técnica cambia inadvertidamente durante una serie cuando levantamos pesas

cargas o cuando levantamos cargas ligeras o moderadas en condiciones de fatiga. Cuando esto sucede, la nueva técnica involucra un conjunto diferente de cuerpo o extremidad posiciones, y a menudo nos permite reducir la carga en el músculo que estaba anteriormente se trabajaba más duro, al tiempo que aumentaba la contribución de otros grupos musculares.

Por ejemplo, los levantadores a veces alteran ligeramente la posición de la barra sobre su espalda cuando en cuclillas, cambiando la posición desde una posición de barra alta hacia una posición baja posición de la barra. A veces también alteran la profundidad en una serie, a menudo se agachan más profundamente.

en las primeras repeticiones que en las posteriores. Los cambios en la posición de la barra alteran el proporcional contribución de los extensores de cadera y rodilla, y los cambios de profundidad alteran la contribución proporcional de cada uno de los extensores de cadera.

Además, algunos principiantes descubren que la sentadilla se convierte en una "mañana de sentadillas" a medida que la carga o aumento del esfuerzo. Esto provoca un cambio en la contribución proporcional de la rodilla. extensores a los extensores de cadera. Esto puede significar que la carga en los cuádriceps es reducido hasta el punto en que los músculos ya no se reclutan al máximo, o puede significar que los cuádriceps se reclutan al máximo, pero la carga se ha desplazado a los extensores de cadera para permitir que se hagan más repeticiones como en la sentadilla con barra baja, descrita encima.

En última instancia, cuando se produce un cambio en la técnica en un conjunto, es difícil saber si el músculo (o región de un músculo) que originalmente se estaba entrenando continúa trabajar al máximo (con un alto nivel de reclutamiento de unidades motoras), o si es permitiéndose reducir tanto su contribución que el reclutamiento se ha reducido. Esto nuevamente interfiere con nuestra capacidad para identificar si la sobrecarga progresiva ha sucedido realmente, o si el aumento en el peso o en el número de repeticiones es el resultado de cambios de técnica.

¿Pueden los cambios en la técnica de ejercicio de una sola articulación afectar nuestra capacidad para cuantificar la sobrecarga progresiva?

Cambios en la técnica del ejercicio que afectan nuestra capacidad para cuantificar progresiva La sobrecarga no se limita al ejercicio multiarticular. También pueden ocurrir en un solo ejercicios de articulaciones, cuando el rango de movimiento es limitado como resultado de la fatiga.

Por ejemplo, muchos levantadores encuentran que la altura a la que pueden levantar las mancuernas una subida lateral disminuye progresivamente en el transcurso de una serie, y es difícil determinar el punto en el que la altura ha caído al nivel donde la repetición debe considerarse un fracaso para lograr un rango de movimiento completo. Vigilancia La sobrecarga progresiva en este ejercicio requiere práctica y disciplina, para asegúrese de que las repeticiones se hagan lo más cerca posible de la misma altura cada vez, y para el conjunto cuando la forma se deteriora más allá de cierto punto.

¿Por qué es importante cuantificar la sobrecarga progresiva para ¿hipertrofia?

Lograr una sobrecarga progresiva en cada serie es fundamental para el éxito a largo plazo cuando entrenamiento para la hipertrofia, debido a la forma en que se desarrolla el crecimiento muscular estimulado.

Si realizamos entrenamientos secuenciales con las mismas series y repeticiones y la exacta mismo peso, el número de repeticiones estimulantes entregadas al músculo es menor en el segundo entrenamiento, porque nos alejamos más del fracaso en algunos o todos los conjuntos, como resultado de nuestras ganancias de fuerza. Si hacemos esto durante varios entrenamientos seguidos,

el número de repeticiones estimulantes entregadas al músculo cae por debajo del nivel necesario para lograr la hipertrofia y dejamos de avanzar.

Por lo tanto, cuantificar la sobrecarga progresiva es muy importante para monitorear nuestro progreso en un programa de hipertrofia. Solo si estamos aumentando el peso o las repeticiones en cada entrenamiento (manteniendo la misma técnica) podemos estar seguros de que estamos entregando la misma cantidad de repeticiones estimulantes al músculo en cada secuencia ejercicio.

Si la técnica cambia durante una serie, lo que nos permite realizar repeticiones adicionales que son no es realmente estimulante para el músculo que estamos tratando de entrenar, fácilmente podríamos engañarnos haciéndonos creer que estamos logrando una sobrecarga progresiva cuando no somos. Podríamos pasar muchas semanas o incluso meses realizando entrenamientos en que los pesos y el número de repeticiones continúan aumentando, pero el músculo sigue siendo del mismo tamaño porque los aumentos se producen debido a alteraciones en técnica mientras que el músculo en sí ya no está siendo desafiado.

¿Qué ejercicios conducen con frecuencia a cambios en la técnica de ejercicio?

Todos sabemos que es más fácil mantener una técnica constante en algunos ejercicios. que en otros.

Aquellos ejercicios en los que es fácil mantener la técnica son valiosos de usar. al entrenar para la hipertrofia, porque nos permiten entregar todos nuestros estimular las repeticiones del músculo (y la región de un músculo) que pretendemos entrenar, y porque nos permiten cuantificar la cantidad de sobrecarga progresiva que estamos lograr.

Por el contrario, cuando usamos ejercicios que permiten cambios en la técnica, nos abrimos la posibilidad de que cada serie proporcione unas pocas repeticiones estimulantes a un músculo (o región de un músculo) y algunas repeticiones estimulantes a otro músculo (o región de un músculo). También es muy difícil identificar si la sobrecarga progresiva es ocurriendo, o si simplemente estamos alterando nuestra forma para hacer más repeticiones o levantar una mayor peso.

1. Ejercicios en los que es fácil mantener la forma

En algunos ejercicios, es bastante fácil mantener la forma al levantar cargas pesadas, o en las 5 repeticiones antes del fallo al levantar pesos ligeros o moderados (estos condiciones son esencialmente las mismas, en la medida en que el estímulo de carga mecánica es preocupado). Estos ejercicios se dividen en dos categorías: (1) aquellos con patrones de movimiento, y (2) aquellos sin patrones de movimiento fijos, pero donde el peso tiende a no cambiar su trayectoria de barra o rango de movimiento cuando se usa pesado cargas o trabajar en condiciones de fatiga.

Los ejercicios con patrones de movimiento fijos son aquellos que no permiten que el peso desviarse de su camino previsto. Estos ejercicios solo se pueden realizar en Máquinas (excluidas las máquinas de cable). En estos ejercicios, independientemente de cómo Por mucho esfuerzo que ejerza, es bastante fácil mantener la forma. La prensa de piernas es una buena ejemplo de este tipo de ejercicio. No podemos cambiar el camino del peso en este ejercicio alterando nuestra forma.

Ejercicios sin patrones de movimiento fijos, donde el peso tiende a no cambiar la trayectoria de la barra o el rango de movimiento cuando se utilizan cargas pesadas o se trabaja bajo condiciones fatigantes, son más difíciles de definir. Aun as, son bastante fáciles de identificar por observación. Buenos ejemplos de este tipo de ejercicio incluyen el press de banca y peso muerto.

A medida que la carga o la fatiga aumentan en todos estos ejercicios, el mayor esfuerzo en las velocidades lentas no provocan ningún cambio sustancial en la forma en que se realiza el ejercicio. Se logran los mismos rangos de movimiento y las posiciones del cuerpo durante todo el ascensor siguen siendo en gran medida los mismos. Esto significa que podemos ser bastante seguros de que hemos logrado una verdadera sobrecarga progresiva cuando mejoramos nuestra fuerza de repetición durante un entrenamiento en estos ejercicios.

2. Ejercicios en los que es difícil mantener la forma

En varios ejercicios, puede resultarnos difícil mantener la misma forma o rango de movimiento al levantar cargas pesadas, o en las cinco repeticiones antes de fallar cuando levantar pesos ligeros o moderados (estas condiciones son esencialmente las mismas, en lo que respecta al estímulo de carga mecánica).

Ejercicios en los que la forma o el rango de movimiento se ven alterados por el tamaño del peso. o por la proximidad al fracaso son a menudo los que requieren impulso para Realice la parte superior del ejercicio. Estos ejercicios tienen un increíble curva de fuerza, de modo que la parte inferior es muy fácil pero la parte superior es muy duro. En consecuencia, a medida que aumenta el esfuerzo, sigue siendo fácil realizar el fondo parte del ejercicio, pero la parte superior se vuelve muy dura.

El levantamiento lateral con mancuernas es un ejemplo de este tipo de ejercicio. La altura que alcanzan las mancuernas disminuye progresivamente en el transcurso de una serie, y Es difícil determinar el punto en el que la altura ha caído al nivel donde la repetición debe considerarse un fracaso para lograr un rango de movimiento completo. los El remo inclinado con barra es otro buen ejemplo. Cuando se usa ligero o moderado cargas, la fila doblada se puede realizar fácilmente a través de su gama completa de movimiento, al menos cuando la fatiga es mínima. Sin embargo, a medida que aumenta el esfuerzo (ya sea debido a aumento de la carga o fatiga), la técnica suele alterarse. Sin mucha practica y disciplina, el ejercicio se convierte en un híbrido entre una fila y un power clean, por lo que que más fuerza ejercida en la parte inferior del elevador puede compensar la falta de fuerza en la parte superior.

Ejercicios en los que la forma o el rango de movimiento se ven alterados por el tamaño del peso. o por la proximidad al fracaso también incluyen ejercicios que tienen mucha fuerza

curvas en la otra dirección, de modo que la parte superior es muy fácil pero la inferior parte es muy dura, como la sentadilla. En consecuencia, a medida que aumenta el esfuerzo, se vuelve cada vez más tentador realizar versiones cada vez más superficiales de la ejercicio, ya que la parte superior sigue siendo muy fácil.

En ambos casos, cuando la forma cambia durante la serie, es difícil saber cuándo una repetición debe considerarse un fracaso, ya que casi siempre es posible hacer "sólo una más "repetición, aunque de forma progresivamente peor y peor. Por lo tanto, sin seguimiento cuidadoso de la técnica, identificando si la sobrecarga progresiva es pasar de un entrenamiento a otro es casi imposible.

¿Qué es la comida para llevar?

La técnica afecta la hipertrofia por dos razones. En primer lugar, afecta nuestra capacidad para entregar un estímulo mecánico al músculo o región de un músculo que estamos tratando de entrenar, y en segundo lugar, afecta nuestra capacidad para cuantificar progresiva sobrecarga.

Cuando ocurren cambios en la técnica en un conjunto, el músculo (o región de un músculo) que originalmente estaba siendo entrenado puede reducir su contribución a la fuerza general producción, de manera que su nivel de reclutamiento motor se reduce y deja de recibir un estímulo con cada repetición estimulante, porque otros músculos o músculos en su lugar se trabajan regiones. Esto divide el efecto estimulante de un ejercicio. a través de múltiples músculos o regiones musculares, lo que no será tan efectivo como un enfoque más específico.

Si la técnica cambia durante una serie, y este cambio nos permite hacer repeticiones adicionales que no son estimulantes para el músculo que estamos tratando de entrenar, podríamos engañar fácilmente haciéndonos creer que estamos logrando una sobrecarga progresiva cuando estamos

no. Podemos abordar esto seleccionando ejercicios que no corran el riesgo de alterar su forma o rango de movimiento durante el transcurso de una serie, o técnica de seguimiento en aquellos ejercicios que lo hacen.

ENTRENAMIENTO DE HIPERTROFIA VARIABLES

¿CÓMO ES EL PESO EN LA BARRA?
¿AFECTAR LA HIPERTROFIA?

Tradicionalmente, se suponía que era necesario levantar pesos pesados para lograr desarrollo muscular.

De hecho, una simple comparación entre el entrenamiento de fuerza, que históricamente ha involucrado hacer repetidas contracciones musculares con pesos pesados y aeróbicos ejercicio, que implica un número mucho mayor de contracciones musculares repetidas con fuerzas más bajas, sugiere que se requiere levantar objetos pesados para que la hipertrofia ocurra.

Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que el crecimiento muscular es similar después de entrenamiento de fuerza con pesos pesados o ligeros, al menos cuando se entrena para el punto de falla muscular.

Algunos investigadores creen que este crecimiento muscular general similar puede ocurrir en conjunto con un mayor aumento en el tamaño de las fibras musculares que son controladas por unidades motoras de umbral bajo después de un entrenamiento de fuerza con carga ligera, y un mayor aumento en el tamaño de las fibras musculares que son controladas por unidades motoras de umbral alto después de un entrenamiento de fuerza con cargas pesadas. La base de esta propuesta es que las unidades motoras de umbral bajo muy probablemente estén sujetas a un mayor volumen de carga mecánica (o tiempo bajo tensión) durante la resistencia a la carga ligera de entrenamiento, en comparación con el entrenamiento de fuerza con cargas pesadas.

Pero, ¿esto realmente hace una diferencia?

¿Qué son las unidades motoras y cómo se reclutan?

Las unidades motoras comprenden las neuronas motoras y las fibras musculares que inervan. Por lo general, hay unos pocos cientos de unidades motoras en cualquier músculo, pero el número exacto varía entre los músculos.

Cuando el sistema nervioso central envía un potencial de acción (una señal eléctrica) a lo largo de una neurona motora, esto "recluta" la unidad motora y hace que todo el músculo de fibras gobernadas por esa unidad motora para ser activadas. Una vez que las fibras han sido activadas, ejercen fuerza y se acortan tan rápido como pueden.

Las unidades motoras se reclutan en orden de tamaño de neurona motora (no fibra muscular), y

el tamaño de la neurona motora se puede identificar por la amplitud de la acción potencial. Las neuronas motoras más grandes muestran grandes potenciales de acción. Se llama "Principio de tamaño de Henneman".

En condiciones de falta de fatiga, las unidades motoras se reclutan a niveles de fuerza particulares, que se denominan umbrales de reclutamiento. Una vez que se requiere cierto nivel de fuerza en un tipo de contracción dado, se reclutará la unidad motora. Esas unidades motoras que se reclutan a niveles relativamente bajos de fuerza se denominan "motores de bajo umbral unidades ", mientras que las unidades motoras que se reclutan en niveles más altos de fuerza son denominadas "unidades motoras de umbral alto".

Las unidades motoras que tienen neuronas motoras más grandes también controlan muchas más fibras musculares, y la diferencia en el número de fibras musculares controladas por cada unidad motora puede ser muy dramático. Las unidades de motor de umbral más bajo normalmente controlan sólo un docena de fibras musculares, mientras que las unidades motoras de umbral más alto pueden controlar miles. El número de fibras musculares controladas por una unidad motora aumenta exponencialmente con el aumento del umbral de reclutamiento.

En la práctica, esto significa que la capacidad de las unidades motoras de umbral bajo para contribuir al crecimiento muscular es muy pequeño, porque solo controlan una muy pequeña número de fibras musculares, mientras que la capacidad de las unidades motoras de umbral alto para contribuir al crecimiento muscular es enorme, porque controlan la mayoría de las fibras musculares dentro de un músculo.

Además, significa que las fibras musculares de las unidades motoras de bajo umbral son llamado rutinariamente para contribuir a la producción de fuerza durante las actividades de la vida diaria. vida, y por lo tanto experimentan enormes volúmenes de carga mecánica en un regularmente. Por lo tanto, es probable que hayan alcanzado su meseta de cuán grande pueden crecer en la mayoría de las personas que realizan actividades recreativas. Por el contrario, las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto sólo experimentan una carga mecánica en aquellos ocasiones inusuales en las que necesitamos que el músculo produzca altos niveles de fuerza (o exponen el músculo a niveles muy altos de fatiga local). Por lo tanto, probablemente sólo alcanzan su meseta de lo grande que pueden crecer en culturistas avanzados.

¿Cuáles son los tipos de fibras?

Las fibras musculares se pueden clasificar en diferentes tipos. La categorización de Las fibras musculares se pueden realizar en función de varios factores diferentes. Hoy, la mayoría La forma común de categorizar las fibras musculares es por referencia a las isoformas de algunas de sus proteínas, pero las fibras musculares se clasificaron originalmente por referencia a su máxima velocidad de acortamiento (razón por la cual a menudo se les llama twitch y twitch rápido), y luego más tarde por su capacidad oxidativa, que coincide con su color (más fibras oxidativas tienen mayor mioglobina y contenido capilar, lo que hace que aparezcan rojos en lugar de blancos).

Al tipificar fibras musculares acortando la velocidad, es posible probar el músculo velocidades de acortamiento de fibra directamente. Sin embargo, ahora es más común evaluar la tasa de hidrólisis de ATP mediante la realización de tinción histoquímica para miosina ATPasa. Esta tasa está asociada con la velocidad a la que puede acortarse la fibra muscular. Utilizando Este método generalmente produce tres tipos básicos de fibras (I, IIA y IIX), aunque algunos investigadores han identificado tipos que tienen miosina ATPasa intermedia características de tinción entre estos tres tipos principales y, por lo tanto, registrar tipos adicionales.

Al tipificar las fibras musculares por referencia a sus isoformas, las más comunes enfoque es referirse a la isoforma de la cadena pesada de miosina (MHC), aunque la La cadena ligera de miosina (MLC) también puede variar entre fibras y contribuir a su propiedades funcionales. Al utilizar este método de tipificación de fibras, los investigadores refieren a MHC I y MHC II para diferenciar entre fibras de contracción lenta y rápida. Estas Los tipos se pueden subdividir en otras categorías, como MHC IIA y MHC IIX e híbridos designados en el formato MHC IIX.

En general, al aumentar el umbral de reclutamiento de unidades motoras, las fibras musculares tienden para disminuir la capacidad oxidativa, aumentar la velocidad de contracción, aumentar la diámetro, y aumento en la capacidad de respuesta al estímulo anabólico proporcionado por carga mecánica durante el entrenamiento de fuerza.

Las fibras que se rigen por unidades motoras de bajo umbral, por lo tanto, tienden a ser principalmente fibras tipo I (MHC I), con alta capacidad oxidativa y apariencia roja, y con una velocidad máxima de acortamiento lenta. Fibras que se rigen por altos umbrales tienden a ser principalmente (pero no exclusivamente) de tipo II (MHC II).

fibras, con baja capacidad oxidativa y aspecto blanco, y con un rápido acortamiento.

En varios animales, la capacidad oxidativa de las fibras musculares es inversamente relacionada con su diámetro. La relación entre la capacidad oxidativa y la fibra. diámetro parece ser universal, que es causado por el nivel predominante de tensión de oxígeno intersticial. En consecuencia, para que las fibras musculares altamente oxidativas aumenten de diámetro, necesitan aumentar la densidad mitocondrial (y no solo el número de mitocondrias). Se ha estimado que grandes aumentos en la densidad mitocondrial de las fibras musculares altamente oxidativas requerirá aumentos en la capilarización (medida como el número de capilares por fibra), mientras que sólo los aumentos modestos en la capilarización parecen ser necesarios para menos fibras musculares oxidativas para aumentar de diámetro. Este requisito único de fibras musculares de tipo I altamente oxidativas pueden ser parte de la razón por la que tienden a aumentar menos de tamaño después del entrenamiento de fuerza, en comparación con menos oxidativo, tipo II fibras musculares.

En la práctica, esto significa que la capacidad del músculo individual (principalmente tipo I) fibras controladas por unidades motoras de bajo umbral para contribuir al crecimiento muscular es pequeños, porque crecen poco después del entrenamiento de fuerza, mientras que la capacidad de fibras musculares individuales (principalmente tipo II) controladas por motor de alto umbral unidades para contribuir al crecimiento muscular es grande, porque crecen sustancialmente después del entrenamiento de fuerza.

¿Cómo se relacionan las unidades motoras y los tipos de fibras musculares?

A menudo se cree que las unidades motoras de umbral bajo solo controlan la contracción lenta (tipo I) las fibras musculares y las unidades motoras de umbral alto controlan la contracción rápida (tipo II) fibras musculares. Sin embargo, la realidad es más compleja.

En músculos que contienen cantidades aproximadamente similares de tipo I y tipo II fibras musculares, la gran mayoría de las unidades motoras controlan solo el músculo tipo I fibras. Esto sucede debido a la relación exponencial entre el músculo número de fibra y umbral de la unidad de motor.

Por ejemplo, cuando un músculo contiene 50% de fibras musculares de tipo I y 50% de tipo II, El 84% de las unidades motoras controlarán las fibras musculares tipo I y el 16% restante controlará las fibras musculares de tipo II.

Claramente, cuando un músculo contiene una proporción ligeramente mayor de músculo tipo I fibras, como es común para el sóleo, bíceps femoral y deltoides, luego aún más de sus unidades motoras controlarán las fibras de tipo I, y sólo un número muy pequeño de las unidades motoras de umbral más alto controlarán cualquier fibra de tipo II.

En la práctica, esto significa que se activan un gran número de fibras musculares de tipo II. juntos en grandes grupos a niveles de fuerza similares, mientras que las fibras musculares de tipo I son reclutados en grupos mucho más pequeños y en una gama de diferentes niveles de fuerza. En Además, significa que las fibras musculares de tipo II probablemente se activen por primera vez solo después La activación voluntaria alcanza un alto nivel, mientras que las fibras musculares de tipo I son las primeras activado en un rango de niveles de fuerza, desde el nivel de fuerza más pequeño posible a la derecha hasta altos niveles de fuerza.

Además, es importante tener en cuenta que los músculos están formados por múltiples regiones,

y estas regiones tienden a comprender diferentes proporciones de tipo de fibra de una

otro. Junto con esto, algunas investigaciones sugieren que las fibras de cada

La unidad motora puede agruparse en ciertas regiones específicas, que a su vez pueden explicar por qué el crecimiento muscular en ciertas regiones específicas de un músculo está relacionado con cambios en la fuerza máxima.

¿Qué hace que crezcan las fibras musculares individuales?

Las fibras musculares individuales crecen una vez que han experimentado un nivel suficientemente alto.

nivel de carga mecánica en volumen suficiente. Esta carga mecánica puede

se puede aplicar cuando la fibra muscular está activa, o se puede aplicar cuando la fibra está

no activo estirándolo pasivamente. De hecho, tanto el entrenamiento de fuerza pesado como

Los programas de estiramiento estático conducen a aumentos en el tamaño de los músculos tanto en animales como en humanos, aunque los cambios después del estiramiento son menores que después de la fuerza capacitación.

La carga mecánica que experimentan las fibras musculares individuales durante

El entrenamiento de fuerza depende en gran medida de su velocidad de acortamiento en el levantamiento.

fase (concéntrica), debido a la relación fuerza-velocidad.

La relación fuerza-velocidad es la observación de que fuerzas mayores (y

por lo tanto, niveles más altos de carga mecánica) son producidos por individuos

fibras musculares cuando la velocidad de acortamiento es lenta, en comparación con cuando es alta.

Esto sucede porque las velocidades de acortamiento más lentas permiten un mayor número de

Se forman puentes cruzados de actina-miosina, que son los motores impulsores de la fuerza.

producción.

Esto significa que cuando las fibras musculares se activan pero se acortan rápidamente, son

no estimulado para aumentar de tamaño. Es por esto que los programas de capacitación que involucran altos

Los movimientos de velocidad, como los saltos, no aumentan el tamaño de los músculos, aunque

puede implicar volúmenes bastante altos de contracciones musculares en las que la unidad motora

el reclutamiento es muy alto.

En la práctica, esto significa que cuando se realizan contracciones musculares que involucran

altas velocidades de acortamiento de las fibras musculares, el crecimiento muscular será mínimo,

independientemente de si el reclutamiento de unidades motoras es alto o bajo.

¿Puede el ejercicio aeróbico hacer crecer las fibras musculares individuales?

El ejercicio aeróbico comprende contracciones musculares repetidas de bajos niveles de fuerza,

a menudo a velocidades lentas. Si las fibras musculares controladas por motor de bajo umbral

las unidades pueden crecer significativamente en tamaño después de experimentar una carga mecánica, luego

deberían crecer más después del ejercicio aeróbico, ya que esto implica la mayor

volumen de contracciones musculares relevantes.

Sin embargo, ¿cómo afecta el ejercicio aeróbico a largo plazo al tamaño del músculo individual?

fibras no está claro. Al evaluar a individuos sedentarios y mayores, el ejercicio aeróbico

a menudo tiene un efecto beneficioso sobre el tamaño de los músculos y puede aumentar el tamaño de

tanto fibras de tipo I como de tipo II. Sin embargo, agregar ejercicio aeróbico al entrenamiento

Los programas de atletas que ya están haciendo entrenamiento de fuerza a menudo reducen la

ganancias en el tamaño del músculo que se logran, tal vez debido a la competencia de señalización

que causa adaptaciones relacionadas con la resistencia (esto se llama efecto de interferencia).

Por lo tanto, parece probable que el estado de entrenamiento pueda afectar los resultados que ocurren después

ejercicio aeróbico, siendo el ejercicio aeróbico beneficioso para el tamaño de los músculos en

personas sedentarias y no capacitadas, pero perjudicial para los levantadores capacitados. Esto puede

suceden porque los individuos sedentarios no han alcanzado una meseta del tamaño de las fibras musculares que pertenecen a unidades motoras de bajo umbral, debido a su estilos de vida inactivos. Los hallazgos en estas poblaciones, por lo tanto, no son particularmente relevante para comprender los efectos del entrenamiento de fuerza a largo plazo.

Además, el tipo de ejercicio aeróbico puede ser importante.

El entrenamiento de carrera de maratón parece reducir tanto la fibra muscular tipo I como la tipo II tamaño en sujetos con actividad recreativa. Por otro lado, algunos estudios han encontraron que el entrenamiento de ciclismo de resistencia en individuos desentrenados aumenta el tipo I pero no el tamaño de la fibra muscular de tipo II. Estos hallazgos son difíciles de interpretar.

Por un lado, parece que el ejercicio aeróbico tiene la capacidad de reducir la masa muscular. tamaño de la fibra. Por otro lado, el ejercicio aeróbico puede aumentar el tamaño de ambos fibras de tipo I y tipo II, o simplemente fibras de tipo I.

Parece probable que el estado de entrenamiento y el tipo de ejercicio sean responsables de estos resultados diferentes. El siguiente marco puede ayudar a explicar la actual imagen en la literatura.

Las personas sedentarias encontrarán muy desafiante incluso el ejercicio aeróbico. Esta voluntad conducen a un alto nivel de reclutamiento de unidades motoras y, por lo tanto, a la hipertrofia de ambos tipos de fibras. Las personas con un estado de entrenamiento de fuerza alto experimentarán adaptaciones competitivas, que llevarán a que el ejercicio aeróbico tenga un efecto negativo impacto en la hipertrofia. Ejercicio que implica una alta demanda aeróbica (como correr) producirá un mayor efecto de señalización competitiva en comparación con el ejercicio que implica un requisito de resistencia muscular más local (como el ciclismo), que conducirá a que cause reducciones en el tamaño de las fibras musculares.

En los casos en que el ejercicio sea realizado por personas recreativas activas y implica un requisito de resistencia muscular local, existe la posibilidad de tipo I el crecimiento de las fibras musculares se produce sin el crecimiento de las fibras musculares de tipo II. Sin embargo, tal El ejercicio implica una carga de trabajo muy alta (aproximadamente 30 minutos a 70 rpm, por un total de 2100 revoluciones o repeticiones por entrenamiento). Estudios comparables que han entrenamiento de fuerza probado con cargas ligeras evitando fallas (10 series de 36

repeticiones, para un total de 360 repeticiones por entrenamiento) no han encontrado ninguna fibra muscular tipo I crecimiento, quizás porque el volumen de trabajo realizado es insuficiente.

¿Ocurre la hipertrofia específica del tipo de fibra después de la fuerza? ¿capacitación?

Si las fibras musculares de las unidades motoras de bajo umbral crecieran más después de la luz carga el entrenamiento de fuerza hasta el fallo, y las fibras de las unidades motoras de umbral alto iban a crecer más después del entrenamiento de fuerza con cargas pesadas, aunque en general El crecimiento muscular es el mismo después del entrenamiento de fuerza con carga pesada y ligera, predeciría lo siguiente:

Hipertrofia específica del tipo de fibra: esperaríamos que la investigación registrara más aumenta el área de la sección transversal de la fibra muscular tipo II después de una gran fuerza de carga entrenamiento, y mayores aumentos en el área transversal de la fibra muscular tipo I después Entrenamiento de fuerza con carga ligera. Algunas investigaciones han informado de tales cambios, pero recientes la investigación no lo ha hecho.

Hipertrofia regional diferente: esperaríamos que los cambios en el tamaño del músculo ocurren en diferentes regiones de un músculo después de entrenar con cargas pesadas o ligeras, debido a las diferencias en el tipo de fibra entre las regiones de un músculo. Ha habido Se han realizado pocas investigaciones en esta área, pero parece que no hay efecto de carga en el naturaleza regional del crecimiento muscular.

Mayor hipertrofia después del entrenamiento con tempos de levantamiento lentos: lo haríamos esperar que la hipertrofia después del entrenamiento de fuerza sea mayor después de usar un tempo lento en la fase de elevación (concéntrica), que después de usar un tempo rápido, porque rápido tempos evitaría que las fibras de las unidades motoras de bajo umbral experimenten carga mecánica en las primeras repeticiones de una serie. Sin embargo, el tempo de elevación (concéntrico) definitivamente no afecta el crecimiento muscular, ya que los tempos rápidos y lentos causan hipertrofia similar.

Mayor hipertrofia después de programas que involucran cargas pesadas y ligeras

- esperaríamos que la hipertrofia fuera mayor después de usar una mezcla de ambos, cargas pesadas y ligeras, en comparación con después de usar cargas pesadas, moderadas o ligeras,

al entrenar hasta el fracaso. Esto se prueba más fácilmente por referencia a la carga literatura de periodización, porque estos estudios suelen comparar un rango de repeticiones inmutable con un número de rangos de repeticiones realizadas en secuencia durante un período de tiempo. Sin embargo, parece haber poco efecto beneficioso de la carga. periodización sobre el crecimiento muscular.

Mayores incrementos en la capilarización después del entrenamiento con cargas ligeras, especialmente alrededor de las fibras musculares tipo I - esperaríamos grandes aumentos en capilarización después de un entrenamiento de fuerza con carga ligera, particularmente alrededor del músculo tipo I fibras, así como aumentos en la densidad mitocondrial en estas fibras, pero mucho menores aumentos en la capilarización después de un entrenamiento de fuerza intenso. Aunque reciente La investigación sugiere que la capilarización de las fibras musculares de tipo I y tipo II aumenta después del entrenamiento de fuerza, carga ligera y entrenamiento de fuerza con carga pesada causan aumentos similares en la capilarización y el contenido mitocondrial.

En resumen, existe alguna evidencia de que la hipertrofia específica del tipo de fibra podría ocurrir, pero la magnitud del efecto parece ser muy pequeña, porque (1) no no conducir a diferencias en el crecimiento muscular regional, (2) reducir el levantamiento el tempo (concéntrico) no mejora la hipertrofia, (3) el entrenamiento con una mezcla de Las cargas pesadas y ligeras no provocan un mayor crecimiento muscular en comparación con el entrenamiento con una sola carga, y (4) los aumentos en la capilarización son similares después de la fuerza entrenamiento con cargas ligeras y pesadas.

¿Cuál es la explicación más probable para un músculo general similar? crecimiento después de entrenar con cargas pesadas y ligeras?

La explicación más probable para el crecimiento muscular igual después del entrenamiento de fuerza. con cargas pesadas y ligeras cuando el entrenamiento hasta el fallo es la forma en que la fatiga afecta el comportamiento de las unidades motoras y las fibras musculares.

Cuando hay fatiga (si esto ocurre en combinación con metabolismo estrés o no), el umbral de reclutamiento de unidades motoras disminuye. Esto significa que las unidades motoras de alto umbral se reclutan a niveles más bajos de fuerza. Durante entrenamiento de fuerza con carga ligera hasta el fallo, las últimas repeticiones de cada serie implican unidades motoras de umbral.

El entrenamiento de fuerza con cargas ligeras requiere realizar una gran cantidad de repeticiones antes de que la fatiga lleve a un mayor reclutamiento de unidades motoras, mientras que la carga pesada El entrenamiento de fuerza solo implica una pequeña cantidad de repeticiones, aunque estas repeticiones son todas realizado con un alto nivel de reclutamiento de unidades motoras. En la práctica, el número de Las repeticiones realizadas con un alto nivel de reclutamiento de unidades motoras son probablemente las mismas en ambos tipos de formación.

Del mismo modo, cuando la fatiga está presente (si esto ocurre en combinación con estrés metabólico o no), la velocidad máxima de acortamiento del trabajo las fibras musculares disminuyen. Podemos observar que esto sucede como una reducción en la barra. velocidad sobre el conjunto. Esto significa que la velocidad de trabajo de acortamiento de cualquier la fibra muscular recién activada, así como las fibras musculares ya activadas, se reducido. Dado que las velocidades de acortamiento más lentas permiten que las fibras musculares produzcan mayores fuerzas, esto aumenta la carga mecánica en cualquiera de las fibras musculares que están activos.

El entrenamiento de fuerza con cargas ligeras requiere realizar una gran cantidad de repeticiones antes de que la fatiga conduzca a una reducción de la velocidad de la barra (y, por lo tanto, a una reducción de la fibra muscular) velocidad de acortamiento), mientras que el entrenamiento de fuerza con cargas pesadas solo implica una pequeña número de repeticiones, aunque todas estas repeticiones se realizan con un acortamiento lento de fibras

velocidad. En la práctica, el número de repeticiones realizadas con un acortamiento lento de fibras La velocidad es probablemente la misma en ambos tipos de entrenamiento.

(Técnicamente, el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras se puede realizar con un tempo lento en las primeras repeticiones de cada serie, lo que aumentaría la carga mecánica en las fibras musculares de las unidades motoras de bajo umbral, al tiempo que reducen la unidad motora reclutamiento levemente en esas repeticiones. Como se explicó anteriormente, si las fibras musculares de las unidades motoras de bajo umbral contribuyeron sustancialmente al crecimiento muscular general, esta práctica debería mejorar la hipertrofia, pero no es así).

En resumen, la fatiga tiene dos efectos que influyen en el estímulo hipertrófico de un conjunto de ejercicios de entrenamiento de fuerza. Aumenta el número de unidades motoras (y por lo tanto, fibras musculares) que se estimulan, y aumenta el tamaño de la estímulo en cada fibra muscular, aumentando la carga mecánica que experiencias.

¿Qué es la comida para llevar?

Cuando el entrenamiento de fuerza falla, el rango de repeticiones no afecta la cantidad de crecimiento muscular que se produce. Entrenamiento con cargas pesadas o cargas ligeras produce una hipertrofia similar.

Este efecto probablemente se pueda atribuir a los efectos de la fatiga durante cargas ligeras. entrenamiento de fuerza, que conduce a un aumento en el nivel de la unidad motora reclutamiento (al mismo nivel que cuando se entrena con cargas pesadas) y un Reducción de la velocidad de acortamiento de las fibras musculares (al mismo nivel que al entrenar con cargas pesadas). El aumento en el nivel de reclutamiento de unidades motoras aumenta el número de fibras musculares que se estimulan y la reducción en el músculo La velocidad de acortamiento de la fibra aumenta el tamaño del estímulo de carga mecánica. en cada fibra muscular.

Las fibras musculares de las unidades motoras de bajo umbral se reclutan en actividades de la vida diaria. vida, y probablemente han alcanzado su tamaño máximo posible en la mayoría de personas recreacionalmente activas. Son pocos en número y responden poco a la estímulo de entrenamiento de fuerza. Las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto son sólo reclutados por entrenamiento de fuerza y probablemente no alcanzan su tamaño máximo excepto en culturistas avanzados. Hay miles de fibras musculares para cada unidad motora de umbral alto y responden notablemente cuando se exponen a la estímulo de entrenamiento de fuerza. En consecuencia, si bien existe alguna evidencia de que la fibra puede ocurrir hipertrofia de tipo específico, es probable que no tenga sentido en el contexto de entrenamiento de fuerza.

**POR QUÉ NO HACEN CARGAS MUY LIGERAS
PRODUCE MUCHO CRECIMIENTO MUSCULAR
¿COMO CARGAS DE LUZ?**

Recientemente, se publicó un estudio que compara los efectos a largo plazo de la fuerza entrenamiento con muy ligero (20% de 1RM), ligero (40% de 1RM), moderado (60% de 1RM) y cargas pesadas (80% de 1RM). Todos los conjuntos se realizaron hasta fallar, y La carga de volumen (series x repeticiones x carga) se emparejó entre las condiciones.

El crecimiento muscular después de 12 semanas fue similar en las condiciones que involucraron luz (40% de 1RM), cargas moderadas (60% de 1RM) y pesadas (80% de 1RM). Todavía El entrenamiento con cargas muy ligeras (20% de 1RM) produjo aproximadamente la mitad de la cantidad de crecimiento muscular como las otras condiciones (tanto en términos absolutos como también por referencia a los tamaños del efecto).

¿Por qué pasó esto?

¿Cómo produce el entrenamiento de fuerza el crecimiento muscular?

Para comprender exactamente cómo se comparó el volumen, la proximidad a la falla El programa de entrenamiento de fuerza con carga muy liviana (20% de 1RM) no pudo producir la misma cantidad de crecimiento muscular que los programas de carga más pesada, necesitamos Empiece desde el principio.

Para que una fibra muscular individual experimente una carga mecánica durante un ejercicio de entrenamiento de fuerza, necesita (1) activarse y (2) contraerse en un velocidad que es lo suficientemente lenta para permitir que se formen suficientes enlaces de actina-miosina simultáneamente (el número de uniones simultáneas de actina-miosina afecta la fuerza producida por una fibra, y esta está determinada por la velocidad de contracción).

Al levantar cargas pesadas, la mayoría de las unidades motoras se activan rápidamente y el peso es lo suficientemente pesado como para que una barra rápida sea imposible. Por lo tanto, cargas pesadas provoca automáticamente (1) la activación de las fibras unidas a las unidades motoras de umbral alto, y (2) suficientes enlaces actina-miosina para formarse simultáneamente.

Cuando se elevan cargas ligeras hasta la falla, pocas unidades de motor se activan inicialmente, pero a medida que Los metabolitos se acumulan y causan fatiga, las unidades motoras de umbral alto son reclutados para compensar la capacidad reducida de producción de fuerza en las fibras musculares que trabajan. Del mismo modo, la velocidad de la barra es inicialmente rápida, pero como fatiga.

ocurre, la velocidad de la barra se reduce involuntariamente. Al final de un set al fracaso, luz
Las cargas también causan (1) la activación de fibras unidas a unidades motoras de umbral alto,
y (2) suficientes enlaces actina-miosina para formarse simultáneamente.

Entrenamiento de fuerza, ya sea con cargas pesadas o con cargas ligeras hasta el fallo, por lo tanto impone una carga mecánica sobre las fibras musculares individuales, provocando hipertrofia. Tenga en cuenta que reducir deliberadamente la velocidad de la barra con cargas ligeras no funciona, porque reduce el reclutamiento de unidades motoras a pesar de que aumenta la número de uniones actina-miosina que se forman simultáneamente.

Entonces, ¿por qué las cargas * muy * ligeras funcionan con menos eficacia?

Cuando levantamos cargas ligeras hasta la falla, la carga mecánica producida en el
fibras musculares solo se produce si la fatiga que experimentamos conduce a un aumento de la motricidad
Reclutamiento de la unidad.

La fatiga es un fenómeno muy complejo que surge de múltiples causas, y su
los investigadores debaten acaloradamente sobre la naturaleza. Aun así, en general se acepta que la
La naturaleza de la fatiga cambia a medida que nos alejamos de los anaeróbicos de corta duración.
actividades, hacia actividades aeróbicas de mayor duración. Fatiga en muy intensa,
Los esfuerzos de corta duración son principalmente de naturaleza periférica, mientras que la fatiga en
Los esfuerzos de duración implican un componente central mayor.

Cuando se entrena con cargas ligeras (40% de 1RM) o moderadas (60% de 1RM), es
Es probable que la fatiga sea causada principalmente por mecanismos periféricos, que reducen
fuerza de la fibra muscular individual. Esta reducción en la fuerza de las fibras musculares individuales es
luego compensado por el reclutamiento de unidades motoras de umbral alto.

Cuando se utilizan cargas muy ligeras (20% de 1RM), la fatiga puede deberse a una mayor
equilibrio equitativo de los mecanismos centrales y periféricos, y esto puede significar que un
se produce una menor cantidad de reclutamiento de unidades motoras. Si hubiera una mayor cantidad de
fatiga central, esto reduciría la fuerza voluntaria al disminuir el impulso neural para
el músculo. Esto llevaría a detener una serie de repeticiones incluso antes de
Se han reclutado unidades motoras de umbral.

¿Qué significa esto en la práctica?

Probablemente haya un umbral máximo de repetición (RM) que representa un cambio
de un tipo de fatiga a otro. En este estudio, la carga ligera (40% de 1RM)
condición implicó aproximadamente 30 repeticiones hasta el fallo, mientras que la carga muy ligera
(20% de 1RM) involucró aproximadamente 65 repeticiones hasta el fallo.

En algún lugar entre estos dos máximos de repetición (RM) está el punto en el que
La fatiga pasa de ser principalmente periférica a verse afectada por una situación más equitativa.
equilibrio de los mecanismos centrales y periféricos.

Para los culturistas, mantenerse por debajo de 30RM es probablemente un buen plan en la práctica.
Y para los investigadores, vale la pena señalar que si la naturaleza de la fatiga es el factor
que determina la respuesta hipertrófica más pequeña con cargas muy ligeras, entonces
categorizar cada tipo de carga relativa en función de los máximos de repetición hace
mucho más sentido que usar porcentajes de 1RM, porque es la duración del ejercicio
que parece alterar la naturaleza de la fatiga y no el tamaño de la carga en relación con
la fuerza máxima que se puede ejercer.

¿Qué es la comida para llevar?

El entrenamiento de fuerza hasta la insuficiencia muscular significa entrenar hasta el punto en que la fatiga le impide hacer otra repetición. Dependiendo del rango de repetición que está utilizando, la naturaleza de la fatiga probablemente será diferente. Parece probable que los mecanismos periféricos contribuyen más a la fatiga en rangos de repetición más bajos, mientras que los mecanismos centrales aumentan gradualmente su participación en rangos de repetición.

¿CÓMO LA PROXIMIDAD AL FRACASO? ¿AFECTAR LA HIPERTROFIA?

El entrenamiento hasta el fracaso es un tema polémico en el culturismo. Algunas personas tienen argumentaron que es esencial para que ocurra el crecimiento muscular, mientras que otros afirman que es perjudicial y, en última instancia, conducirá al estancamiento. Pero que es la falla muscular realmente, y ¿cómo afecta a la hipertrofia?

¿Qué es la insuficiencia muscular?

La falla muscular se refiere al punto durante una serie de entrenamiento de fuerza en el que podemos ya no realice la fase de elevación (concéntrica) de un ejercicio dado con un cierta carga a través de un rango de movimiento predeterminado, sin sustancialmente alterando nuestra técnica.

Este punto está determinado por la capacidad del músculo para ejercer un determinado nivel de fuerza. Cuando nuestros músculos ya no pueden ejercer fuerza por encima de cierto umbral (que es ligeramente mayor que la masa del peso), llegamos al punto donde ya no podemos realizar el levantamiento.

Es importante destacar que el músculo no deja de funcionar por completo. Todavía puede producir un cierto nivel de fuerza, pero no puede producir el nivel de fuerza requerido para realizar el levantamiento requerido. Esto es muy claro cuando se utilizan conjuntos de gotas, en los que Los músculos realizan series secuenciales con pesos cada vez más ligeros inmediatamente después de llegar al fallo con el primer peso.

Por lo tanto, el punto en el que se alcanza la falla muscular es arbitrariamente determinado por el peso que utilizamos y, en consecuencia, por la cantidad de fuerza muscular que se requiere para levantar ese peso.

Nuestro uso del término "falla muscular" no es particularmente exacto, porque es no el músculo que falla, sino nuestra capacidad para realizar la tarea. De hecho, muchos Los investigadores utilizan el término "fracaso de la tarea" en algunas de las publicaciones más técnicas. explorar la naturaleza de la fatiga, ya que esta es una descripción mucho mejor de lo que es realmente está sucediendo.

¿Qué causa la insuficiencia muscular?

La insuficiencia muscular es causada por la fatiga.

La fatiga provoca una reducción en la capacidad de los músculos para producir fuerza durante ejercicio. Una vez que la cantidad de fatiga alcanza un cierto nivel, la capacidad de los músculos impulsores primarios para producir fuerza se reduce a un punto que es insuficiente para levantar el peso.

Aunque la fatiga es un concepto único, describe una variedad de procesos diferentes. que puede ocurrir en el sistema nervioso central (cerebro y médula espinal) o dentro del propio músculo. ¿Qué procesos contribuyen más a la reducción de fuerza muscular difieren, dependiendo del nivel de fuerza que se produce y de la tipo de contracción.

Nuevamente, esto indica que nuestro uso del término "falla muscular" probablemente no sea particularmente útil, porque en algunos casos puede ser el sistema nervioso central que impide que el músculo pueda completar la tarea en cuestión, en lugar de cualquier fenómeno que ocurra dentro del músculo mismo. Esta es otra razón por la que el término "fracaso de la tarea" es una mejor manera de referirse a lo que sucede cuando no estamos más capaz de realizar otra repetición.

Veamos más de cerca los dos tipos de fatiga.

1. Fatiga del sistema nervioso central

La fatiga del sistema nervioso central puede ocurrir debido a una reducción en el tamaño de la señal enviada desde el cerebro o la médula espinal, o debido a un aumento en retroalimentación aferente que reduce la excitabilidad de las neuronas motoras. Nervioso central la fatiga del sistema no es lo mismo que sentirse cansado o desmotivado. Es sencillo la medida en que podemos activar voluntariamente el músculo entrenado.

Nuestra capacidad para activar voluntariamente un músculo se puede medir probando nuestro fuerza estática (isométrica) máxima en un esfuerzo voluntario, y también en un esfuerzo involuntario, al estimular el músculo eléctricamente. Normalmente, los músculos

producen un poco más de fuerza cuando se estimulan eléctricamente, en comparación con cuando producimos fuerza voluntariamente. Podemos expresar la fuerza que producimos voluntariamente como porcentaje de la fuerza que producimos mediante estimulación eléctrica. Este es nuestro nivel de activación voluntaria.

El nivel de activación voluntaria refleja el número de unidades motoras que han sido contratado. Cuando la activación voluntaria es muy alta, la mayoría (si no todos) los motores se reclutan unidades. Cuando se reduce la activación voluntaria, algunas unidades motoras son no reclutado.

Cuando se produce la fatiga del sistema nervioso central, se reduce la activación voluntaria. Esto significa que el número de unidades motoras que se reclutan disminuye. Ya que Las unidades motoras siempre se reclutan en orden de tamaño, esto significa que algunas de las unidades motoras de umbral más alto (que controlan el mayor número de fibras musculares altamente sensibles) no se reclutan y, por lo tanto, no estimulado para crecer después del entrenamiento de fuerza.

2. Fatiga periférica

La fatiga periférica puede ser causada por muchos procesos diferentes que ocurren en el interior. el propio músculo.

En términos generales, la fatiga periférica ocurre a través de tres mecanismos principales: (1) una reducción en la liberación de iones calcio del retículo sarcoplásmico, (2) una disminución de la sensibilidad de los miofilamentos de actina-miosina a los iones de calcio, y (3) deficiencias en la función de puente cruzado de actina-miosina, probablemente debido a la generación de algunos subproductos metabólicos (iones fosfato, difosfato de adenosina y posiblemente también iones de hidrógeno). Contrariamente a la creencia popular, la acumulación de lactato es no es fundamental para el proceso de fatiga.

Es importante destacar que la fatiga periférica solo afecta nuestra capacidad para producir fuerza dentro de un ejercicio, y no afecta nuestra capacidad para producir fuerza durante mucho tiempo después de un ejercicio.

La fatiga periférica se produce a través de diferentes mecanismos en función de la carga. que se utiliza. Al realizar un entrenamiento de fuerza convencional con cargas ligeras, La fatiga periférica está estrechamente relacionada con los procesos que están conectados al metabolito. acumulación. Al realizar contracciones excéntricas, se produce fatiga periférica. sin acumulación de metabolitos y probablemente está determinada por la alteración liberación de iones de calcio. Del mismo modo, levantar cargas pesadas no implica mucho acumulación de metabolitos, y los mecanismos de fatiga son probablemente diferentes de los implicados en la elevación de cargas ligeras.

Sin embargo, cuando el músculo experimenta fatiga periférica (a través de cualquier mecanismo), esto reduce la cantidad de fuerza que cada fibra muscular puede producir, por lo que el sistema nervioso central aumenta el nivel de unidad motora contratación para compensar. Cuando la fatiga periférica es muy alta, la El sistema nervioso recluta todas las unidades motoras disponibles, lo que activa la mayoría de las fibras musculares dentro del músculo.

¿Qué estimula la hipertrofia?

La hipertrofia es principalmente el resultado de fibras musculares individuales dentro de un músculo. aumentando de volumen. Las fibras musculares individuales crecen una vez que se someten a una estímulo de carga mecánica suficientemente alto. Este estímulo de carga mecánica es la fuerza que ejerce la propia fibra muscular.

Para lograr una fuerza suficientemente alta durante el entrenamiento de fuerza convencional, las fibras necesitan de contraerse activamente a baja velocidad. La velocidad de acortamiento de una fibra es la determinante principal de la fuerza que produce, debido a la fuerza-velocidad relación. Las velocidades de acortamiento lentas permiten fuerzas mayores, ya que involucran más simultáneamente puentes cruzados actina-miosina y es el adjunto puentes cruzados de actina-miosina que producen fuerza.

Los músculos contienen muchos miles de fibras, organizadas en grupos de unidades motoras. Hay cientos de unidades motoras en cada músculo y se reclutan en orden de tamaño, desde unidades motoras pequeñas de umbral bajo hasta motores grandes de umbral alto unidades.

Las unidades motoras de umbral bajo gobiernan pequeñas cantidades (docenas) de comparativamente fibras musculares que no responden, que no crecen mucho después de ser sometidas a un estímulo de carga mecánica. Las unidades motoras de umbral alto gobiernan grandes números (miles) de fibras musculares altamente sensibles, que crecen sustancialmente después de haber sido sometido a un estímulo de carga mecánica. Tal motor Las unidades pueden controlar tanto las fibras de contracción lenta como las de contracción rápida, o únicamente las de contracción fibras, dependiendo de las proporciones de fibras del músculo.

Solo aquellas contracciones que implican el reclutamiento de motores de alto umbral. unidades mientras las fibras musculares se acortan lentamente estimularán significativamente cantidades de hipertrofia. El reclutamiento de unidades motoras de bajo umbral no estimulan mucho el crecimiento muscular, porque tales unidades motoras gobiernan sólo un pequeño número de fibras musculares relativamente insensibles.

¿Cómo afecta la insuficiencia muscular al estímulo hipertrófico? (parte I)

A medida que nos fatigamos, la velocidad de acortamiento de las fibras musculares se reduce y la unidad motora aumenta el reclutamiento. Estos son los factores clave que se requieren para estimular hipertrofia, porque permiten que las unidades motoras de umbral alto experimenten niveles suficientemente altos de carga mecánica. Sin embargo, el tipo de fatiga que La experiencia afecta la cantidad de reclutamiento de unidades motoras que podemos lograr en el punto de insuficiencia muscular.

Cuando la falla muscular es causada enteramente por fatiga periférica, todos los motores se reclutan unidades en el músculo motor primario, incluido el de umbral alto unidades motoras que controlan la mayor parte del músculo grande y altamente sensible fibras que crecen después del entrenamiento de fuerza.

Muchos comentaristas asumen que la falla muscular solo involucra periféricos fatiga durante el entrenamiento de fuerza. Esto les lleva a la conclusión de que el entrenamiento para la insuficiencia muscular siempre conduce a un reclutamiento completo de las unidades motoras. Para gran parte del tiempo, este es un modelo válido de entrenamiento de fuerza (aunque hay excepciones importantes, como veremos en breve). De hecho, cuando comparamos el

efectos del entrenamiento de fuerza con cargas pesadas y ligeras, el modelo parece aguantar razonablemente bien.

¿Qué logra el entrenamiento hasta la insuficiencia muscular cuando se entrena? con cargas pesadas o ligeras?

1. Cargas pesadas

Cuando levantamos un peso pesado (5RM, o 85-90% de 1RM), todas nuestras unidades motoras son reclutadas (en la medida en que seamos capaces de activarlos voluntariamente en ese músculo en particular). Además, cuando levantamos un peso pesado, no podemos movernos rápidamente. Por lo tanto, la velocidad de acortamiento de las fibras musculares es lenta. Tan pesado los pesos estimulan la hipertrofia incluso sin experimentar ninguna fatiga periférica (o entrenamiento hasta el fracaso).

Además, ni experimentar fatiga periférica ni entrenar hasta el fracaso debería marcar una gran diferencia en la cantidad de hipertrofia que se produce al levantar pesos pesados (que es exactamente lo que informa la investigación).

Por lo tanto, levantar cinco repeticiones con un 5RM debería producir * en gran parte * lo mismo cantidad de hipertrofia, ya sea que se realice como cinco individuales con períodos de descanso entre o como 5RM. Es cierto que realizar un 5RM puede conducir a una ligera mayor crecimiento muscular que cinco individuales debido a (1) un tiempo de estimulación más prolongado bajo tensión, y (2) niveles más altos de carga mecánica, debido a la lentitud velocidades de barra en las repeticiones finales, pero esto probablemente solo tendrá un efecto mínimo.

2. Cargas moderadas y ligeras

Cuando levantamos un peso moderado o ligero (<5RM, o <85% de 1RM), no todas nuestras unidades motoras se reclutan hasta que experimentamos suficiente fatiga periférica. Del mismo modo, cuando levantamos pesos moderados o ligeros, podemos movernos muy rápido. Por lo tanto, la velocidad de acortamiento de las fibras musculares es rápida y la carga mecánica en cada La fibra muscular será pequeña (podríamos reducir la velocidad a la que nos movemos voluntariamente

usando un tempo lento, pero esto reduciría simultáneamente la unidad motora contracción, por lo que no tiene ningún uso práctico). Esto significa que el levantamiento moderado o ligero los pesos no estimulan la hipertrofia a menos que experimentemos suficiente fatiga periférica.

Pero, ¿cuánta fatiga periférica necesitamos al levantar objetos moderados o ligeros? pesos? ¿Realmente necesitamos entrenar hasta el fracaso?

La investigación ha demostrado que el reclutamiento de unidades motoras aumenta progresivamente a lo largo de un conjunto con cargas ligeras (lo cual tiene sentido) y puede alcanzar el motor completo reclutamiento de unidades en el punto de falla muscular (aunque algunas investigaciones sugiere que no se alcanza el reclutamiento completo de unidades motoras). Del mismo modo, la velocidad de la barra (y por lo tanto la velocidad de acortamiento de las fibras musculares) también se reduce progresivamente un conjunto con cargas ligeras, y la velocidad de la barra es la misma que la velocidad utilizada en un repetición máxima (1RM) en la repetición final.

Esto sugiere que cuando se utilizan cargas ligeras y moderadas, la hipertrofia será estimulado en varias repeticiones * antes * de llegar a la insuficiencia muscular, así como en el repetición final en sí, porque esas repeticiones también involucran altos niveles de unidad motora reclutamiento y velocidades lentas de acortamiento de las fibras musculares.

Prácticamente, dado que la velocidad de la barra probablemente se reduce progresivamente hacia la velocidad utilizada en 1RM en la repetición final, independientemente del peso utilizado y la unidad motora El reclutamiento es completo cuando se usa una carga de 5RM, probablemente sean las últimas cinco repeticiones de cualquier conjunto realizado hasta el fallo que estimule la hipertrofia. Cada uno de esos últimos cinco Las repeticiones probablemente contribuyan aproximadamente en la misma cantidad al total estímulo hipertrófico, por lo que entrenar hasta fallar y detener una repetición sin fallar con cargas moderadas y ligeras produce en gran medida los mismos efectos, ya que solo hay una diferencia estimulante de repeticiones entre los programas. Claramente, detenerse tres o cuatro repeticiones antes de fallar conduciría a una mayor diferencia en el número de repeticiones estimulantes por serie, en comparación con el entrenamiento hasta el fracaso, y esto probablemente conduciría a una menor hipertrofia. Detener más de cinco repeticiones si no llega a fallar no debería producir hipertrofia en absoluto.

En última instancia, esto significa que los conjuntos con cargas ligeras y moderadas probablemente se pueden terminó un par de repeticiones antes de la falla muscular (1-2 repeticiones en reserva) y aún producir cantidades significativas de crecimiento muscular. Para algunos aprendices, esto puede ser

útil, ya que el entrenamiento con una proximidad más cercana a la insuficiencia muscular aumenta daño muscular, lo que dificulta entrenar con más frecuencia.

¿Cómo afecta la insuficiencia muscular al estímulo hipertrófico? (parte II)

A medida que nos fatigamos, la velocidad de acortamiento de las fibras musculares se reduce y la unidad motora aumenta el reclutamiento. Estos son los factores clave que se requieren para estimular hipertrofia, porque permiten que las unidades motoras de umbral alto experimenten niveles suficientemente altos de carga mecánica. Sin embargo, el tipo de fatiga que La experiencia afecta la cantidad de reclutamiento de unidades motoras que podemos lograr en el punto de insuficiencia muscular.

Cuando la insuficiencia muscular es causada por fatiga periférica, todas las unidades motoras en se reclutan los músculos impulsores primarios. Por el contrario, cuando la insuficiencia muscular es (en parte) causado por la fatiga del sistema nervioso central, nuestra capacidad para producir un determinado El nivel de fuerza se reduce sin que se recluten todas nuestras unidades motoras.

Por tanto, aunque la fatiga generalmente siempre provoca una reducción de la fibra muscular acortando la velocidad, no siempre conduce a un reclutamiento completo de la unidad motora. Solamente cuando la insuficiencia muscular es causada únicamente por fatiga periférica (y no central hay fatiga) ¿se produce el reclutamiento completo de la unidad motora? Hay situaciones en qué fatiga central parece aumentar durante el entrenamiento de fuerza, que es muy importante para la hipertrofia.

¿Cuándo ocurre la fatiga del sistema nervioso central?

Durante el entrenamiento de fuerza, fatiga periférica y fatiga del sistema nervioso central Ambos ocurren, y ambos contribuyen a que alcancemos la falla muscular en un conjunto. Además, hay ciertos factores que parecen incrementar la cantidad proporcional de fatiga central que está presente dentro del entrenamiento.

Además, cuando experimentamos daño muscular durante un entrenamiento, esto puede provocar fatiga central que puede durar un par de días. Y obviamente, algunos entrenamientos causan mucho más daño muscular (y por lo tanto más fatiga central) que otros.

1. Durante el entrenamiento

Durante cualquier entrenamiento, habrá algo de fatiga central.

La cantidad de fatiga central es mayor durante el ejercicio aeróbico, mientras que la La cantidad de fatiga periférica parece ser mayor después del ejercicio anaeróbico. También, Los episodios de entrenamiento de resistencia de mayor duración parecen producir más fatiga que episodios de menor duración.

En general, parece probable que la fatiga central se acumule en mayor medida cuando el ejercicio implica duraciones más largas de contracciones musculares a niveles más bajos de fuerza. Por lo tanto, la fatiga central probablemente aumenta hacia el final de un entrenamiento, lo que podría ayudar a explicar por qué los volúmenes más altos no causan cantidades cada vez mayores de hipertrofia, y también podría explicar por qué El orden del ejercicio afecta el crecimiento muscular.

Además, la cantidad de fatiga central se reduce con bastante rapidez al final de cada serie de contracciones musculares. Es muy alto al final de una serie y se reduce rápidamente. (muy probablemente de forma exponencial) a partir de entonces. Por lo tanto, es probable que la fatiga central aumenta al comienzo de la serie siguiente cuando los períodos de descanso son cortos, lo que

podría ayudar a explicar por qué los períodos de descanso cortos conducen a un menor crecimiento muscular.

Curiosamente, los ejercicios que involucran cantidades más pequeñas de masa muscular activa (como los ejercicios de una sola articulación o de una sola extremidad) conducen a una menor fatiga central y Por lo tanto, permiten lograr una mayor fatiga periférica, en comparación con múltiples Ejercicios de articulaciones y dos extremidades. Quizás esto se deba a que implican una mayor demanda aeróbica. Este es un argumento a favor de hacer un uso extensivo de ejercicios de articulaciones para culturismo, así como para realizar ejercicios de articulaciones múltiples (como los pull-downs de lat) primero en un entrenamiento, progresando a ejercicios de una sola articulación

(como flexiones de bíceps) y terminar con ejercicios de una sola extremidad y una sola articulación (como rizos de concentración).

2. Despues del entrenamiento

Los entrenamientos que involucran grandes cantidades de daño muscular causan fatiga central para desarrollarse en los días posteriores al ejercicio. Esto significa que el entrenamiento posterior puede ser afectado por lo que hacemos en el anterior.

Varios factores influyen en la cantidad de daño muscular que se produce en un entrenamiento, aunque el más importante en la práctica es el volumen de entrenamiento. Más alto Los volúmenes causan más daño muscular y, por lo tanto, requieren más tiempo para recuperarse. de. Además, el uso de contracciones excéntricas puede aumentar el daño muscular, ya que puede usar ejercicios desconocidos.

Por lo tanto, debemos ser conscientes de que cuando aumentamos el volumen del entrenamiento, podemos Necesitamos reducir la frecuencia de entrenamiento, de lo contrario podríamos estar realizando entrenamientos. en el que no logramos el reclutamiento completo de unidades motoras, que será subóptimo. Del mismo modo, si optamos por utilizar ejercicios excéntricos, es posible que necesitemos hazlos con menos frecuencia. Y cuando empezamos a usar un nuevo ejercicio para un músculo grupo, puede tener sentido reducir nuestra frecuencia de entrenamiento durante el primer par de semanas.

¿Qué es la comida para llevar?

La insuficiencia muscular se refiere a un punto durante el entrenamiento de fuerza en el que no podemos realizar la fase de levantamiento de un ejercicio a través del rango requerido de movimiento sin alterar nuestra técnica. Este punto está determinado por la capacidad de los músculos para producir fuerza. La cantidad de fuerza que pueden producir los músculos es afectados por el nivel de fatiga que están experimentando.

La fatiga reduce la velocidad de acortamiento de las fibras musculares y aumenta la fatiga periférica aumenta el reclutamiento de la unidad motora, mientras que la fatiga central evita la unidad motora completa

reclutamiento de ser alcanzado. Aumentando la fatiga periférica mientras minimiza Por lo tanto, la fatiga del sistema nervioso central es necesaria para estimular la máxima hipertrofia.

Al levantar cargas pesadas, la velocidad de acortamiento de las fibras musculares es lenta y la unidad motora el reclutamiento es alto, independientemente de la cantidad de fatiga periférica presente. Por lo tanto, el entrenamiento hasta el fracaso es innecesario. Al levantar peso moderado o ligero cargas, se requiere un cierto nivel de fatiga periférica para lograr niveles suficientes del reclutamiento de unidades motoras y una velocidad de acortamiento de las fibras musculares suficientemente lenta, pero esto se puede lograr con un par de repeticiones de falla muscular, y no es realmente necesario para llegar al fallo con el fin de estimular el crecimiento muscular.

La fatiga del sistema nervioso central aumenta con períodos más prolongados de ejercicio.

que implican una mayor demanda aeróbica, lo que limita los efectos de un alto volumen entrenamientos, reduce la efectividad de los ejercicios realizados más tarde en un entrenamiento, Hace que los períodos de descanso cortos sean menos efectivos que los períodos de descanso prolongados, y lo hace más fácil. para lograr el reclutamiento completo de la unidad motora en ejercicios de una sola articulación y de una sola extremidad.

**¿CUÁNTO VOLUMEN DEBEMOS
DESEMPEÑO PARA MÁXIMO MÚSCULO
¿CRECIMIENTO?**

El volumen de entrenamiento de fuerza para la hipertrofia siempre parece ser un tema polémico. tema, si la gente está discutiendo sobre un conjunto frente a varios conjuntos, o si están discutiendo sobre el número exacto de conjuntos en los que la dosis-respuesta la relación se estabiliza o incluso comienza a producir un impacto negativo en el músculo crecimiento.

Aun así, en muchos de estos argumentos rara vez hay una comprensión clara de exactamente qué es el volumen, cómo se define y cómo se ha vinculado la investigación diferentes cantidades de volumen a la hipertrofia.

Fundamentalmente, necesitamos saber cuándo un representante realmente estimula la hipertrofia (no todos repeticiones, de lo contrario, el ejercicio aeróbico produciría una tremenda cantidad de crecimiento muscular) y, por lo tanto, puede contarse como volumen. También necesitamos comprender la diferencia entre el volumen de entrenamiento y el volumen semanal, y cómo los investigadores han estudiado cada una de esas cosas.

¿Qué es el volumen?

El volumen es la forma en que medimos el tamaño de la dosis de una concentración. programa de entrenamiento. En este sentido, es bastante similar al tiempo bajo tensión, que es otro concepto muy comúnmente malinterpretado. Los mayores volúmenes proporcionan un mayor dosis de entrenamiento, y produce un mayor efecto estimulante en el músculo fibras para aumentar de tamaño.

Los investigadores miden el volumen de diversas formas. Los más comunes formas son (1) el número total de series hasta fallar, (2) el número total de repeticiones (series x repeticiones) y (3) la carga de volumen (series x repeticiones x peso).

Los estudios solo han relacionado el número de series con el fracaso de una dosis-respuesta en desarrollo muscular. Medido de esta manera, mayores volúmenes (número de juegos a falla) conducen a más hipertrofia. Medido de cualquiera de las otras dos formas (número total de repeticiones o carga de volumen), no existe relación alguna entre el volumen y la cantidad de hipertrofia que se produce después del entrenamiento.

Por ejemplo, cuando dos grupos de individuos entrenados en fuerza tienen un desempeño similar programas de entrenamiento que utilizan 3 series de los mismos 7 ejercicios para la insuficiencia muscular, pero con cargas ligeras (25-35RM) o cargas moderadas (8-12RM), logran la misma cantidad de hipertrofia y, sin embargo, entrenar con cargas más ligeras implica mucho más volumen (series x repeticiones) y carga de volumen (series x repeticiones x peso) que el entrenamiento con cargas moderadas.

Del mismo modo, la relación entre el volumen de entrenamiento y la hipertrofia también desaparece cuando no realizamos conjuntos al fallo. Esto se puede ver en estudios de Entrenamiento de volumen alemán, donde los programas de entrenamiento de volumen moderado y alto producir un crecimiento muscular similar. También se puede ver al comparar el entrenamiento. programas de cargas ligeras o moderadas con el mismo volumen de carga cuando la falla es no alcanzado, donde el entrenamiento con una carga moderada conduce a un mayor crecimiento muscular.

No darse cuenta de que la investigación solo ha vinculado realmente los aumentos en este La medición del volumen a una mayor hipertrofia puede conducir fácilmente incluso bastante comentaristas experimentados descarriados.

Aun así, hay una muy buena razón por la que este debe ser el caso.

¿Qué es realmente el volumen?

El volumen es realmente solo el número de repeticiones estimulantes que se realizan durante un grupo de músculos en cada conjunto.

Una repetición estimulante es aquella que implica (1) el reclutamiento de motores de alto umbral unidades (y por lo tanto la activación de sus fibras musculares asociadas), y (2) una velocidad de acortamiento lenta.

Necesitamos reclutar unidades motoras de alto umbral por dos razones. En primer lugar, a pesar de siendo muy pocos en número, en realidad controlan la gran mayoría de los músculos fibras. En segundo lugar, las fibras musculares de contracción muy lenta que están controladas por Las unidades motoras de umbral no responden mucho al estímulo del entrenamiento y tienden no crecer después del entrenamiento.

El reclutamiento de unidades motoras de umbral alto está determinado en gran medida por el esfuerzo involucrado en la realización de un movimiento. Cuando levantamos una carga pesada o movemos una luz cargar explosivamente, o levantar una carga liviana hasta la falla muscular, estamos usando un alto nivel de esfuerzo y el reclutamiento de unidades motoras es alto.

Sin embargo, simplemente reclutando las unidades motoras (y activando el músculo asociado fibras) no es suficiente. También necesitamos exponer las fibras musculares activadas a altas niveles de carga mecánica. Esto se logra mediante la fuerza-velocidad relación. Cuando las fibras musculares activadas se acortan lentamente, producen mucho de fuerza y, por lo tanto, experimentan altos niveles de carga mecánica. Cuando el Las fibras musculares activadas se acortan rápidamente (como en los movimientos muy rápidos), producen poca fuerza y experimentan poca carga mecánica. Es por eso que levantar cargas ligeras implican explosivamente el reclutamiento máximo de unidades motoras, pero no estimular el crecimiento muscular.

Es importante destacar que las últimas 5 o más repeticiones de una serie realizada hasta el fallo implican de manera similar altos niveles de reclutamiento de unidades motoras y velocidades de barra igualmente lentas debido a aumento de la fatiga muscular local. Por lo tanto, independientemente del peso en la barra, las fibras musculares controladas por unidades motoras de alto umbral experimentan aproximadamente el mismo número de repeticiones estimulantes cuando se entrena hasta el fracaso (el entrenamiento con un cierto número de repeticiones en reserva produce el mismo efecto, aunque con 1 o 2 repeticiones estimulantes menos, según corresponda).

Esta es la razón por la que el número de series que fallan es a menudo una buena forma de medir volumen de entrenamiento, independientemente del peso en la barra, porque cada serie hasta el fracaso generalmente contiene el mismo número de repeticiones estimulantes. Cuando no realizamos series hasta el fallo, no está claro cuántas repeticiones estimulantes se realizan en cada serie. En De hecho, el número de repeticiones estimulantes suele ser menor cuando algunas de las llamadas más altas se realizan rutinas de volumen!

¿Cuándo es el número de series que fallan una mala medición de ¿volumen?

Aunque el número de series que fallan es a menudo una buena medida del número de repeticiones estimulantes en una serie, a veces no lo es. Esto sucede si el número de

Las repeticiones estimulantes se interrumpen, a pesar de llegar a un fallo muscular.

Durante una serie de ejercicios de entrenamiento de fuerza, nuestra capacidad para ejercer fuerza puede reducirse afectado negativamente por (1) la reducción de la capacidad del propio músculo para ejercer fuerza (llamada "fatiga periférica"), o (2) reducir la capacidad de la central sistema nervioso para activar el músculo de modo que produzca fuerza (llamado "central fatiga del sistema nervioso "). La activación del músculo por el sistema nervioso central El sistema se logra mediante el reclutamiento de unidades motoras, en orden de tamaño, desde de umbral bajo a umbral alto.

En consecuencia, tanto la fatiga periférica como la central contribuyen a que alcancemos falla muscular. Es importante destacar que la fatiga central reduce el nivel de la unidad motora reclutamiento, mientras que la fatiga periférica lo aumenta. Sin embargo, la fatiga central requiere precedencia en virtud de ser el controlador final de la función muscular. Entonces cuando hay más fatiga central (ya sea debido a un tiempo de recuperación más corto, un

mayor demanda aeróbica, o aumento de la acumulación de lactato), llegamos falla antes de lograr el reclutamiento completo de la unidad motora.

Por ejemplo, cuando se utilizan períodos de descanso cortos, se alcanza la insuficiencia muscular en cada serie, pero el efecto estimulante de la serie es menor de lo esperado. Esto puede ser atribuido a una mayor fatiga del sistema nervioso central con descansos cortos (ya sea debido a el tiempo de recuperación reducido para este tipo de fatiga, la mayor demanda aeróbica, o el aumento de la acumulación de lactato). Esta misma lógica se puede aplicar para aumentar volumen de entrenamiento, porque la fatiga del sistema nervioso central aumenta a lo largo del curso de un entrenamiento. Esto significa que los conjuntos posteriores probablemente contengan menos estimulantes repeticiones que las series anteriores. Esto puede ayudar a explicar los efectos del orden de los ejercicios y también sugiere que agregar series adicionales a un entrenamiento tendrá progresivamente más pequeños y beneficios incrementales más pequeños.

Además de afectar nuestra capacidad para lograr repeticiones estimulantes en los entrenamientos con períodos cortos de descanso, la fatiga central también puede reducir el número de estimulantes repeticiones logradas en un entrenamiento si aún no nos hemos recuperado de un ejercicio anterior ejercicio. Si entrenamos un músculo demasiado pronto después del último entrenamiento, habrá presente daño muscular. Cuando este daño muscular está presente, puede provocar fatiga central que acompaña. Por eso, entrenar con demasiada frecuencia cada semana puede no producen un mayor crecimiento muscular, incluso cuando el volumen es mayor con el mayor frecuencia.

Esencialmente, la fatiga central experimentada durante los entrenamientos (ya sea porque se acumula dentro del entrenamiento, o porque todavía está presente de una entrenamiento) significa que no podemos simplemente sumar el número de series hasta el fallo realizado en todos nuestros entrenamientos en una semana y esperamos poder calcular el número total de repeticiones estimulantes por semana. Ese no es un cálculo válido. Algunos de las últimas series en un entrenamiento, y algunos de los últimos entrenamientos en una semana, no implican tantas repeticiones estimulantes, debido a la fatiga central.

¿Cuándo un ejercicio estimula un músculo?

Un último factor que debe tenerse en cuenta al medir el volumen de entrenamiento. es el efecto de un ejercicio en un grupo de músculos.

Las repeticiones estimulantes solo se pueden contar en su totalidad cuando un ejercicio produce Reclutamiento de unidades motoras para el grupo muscular trabajado, lo que generalmente significa que el grupo de músculos tiene que ser el factor limitante para el ejercicio. Sin embargo, muchos Los ejercicios involucran múltiples grupos de músculos y no todos se trabajan. igualmente duro. Por ejemplo, la sentadilla probablemente estimula los cuádriceps. como máximo, ya que son el factor limitante, pero probablemente deja algunas repeticiones estimulantes en el tanque para los extensores de cadera de trabajo (aductor mayor y glúteo maximus), especialmente cuando se usa una variación tradicional de sentadilla con barra alta.

Además, el impacto de un ejercicio puede no ser tan obvio como nos gustaría. pensar. Aunque la sentadilla es un buen ejercicio para los cuádriceps, solo realmente Desarrolla los cuádriceps de una sola articulación. El recto femoral está en realidad muy mal entrenado por este ejercicio, que en realidad tiene sentido, porque es un flexor de cadera y la producción de una fuerza de giro de flexión de cadera se opondría a la importante trabajo realizado por los extensores de cadera.

Por el contrario, si bien podemos programar press de banca para el pectoral mayor y deltoides anteriores, en realidad son igualmente efectivos para el tríceps braquial. Así que si estamos siguiendo una rutina de división de partes del cuerpo, incluye press de banca para el pecho y los músculos del hombro, y luego lleve a cabo un día separado que involucre una articulación única ejercicios para nuestros brazos, entonces estamos entrenando los tríceps con el doble de frecuencia que el pecho y los hombros.

En última instancia, si un ejercicio estimula un músculo debe ser determinado por una comprensión de la biomecánica del ejercicio, y no por si ha tradicionalmente se ha incluido en los entrenamientos para esa parte del cuerpo. Incluyendo multi-articulaciones Los ejercicios siempre darán lugar a cierta confusión, pero ese es un problema que puede que necesitemos. trabajar con ellos, si queremos beneficiarnos de su uso.

¿Qué significa esto en la práctica?

En la práctica, esto significa que podemos producir las siguientes definiciones de trabajo de entrenamiento y volumen semanal.

Volumen de entrenamiento: el volumen es el número de repeticiones estimulantes logradas durante un grupo muscular en un entrenamiento. Es probable que esto sea aproximadamente 5 repeticiones por serie para falla con un ejercicio que involucra a ese músculo como factor limitante, aunque si se utilizan períodos de descanso cortos, este número será menor. Además, más tarde se establece en Es posible que un entrenamiento no contenga tantas repeticiones estimulantes como series anteriores, debido a fatiga central.

Volumen semanal: el volumen es el número de repeticiones estimulantes logradas en cada entrenamiento, sumado a lo largo de la semana. Es probable que esto sea aproximadamente 5 repeticiones por fracasar con un ejercicio que involucre a ese músculo como el factor limitante en cada entrenamiento, aunque si los entrenamientos realizados a principios de la semana conducen a daño muscular sustancial, entonces la fatiga central causará una reducción en el número de repeticiones estimulantes logradas en cada serie hasta fallar en entrenamientos posteriores.

En consecuencia, aunque muchos expertos en entrenamiento de fuerza miden el volumen semanal como la suma de las series hasta el fallo realizadas cada semana, esto a menudo no es válido, debido a la fatiga central. Del mismo modo, aunque muchos grupos de investigación intentan identificar el volumen semanal que produce la mayor hipertrofia al alterar el número de establece un entrenamiento mientras se mantiene el mismo número de entrenamientos por semana, este tampoco es un cálculo válido, debido a la interacción entre el entrenamiento frecuencia y volumen del entrenamiento.

Entonces, ¿cómo afecta el volumen del entrenamiento al crecimiento muscular?

¿Cuál es el efecto dosis-respuesta del volumen de entrenamiento en ¿hipertrofia?

El volumen de entrenamiento (definido por el número de repeticiones estimulantes) produce claramente un efecto dosis-respuesta (no lineal) en los aumentos posteriores al entrenamiento en la señalización en el vía mTOR, en aumentos en las tasas de síntesis de proteínas musculares (MPS), y en respuestas de señalización miogénica. Estudiar cada una de estas dosis-respuesta cuidadosamente puede ayudarnos a comprender mejor cómo el volumen del entrenamiento afecta el crecimiento muscular.

Vía mTOR: la respuesta a la dosis del volumen del entrenamiento en la señalización en el La vía mTOR parece aumentar de manera bastante lineal con el aumento del entrenamiento. volumen.

Tasas de MPS: aumenta la dosis-respuesta del volumen del entrenamiento en el post-entrenamiento. en las tasas de MPS es un aumento gradual hasta una meseta, después de lo cual no hay cambios en la respuesta (ya sea hacia arriba o hacia abajo). Esto tiene sentido, porque las tasas de MPS son determinada por la tasa de síntesis de proteínas por ribosoma (traslacional eficiencia) y por la cantidad de maquinaria de traslación en un volumen dado de músculo (capacidad de traslación). Aumentos temporales en MPS, como después de soltero entrenamientos, son probablemente causados por un aumento en la eficiencia traslacional, mientras que Se cree que el entrenamiento de fuerza a término aumenta la capacidad de traslación, que Requiere la producción de nueva maquinaria traslacional a través de ribosomas. biogénesis. Dado que existe un límite en la cantidad de eficiencia que se puede aumentar, este indica claramente la presencia de una meseta en los aumentos posteriores al entrenamiento en MPS tarifas como resultado del volumen de entrenamiento.

(Tenga en cuenta que no es completamente inusual que aumente la masa muscular después del entrenamiento). síntesis de proteínas para diferir de la señalización de mTOR post-entrenamiento, aunque las dos las respuestas normalmente se mueven en tándem. De hecho, se ha observado la señalización de mTOR divergir notablemente de las respuestas de MPS en ocasiones).

Respuestas de señalización miogénica: la respuesta a la dosis del volumen de entrenamiento en las respuestas de señalización miogénica parecen estar retrasadas e incluso ligeramente reducidas en altos volúmenes. La respuesta tardía se ha atribuido a los efectos negativos de daño muscular, ya que mayores volúmenes de entrenamiento producen más daño muscular,

y dado que la respuesta MPS post-entrenamiento ocurre tanto para reparar el músculo dañado y también para producir crecimiento muscular. Por lo tanto, cuando un (alto volumen) causa mucho daño muscular, esto podría llevar a la necesidad de dedicar más del aumento posterior al entrenamiento en las tasas de MPS a la reparación del daño muscular, y menos a la hipertrofia. Esto podría implicar que la respuesta de señalización de mTOR también se relaciona en parte con la necesidad de reparar el daño muscular.

También es importante considerar la respuesta al daño muscular a un entrenamiento.

Cuando el ejercicio para dañar los músculos es extremadamente severo, puede conducir a la formación de fibras musculares. pérdida. El daño muscular puede variar desde alteraciones muy pequeñas hasta las miofibrillas y citoesqueleto de la fibra muscular, a desgarros en la membrana celular, a rupturas de la fibra muscular y, en última instancia, a su destrucción total. Cuando una fibra muscular se ligeramente dañado, se puede reparar. En tales casos, las áreas dañadas son despejadas y reemplazadas con nuevas estructuras. Cuando una fibra muscular es muy severamente dañado, se vuelve necrótico y se elimina por completo. Posteriormente, una nueva fibra muscular crece dentro de la membrana celular de la anterior. Se llama regeneración. Es posible que algunas fibras musculares no se regeneren después de se han vuelto necróticas. Esto luego se observa como la pérdida de fibras musculares o masa muscular.

En general, por lo tanto, podemos describir la respuesta a la dosis del volumen de entrenamiento. (definido como el número de repeticiones estimulantes) como formado por tres elementos: (1) una relación no lineal entre el volumen de entrenamiento y las tasas de MPS hasta un meseta, y (2) una relación creciente (probablemente lineal) entre el entrenamiento el volumen y la cantidad de MPS que debe dirigirse a la reparación del daño muscular en lugar de hipertrofia, y (3) un aumento (probablemente no lineal) en el número de fibras que se vuelven necróticas y, sin embargo, no se regeneran posteriormente. Juntas, estas tres relaciones sugieren que podría haber una curva en forma de U del volumen de entrenamiento en la hipertrofia, en lugar de simplemente un aumento de hasta un meseta.

Nuevamente, es importante tener en cuenta que el análisis anterior se refiere al volumen definido por el número de repeticiones estimulantes. Claramente, la fatiga central también tendrá una influencia en el número real de repeticiones estimulantes que se realizan durante un ejercicio. Por lo tanto, la fatiga central también tiene un efecto sobre la relación entre las medidas de volumen más comunes (como el número de series de falla) y el crecimiento muscular resultante después del entrenamiento.

¿Cuál es el efecto dosis-respuesta del volumen semanal en hipertrofia?

Identificar el efecto real de respuesta a la dosis del volumen semanal sobre la hipertrofia. requiere que encontremos la combinación correcta de entrenamientos durante la semana que nos permita el número máximo de repeticiones estimulantes que se realizarán.

Es importante destacar que esto dependerá de la frecuencia de entrenamiento óptima para (1) el individuo y (2) el grupo de músculos. La frecuencia de entrenamiento óptima ha sido ha demostrado variar entre los individuos (muy probablemente porque la susceptibilidad a el daño muscular también varía entre individuos), y los músculos toman diferentes duraciones de tiempo para reparar el daño muscular resultante del mismo volumen de entrenamiento, lo que implica que entrenarlos con la misma frecuencia conducirá a resultados bastante diferentes. Además, el nivel de estrés psicológico que tiene un individuo que experimenta actualmente afecta la tasa de recuperación del entrenamiento, muy probablemente por

alterando la velocidad a la que se repara el daño muscular.

En general, muchos entrenamientos de entrenamiento de fuerza permiten la recuperación completa de los músculos. daño (y fatiga central asociada) dentro de las 24 horas, pero alto volumen Los entrenamientos suelen requerir 48 horas (para la parte inferior del cuerpo) o 72 horas (para la parte superior del cuerpo). Aun así, existen algunos estudios que han registrado una marcada capacidad suprimida para producir fuerza (que indica daño muscular) durante mucho más tiempo, incluso hasta 5 días después del entrenamiento. Por lo tanto, el efecto de la tasa de recuperación en el El volumen de entrenamiento semanal óptimo es muy importante.

Sin embargo, la mayor parte de la literatura que explora los efectos del volumen de entrenamiento ha examinado los efectos de alterar el número de conjuntos hasta fallar en un solo entrenamientos en el transcurso de una semana (donde algunos grupos hacen 1 serie por ejercicio en cada entrenamiento, mientras que otros grupos hacen 2 o más series por ejercicio).

Dichos estudios nos informan sobre el volumen máximo de entrenamiento que se puede utilizar en el contexto de una frecuencia de entrenamiento dada para la mayoría de las personas en el grupo. Por ejemplo, un estudio reciente examinó lo que sucede si se entrena los individuos realizan 1, 3 o 5 series por ejercicio dentro del contexto de un entrenamiento programa que incluye 3 entrenamientos por semana. Sin embargo, estos estudios no nos dicen

el volumen semanal máximo que podría usarse si también modificáramos el entrenamiento frecuencia para ajustar mejor las repeticiones estimulantes en la semana (y la respuesta también es probablemente sea diferente para diferentes individuos y diferentes grupos de músculos!).

No detectar este problema puede llevar fácilmente incluso a los comentaristas experimentados a dar pautas sobre el volumen semanal máximo basado en un cuerpo de literatura eso en realidad no responde a esa pregunta.

¿Qué es la comida para llevar?

Probablemente hay una cantidad específica de volumen que se puede realizar en un entrenamiento que maximiza la cantidad de hipertrofia que resulta para un determinado músculo, porque hay buenas razones por las que los volúmenes moderados producirán crecimiento superior en comparación con volúmenes bajos, y por qué excesivamente alto los volúmenes producirán un crecimiento inferior a los volúmenes más moderados.

De manera similar, es probable que haya una cantidad específica de volumen que se puede hacer en un semana que maximiza la cantidad de hipertrofia que resulta para un músculo dado. Sin embargo, esto puede no implicar la realización de entrenamientos individuales con la cantidad de volumen que maximiza la cantidad de hipertrofia de un músculo dado, porque es la combinación óptima de frecuencia y volumen lo que conduce a la volumen semanal que produce el mayor crecimiento muscular.

HACER EXCÉNTRICO Y CONCÉNTRICO

ENTRENAMIENTO PRODUCE DIFERENTES TIPOS DE CRECIMIENTO MUSCULAR?

Durante el entrenamiento de fuerza normal, levantamos y bajamos pesas repetidamente. A veces, como en el ejercicio de sentadillas, comenzamos con la fase de descenso y luego Realice la fase de elevación para volver al inicio. Otras veces, como en el curl de bíceps ejercicio, comenzamos con la fase de elevación y luego realizamos la fase de descenso para volver al principio.

Cuando levantamos el peso, las fibras musculares dentro del músculo se acortan. Este es llamada acción muscular concéntrica. Cuando bajamos el peso, las fibras musculares alargar. Esto se llama acción muscular excéntrica.

Ocasionalmente, los atletas usan métodos de entrenamiento de fuerza que involucran solo al fase de elevación (como en algunos ejercicios balísticos) o sólo la fase de descenso (como en el Rizo nórdico). Estos se denominan fuerza "solo concéntrica" y "solo excéntrica". entrenamiento, respectivamente. Entre los culturistas, el entrenamiento de fuerza solo concéntrico es raro, pero el uso de entrenamiento de fuerza sólo excéntrico en forma de "negativos" es vulgar.

Investigación que ha comparado los efectos de solo concéntrico y solo excéntrico El entrenamiento de fuerza ha descubierto que producen diferentes efectos sobre el crecimiento muscular, con respecto a los aumentos en la longitud de la fibra frente al diámetro de la fibra, con respecto a diferentes regiones del músculo y con respecto a la contracción lenta y rápida área de fibras musculares.

Entonces, ¿qué causa estos diferentes efectos?

¿Qué sucede cuando las fibras musculares se acortan?

Cuando las fibras musculares se acortan, producen fuerza debido a las acciones de los elementos dentro de ellos. Los elementos activos son aquellas estructuras que ejercen fuerza por usar energía para moverse en respuesta a la señal eléctrica que se envía desde el sistema nervioso central.

Cada fibra muscular contiene cadenas largas y delgadas de estructuras llamadas sarcómeros, que se componen de muchas hebras (miofilamentos) de moléculas. Para activo producción de fuerza, los miofilamentos clave dentro de cada sarcómero son los hechos de

moléculas de actina y miosina. Cuando la señal eléctrica del sistema nervioso central El sistema llega a la fibra muscular, hace que se liberen iones de calcio en el área alrededor de estos miofilamentos de actina y miosina.

Las proteínas reguladoras ubicadas en la hebra de actina responden a la presencia de estas iones de calcio. Cuando hay pocos iones de calcio presentes, como es el caso cuando el Si el músculo está inactivo, estas proteínas impiden que la miosina se una a la actina. los liberación de iones de calcio en el área alrededor de las hebras de actina y miosina moléculas altera las posiciones de estas proteínas reguladoras y permite que la miosina unirse a la actina. Este proceso vinculante, que implica la formación de puentes cruzados, hace que la actina se deslice más allá de la miosina en cada sarcómero a lo largo del longitud de la fibra muscular. Este movimiento deforma toda la fibra y posteriormente, todo el músculo.

Es importante destacar que los miofilamentos de actina y miosina no cambian de longitud por sí mismos. cuando se forman puentes cruzados. Más bien, la cantidad de superposición entre la actina y aumentan los miofilamentos de miosina dentro de cada sarcómero. Dado que las fibras musculares no cambian el volumen cuando se deforman al disminuir su longitud, esto aumenta la superposición en varios puntos a lo largo de la fibra hace que se abulte hacia afuera en el centro de cada sarcómero. Esta deformación exterior en la transversal El plano de la fibra muscular puede ser detectado por mecanorreceptores, por lo que estimulando el crecimiento muscular.

El proceso por el cual la miosina se une a la actina para producir puentes cruzados es impulsado por energía química proporcionada en forma de trifosfato de adenosina (ATP). Durante entrenamiento de fuerza, a medida que se usa este ATP, se repone con el oxidativo, sistemas de energía glucolítico y creatina-fosfato. Cuando repeticiones moderadas o altas se utilizan, el sistema glicolítico se utiliza mucho, lo que lleva a la formación de subproductos metabólicos como lactato, iones de hidrógeno, fosfato y adenosina difosfato (ADP), que se ha denominado estrés metabólico y está estrechamente vinculado al proceso fatigante que provoca un aumento del reclutamiento de unidades motoras y un reducción de la velocidad de acortamiento muscular.

¿Qué sucede cuando las fibras musculares se alargan?

Cuando las fibras musculares se alargan, producen fuerza debido a las acciones de ambos. elementos activos y pasivos en su interior. Los elementos pasivos son estructuras elásticas. que ejercen fuerza resistiendo la deformación, en lugar de usar energía para moverse.

Dado que las fibras musculares utilizan elementos activos y pasivos para producir fuerza mientras se están alargando (pero solo pueden usar elementos activos para producir fuerza mientras se acortan), necesariamente pueden ejercer mayores fuerzas para reducir movimientos (excéntricos) que en los movimientos de elevación (concéntricos).

Las fibras musculares individuales pueden producir aproximadamente un 50% más de fuerza mientras están alargando que cuando se acortan, y normalmente somos entre un 25% y un 30% más fuertes al bajar un peso que al levantar un peso en el mismo ejercicio. Soltero Las fibras musculares son probablemente más fuertes cuando se alargan que los músculos enteros. porque se prueban durante la estimulación eléctrica en lugar de en forma voluntaria movimientos, en los que el sistema nervioso central probablemente limita la cantidad fuerza que ejercemos, como mecanismo de seguridad.

Hay tres elementos de las fibras musculares que se deforman durante el alargamiento: (1) la matriz extracelular o capa de colágeno (endomysio) que cubre el

membrana celular, (2) la estructura interna (citoesqueleto) de la fibra muscular, y (3) la molécula gigante titina, que juega un papel particularmente importante cuando la fibra muscular está activa.

Por lo tanto, la titina es muy importante para comprender los conceptos excéntricos. contracciones y entrenamiento de fuerza sólo excéntrico.

Los investigadores han descubierto que la titina contiene dos elementos en serie entre sí. (los dominios Ig y el segmento PEVK). Parece que cuando la titina se alarga pasivamente, los dominios elásticos de Ig aumentan de longitud, lo que proporciona poca resistencia al estiramiento. Por el contrario, cuando la titina se alarga de forma activa, se producen cambios que hacen que el segmento PEVK más rígido se alargue en su lugar. Esto proporciona una gran cantidad de resistencia pasiva al estiramiento, pero solo durante el alargamiento activo contracciones (excéntricas).

Como las fibras musculares producen fuerza activamente mientras se alargan, la actina y la miosina los miofilamentos experimentan cada vez menos superposición y no se abultan hacia afuera en el medio de cada sarcómero tanto como lo hacen durante la fibra

acortamiento. De hecho, dado que las fibras no cambian de volumen cuando se deforman, en realidad deben reducir su diámetro a medida que aumentan de longitud. Sin embargo, el longitudinal (en lugar de hacia afuera) la deformación de la fibra muscular es probablemente todavía detectada por mecanorreceptores, estimulando así el crecimiento muscular.

Cuando las fibras musculares producen fuerza activamente mientras se alargan, requieren actividad metabólica para producir el ATP que potencia la unión de la miosina a la actina para producir puentes cruzados, tal como lo hacen cuando producen fuerza mientras se acortan. Sin embargo, la cantidad de ATP necesaria para producir fuerza durante el alargamiento es mucho menos que la cantidad requerida para producir fuerza mientras las fibras musculares son acortamiento. De hecho, las acciones excéntricas de los músculos son más del doble de energía. eficientes como acciones musculares concéntricas. Por lo tanto, los procesos fatigantes que conducen a La falla muscular cuando las fibras musculares se alargan no implican un alto nivel. de acumulación de metabolitos, y el proceso de fatiga no produce un reducción en la velocidad del movimiento, pero en cambio parece aumentar el proporcional carga sobre los elementos pasivos a medida que se reduce la contribución de los elementos activos.

¿En qué se diferencian las contracciones solo concéntricas y solo excéntricas? ¿de cada uno?

Cuando las fibras musculares se acortan en el entrenamiento de fuerza solo concéntrico, producen fuerza a través de las acciones de los elementos activos, lo que lleva a la fibra muscular deformarse reduciendo su longitud y abultando hacia afuera en el medio de cada sarcómero.

Este proceso requiere un alto nivel de metabolismo energético, a través de una proceso ineficaz, causando una gran cantidad de acumulación de metabolitos como el fatigas de fibra. Además, a medida que la fibra se fatiga, esto conduce a una reducción de la masa muscular. velocidad de acortamiento. Esto aumenta la carga mecánica en las fibras de recién unidades motoras reclutadas debido a la fuerza que ejercen de acuerdo con la Relación fuerza-velocidad.

Cuando las fibras musculares se alargan durante el entrenamiento de fuerza solo excéntrico, producir fuerza a través de las acciones de elementos activos y pasivos, lo que lleva a

mayores fuerzas que se desarrollan y significa que la fibra muscular se deforma por aumentando su longitud y disminuyendo su diámetro.

Este proceso requiere un nivel mucho más bajo de metabolismo energético, a través de un proceso eficiente, y causa una acumulación mínima de metabolitos a medida que la fibra

fatigas. A medida que la fibra se fatiga, la carga aumenta en los elementos pasivos relativa a los elementos activos.

¿Cómo influyen los efectos a largo plazo de las funciones concéntricas y excéntricas? ¿Solo los entrenamientos se diferencian entre sí?

En general, parece probable que el entrenamiento de fuerza solo excéntrico y solo concéntrico producir aumentos en gran medida similares en el volumen muscular, aunque los primeros investigadores tendía a encontrar indicios de que el entrenamiento excéntrico provocó mayores aumentos en tamaño del músculo.

Es posible que el entrenamiento solo excéntrico produzca un aumento general ganancias de tamaño, aunque este efecto probablemente estaría relacionado con la mayor Fuerzas generales involucradas, en lugar de cualquier característica específica de la contracción. escribe.

Más importante aún, investigaciones recientes han demostrado que la fuerza sólo excéntrica El entrenamiento provoca mayores ganancias en la longitud de las fibras musculares, mientras que el entrenamiento concéntrico El entrenamiento de fuerza conduce a mayores aumentos en el diámetro de las fibras musculares, incluso mientras los aumentos generales del volumen muscular son similares. Estos efectos pueden estar conectados a las diferencias en el crecimiento muscular regional entre los dos tipos de entrenamiento, porque el entrenamiento de fuerza solo excéntrico provoca mayores aumentos en el tamaño de los músculos en la región distal, mientras que el entrenamiento de fuerza sólo concéntrico provoca una mayor aumenta en la región media del músculo.

Entonces, ¿qué causa el crecimiento muscular general similar, pero las diferencias en el dirección en la que crecen las fibras e hipertrofia regional?

¿Pueden los efectos de la fuerza sólo concéntrica y excéntrica El entrenamiento se explica por la tensión mecánica, el estrés metabólico y daño muscular?

Tradicionalmente, los investigadores han intentado predecir el crecimiento muscular resultante. que ocurre después del entrenamiento de fuerza solo concéntrico y solo excéntrico por referencia a un modelo que implica tensión mecánica, estrés metabólico y músculos daño, aunque algunos investigadores consideran el daño muscular como un factor positivo que mejora el crecimiento muscular, mientras que otros lo consideran un factor negativo que limita el crecimiento muscular.

Los primeros investigadores sugirieron que si bien el entrenamiento de fuerza solo excéntrico implica fuerzas de fibras musculares más altas (y por lo tanto niveles más altos de tensión mecánica), El entrenamiento de fuerza solo concéntrico implica más estrés metabólico, debido a la mayor acumulación de metabolitos que se produce. Sugirieron que estos factores en competencia podrían explicar el crecimiento similar que ocurre después de los dos tipos de formación.

Se ha propuesto que el estrés metabólico provoca el crecimiento muscular, principalmente a través de aumento del reclutamiento de unidades motoras y, en segundo lugar, a través de la liberación de hormonas, citocinas musculares, especies reactivas de oxígeno e hinchazón celular. Sin embargo, la evidencia reciente sugiere que la percepción del esfuerzo, y no la acumulación de metabolitos, es responsable del aumento de la unidad motora reclutamiento durante el entrenamiento de fuerza. Esta percepción de esfuerzo puede aumentar debido a fatiga que se produce a través de cualquier mecanismo, ya sea vinculado a la acumulación de metabolitos o no.

Investigadores posteriores propusieron que, si bien el entrenamiento de fuerza solo excéntrico implica mayores fuerzas de las fibras musculares (y, por lo tanto, niveles más altos de tensión mecánica), también causa un mayor daño muscular, lo que podría reducir su efectividad y hacer que produzca un crecimiento muscular similar al del entrenamiento de fuerza solo concéntrico. De hecho, el daño muscular puede provocar la pérdida de masa muscular cuando es particularmente grave.

En consecuencia, el modelo de hipertrofia que implica carga mecánica, El estrés metabólico y el daño muscular producen una hipótesis no comprobable en relación con las diferencias en la hipertrofia que pueden surgir después de excéntricas sólo y entrenamiento de fuerza solo concéntrico. Cualquier resultado puede explicarse, ya sea por un

papel preferentemente mayor del estrés metabólico o por un papel preferentemente mayor de daño muscular. Además, el modelo no puede explicar por qué las fibras musculares crecer en diferentes direcciones y producir un crecimiento muscular regional diferente después cada tipo de entrenamiento.

¿Qué está pasando realmente?

Se asume comúnmente que el estímulo de carga mecánica que causa la hipertrofia es una cantidad escalar (que solo tiene magnitud) en lugar de un vector (con una magnitud y una dirección).

Sin embargo, diferentes tipos de cargas mecánicas (que conducen a deformaciones de la fibra en diferentes direcciones y que causan diferentes señales anabólicas) parecen para producir diferentes adaptaciones de las fibras musculares, posiblemente porque las deformaciones son detectados por diferentes mecanorreceptores.

Cuando ocurren deformaciones que implican aumentos temporales de longitud y reducciones de diámetro (como ocurre durante el entrenamiento de fuerza sólo excéntrico), esto estimula la fibra para que crezca en volumen aumentando su longitud. Este efecto podría ser mediada por la titina que detecta el estiramiento que se le impone cuando la fibra se deformado longitudinalmente.

Cuando se producen deformaciones que implican aumentos temporales de diámetro (por abultamiento hacia afuera en el medio de cada sarcómero) y reducciones en la longitud (como durante entrenamiento de fuerza solo concéntrico), esto estimula a la fibra a crecer en volumen al aumentando de diámetro.

¿Qué pasa con la hipertrofia específica del tipo de fibra?

Algunos investigadores han sugerido que el entrenamiento excéntrico podría producir preferentemente mayor crecimiento de las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto, que controlan principalmente las fibras musculares de tipo II. Esto podría entonces observarse como un preferencialmente mayor aumento en la fibra muscular tipo II promedio que en la fibra muscular tipo I

de diámetro, en comparación con el entrenamiento de fuerza normal. De hecho, algunos estudios han informado de esta tendencia.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el entrenamiento de fuerza provoca habitualmente una mayor aumentos en el diámetro de la fibra muscular tipo II en comparación con la fibra muscular tipo I de diámetro, porque las fibras musculares de tipo II responden mejor a los anabólicos estímulo proporcionado por el entrenamiento de fuerza. Esto probablemente se deba a que el músculo tipo II las fibras son menos oxidativas. Es difícil para las fibras musculares de tipo I altamente oxidativas. para aumentar de diámetro sin volverse disfuncional.

Por lo tanto, cualquier aumento preferencial aparente en el área de la fibra de tipo II resultante de El entrenamiento excéntrico podría ser el resultado de una mayor hipertrofia general resultante de un mayor nivel de carga mecánica.

Además, es importante tener en cuenta que el principio de tamaño sigue siendo aplicable. durante las contracciones excéntricas, y también que se pueden ejercer mayores fuerzas con menor reclutamiento de unidades motoras mientras los músculos se alargan, porque esto implica la producción de fuerza por elementos activos y pasivos de las fibras musculares. En consecuencia, cuando se produce la misma cantidad de fuerza a la misma velocidad, todas las unidades motoras que se reclutan en contracciones excéntricas también se reclutan en contracciones concéntricas, pero las contracciones concéntricas reclutan motores adicionales unidades también. Sin embargo, cuando los esfuerzos son máximos, todas las unidades motoras se reclutan en

ambos tipos de contracción.

Por lo tanto, es poco probable que las diferencias en el reclutamiento de unidades motoras puedan explicar cualquier aumento preferencial en el área de la fibra de tipo II después de un entrenamiento excéntrico. De hecho, es más probable que el entrenamiento de fuerza solo excéntrico conduzca a un mayor tipo I crecimiento de la fibra muscular por esta razón, debido a los niveles reducidos de unidad motora reclutamiento (y, por lo tanto, reducción de la activación de las fibras musculares tipo II) durante la mayoría de contracciones musculares.

Por lo tanto, algunos investigadores han sugerido que, dado que las fibras musculares de tipo II son dañarse más fácilmente después de un entrenamiento excéntrico, este daño mayor podría ser un mecanismo por el cual se produce un mayor crecimiento de estas fibras. De hecho, mayor Se ha observado activación de células satélite en las fibras de tipo II que en las de tipo I. después de un entrenamiento excéntrico, lo que podría tomarse como soporte para esta idea. Aún así, La activación de las células satélite puede dirigirse únicamente a la reparación del daño muscular y no implica necesariamente que se haya producido un crecimiento de fibra.

De hecho, es más probable que una diferencia en la detección basada en titina de la mecánica La carga es responsable de cualquier hipertrofia preferencial en las fibras musculares de tipo II. después de un entrenamiento excéntrico, porque las moléculas de titina pueden variar de tamaño entre músculos fibras.

En general, las fibras musculares de tipo I parecen contener moléculas de titina más largas y grandes, y por lo tanto, muestran menos rigidez pasiva relacionada con la titina, mientras que las fibras musculares tipo II tienden a mostrar moléculas de titina más cortas y pequeñas que les dan una mayor concentración relacionada con la titina rigidez pasiva. La mayor contribución de las fibras musculares tipo II más rígidas a La producción de fuerza podría permitirles experimentar una mayor carga mecánica. durante las contracciones excéntricas y, por lo tanto, crecen en mayor medida. Esto sería luego explique por qué las contracciones excéntricas rápidas parecen mostrar una mayor tendencia hacia la hipertrofia específica del tipo de fibra que las contracciones excéntricas lentas, porque implican una mayor contribución a la producción de fuerzas desde el pasivo elementos de las fibras musculares.

¿Qué es la comida para llevar?

Entrenamiento de fuerza usando solo la fase de levantamiento, cuando las fibras musculares se acortan (entrenamiento solo concéntrico) y entrenamiento de fuerza usando solo la fase de descenso, cuando las fibras se alargan (entrenamiento de fuerza sólo excéntrico) conducen a similares aumentos en el volumen de la fibra muscular pero diferentes efectos sobre la longitud de la fibra y diámetro.

El entrenamiento de fuerza solo excéntrico provoca mayores ganancias en la longitud de la fibra, así como mayores aumentos de tamaño en la región distal del músculo. Solo concéntrico El entrenamiento de fuerza provoca mayores aumentos en el diámetro de las fibras, así como mayores aumenta en la región media del músculo. Parece probable que estos Las adaptaciones surgen en respuesta a las deformaciones de las fibras en diferentes direcciones que ocurren durante cada tipo de entrenamiento, y que conducen a diferentes señales anabólicas después del entrenamiento.

Además, el entrenamiento solo excéntrico podría permitir aumentos preferenciales en contracción del tamaño de la fibra muscular, debido a que un elemento de la carga mecánica durante

Las contracciones excéntricas son producidas por el elemento pasivo titina y contracción rápida. Las fibras tienden a mostrar una mayor rigidez basada en titina que las fibras musculares de contracción lenta.

**¿POR QUÉ AFECTA BAJAR EL TEMPO?
CRECIMIENTO MUSCULAR, PERO LEVANTAMIENTO
TEMPO NO LO HACE?**

Contrariamente a las afirmaciones de cientos de artículos de culturismo escritos en el último década, el tempo de la fase de levantamiento de un ejercicio no afecta la cantidad de crecimiento muscular que se desencadena por un entrenamiento. Sin embargo, la investigación indica que podemos aumentar la hipertrofia que resulta de un entrenamiento cuando disminuimos durante la fase de descenso de un ejercicio. ¿Por qué pasó esto?

¿Qué es el tempo?

El tempo de un ejercicio es la velocidad a la que elegimos movernos. Describe el duración del tiempo que tarda en realizarse cada parte de una repetición. Existen cuatro partes de cada repetición: (1) la fase de descenso (excéntrica), (2) la pausa entre las fases de descenso y elevación, (3) la fase de elevación (concéntrica), y (4) la pausa entre las fases de elevación y descenso.

Los templos generalmente se escriben como números de cuatro cifras, que describen el número de segundos tomados en cada fase. Por ejemplo, cuando se realiza un levantamiento con 4 segundos fase de descenso, una pausa de 1 segundo entre las fases de descenso y elevación, una segunda fase de elevación, y sin pausa entre las fases de elevación y descenso, esto se escribiría como 4/1/2 / X. Por lo general, escribimos "X" para describir una fase en la que o no hay pausa o la fase se realiza lo más rápido posible.

Si queremos averiguar cómo subir (concéntrico) y bajar (excéntrico) tempos afectan la hipertrofia, primero debemos entender qué estimula la hipertrofia y cómo las diferentes velocidades de elevación y descenso pueden alterar ese estímulo.

¡Vamos a empezar!

¿Qué estimula la hipertrofia?

La hipertrofia es el resultado del aumento de volumen de las fibras musculares individuales. Esta El aumento de volumen puede ocurrir a través de aumentos en la longitud de la fibra o aumenta el diámetro de la fibra. De cualquier manera, los aumentos en el volumen de fibra son provocados por

un estímulo de carga mecánica. Este estímulo es producido por la fibra muscular. sí mismo. Las fuerzas que produce la fibra muscular deben estar por encima de un cierto umbral, porque las fuerzas bajas no estimulan la hipertrofia.

Cada músculo contiene varios miles de fibras. Estas fibras están dispuestas en grupos de unidades motoras, que se reclutan en orden de tamaño, desde pequeñas, unidades motoras de umbral a unidades motoras grandes de umbral alto. Es importante destacar que solo el Las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto crecen después de experimentar una estímulo de carga mecánica. Sabemos esto no solo por los experimentos que implican entrenamiento de fuerza, sino también porque la mayoría de los tipos de ejercicio aeróbico implican aplicar un alto volumen de carga mecánica a las fibras de baja unidades motoras de umbral, pero sus fibras musculares a menudo no crecen mucho en respuesta. De hecho, a veces incluso se reducen de tamaño.

Esencialmente, la hipertrofia solo ocurre cuando las fibras musculares controladas por Las unidades motoras de umbral experimentan un estímulo de carga mecánica que excede el nivel de fuerza requerido.

¿Cómo producen las fibras musculares un estímulo de carga mecánica?

El estímulo de carga mecánica que conduce a la hipertrofia puede crearse cuando una fibra muscular se está acortando (o manteniendo una longitud constante) o cuando una

la fibra muscular se está alargando. Las fibras musculares se acortan cuando levantamos un peso y alargar cuando bajamos un peso. Levantar mientras las fibras se acortan y bajar mientras las fibras se alargan, se denominan concéntricas y excéntricas contracciones, respectivamente.

Cuando las fibras se acortan, solo producen fuerza de forma activa, a través de la formación de puentes cruzados de actina-miosina. Cuando las fibras musculares se alargan, producen fuerza activamente a través de la formación de puentes cruzados de actina-miosina, y también pasivamente, ya que los elementos estructurales de la fibra resisten el estiramiento.

Independientemente de cómo las fuerzas son producidas por las fibras musculares (y por lo tanto la tensión mecánica que se experimenta), se estimula el crecimiento muscular. Sin embargo, el tipo de hipertrofia difiere según la contribución proporcional de elementos activos y pasivos a la fuerza total.

Cuando la tensión mecánica que experimenta la fibra se produce más por elementos pasivos (las partes estructurales de la fibra, incluida la titina), las fibras aumentan en volumen principalmente aumentando en longitud, agregando sarcómeros en serie. Cuando la tensión mecánica que experimenta la fibra es producida más por activos elementos (los puentes cruzados actina-miosina), la fibra aumenta de volumen principalmente aumentando de diámetro, agregando miofibrillas en paralelo.

Esto significa que las contracciones prolongadas (excéntricas) producen mayores aumentos en longitud de la fibra muscular, mientras que las contracciones acortadas (concéntricas) producen una mayor aumentos en el área de la sección transversal del músculo (diámetro de la fibra).

¿Cómo se determina el estímulo de carga mecánica en el levantamiento? fase (concéntrica)?

En la fase de elevación (concéntrica), las fibras musculares se estimulan mientras se acortamiento. Para lograr el nivel de fuerza requerido para que ocurra la hipertrofia, el Las fibras musculares necesitan trabajar a una velocidad lenta, porque la velocidad de acortamiento de un La fibra es el principal determinante de la fuerza que produce.

Las velocidades lentas de acortamiento de fibras permiten que las fibras produzcan fuerzas elevadas, porque implican más puentes cruzados de actina-miosina unidos simultáneamente.

Cuando una fibra se acorta lentamente, cada puente transversal dentro de la fibra puede permanecer adjunto durante mucho tiempo, porque no necesita separarse tan rápido. Esta Una tasa de desprendimiento más lenta permite que más puentes cruzados permanezcan unidos al mismo tiempo durante la contraccin, y este mayor nmero de adjuntos simultneamente Los puentes cruzados de actina-miosina permiten que se produzca una fuerza mayor.

¿Cómo se determina el estímulo de carga mecánica en el fase descendente (excéntrica)?

En la fase de descenso (excéntrica), las fibras musculares se estimulan mientras se alargamiento. Para lograr el nivel de fuerza requerido para la hipertrofia mientras el

las fibras musculares se alargan, la velocidad de trabajo de una fibra muscular es menor relevante, aunque afecta la forma en que se produce la fuerza.

Las velocidades de alargamiento más rápidas hacen que los puentes cruzados de actina-miosina adheridos se desprendan más rápidamente, y esto reduce la fuerza activa ejercida a velocidades más rápidas. Esta La reducción de la fuerza a velocidades más rápidas es probablemente menor que en la elevación fase (concéntrica), debido al alargamiento de los miofilamentos que se produce cuando las fibras se estiran.

Sin embargo, las fuerzas pasivas también se producen durante el alargamiento de la fibra, por titina y

otros elementos estructurales dentro de la fibra muscular. Estos elementos pasivos tienen propiedades viscoelásticas, lo que significa que las fuerzas que producen son mayores en velocidades de alargamiento más rápidas.

Estas fuerzas pasivas crecientes compensan las fuerzas activas reducidas, como aumenta la velocidad de alargamiento de la fibra. Esta es la razón por la que la relación fuerza-velocidad de Las contracciones excéntricas son más planas que la relación fuerza-velocidad para las contracciones concéntricas. contracciones

Aun así, las diferencias en la contribución de las fuerzas activas y pasivas al total La tensión mecánica influye en el grado en que las fibras se adaptan aumentando en longitud o diámetro. A velocidades de alargamiento más rápidas, se produce más fuerza por elementos pasivos, lo que hace que los aumentos de volumen se produzcan más a través de aumenta la longitud de la fibra. A velocidades de alargamiento de fibra más lentas, se requiere más fuerza. producido por elementos activos, lo que significa que los aumentos de volumen ocurren más a través de aumentos en el diámetro de la fibra.

NB Efectos prácticos del engranaje arquitectónico

En la práctica, puede resultar bastante difícil lograr un alargamiento rápido * de la fibra * velocidades durante el entrenamiento de fuerza, porque la relación de transmisión arquitectónica es el doble alto en contracciones excéntricas que en contracciones concéntricas.

El engranaje arquitectónico se refiere a la medida en que las fibras giran mientras el músculo se acorta o alarga. La rotación de las fibras les permite acortar en

velocidades más lentas que todo el músculo. Cuando la relación de transmisión arquitectónica es muy alto (que es durante las contracciones excéntricas), cada fibra cambia de longitud mucho más lentamente que todo el músculo. Esta alta relación de transmisión significa que incluso cuando un El músculo se alarga rápidamente, es posible que cada fibra muscular no se alargue mucho. rápidamente en absoluto.

¿Qué determina cómo se reclutan las unidades motoras en el levantamiento? fase (concéntrica)?

Los niveles de reclutamiento de unidades motoras están determinados por el nivel de esfuerzo, mientras que los factores dentro del músculo y dentro de cada fibra muscular determinar la cantidad de fuerza que corresponde a ese nivel de esfuerzo.

Cuando las fibras musculares se acortan, el reclutamiento (y el esfuerzo) de la unidad motora debe ser aumentado para levantar un objeto más pesado, para mover un objeto ligero a una velocidad más rápida o para levantar un objeto ligero más veces mientras está fatigado.

Sin embargo, solo levantar un objeto pesado y levantar un objeto ligero repetidamente mientras fatigados implican un alto nivel de fuerza ejercida por las fibras musculares de alta unidades motoras de umbral, porque estas son las únicas situaciones en las que la fibra La velocidad de acortamiento es lo suficientemente lenta como para permitir que las fibras produzcan fuerzas elevadas.

En consecuencia, solo levantar un objeto pesado y levantar un objeto ligero repetidamente mientras está fatigado produce hipertrofia, aunque mover un objeto ligero muy rápidamente también implica altos niveles de reclutamiento de unidades motoras.

¿Qué determina cómo se reclutan las unidades motoras en el descenso? fase (excéntrica)?

La velocidad de movimiento tiene un impacto menor en el nivel de reclutamiento de unidades motoras. cuando las fibras se alargan, en comparación con cuando se acortan. Este es porque la fuerza que puede ejercer una fibra depende menos de su velocidad cuando se está alargando, en comparación con cuando se está acortando.

La fuerza depende menos de la velocidad de alargamiento que de la velocidad de acortamiento porque las fuerzas pasivas producidas por la titina y otros elementos estructurales aumentan con velocidad creciente, que compensa la fuerza activa decreciente generado por puentes cruzados de actina-miosina.

Dado que la fuerza por fibra no se altera sustancialmente con la velocidad de alargamiento, no hay necesidad de que cambie el reclutamiento de unidades motoras cuando se alarga la velocidad aumenta o disminuye. De hecho, el reclutamiento de unidades motoras probablemente solo altera marcadamente en respuesta al nivel de fuerza requerido o a la cantidad de fatiga que está presente.

NB Comparando el reclutamiento en excéntricos y concéntricos

El nivel de reclutamiento de unidades motoras requerido para producir una fuerza mientras las fibras son el alargamiento es menor que cuando se produce la misma fuerza mientras que las fibras son acortamiento. Esto se debe a que la fuerza es producida tanto por elementos activos como pasivos. elementos cuando la fibra se alarga, pero solo por elementos activos cuando el la fibra se está acortando.

Por tanto, si realizamos movimientos que implican el mismo nivel de fuerza en fases acopladas de descenso (excéntrico) y de elevación (concéntrico), el nivel del motor El reclutamiento de unidades involucradas en la fase de descenso (excéntrico) será típicamente menor que en la correspondiente fase de elevación (concéntrica).

¿Cómo afecta el tempo al estímulo hipertrófico?

1. En la fase de elevación (concéntrica), cuando las fibras se acortan

Si producimos una fuerza de elevación dada (concéntrica) deliberadamente lentamente, esto reduce el número de unidades motoras activas. Las velocidades de acortamiento de fibra más lentas significan mayor fuerza producida por cada fibra, por lo que es necesario activar menos fibras para un determinado nivel de fuerza.

Si producimos la misma fuerza de elevación (concéntrica) lo más rápido posible, esto aumenta el número de unidades motoras activas. Las velocidades de acortamiento de fibra más rápidas conducen a menos fuerza producida por cada fibra, por lo que es necesario activar más fibras para un determinado nivel de fuerza.

La hipertrofia requiere que las fibras controladas por unidades motoras de umbral alto experimentar un estímulo de carga mecánica que excede un nivel dado de fuerza. Producir una fuerza de elevación dada (concéntrica) deliberadamente lentamente puede no reclutar Las unidades de motor de umbral alto, mientras se mueven lo más rápido posible, pueden fallar al cargar fibras con una fuerza suficientemente alta.

En ambos casos, un estímulo de carga mecánica solo se logra si el peso es pesado (que implica un reclutamiento completo y una velocidad de acortamiento de fibra lenta) o una vez que surge la fatiga, ya que esto aumenta el reclutamiento y hace que la fibra se acorte velocidades similares, independientemente de si nos estamos moviendo deliberadamente lento o tratando de moverse lo más rápido posible.

En consecuencia, la elección de qué tempo usar al producir un levantamiento dado La fuerza (concéntrica) no influye en la cantidad de crecimiento muscular resultante.

2. En la fase de descenso (excéntrica), cuando las fibras se alargan

Si producimos una fuerza de descenso (excéntrica) dada a diferentes velocidades, esto no tienen un efecto tan grande en el número de unidades motoras que se reclutan, porque

la fuerza ejercida por cada fibra permanece mucho más constante, en parte debido a la alta nivel de engranaje arquitectónico, y en parte debido a un aumento en la fuerza pasiva compensando la menor fuerza activa.

Cualquiera que sea el tempo, las unidades motoras de umbral alto solo serán reclutadas si el fuerza requerida es suficientemente alta, o si hay suficiente fatiga como para el reclutamiento aumenta debido a una reducción en la fuerza ejercida por el umbral bajo unidades motoras. Aun así, bajar el tempo (excéntrico) sí afecta la forma en que el crecimiento muscular ocurre y también puede afectar la cantidad de crecimiento muscular que se produce.

Un tempo de alargamiento lento aumenta la cantidad de producción de fuerza activa, que estimula mayores incrementos en el diámetro de la fibra, mientras que un rápido alargamiento El tempo aumenta la cantidad de producción de fuerza pasiva, lo que estimula mayores incrementos en la longitud de la fibra.

Esto podría significar que se registran mayores ganancias en el tamaño del músculo después de excéntricas entrenamiento con un ritmo lento, porque la mayoría de los investigadores de hipertrofia utilizan cambios en el área de la sección transversal del músculo para evaluar el crecimiento muscular, que tiende a reflejar cambios en el diámetro de la fibra en lugar de la longitud de la fibra.

Sin embargo, un tempo de alargamiento lento puede aumentar genuinamente la cantidad de crecimiento muscular que ocurre en general, al aumentar el tiempo total expuesto a un determinado nivel de tensión. Esto es posible en parte porque la fuerza ejercida por cada La fibra no se ve alterada por la velocidad de movimiento, por lo que el reclutamiento de la unidad motora no es cambiado por el tempo, y en parte porque la resistencia a la fatiga del alargamiento contracciones es mayor que el acortamiento de las contracciones, lo que significa que la los tempos alargados no conducen a una cantidad sustancialmente reducida de repeticiones, ya que a menudo ocurre cuando se utilizan tempos de levantamiento lento.

3. En movimientos acoplados de elevación y descenso

Cuando se aplica la misma cantidad de fuerza, el reclutamiento de la unidad motora es menor en contracciones excéntricas que en contracciones concéntricas.

Esto sucede porque la fuerza máxima que podemos ejercer en excéntricas las contracciones es aproximadamente un 25-30% mayor que en las concéntricas contracciones Podemos ejercer estas fuerzas superiores cuando los músculos se alargan. debido a las fuerzas más altas producidas por cada fibra muscular, que es habilitada por la contribución de los elementos pasivos a la producción total de fuerza. Esto significa que cuando levantamos el 85% de nuestro máximo de una repetición (1RM), ese peso es en realidad solo el 65% de nuestro 1RM solo excéntrico cuando llegamos a bajarlo. Esto tiene implicaciones importantes para la hipertrofia.

Dado que el reclutamiento de unidades motoras es menor en la fase de descenso (excéntrica) que en la fase de elevación (concéntrica), la fase de descenso (excéntrica) de la fuerza normal

Los ejercicios de entrenamiento lógicamente no pueden estimular tanto el crecimiento muscular como el fase de elevación emparejada (concéntrica).

Para reclutar el mismo número de unidades motoras de umbral alto en la reducción (excéntrica) fase de contracciones excéntricas y concéntricas acopladas como en el correspondiente fase de elevación (concéntrica) requiere una sobrecarga excéntrica, en la que una se aplica una fuerza mayor a la barra durante la fase de descenso, tal vez usando liberadores de peso.

¿Qué es la comida para llevar?

-

El reclutamiento de la unidad motora es menor en las fases de descenso (excéntricas) que en las de elevación. fases (concéntricas) durante el entrenamiento de fuerza normal. Esto hace que el estimulante efecto de la fase de descenso menor que durante la fase de elevación. Sin embargo, nos aún puede alterar el tipo y la cantidad de crecimiento muscular que logramos, ralentizando el tempo de la fase de descenso.

Los tempos de alargamiento lento aumentan la cantidad de producción de fuerza activa, que Estimula mayores incrementos en el diámetro de las fibras. Esta podría ser la razón por la que algunas investigaciones ha registrado mayores aumentos en el área de la sección transversal del músculo después tempos de alargamiento, en comparación con tempos de alargamiento rápido. Probablemente lo haríamos Descubrimos que los efectos beneficiosos de los tempos lentos de alargamiento eran menores, si midió los cambios en el volumen muscular en lugar del área de la sección transversal del músculo.

Aun así, los tempos de alargamiento lento podrían aumentar genuinamente la cantidad de crecimiento muscular que ocurre en general, al aumentar el tiempo total expuesto a un determinado nivel de tensión. A diferencia de la fase de elevación (concéntrica), el tiempo bajo La tensión se puede aumentar en la fase de descenso (excéntrica) sin reducir niveles de reclutamiento de unidades motoras, y los altos niveles de resistencia a la fatiga en el fase de descenso hacen de esta una forma ideal de aumentar el tiempo bajo tensión sin reduciendo también el número de repeticiones estimulantes.

**MANTENGA LA TENSIÓN CONSTANTE
EN UN AUMENTO MUSCULAR
¿HIPERTROFIA?**

Los expertos en culturismo a veces recomiendan que "mantengamos una tensión constante en el músculo "durante cada serie de entrenamiento, con el fin de maximizar la hipertrofia. Al hacer esta recomendación, generalmente están sugiriendo (1) que cada repetición debe hacerse con un ritmo de elevación deliberadamente lento, o (2) que no debe haber ninguna pausa entre cada repetición. A veces, son sugiriendo ambas cosas.

Sin embargo, en el contexto del entrenamiento de culturismo convencional con moderado cargas (65-85% de 1RM o 5RM - 15RM), ninguno de estos factores afecta la cantidad de crecimiento muscular que se produce después del entrenamiento de fuerza, debido a las formas en el que se reclutan las unidades motoras, y debido a los factores que determinan la Carga mecánica sobre fibras musculares individuales.

Dejame explicar.

¿Cómo afecta la hipertrofia la alteración del ritmo de levantamiento?

Cuando los expertos en culturismo recomiendan "mantener una tensión constante en el músculo "durante una repetición realizada con una carga moderada, casi siempre especificar un tempo de elevación submáximo.

Cuando se levanta una carga moderada lo más rápido posible (con el máximo esfuerzo), hay una fase de aceleración seguida de una fase de desaceleración. Esto significa que La fuerza muscular es alta en la primera mitad de la repetición y baja en la segunda mitad. Está no es posible "mantener una tensión constante en el músculo" y también utilizar un máximo esfuerzo, excepto cuando estamos muy fatigados.

Entonces, ¿cómo afecta el ritmo de elevación al reclutamiento de unidades motoras y a la mecánica? carga sobre fibras musculares individuales?

1. Realizar repeticiones lo más rápido posible

Si realizamos una sola repetición con una carga moderada lo más rápido posible, esto requiere un esfuerzo máximo. Si realizamos deliberadamente la misma repetición a una velocidad más lenta velocidad, esto requiere solo un esfuerzo submáximo.

Realizar repeticiones individuales de una carga moderada con un esfuerzo máximo tiene tres claves características.

En primer lugar, el reclutamiento de unidades motoras es muy alto. El sistema nervioso central determina la fuerza que se produce contra cualquier carga dada al alterar la grado de reclutamiento de unidades motoras. Por lo tanto, los esfuerzos máximos implican la máxima niveles de reclutamiento de unidades motoras. Esto significa que más motor de umbral alto las unidades se reclutan a niveles máximos de esfuerzo, en comparación con niveles submáximos de esfuerzo.

En segundo lugar, dado que los esfuerzos máximos conducen a velocidades de barra más rápidas (y, por lo tanto, más rápidas velocidades de acortamiento de las fibras musculares), las fibras musculares individuales deben ejercer fuerzas más bajas en los esfuerzos máximos en comparación con los esfuerzos submáximos, debido a la relación fuerza-velocidad. Esto significa que la mecánica La carga experimentada por cada fibra muscular individual es menor al máximo. esfuerzos en comparación con los esfuerzos submáximos.

En tercer lugar, cuando las repeticiones se realizan con el máximo esfuerzo, hay un largo fase de aceleración al inicio del movimiento, seguida de una desaceleración larga fase. En la fase de aceleración, la fuerza producida por el músculo en la barra debe ser igual a la suma de la fuerza debida a la gravedad ($F = mg$) más la fuerza requerido para acelerar la masa de la barra ($F = ma$). En la fase de desaceleración, la fuerza producida por el músculo en la barra debe ser menor que la fuerza debido a la gravedad ($F < mg$), de modo que la barra naturalmente se desacelera hasta detenerse en la parte superior de su rango de movimiento. Esto significa que el músculo solo ejerce una gran fuerza en el

primera parte del ejercicio (en el momento en que se alarga el músculo), después de lo cual reduce la producción de fuerza, al reducir el reclutamiento de unidades motoras.

En resumen, cuando realizamos una sola repetición con una carga moderada tan rápido como posible (y por lo tanto con el máximo esfuerzo), el reclutamiento de unidades motoras es muy alto debido al alto nivel de esfuerzo, pero la carga mecánica experimentada por cada fibra muscular individual es menor que en los esfuerzos submáximos (y más lenta velocidades de contracción), debido a la relación fuerza-velocidad. Músculo entero

La fuerza también se reduce a la mitad de la repetición, debido a la necesidad de un fase de desaceleración. Esto se logra reduciendo el reclutamiento de unidades motoras.

2. Realizar repeticiones lentamente y bajo control

Si realizamos una sola repetición con una carga moderada deliberadamente lentamente, esto implica un esfuerzo submáximo. Realizar repeticiones individuales de una carga moderada con un El esfuerzo submáximo tiene tres características clave.

En primer lugar, el reclutamiento de unidades motoras es relativamente bajo. El sistema nervioso central determina la fuerza que se produce a cualquier velocidad dada (es decir, contra cualquier carga) alterando el grado de reclutamiento de unidades motoras. Por lo tanto, submáxima Los esfuerzos implican niveles más bajos de reclutamiento de unidades motoras que los esfuerzos máximos, lo que significa que no reclutan las unidades motoras de umbral alto que controlan la gran cantidad de fibras musculares altamente sensibles que crecen después de la fuerza capacitación.

En segundo lugar, dado que los esfuerzos submáximos conducen a velocidades de barra más lentas (y, por lo tanto, velocidades de acortamiento de las fibras musculares más lentas), las fibras musculares individuales ejercerán fuerzas más altas en esfuerzos submáximos en comparación con los esfuerzos máximos, debido a la relación fuerza-velocidad. Esto significa que la carga mecánica experimentada por cada fibra muscular individual es mayor en esfuerzos submáximos en comparación con los esfuerzos máximos. Sin embargo, dado que estas fibras musculares están unidas a unidades motoras de umbral bajo, que tienden a no crecer mucho después de la fuerza entrenamiento, esto no es relevante para la hipertrofia.

En tercer lugar, cuando las repeticiones se realizan con un esfuerzo submáximo, solo hay un fase de aceleración corta al inicio del movimiento, y sólo una muy corta fase de desaceleración al final. Esto significa que la fuerza ejercida es aproximadamente igual a la fuerza debida a la gravedad ($F = mg$) en todo el rango de ejercicio de movimiento, que causa una disminución proporcional de la fuerza cuando el músculo está alargado, y un aumento proporcional de la fuerza cuando el músculo se acorta. Sin embargo, es importante destacar que esta tensión solo se aplica a las fibras musculares que están controladas por las unidades motoras reclutadas, que necesariamente deben excluir las unidades motoras de umbral porque el esfuerzo es submáximo.

En resumen, cuando realizamos una repetición deliberadamente lentamente (con un submáximo esfuerzo), el reclutamiento de unidades motoras es relativamente bajo debido al menor nivel de esfuerzo, pero la carga mecánica experimentada por cada fibra muscular individual es más alto que en los esfuerzos máximos (y velocidades de contracción más rápidas) debido a la Relación fuerza-velocidad. La fuerza de todo el músculo permanece constante (tanto en y longitudes de músculos cortos) a lo largo de la repetición, porque solo hay cortos fases de aceleración y desaceleración, lo que mantiene una tensión más constante en las fibras musculares que trabajan. Sin embargo, dado que estas fibras musculares no son las controlados por unidades motoras de umbral alto, esto no mejora hipertrofia.

¿Qué sucede cuando nos fatigamos por una serie?

En el transcurso de una serie, la fatiga se acumula, lo que tiene dos efectos.

En primer lugar, la fatiga provoca una reducción de la fuerza producida por cada músculo que trabaja. Esto hace que se recluten unidades motoras adicionales, lo que activa fibras musculares frescas adicionales. Estas fibras musculares adicionales compensan la fuerza reducida es producida por los fatigados.

Esta es una etapa clave en el proceso por el cual se produce la hipertrofia, ya que solo el Las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto contribuyen de manera significativa a desarrollo muscular. Esto se debe a que las unidades de motor de umbral alto controlan exponencialmente más fibras musculares que las unidades motoras de bajo umbral, y el músculo Las fibras que controlan responden mucho más al estímulo del entrenamiento de fuerza que los de las unidades motoras de umbral bajo.

En segundo lugar, la fatiga provoca una reducción en la velocidad de acortamiento del trabajo. fibras musculares. Esto hace que la fuerza producida por cada fibra muscular sea mayor. que a velocidades de acortamiento más rápidas, debido a la relación fuerza-velocidad. (La fuerza producida por las fibras musculares fatigadas aún se reduce, pero la fuerza producido por cualquier nueva fibra muscular activada debido a unidades motoras adicionales que se reclutado es alto).

Esta también es una etapa clave en el proceso por el cual se produce la hipertrofia, ya que La carga mecánica de las fibras musculares individuales es lo que hace que aumenten en

volumen. La reducción de la velocidad de acortamiento de las fibras musculares expone, por tanto, la nueva fibras musculares que se activan debido a unidades motoras adicionales que se reclutan para altos niveles de carga mecánica.

1. Realizar repeticiones lo más rápido posible

Cuando realizamos repeticiones individuales con una carga moderada lo más rápido posible en un estado no fatigado, esto implica: (1) un esfuerzo máximo (por lo tanto, unidad motora alta reclutamiento), (2) una velocidad de barra rápida (por lo tanto, un acortamiento rápido de la fibra muscular velocidad), lo que significa niveles bajos de fuerza producidos por cada músculo individual fibra (por lo tanto, bajos niveles de carga mecánica en cada fibra muscular) porque de la relación fuerza-velocidad, y (3) una fase de aceleración larga y una fase de desaceleración igualmente larga, que reduce el reclutamiento de la unidad motora en la segunda mitad de la repetición.

Sin embargo, cuando realizamos varias repeticiones lo más rápido posible con un moderado carga, la fatiga se acumula y esta situación cambia.

Mientras sigamos ejerciendo un esfuerzo máximo, el reclutamiento de unidades motoras permanece elevado. Sin embargo, la fatiga disminuye la velocidad de acortamiento de las fibras musculares. Esta aumenta la carga mecánica en cada fibra muscular individual. También el cantidad de fuerza que se puede producir en exceso de la fuerza debida a la gravedad reduce, de modo que se reducen las duraciones de las fases de aceleración y desaceleración. Esto conduce a un largo período de tensión mecánica constante (y alta) en el fibras musculares activadas de unidades motoras de alto umbral, que es lo que desencadena hipertrofia.

2. Realizar repeticiones lentamente y bajo control

Cuando realizamos repeticiones individuales de una carga moderada lentamente y bajo control en un estado no fatigado, esto implica: (1) un esfuerzo submáximo (por lo tanto, niveles más bajos del reclutamiento de unidades motoras), (2) una velocidad de barra lenta (por lo tanto, una fibra muscular lenta

velocidad de acortamiento), lo que significa altos niveles de fuerza producidos por cada fibra muscular individual (por lo tanto, altos niveles de carga mecánica en cada fibra muscular) debido a la relación fuerza-velocidad, y (3) un corto fase de aceleración y una fase de desaceleración igualmente corta, que mantiene Reclutamiento de unidades motoras a niveles similares a lo largo de la repetición.

Sin embargo, cuando realizamos varias repeticiones lentamente y bajo control con un carga moderada, la fatiga se acumula y esta situación cambia.

A medida que la carga se vuelve cada vez más difícil de levantar, el esfuerzo requerido para realizar la el ejercicio en el tempo especificado aumenta necesariamente. El esfuerzo submáximo se convierte en un esfuerzo máximo, debido a la fatiga acumulada. Como resultado, el reclutamiento de unidades motoras se vuelve alto. La velocidad de acortamiento de las fibras musculares fue ya lento, y las fases de aceleración y desaceleración ya eran cortas, por lo que hay un largo período de tensión mecánica constante (y alta) en el activado fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto, que es lo que desencadena la hipertrofia.

NB Cargas pesadas

El análisis anterior se refiere a cargas moderadas. Sin embargo, el papel de la fatiga puede También se puede realizar con pesos pesados. Cuando la carga relativa es alta (> 85-90% de 1RM), el reclutamiento de unidades motoras es completo independientemente del tempo, la diferencia en La velocidad de la barra entre los esfuerzos máximos y submáximos es bastante mínima, y la Las duraciones de las fases de aceleración y desaceleración son pequeñas.

¿Cómo afecta la hipertrofia el no hacer pausas entre repeticiones?

La mayoría de las veces, cuando levantamos pesas, inconsciente o conscientemente haga una breve pausa entre cada repetición. Las pausas breves tienen el efecto de permitir músculos un breve período de tiempo para recuperarse de la fatiga que eventualmente nos hace terminar el conjunto.

Las series de grupos pueden implicar tomar pausas breves deliberadamente entre cada repetición, a menudo de entre 10 y 15 segundos. Este método de entrenamiento ralentiza la velocidad a la que La fatiga se acumula y permite que las series se prolonguen más de lo que lo haría. de lo contrario sería posible. En comparación con los conjuntos de grupos, la fatiga se acumula más rápidamente en conjuntos convencionales (y los conjuntos se completan más rápido).

Hay dos diferencias principales entre las series realizadas sin pausas entre repeticiones y series realizadas con pausas (o incluso descansos breves) entre repeticiones. Primeramente, no hacer pausas entre repeticiones conduce a una reducción total de repeticiones por serie, en comparación con haciendo pausas. En segundo lugar, no hacer pausas entre repeticiones conduce a una mayor reducciones en la oxigenación de la sangre.

Pero, ¿alguno de estos factores afecta la hipertrofia?

1. Diferencias de volumen

Algunas personas han observado que, dado que los períodos de descanso entre repeticiones permiten una mayor número de repeticiones, esto permite realizar mayores volúmenes, lo que puede conducir a mayor crecimiento muscular, ya que mayores volúmenes a menudo se relacionan con mayores hipertrofia en respuesta a la dosis. Sin embargo, esta sugerencia no comprender la naturaleza de la relación entre volumen e hipertrofia.

La literatura muestra que mayores volúmenes (número de conjuntos a fallar) producen más hipertrofia, y este resultado responde a la dosis hasta volúmenes bastante altos. Sin embargo, este resultado no se ve afectado por la cantidad de repeticiones que se realizan en cada serie. cuando se utilizan cargas moderadas o moderadamente ligeras. Cuando el peso está entre 5RM y 30RM, la cantidad de hipertrofia que se logra es la misma, aunque entrenar con cargas más ligeras implica varias veces más volumen (series x repeticiones) y carga de volumen (series x repeticiones x peso) que el entrenamiento con cargas moderadas,

y mayores aumentos tanto en el volumen (series x repeticiones) como en la carga de volumen (series x repeticiones x peso) sobre un programa de entrenamiento.

En otras palabras, el volumen (series x repeticiones) y la carga de volumen (series x repeticiones x peso) son completamente ajeno a la hipertrofia.

Esto se debe a que las únicas repeticiones que producen hipertrofia durante la entrenamiento de fuerza son aquellos que implican un alto nivel de reclutamiento de unidades motoras en al mismo tiempo que una velocidad lenta de acortamiento de las fibras musculares, y probablemente las últimas cinco (estimulantes) repeticiones de cualquier serie realizada hasta el fallo, al levantar un carga moderada. En consecuencia, es probable que las diferencias de volumen (conjuntos x repeticiones) y carga de volumen (series x repeticiones x peso) entre series realizadas con y sin pausas con cargas moderadas no tendrá ningún efecto en el músculo resultante crecimiento que se produce.

2. Diferencias en la oxigenación de la sangre.

Al realizar repeticiones con un tempo deliberadamente lento y sin pausa entre ellos, hay una mayor reducción de la oxigenación de la sangre, en comparación con al realizar repeticiones a velocidad normal con pausas de 1 segundo. Esta mayor La reducción de la oxigenación de la sangre probablemente esté relacionada con la restricción del flujo sanguíneo. causado por el músculo en constante contracción.

Algunos investigadores han sugerido que la hipoxia podría conducir al reclutamiento de unidades motoras de umbral alto, para mantener la producción de fuerza a pesar de la falta de disponibilidad de energía (aunque esto podría explicarse fácilmente por la presencia de cualquier forma de fatiga). Otros han señalado que la hipoxia conduce a aumento de la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS). Los ROS a menudo aumentan en respuesta al entrenamiento de fuerza, y a menudo se han relacionado con el estrés metabólico, pero No está claro si juegan un papel clave en la hipertrofia o en la reparación del daño muscular. De hecho, es más probable que sirvan para indicar la presencia de periféricos. fatiga.

Aun así, vale la pena señalar que otras medidas de estrés metabólico no son aumenta cuando se utilizan tempos lentos. Los niveles de lactato en sangre son básicamente los mismos, independientemente de si las repeticiones se realizan con un tempo deliberadamente lento y sin pausa o un tempo normal con pausas, lo que indica que la acumulación de metabolitos es No es diferente. (Además, algunos estudios han demostrado que los tempos más lentos en realidad producir aumentos más pequeños en el lactato sanguíneo después del entrenamiento que tempos más rápidos, cuando no se hacen pausas entre repeticiones).

A fin de cuentas, parece probable que muchas de las respuestas elevadas posteriores al entrenamiento que ocurren como resultado de la hipoxia están relacionados con el daño muscular. Fatigoso condiciones realizadas en condiciones hipóxicas implican una excitación sostenida afluencia inducida de iones de calcio en condiciones de bajo estado energético, y esto activa proteasas conocidas como calpaínas y fosfolipasas. Estas proteasas se rompen por la ultraestructura de la célula muscular y el sarcolema, lo que conduce a Daño a las fibras musculares.

Es cierto que se han realizado algunas investigaciones que demuestran que realizar entrenamiento de fuerza en condiciones hipóxicas (incluso con flujo sanguíneo restricción) puede ser ligeramente superior para el crecimiento muscular, en comparación con entrenamiento de fuerza convencional. Sin embargo, entrenar en condiciones hipóxicas (y con restricción del flujo sanguíneo externo) también involucra otros factores que difieren de Entrenamiento con tensión constante.

¿Qué es la comida para llevar?

Los expertos en culturismo a menudo recomiendan que "mantengamos una tensión constante en el músculo "durante cada serie de entrenamiento para maximizar la hipertrofia. Superficialmente, esto suena plausible, pero dado que los tempos de elevación deliberadamente lentos implican niveles submáximos de reclutamiento de unidades motoras, esta táctica no puede mejorar crecimiento muscular, ya que no activa la gran cantidad de fibras musculares controladas por unidades motoras de umbral alto. Sólo una vez la fatiga se acumula hacia el final de una serie (y hace que el esfuerzo submáximo máxima) son las fibras musculares de estas unidades motoras de alto umbral estimuladas para crecer.

PUEDE USAR EL MÚSCULO MENTE MEJORA DE LA CONEXIÓN ¿HIPERTROFIA?

Históricamente, muchos culturistas defendieron la importancia de implementar un

"Conexión mente-músculo" durante el entrenamiento de fuerza. Usando un músculo mental conexión se refiere a centrar nuestra atención en el músculo que está trabajando durante una serie de ejercicios de entrenamiento de fuerza.

Si bien esto puede no parecer un área obvia para que los investigadores investiguen, la Los efectos de dónde enfocamos nuestra atención durante las actividades físicas ha sido de gran interés para los científicos. Esta literatura más amplia, así como algunos estudios recientes en el enfoque de atención durante el entrenamiento de fuerza, nos permite evaluar si el uso de la conexión mente-músculo podría ayudarnos o dificultarnos en nuestra búsqueda para lograr mayor crecimiento muscular.

¿Qué es el enfoque atencional?

Se han identificado dos tipos clave de enfoque de la atención: (1) interno y (2) externo.

Un foco de atención externo implica pensar en el medio ambiente, como el peso o el suelo. Un foco de atención interno implica pensar en el cuerpo, como la contracción del músculo que trabaja o el movimiento del extremidades alrededor de una articulación.

Los investigadores han descubierto que cuando un individuo emplea un enfoque externo de atención durante un movimiento físico, esto les permite lograr una mayor máxima producción de fuerza, mayor rendimiento en pruebas de capacidad atlética y más repeticiones en pruebas de resistencia muscular. Todos estos beneficios probablemente se deben a mayor eficiencia de movimiento.

En consecuencia, no es de extrañar que el uso de un foco de atención externo haya También se ha asociado con ganancias superiores en el aprendizaje motor a largo plazo. periodo de entrenamiento.

Por el contrario, los investigadores han descubierto que el uso de un enfoque interno de atención conduce a una mayor activación muscular (medida por electromiografía de superficie) en junto con pares de articulación reducidos medidos por un dinamómetro. Esta

El hallazgo también se ha informado cuando los investigadores han examinado la mente-músculo conexión durante el entrenamiento de fuerza convencional, al menos cuando se usa un encendedor cargas y cuando los sujetos tienen alguna experiencia en entrenamiento de fuerza.

Aun así, usar la conexión mente-músculo para producir un enfoque interno de La atención se ha asociado con ganancias superiores en el tamaño del músculo a largo plazo. periodo de entrenamiento. Los investigadores generalmente han explicado este hallazgo por referencia. a la mayor activación de los músculos de trabajo (agonistas) que generalmente es observado durante las repeticiones realizadas con un enfoque interno, en comparación con las realizadas con un enfoque externo.

¿Cómo podría un enfoque interno de atención mejorar los músculos? ¿activación?

Durante el entrenamiento de fuerza, la activación muscular se ve afectada principalmente por el nivel de Reclutamiento de la unidad motora, aunque también puede estar influenciado por la unidad motora. frecuencia de disparo, así como otros factores. Cuando la activación muscular es mayor, esta indica que es posible que se hayan contratado más unidades motoras para realizar la tarea. Se reclutan unidades motoras adicionales cuando el sistema nervioso central identifica que los niveles existentes de producción de fuerza son insuficientes para llevar a cabo la movimiento según lo previsto.

Se reclutan más unidades motoras en cualquiera de los tres escenarios: (1) aumentos de carga y por lo tanto, el requisito de producción de fuerza externa aumenta, (2) movimiento aumenta la velocidad y, por lo tanto, la fuerza producida por cada fibra muscular disminuye, y (3) se produce fatiga, y por lo tanto la fuerza producida por cada la fibra muscular disminuye.

Dado que un foco de atención externo a menudo implica un desempeño superior en movimientos atléticos, es poco probable que un foco interno de atención cause mayor activación del músculo agonista que un foco de atención externo debido a

aumento de la velocidad de movimiento. En consecuencia, en condiciones de falta de fatiga, es probable que un enfoque interno conduce a un mayor reclutamiento de unidades motoras debido a la necesidad de producir una fuerza muscular agonista más grande al mismo (o tal vez incluso a un ritmo más lento) velocidad de movimiento.

Exactamente * por qué * existe la necesidad de producir una mayor fuerza muscular agonista cuando El uso de un foco de atención interno rara vez se discute.

Algunas posibles explicaciones para el aumento de la fuerza muscular agonista incluyen: (1) una fuerza muscular antagonista aumentada, (2) fuerza muscular sinergista alterada y (3) la activación de regiones del músculo agonista que son menos efectivas para el movimiento que se está realizando.

Un aumento en la fuerza del músculo antagonista requerirá necesariamente que el agonista producir más fuerza para lograr el mismo par de articulación, ya que la articulación El torque es el efecto neto del músculo agonista menos las fuerzas del músculo antagonista. Las alteraciones en la fuerza del músculo sinérgico (debido a la coordinación deficiente) también requieren que el músculo agonista ejerza más fuerza para lograr la misma articulación par, ya que los sinergistas contribuyen positivamente al par de la articulación, generalmente por haciendo que la articulación sea más estable. Activando regiones del músculo que no son normalmente activado para realizar el ejercicio específico sería muy ineficaz. En En tales casos, estas regiones podrían simplemente contraerse de forma aislada, mientras que no contribuyendo a la producción de fuerza en la articulación de cualquier manera significativa.

En última instancia, dado que probablemente no sea posible alterar la cantidad de unidad de motor sincronización, la mayor activación del músculo agonista para la misma cantidad de La fuerza externa o el par de articulación deben surgir debido a uno de estos factores.

¿Cómo podría un foco de atención interno mejorar el crecimiento muscular?

Aunque un foco de atención interno aumenta la activación muscular, y es Es probable que esto conduzca a un aumento de la fuerza del músculo agonista en un ejercicio dado para el misma cantidad de fuerza externa o par de torsión articular, ¿cómo podría esto traducirse en aumento del crecimiento muscular?

La respuesta puede depender del mecanismo por el cual se activa la activación muscular. aumentado con un foco de atención interno.

1. Aumento de la activación del músculo antagonista

La activación de los músculos antagonistas es mayor durante los lanzamientos y los saltos. movimientos con un foco de atención interno, en comparación con un externo enfoque de atención.

Sin embargo, la hipertrofia solo ocurre cuando las fibras musculares de alto umbral Las unidades motoras se acortan a velocidades lentas (y por lo tanto producen altas fuerzas y experimentan altos niveles de carga mecánica). Las circunstancias que conducen a la fuerza que ejercen esas fibras musculares son en gran medida irrelevantes.

En otras palabras, no debería importar si esas fibras musculares producen fuerza en respuesta a una carga externa, o a la activación del músculo antagonista. De hecho, esto es por qué podemos producir altos niveles de activación muscular (y posteriormente también hipertrofia) simplemente flexionando los músculos.

En consecuencia, parece poco probable que las diferencias en el nivel de músculo antagonista La activación entre un foco de atención interno y externo podría ser responsable de la mayor hipertrofia que se produce al utilizar un foco interno

de atención.

2. Activación muscular sinérgica alterada

Del mismo modo, no debería importar si las fibras musculares controladas por alta Las unidades motoras de umbral producen una fuerza mayor en respuesta a un sinergista alterado. activación o aumento de la activación del músculo antagonista.

Es por eso que entrenar usando inestable (pesas libres) y estable (máquina) implementos para ejercicios similares generalmente implican niveles similares de agonista activación muscular y probablemente también cause cantidades similares de crecimiento muscular. A pesar de que las condiciones inestables requieren contribuciones mucho mayores de la músculos sinérgicos para estabilizar la articulación, la hipertrofia resultante no es así de diferente.

3. Activación muscular regional

El crecimiento muscular no ocurre de manera uniforme en todas las partes de un músculo después de la fuerza. formación, sino que ocurre en regiones específicas. Es probable que esto suceda durante al menos dos razones muy diferentes.

En primer lugar, ocurre cuando las fibras musculares aumentan en longitud o diámetro, ya que Los aumentos de longitud tienden a conducir a mayores aumentos en el tamaño del músculo distal, mientras que Los aumentos en el diámetro de la fibra tienden a causar una mayor hipertrofia en el proximal y regiones medias de un músculo.

En segundo lugar, ocurre cuando se activan regiones funcionales específicas del músculo. para realizar ciertos movimientos. Esto puede implicar la producción de fuerza en longitudes de músculo específicas o en diferentes direcciones en una articulación. Los investigadores tienen encontró que estas regiones están controladas de manera diferente por el sistema nervioso central de la misma manera que se controlan los diferentes músculos.

Cuando realizamos un movimiento con un foco de atención externo, es probable que solo producen fuerza con aquellas regiones que están óptimamente estructuradas para contribuir a ese movimiento. Por el contrario, cuando realizamos un movimiento con un foco de atención, también podemos producir fuerza con regiones adicionales, y estas regiones pueden no contribuir de manera particularmente eficaz al movimiento. Esto causaría una mayor activación muscular general sin sustancialmente aumentando la fuerza externa o par articular (que es lo que observamos). Podría también conducen a una mayor hipertrofia general debido al crecimiento muscular en regiones del músculo que no se entrenan cuando se utiliza un enfoque externo de atención.

¿Qué significa esto en la práctica?

En la práctica, el uso de un enfoque interno puede ser útil para algunos grupos de levantadores. que están entrenando para la hipertrofia, pero no otros.

Los principiantes completos pueden encontrar que usar un enfoque interno de atención es útil durante ciertos ejercicios, para asegurarse de que están utilizando el ejercicio de manera efectiva para entrenar el músculo objetivo. De hecho, los investigadores han descubierto que pedir a las personas que centrarse en ciertos grupos de músculos les permite activar esos grupos de músculos

Los levantadores intermedios pueden encontrar que usar un enfoque interno de atención puede interferir con la sobrecarga progresiva. A diferencia de los principiantes completos, los intermedios no siempre puede aumentar fácilmente el número de repeticiones en cada serie o el peso en el barra de un entrenamiento al siguiente. Y, sin embargo, lograr una sobrecarga progresiva es esencial para que la hipertrofia continúe durante un largo período de tiempo. Desde que usó un El enfoque interno de atención conduce a que se realicen menos repeticiones en una serie, puede ser tentador dejar temporalmente de usar el foco interno de atención hacia el final de una serie únicamente para lograr el número objetivo de repeticiones de una serie para el día. Esto puede dar lugar a la aparición de una sobrecarga progresiva que se consiga, sin realmente lograrlo.

Levantadores avanzados, que pueden emplear exactamente el mismo enfoque de atención en cada repetición de cada serie, pueden encontrar que pueden usar un enfoque interno de atención efectivamente, pero esto puede llevar mucho tiempo y práctica.

¿Qué es la comida para llevar?

La conexión mente-músculo es un foco interno de atención, que involucra dirigiendo nuestra atención al músculo que trabaja durante el entrenamiento de fuerza. Un El foco interno de atención probablemente aumenta la fuerza muscular para el mismo nivel de fuerza externa o fuerza de giro de la articulación, debido a un aumento del músculo antagonista fuerza, fuerzas musculares sinérgicas alteradas o la activación de regiones adicionales de el músculo agonista que normalmente no se utilizaría para ese particular movimiento. Sin embargo, lo más probable es que solo la activación de regiones del músculo agonista contribuye a la mayor hipertrofia que es observado durante el entrenamiento utilizando un foco de atención interno.

**HACE UN RANGO COMPLETO DE MOVIMIENTO
SIEMPRE PRODUZCA MÁS MÚSCULO
¿CRECIMIENTO?**

Se cree ampliamente que siempre se logran mayores ganancias en el tamaño muscular después de entrenamiento de fuerza con un rango completo de movimiento, en comparación con después del entrenamiento con un rango de movimiento parcial. Si bien esta creencia probablemente se originó entre la fuerza entrenadores que estaban molestos al ver a sus atletas realizar cuartos de sentadilla, tiene algún respaldo científico.

Algunos ensayos a largo plazo han informado un mayor crecimiento muscular después del entrenamiento con un rango de movimiento completo, o después del entrenamiento con un rango de movimiento parcial donde el músculo alcanza una longitud más larga y, por lo tanto, está más estirado. Los investigadores La realización de estos estudios planteó la hipótesis de que esto sucedería debido a la efectos potencialmente aditivos del estiramiento y la contracción sobre la hipertrofia que han se ha observado en modelos animales.

Sin embargo, no todos los ensayos a largo plazo han informado un mayor crecimiento muscular después entrenando con un rango de movimiento completo, o con un rango de movimiento parcial donde el el músculo alcanza una longitud más larga. Varios estudios recientes han informado hipertrofia después del entrenamiento con diferentes rangos de movimiento. Aún más sorprendentemente, algunos estudios han informado un mayor crecimiento muscular después entrenamiento de rango parcial de movimiento!

Así que echemos un vistazo de cerca a toda la investigación.

¿Cómo han comparado los investigadores el entrenamiento con diferentes rangos de movimiento?

Los investigadores han evaluado el problema de cómo el rango de movimiento afecta el músculo crecimiento después del entrenamiento de fuerza de varias formas diferentes. En general, hay dos grupos de estudios.

Un grupo de estudios ha comparado rangos completos de movimiento con rangos parciales de movimiento, donde el rango de movimiento parcial es parte del rango de movimiento completo. El entrenamiento grupal con un rango completo de movimiento cubre todo el rango de movimiento. utilizado por el entrenamiento en grupo con un rango de movimiento parcial, y más.

Otro grupo de estudios ha comparado diferentes rangos parciales de movimiento (que puede o no superponerse ligeramente). En estos estudios, un grupo alcanza un menor (más contraído) la longitud del músculo, mientras que el otro grupo alcanza una longitud más larga (más estirado) longitud del músculo.

1. Rangos de movimiento completos y parciales

Algunos estudios han comparado rangos completos de movimiento con variaciones parciales del mismo ejercicio. Sin embargo, los rangos de movimiento parciales exactos utilizados en estos estudios difieren ligeramente. Algunos estudios utilizan la parte superior del rango de movimiento completo para grupo de rango de movimiento parcial, mientras que otros usan el medio.

Por ejemplo, en un par de estudios se ha comparado la formación con la formación total y parcial. sentadillas. En estos estudios, el entrenamiento de sentadillas parciales implica el uso de la parte superior del ejercicio realizado por todo el grupo de rango de movimiento. Del mismo modo, otro estudio ha comparado el entrenamiento de extensión de rodilla completo (0 a 100 grados) y parcial (0 a 60 grados) rangos de movimiento.

En estos estudios, el grupo de rango completo de movimiento alcanza el mismo tope (contraído

músculo) como el grupo de rango de movimiento parcial, pero una parte inferior diferente posición (músculo estirado).

Otros estudios han comparado el entrenamiento con rangos de movimiento completos y parciales, donde el rango de movimiento parcial está en el medio del rango de movimiento completo ejercicio. Un estudio comparó el entrenamiento de curl de predicador con un rango completo de movimiento (0–130 grados) y un rango de movimiento parcial (50–100 grados). Otro estudio comparó el entrenamiento de extensión de tríceps acostado con un rango completo de movimiento (0-120 grados) y un rango de movimiento parcial (45-90 grados). En estos estudios, el grupo de rango de movimiento alcanza una parte superior más alta (músculo contraído) y una parte inferior posición inferior (músculo estirado) que el grupo de rango de movimiento parcial.

2. Diferentes rangos parciales de movimiento.

Otros estudios han comparado rangos de movimiento parciales similares, donde un grupo entrena de manera que el músculo esté bastante estirado al final del descenso (excéntrica), mientras que el otro grupo entrena de manera que el músculo no esté tan estirado.

Por ejemplo, un estudio comparó el entrenamiento con un rango de extensión de rodilla ejercicios con un rango de movimiento parcial que implicaba alcanzar una mayor posición estirada para los cuádriceps (40-90 grados) o una posición menos estirada (0–50 grados). Otro estudio comparó diferentes ejercicios de extensión de tríceps, donde un grupo entrenó de tal manera que los tríceps alcanzaran una posición estirada (70–150 grados) y el otro grupo entrenó de tal manera que el músculo alcanzó un posición contraída (10–90 grados).

En estos estudios, los grupos alcanzan diferentes niveles superior (músculo contraído) e inferior. (músculo estirado) posiciones entre sí, y mientras un grupo alcanza un posición más contraída, el otro grupo alcanza una posición más estirada.

¿Qué nos dicen estas comparaciones?

Estos estudios nos permiten evaluar el efecto del rango de movimiento en el crecimiento muscular. por tres comparaciones diferentes, dependiendo de los rangos parciales de movimiento que fueron probados.

Comparación n. ° 1: el grupo de rango completo de movimiento alcanza la misma cima (músculo contraído) como el grupo de rango de movimiento parcial, pero una posición inferior (músculo estirado). Juntos, estos estudios muestran que los rangos parciales de movimiento producen una hipertrofia regional diferente, y mientras el rango de movimiento completo produce mayores aumentos en la longitud de la fibra, el rango parcial de movimiento podría producir mayores incrementos en el diámetro de la fibra.

Comparación n. ° 2: el grupo de rango completo de movimiento alcanza un tope más alto (músculo contraído) y una posición inferior más baja (músculo estirado) que la rango parcial de grupo de movimiento. Estos estudios muestran que cuando el rango parcial de El movimiento utilizado está en el medio del rango completo de movimiento, produce similar o mayor crecimiento muscular.

Comparación n. ° 3: los grupos alcanzan diferentes niveles superior (músculo contraído) e inferior (músculo estirado) posiciones entre sí, y mientras un grupo alcanza un posición más contraída, el otro grupo alcanza una posición más estirada. Estos estudios muestran que cuando el rango de movimiento parcial utilizado alcanza un mayor longitud del músculo estirado, produce mayores aumentos en la longitud de la fibra, pero la los efectos sobre el tamaño del músculo no están claros.

En general, la investigación no proporciona un apoyo unánime a la idea de que alcanzar una posición estirada siempre es beneficioso para el crecimiento muscular. Incluso si nosotros incluir aquellos estudios que informan un mayor crecimiento muscular solo en algunas regiones como siendo indicativo de una mayor hipertrofia general, tres estudios informan una mayor hipertrofia después del entrenamiento con una posición más estirada, pero cuatro estudios informan hipertrofia similar o mayor después del entrenamiento con una posición menos estirada.

De hecho, la tendencia más clara es un mayor aumento en la longitud de la fibra muscular después entrenamiento con rangos de movimiento completos o parciales donde el músculo alcanza un mayor posición estirada, que puede estar relacionada con las diferentes hipertrofias regionales. Los aumentos en la longitud de la fibra parecen estimularse cuando el músculo alcanza un mayor longitud durante un ejercicio, porque esto provoca la tensión mecánica experimentada por las fibras musculares para ser producida más por elementos pasivos (la estructura de la fibra muscular, incluida la titina).

Por el contrario, la tensión mecánica proporcionalmente mayor colocada sobre el activo elementos (los puentes cruzados actina-miosina) durante el entrenamiento de rango parcial de movimiento podría causar mayores aumentos en el diámetro de la fibra, lo que podría conducir a mayores ganancias en el área de la sección transversal anatómica o fisiológica.

¿Qué podría producir diferencias entre estudios?

Dado que estos estudios en general estaban bien diseñados y se llevaron a cabo para (comparativamente) altos estándares metodológicos, es más probable que cualquier Las diferencias entre ellos radica en (1) las formas en que el volumen o el trabajo realizado fue equiparados entre grupos, (2) los ejercicios que se utilizaron, o (3) el grupo de músculos que fue entrenado y medido.

1. Volumen o trabajo realizado

Algunos de los estudios equipararon el volumen (series x repeticiones) entre grupos, algunos equipararon predice las fuerzas musculares y uno equipara el trabajo realizado. El único estudio que El trabajo igualado realizado requirió el rango parcial de grupo de movimiento para realizar series o repeticiones adicionales, lo que indica que los rangos completos de movimiento son más eficientes formas de lograr una mayor carga de entrenamiento.

Además, el estudio que equiparó el trabajo realizado en lugar del volumen informó una mayor aumentos en el área de la sección transversal fisiológica después del rango parcial de movimiento capacitación, lo que sugiere que aquellos estudios que igualan el volumen y reportan similares o Un mayor crecimiento muscular después de entrenar con grandes longitudes musculares puede estar proporcionando un estímulo más pequeño en el grupo de rango de movimiento parcial debido al menor trabajo realizado.

2. Ejercicios utilizados

Los ejercicios utilizados en estos estudios variaron de varias formas, incluyendo (1) la número de ejercicios utilizados en los programas de entrenamiento, (2) número de articulaciones utilizadas (multiarticulares o monoarticulares) y (3) las curvas de fuerza de los ejercicios. Mirando en cómo los estudios difieren entre sí podría ayudarnos a comprender el papel de rango de movimiento en hipertrofia.

Número de ejercicios: todos menos dos de los estudios que investigan los efectos de rango de movimiento han probado ejercicios individuales, lo que hace comparaciones entre grupos bastante fiables. Curiosamente, estos dos estudios muestran un beneficio efecto del entrenamiento en longitudes musculares más largas cuando se utiliza una gama de articulaciones múltiples ejercicios para la parte inferior del cuerpo, lo que sugiere que una mayor variación del ejercicio podría interactuar con rango de movimiento.

Número de articulaciones: tres estudios evaluaron los ejercicios multiarticulares. Éstas eran los tres que informaron un efecto beneficioso del entrenamiento en longitudes musculares más largas, sugiriendo que los ejercicios multiarticulares podrían beneficiarse más de una gama completa de movimiento. Los cuatro estudios que informaron un efecto similar o superior de rango parcial

del entrenamiento de movimiento todos evaluaron los ejercicios de articulación única, de los cuales uno evaluó extensión de rodilla, dos evaluaron varias extensiones de tríceps diferentes, y una evaluó el rizo predicador.

Curvas de fuerza: no todos los estudios utilizaron ejercicios con la misma fuerza curva. Los ejercicios multiarticulares para la parte inferior del cuerpo generalmente implican una fuerza bastante pronunciada curva debido al cambio de la longitud del brazo de momento externo en el rango de ejercicio de movimiento. Esta pronunciada curva de fuerza requiere que los músculos produzcan más fuerzas en la parte inferior del ejercicio que en la parte superior. El rizo predicador tiene una curva de resistencia igualmente empinada. Por el contrario, un estudio utilizó la adaptación resistencia para la extensión de la rodilla, creando así una curva de fuerza plana, y la Los ejercicios de tríceps probablemente involucraron curvas de fuerza parabólicas, donde el ejercicio requirió las mayores fuerzas en el medio.

En resumen, los estudios que reportaron un mayor crecimiento muscular después del entrenamiento con un rango de movimiento completo, o con un rango de movimiento parcial donde el músculo alcanza una duración más larga, tendía a usar una variedad de ejercicios (en lugar de un solo ejercicio), Ejercicios multiarticulares (en lugar de ejercicios de una sola articulación) y una fuerza más pronunciada curva, donde se requieren las mayores fuerzas en la parte inferior del ascensor, correspondiente a longitudes de músculos largos.

3. Grupo muscular

Los grupos de músculos evaluados en estos estudios variaron en la medida en que (1) pertenecían a ya sea la parte superior o la parte inferior del cuerpo, y (2) mostraron diferencias en su longitud-relaciones de tensión.

Parte superior frente a parte inferior del cuerpo: tres estudios evaluaron los cambios en el vasto lateral, uno evaluó la hipertrofia de todo el muslo, dos evaluaron el crecimiento muscular en el tríceps braquial y uno evaluó los cambios en el bíceps braquial. Los únicos estudios para informar un efecto beneficioso del entrenamiento en longitudes musculares más largas han involucrado entrenamiento y medición de los músculos del muslo (cuádriceps), pero los efectos beneficiosos de Se han reportado entrenamientos con un rango de movimiento parcial tanto para la parte superior como para grupos de músculos de la parte inferior del cuerpo.

Relación longitud-tensión: el tríceps braquial opera casi por completo en la región de la meseta de la relación longitud-tensión (donde los elementos activos de las fibras musculares contribuyen más a la producción de fuerza), el bíceps braquial opera en las regiones del limbo ascendente y la meseta (donde los elementos activos de las fibras musculares contribuyen más a la producción de fuerza), y los cuádriceps operan la mayor parte del tiempo en la rama descendente (donde los elementos pasivos de las fibras musculares contribuyen más a la producción de fuerza). Los únicos estudios para reportar un efecto beneficioso del entrenamiento en longitudes musculares más largas han involucrado entrenamiento y medición de los músculos del muslo (cuádriceps).

En resumen, estudios que reportan un mayor crecimiento muscular después del entrenamiento con un rango de movimiento, o con un rango de movimiento parcial donde el músculo alcanza un de mayor longitud, tienden a probar los cuádriceps. Estos músculos podrían ser más susceptibles al crecimiento muscular mediado por estiramiento porque están trabajando en el rama descendente de la relación longitud-tensión durante la mayor parte del tiempo, lo que significa que los elementos pasivos de las fibras musculares contribuyen sustancialmente a fuerza de producción.

¿Qué significa esto en la práctica?

Analizando los estudios que han comparado ejercicios con diferentes rangos de movimiento, y sin embargo han producido resultados diferentes, podemos hacer inferencias sobre los factores que pueden ser importantes para obtener el mayor beneficio de los ejercicios usando rangos de movimiento completos, o usando un rango de movimiento parcial donde el músculo

alcanza una longitud más larga.

Algunos de estos factores, como una mayor variedad de ejercicios, ejercicios multiarticulares y músculos de la parte inferior del cuerpo, podría ser una coincidencia, ya que es difícil encontrar una plausible mecanismo biológico que podría explicar sus efectos.

Sin embargo, otros dos factores son más prometedores.

Músculos que trabajan en la rama descendente de la relación longitud-tensión para la mayor parte de su rango de movimiento de trabajo podría ser más susceptible al estiramiento crecimiento muscular mediado. Esto podría explicar por qué solo los estudios que miden la cuádriceps han informado de cualquier efecto beneficioso de rangos completos de movimiento, o ejercicios en los que los músculos se entrenan a mayor longitud.

Ejercicios que involucran una curva de fuerza empinada, en la que las fuerzas mayores son requerido en la parte inferior del levantamiento, correspondiente a longitudes musculares largas, podría proporcionar un mayor estímulo al músculo en una posición estirada que los ejercicios con curvas de fuerza más planas. Ésta podría ser la razón por la que el único estudio que evaluó la cuádriceps que no encontraron un efecto beneficioso al usar un rango completo de movimiento fue el único estudio que utilizó la resistencia acomodaticia, que implica una curva de fuerza, y también fue el único estudio que evaluó el ejercicio solo concéntrico, lo que casi con certeza redujo la carga proporcional sobre los elementos pasivos de las fibras musculares que trabajan.

¿Qué es la comida para llevar?

Alcanzar una posición más estirada en un ejercicio utilizando un rango de movimiento completo no siempre causa más hipertrofia, pero a menudo causa mayores aumentos en longitud de la fibra, probablemente debido a la tensión mecánica proporcionalmente mayor experimentado por los elementos pasivos de la fibra.

Para que un rango completo de movimiento cause una mayor hipertrofia y no solo una mayor aumentos en la longitud de la fibra, el músculo puede necesitar trabajar predominantemente en el rama descendente de la relación longitud-tensión, de modo que los elementos pasivos contribuir sustancialmente a la producción de fuerza total para la mayor parte del levantamiento. A La curva pronunciada de la fuerza del ejercicio también puede ayudar, de modo que los músculos se carguen. con mucha fuerza en la posición estirada.

LO QUE DETERMINA EL ENTRENAMIENTO ¿FRECUENCIA?

Frecuencia de entrenamiento para culturismo o para entrenamiento de fuerza recreativo con el propósito de aumentar el tamaño de los músculos, es un tema polémico. Un vistazo rápido en Internet revelará que los expertos tienen una amplia gama de opiniones sobre la frecuencia de entrenamiento ideal para usar cuando el entrenamiento de fuerza para aumentar tamaño del músculo.

Algunas autoridades recomiendan entrenar un músculo con mucha frecuencia, mientras que otras (especialmente aquellos que están más cerca del culturismo convencional) todavía sugieren entrenar cada músculo solo una vez por semana. Aquellos que siguen la literatura de manera justa dogmáticamente señalará los metanálisis recientes que han informado de un ideal frecuencia de entrenamiento de 2 a 3 veces por semana, aunque la mayoría de los culturistas todavía entrene los músculos 1 o 2 veces por semana.

Aun así, entrenar un músculo 2 o 3 veces por semana es una decisión importante que tendrá un gran impacto en la forma en que se configura un programa de entrenamiento de fuerza. En consecuencia, la literatura actual aún no tiene el nivel de precisión que Necesitamos decidir la frecuencia de entrenamiento óptima calculando los números. de los estudios a largo plazo disponibles.

¿Qué factores pueden afectar la frecuencia del entrenamiento?

La frecuencia de entrenamiento puede verse afectada por la duración del tiempo durante el cual el músculo Las tasas de síntesis de proteínas se elevan después de un entrenamiento y también por la capacidad del levantador para recuperarse del primer entrenamiento, debido a los efectos residuales de la fatiga sobre el estímulo hipertrófico experimentado en un segundo entrenamiento.

Echemos un vistazo a ambos factores.

1. Cambios en la tasa de síntesis de proteínas musculares.

En un entrenamiento de fuerza, las fibras de un músculo experimentan mecánicas cargando. Esta carga mecánica es detectada por mecanorreceptores, lo que conduce

a la señalización anabólica. Esta señalización desencadena un aumento en la tasa de músculo síntesis de proteínas dentro de cada fibra muscular cargada. El aumento de la interna La tasa de síntesis de proteínas musculares es lo que causa un aumento en el contenido de proteínas en el interior. las fibras musculares trabajadas.

Después del entrenamiento, la tasa de síntesis de proteínas musculares aumenta durante varios horas, alcanza un pico y declina. Podemos dibujar una curva de este cambio sobre tiempo, y el área debajo de esta curva es el efecto general del entrenamiento en el tamaño de la fibra muscular. Cuando la tasa de síntesis de proteínas musculares aumenta a un mayor altura, o durante más tiempo, la fibra muscular experimenta una mayor aumentar en tamaño.

Lógicamente, tiene sentido esperar hasta que la tasa de síntesis de proteínas musculares vuelve aproximadamente a los niveles previos al entrenamiento después de un entrenamiento antes de realizar el siguiente entrenamiento, de lo contrario, el estímulo proporcionado por el segundo entrenamiento podría en parte desperdiciado. Por lo tanto, la duración del tiempo durante el cual la tasa de músculo La síntesis de proteínas se eleva después de un entrenamiento es bastante importante.

Sin embargo, la forma de la curva difiere entre entrenados y no entrenados. individuos. En personas no entrenadas, la tasa de síntesis de proteínas musculares lleva más tiempo. para alcanzar un pico, tarda más en decaer y tiene un área total más grande bajo la curva. Además, la forma de la curva difiere según las proteínas que se miden. Cuando evaluamos todas las proteínas de una fibra (mediante una medición llamada mezcla síntesis de proteínas musculares), la curva muestra un perfil diferente de cuando evaluar solo las proteínas contráctiles (mediante una medición llamada miofibrilar síntesis de proteínas musculares).

Debemos tener en cuenta que las tasas de síntesis de proteínas musculares miofibrilares y mixtas puede elevarse con el propósito de aumentar el tamaño de la fibra muscular, y también para el propósito de reparar el daño a la fibra, ya que este daño puede ocurrir a proteínas contráctiles y contráctiles. Por lo tanto, aunque la tasa de (músculo miofibrilar o mixto) aumenta la síntesis de proteínas, esto no significa que la fibra muscular está agregando nuevas proteínas para aumentar de tamaño. Podría simplemente estar reparando el daño que se ha hecho.

Cuando consideramos todas las proteínas en individuos desentrenados, la tasa de masa muscular mixta La síntesis de proteínas alcanza un pico después de 16 horas, y aún no ha alcanzado niveles de entrenamiento a las 48 horas. Mirar la forma de la curva sugiere que

podría alcanzar los niveles previos al entrenamiento en aproximadamente 72 horas, lo que implicaría una frecuencia de entrenamiento ideal de una vez cada 3 días o dos veces por semana. Desde el curva alcanza su punto máximo antes y declina más rápidamente en individuos entrenados, los mismos datos para todas las proteínas en esa población implica que entrenar un músculo con más frecuencia sería ideal. Aun así, este análisis es limitado porque todas las proteínas de la fibra muscular se están teniendo en cuenta.

Idealmente, realizaríamos un análisis similar solo con respecto a la proteínas, pero estos datos no se han publicado. Sin embargo, la investigación ha demostrado que La elevación en la tasa de síntesis de proteínas miofibrilares durante un período de 48 horas es fuertemente asociado con la hipertrofia resultante de un entrenamiento de fuerza programa (cuando las personas están capacitadas, pero no cuando aún no lo están). Esto indica que la mayor parte de la elevación en la síntesis de proteínas miofibrilares tasas se ha producido dentro de las 48 horas en personas capacitadas, lo que implicaría un ideal frecuencia de entrenamiento de al menos una vez cada 2 días, o tres veces por semana.

2. Recuperación del levantador

Inmediatamente después de un entrenamiento de fuerza, experimentamos una capacidad reducida para ejercer fuerza. Hay tres factores que producen este efecto: (1) periférico (local muscular) fatiga, (2) daño muscular y (3) fatiga del sistema nervioso central.

Es importante destacar que el impacto de cada uno de estos factores cambia con el tiempo.

La fatiga periférica (muscular local) puede ocurrir debido a reducciones en la activación de fibras musculares individuales (ya sea debido a una disminución en la sensibilidad de miofilamentos de actina-miosina a iones de calcio, o debido a una reducción en la liberación de iones calcio del retículo sarcoplásmico), o a través de factores que afectan la capacidad de las fibras musculares individuales para producir fuerza, lo que implica deficiencias en la función de los puentes cruzados actina-miosina. Sin embargo, ocurre, los efectos de la fatiga periférica son muy transitorios.

Nos recuperamos de la fatiga periférica en unas pocas horas.

El daño muscular puede involucrar una variedad de cosas. Puede involucrar cantidades muy pequeñas de daño a las estructuras internas dentro de la fibra muscular, como el citoesqueleto o las proteínas contráctiles. De hecho, uno de los signos más comunes de músculo leve es el daño es una alteración de los discos Z, que son líneas que separan uno sarcómero del siguiente. El daño muscular también puede implicar el desgarro de la célula. membrana, y el daño severo puede involucrar desgarros completos de las fibras musculares ellos mismos. Todos estos tipos de daños se reparan realizando adiciones a las estructuras de la fibra muscular existente. No se pueden producir daños muy graves. reparado, lo que lleva a la necrosis de las fibras. Cuando esto sucede, los restos del viejo Las proteasas degradan completamente la fibra muscular y se crea una nueva fibra muscular. crecido dentro de la membrana celular de la fibra vieja, a través de un proceso llamado regeneración.

Algunos tipos de entrenamiento de fuerza implican poco o ningún daño muscular, mientras que otros implican una gran cantidad de daño muscular. Además, el daño muscular puede diferir entre grupos de músculos, tipos de fibras musculares e individuos. Dependiendo del grado de daño muscular, el proceso de reparación o regeneración puede durar desde ningún tiempo en absoluto a varias semanas.

La fatiga del sistema nervioso central puede ocurrir debido a una reducción en el tamaño de la señal enviada desde el cerebro o la médula espinal, o debido a un aumento en retroalimentación aferente que reduce la excitabilidad de las neuronas motoras. Nervioso central la fatiga del sistema no es lo mismo que cómo nos sentimos al hacer el siguiente entrenamiento, que parece estar más estrechamente relacionado con la cantidad de músculo daño que hemos experimentado. Más bien, es simplemente la medida en que podemos activar voluntariamente el músculo entrenado.

La fatiga del sistema nervioso central es mucho menor y de corta duración después de entrenamiento de fuerza de lo que la mayoría de la gente cree, lo que probablemente se deba a una confusión sobre el significado del término. Asumimos que porque no sentimos listos para el próximo entrenamiento, debemos estar experimentando el sistema nervioso central fatiga, que no es necesariamente el caso. De hecho, la fatiga del sistema nervioso central tiende a aumentar con el aumento de la duración del ejercicio en lugar de la intensidad, lo que es más pronunciado después del entrenamiento de resistencia.

Sin embargo, cuando el daño muscular es severo, como después de un entrenamiento excéntrico solamente o altos volúmenes de entrenamiento de fuerza convencional, esto puede desencadenar períodos prolongados de fatiga del sistema nervioso central que pueden durar hasta 2-3 días después del entrenamiento.

Estos tres tipos de fatiga tienen diferentes efectos sobre el impacto de la subsiguiente entrenamientos.

Cuando todavía estamos experimentando fatiga periférica en el punto de hacer un entrenamiento posterior (lo cual sería muy inusual, ya que eso requeriría realizar otro entrenamiento a las pocas horas del anterior), esto no

influyen en el estímulo hipertrófico. El alto nivel de fatiga periférica conduce a un aumento en el reclutamiento de unidades motoras y una reducción de la velocidad de acortamiento de la fibra, lo que significa que nuestras unidades motoras de alto umbral se reclutan antes para que podamos realizar menos repeticiones pero aun así lograr la misma carga mecánica en el objetivo fibras musculares.

Cuando todavía estamos experimentando fatiga del sistema nervioso central en el punto de haciendo un entrenamiento posterior, esto afecta el estímulo hipertrófico. Si no podemos Activar completamente un músculo durante el entrenamiento, no estimularemos su umbral alto. unidades motoras. Por lo tanto, no produciremos ninguna carga mecánica en el fibras musculares controladas por esas unidades motoras, reduciendo la cantidad de hipertrofia resultante. En la práctica, la fatiga del sistema nervioso central se produce ya sea mediante ejercicio aeróbico o entrenamiento de fuerza que daña los músculos realizado en proximidad al entrenamiento.

Cuando todavía estamos sufriendo de daño muscular a punto de hacer un entrenamiento posterior, esto afecta el estímulo hipertrófico por dos razones. En primer lugar, puede afectar el estímulo hipertrófico en la medida en que desencadena cualquier fatiga del sistema nervioso central. En segundo lugar, puede provocar estrés oxidativo que interfiere con la elevación de las tasas de síntesis de proteínas musculares que se produce como resultado de la señalización anabólica desencadenada por la carga mecánica. Por lo tanto, incluso cuando somos capaces de activar completamente un músculo, el daño muscular puede impedir hipertrofia al interferir con los procesos de señalización.

¿Qué determina la frecuencia de entrenamiento?

La frecuencia de entrenamiento está determinada por: (1) la duración del tiempo durante el cual Las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares son elevadas después del entrenamiento y (2) la duración del tiempo durante el cual el daño muscular interfiere con el hipertrófico estímulo de un segundo entrenamiento, ya sea causando fatiga del sistema nervioso central y por lo tanto evitando el reclutamiento de unidades motoras de alto umbral, o por elevar el estrés oxidativo.

Actualmente, no está claro durante cuánto tiempo se elevan las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares. para después del entrenamiento, pero es probable que sea menos de 48 horas. Cuanto menos de 48 Actualmente se desconocen las horas. Si ignoramos el daño muscular como factor, lo óptimo Por lo tanto, la frecuencia de entrenamiento sería al menos una vez cada 2 días, o tres veces por semana. Si las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares solo se elevan a un un grado significativo durante 24 horas después del entrenamiento (lo cual es factible), luego óptimo La frecuencia de entrenamiento puede ser diaria, pero solo cuando el daño muscular no es considerado como un factor.

La duración del tiempo durante el cual el daño muscular podría interferir con la El estímulo hipertrófico de un segundo entrenamiento tampoco está claro. Cuando actua entrenamientos de entrenamiento de fuerza convencionales, la fatiga del sistema nervioso central es pequeña y de corta duración. Sin embargo, entrenamiento de alto volumen y excéntrico desacostumbrado El entrenamiento puede causar una activación voluntaria alterada por hasta 2 y 3 días, respectivamente, por el mayor daño muscular que producen. La duración de los efectos del estrés oxidativo causado por el daño muscular en el hipertrófico El estímulo dura de 8 a 24 horas en roedores, pero se puede esperar que dure más en humanos, aunque esto aún no ha sido evaluado.

Por lo tanto, parece probable que el volumen del entrenamiento juegue un papel clave para determinar la frecuencia de entrenamiento óptima. Los entrenamientos de alto volumen requieren una recuperación más prolongada tiempos que conducen a una frecuencia de entrenamiento óptima de una vez cada 2-3 días (dependiendo de si el levantador está acostumbrado al ejercicio y si acepta que se desconoce la duración de los efectos del estrés oxidativo elevado). Los entrenamientos de volumen moderado pueden estar limitados solo por la duración del tiempo para qué tasas de síntesis de proteínas miofibrilares están elevadas (nuevamente, aceptando que la se desconoce la duración de los efectos del estrés oxidativo elevado).

¿Qué importancia tiene el daño muscular?

Cuando se trata de culturismo, el tema del volumen de entrenamiento es mucho menor polémico que el tema de la frecuencia de formación.

La mayoría de los expertos están de acuerdo con las conclusiones reportadas en la literatura de investigación, que informan una dosis-respuesta del volumen de entrenamiento en hipertrofia de <5 series a 5-9 series a > 10 series por semana, tanto en individuos entrenados como no entrenados.

Curiosamente, aunque estos estudios comparan los volúmenes de entrenamiento alterando el número de series realizadas en cada entrenamiento (y mantenga el número de entrenamientos mismo), los efectos dosis-respuesta se informan para el volumen de entrenamiento semanal. De hecho, muchos expertos se refieren únicamente a medidas de volumen de entrenamiento semanal, en lugar de que el volumen del entrenamiento.

Aun así, aumentar el volumen de entrenamiento semanal aumentando el número de los entrenamientos que se realizan no parecen tener la misma dosis-respuesta efectos como aumentar el volumen de entrenamiento semanal al aumentar el número de series realizado en cada entrenamiento, al menos en personas no capacitadas. En un estudio, el Los investigadores encontraron que hacer el mismo entrenamiento 2, 3 o 5 veces a la semana causaba crecimiento muscular similar. Cada entrenamiento involucró 3 series de extensiones de rodilla para falla, y por lo tanto los 3 grupos hicieron 6, 9 o 15 series por semana. Esta Se esperaba que la diferencia en el volumen de entrenamiento semanal causara una dosis-respuesta efecto sobre la hipertrofia, pero no lo hizo. La falta de diferencia entre los grupos. sugiere que el daño muscular producido en algunos de los entrenamientos puede tener deteriorado el estímulo hipertrófico de los entrenamientos posteriores cada semana, ya sea por provocando una activación voluntaria reducida o elevando el estrés oxidativo.

Claramente, este efecto sería menor en individuos entrenados, comparado con individuos no entrenados, pero a pesar de la presencia del efecto repetido del combate, El daño muscular todavía ocurre en levantadores entrenados, especialmente en la parte superior del cuerpo. musculatura.

En general, esto revela que (una vez más) el volumen de entrenamiento solo cuenta cuando es estimulante. Cuando se entrena con demasiada frecuencia, el volumen puede no ser estimulante si el motor El reclutamiento de unidades se ve afectado por la fatiga del sistema nervioso central secundaria a

daño muscular, o si se evita que aumente la síntesis de proteínas musculares, a pesar de la señalización anabólica elevada, por estrés oxidativo secundario al músculo daño.

¿Por qué no entrenar con menos frecuencia?

Si entrenar con demasiada frecuencia puede correr el riesgo de que hagamos entrenamientos que no estimular la hipertrofia, por qué no entrenar con menos frecuencia y trabajar los músculos solo una vez por semana como hacen muchos culturistas?

Hay dos razones por las que podríamos querer entrenar un músculo más de una vez por semana.

En primer lugar, algunas personas descubren que realizar todo su entrenamiento semanal objetivo el volumen para un solo grupo de músculos en un solo entrenamiento es muy desafiante, debido a los altos niveles de fatiga periférica que resultan durante el entrenamiento, y los altos niveles de daño y dolor muscular que se producen posteriormente. Este es una cuestión de preferencia personal, pero es fácil de entender.

En segundo lugar, es probable que exista una dosis-respuesta no lineal del volumen de entrenamiento para un dado entrenamiento. Los estudios han demostrado que realizar 10 series de 10 repeticiones por El ejercicio es tan efectivo como hacer la mitad de series. Además, la dosis-respuesta del volumen de entrenamiento en aumentos en la proteína muscular post-entrenamiento las tasas de síntesis también se estabilizan después de un cierto número de conjuntos. Una vez que pasamos por encima de un cierto umbral de volumen de entrenamiento, dividiendo ese volumen de entrenamiento en dos mitades y hacer cada mitad dos veces por semana debería producir más músculo

crecimiento que realizarlo todo en un solo entrenamiento.

Por lo tanto, la frecuencia de entrenamiento óptima depende del volumen realizado en el entrenamiento. Cada entrenamiento produce un cierto nivel de daño muscular, que determinará la frecuencia con la que se puede hacer. Sin embargo, cada entrenamiento solo producir efectos dosis-respuesta crecientes del volumen sobre la hipertrofia hasta un cierto punto. Por lo tanto, algunas frecuencias de entrenamiento (y su óptima asociada volúmenes de entrenamiento) necesariamente producirán mejores resultados que otros.

¿Qué pasa con el estrés psicológico?

Algunas investigaciones han demostrado que cuando las personas están expuestas a altos niveles de estrés psicológico, tardan más en recuperarse de un entrenamiento. Aunque esto parecería implicar un mecanismo que involucra al sistema nervioso central, es más probable que el efecto esté mediado por una cicatrización reducida del daño muscular. De hecho, varios estudios han demostrado que la cicatrización de heridas en diversos contextos es más lento cuando los individuos están expuestos a altos niveles de psicología a largo plazo estrés. No hace falta un gran salto de imaginación para ver cómo el daño muscular la reparación podría verse igualmente afectada en condiciones de estrés psicológico.

¿Qué significa esto en la práctica?

Hay varias implicaciones prácticas de este marco.

En primer lugar, es evidente que es posible entrenar con demasiada frecuencia, probablemente porque de los efectos del daño muscular experimentado en un entrenamiento en el hipertrófico estímulo producido por entrenamientos posteriores.

En segundo lugar, la cantidad de daño muscular difiere entre individuos (especialmente debido al estado de entrenamiento, pero también debido a los niveles de estrés), entre músculos grupos y entre entrenamientos (especialmente debido al volumen). por lo tanto, el La frecuencia de entrenamiento óptima diferirá necesariamente entre individuos, entre grupos de músculos y entre entrenamientos. Tratando de encontrar el entrenamiento perfecto frecuencia que funcionará para todos, todo el tiempo, es fundamentalmente defectuosa empresa.

En tercer lugar, no podemos calcular nuestro volumen de entrenamiento semanal simplemente sumando todos de las series realizadas hasta el fallo (o hasta un número determinado de repeticiones desde el fallo) para la semana, independientemente de cuándo se realizaron. Si los entrenamientos también se hacen poco después uno del otro, esto conducirá a los efectos estimulantes de los siguientes el entrenamiento se ve afectado. Qué tan pronto sea demasiado pronto dependerá del individuo, el músculo y el entrenamiento.

En la práctica, esto significa que tenemos que iniciar nuevos programas de formación con un frecuencia de entrenamiento conservadora y aumentar esa frecuencia hasta que dejemos de progresar de un entrenamiento al siguiente. En la mayoría de los casos, probablemente implica comenzar por entrenar un grupo de músculos 1 o 2 veces por semana, dependiendo de el volumen de entrenamiento planificado.

¿Qué es la comida para llevar?

La frecuencia de entrenamiento está determinada por: (1) la duración del tiempo durante el cual Las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares son elevadas después del entrenamiento y (2) la duración del tiempo durante el cual el daño muscular interfiere con el hipertrófico

estímulo de un segundo entrenamiento, ya sea causando fatiga del sistema nervioso central, impidiendo así el reclutamiento de unidades motoras de umbral alto, o elevando Estrés oxidativo.

La cantidad de daño muscular causado puede variar entre individuos y entre grupos de músculos, y también según el tipo de entrenamiento. Más alto Los entrenamientos de volumen producen más daño muscular y, por lo tanto, requieren más tiempo de recuperación. Por lo tanto, la frecuencia de entrenamiento óptima difiere necesariamente entre individuos, entre músculos y entre tipos de ejercicios.

CÓMO HACEN LAS TÉCNICAS AVANZADAS ¿AFECTAR LA HIPERTROFIA?

Los culturistas suelen hacer uso de una variedad de técnicas avanzadas, que incluyen off sets, drop sets, entrenamiento de pausa de descanso, repeticiones forzadas, entrenamiento de pre-agotamiento, superconjuntos antagonistas, y estiramiento entre conjuntos. La investigación investigando estas técnicas son mínimas, pero podemos hacer predicciones sobre su efectividad (y sus limitaciones) basada en nuestra comprensión de cómo la hipertrofia funciona.

Juegos de retroceso

Las series de retroceso implican realizar series adicionales con un peso más ligero inmediatamente (o poco) después de una secuencia principal de series más pesadas. Desde cargas pesadas se utilizan en la parte principal del entrenamiento, esta técnica es más utilizada por atletas de fuerza, que por culturistas.

Aun así, la investigación a largo plazo que se ha realizado sobre retrocesos sugiere que son efectivos para aumentar la hipertrofia, probablemente porque aumentan el número total de repeticiones estimulantes en el entrenamiento.

Es probable que estos efectos beneficiosos solo sean evidentes cuando los conjuntos principales se realizan con cargas pesadas (y por lo tanto implican poca demanda aeróbica, retroalimentación aferente mínima asociada con la acumulación de metabolitos, y pocas estimulantes repeticiones por serie), de modo que la adición de una serie con un ligero o moderado La carga hasta el fallo provoca un gran aumento en el número de repeticiones estimulantes para el ejercicio. Agregar un conjunto de retroceso con una carga ligera al final de un entrenamiento que involucren múltiples conjuntos a la falla con una carga moderada puede no tener el mismo efecto incrementalmente beneficioso.

Conjuntos de gota

Los juegos de gotas son probablemente la técnica avanzada mejor investigada. los El método implica hacer varios conjuntos hasta fallar inmediatamente uno después del otro,

sin descansar entre series. Esto se logra reduciendo el peso en la barra para cada juego.

Se han realizado investigaciones que investigan los efectos a largo plazo del entrenamiento con conjuntos de caída. hecho, pero está en conflicto. Algunos estudios indican que los conjuntos de gotas adicionales no proporcionan beneficios adicionales más allá del primer conjunto. Sin embargo, otros estudios indican que los conjuntos de gotas que involucren un total de tres conjuntos producen tanto hipertrofia como tres series convencionales hasta el fallo.

A fin de cuentas, parece que un entrenamiento de series de caída que comprende un total de tres series para falla (con dos gotas de peso del primer conjunto) produce esencialmente el misma cantidad de hipertrofia que tres series hasta el fallo con el mismo peso, con Descansos moderados (de 90 segundos a 3 minutos) entre series. Cabe señalar que el Los estudios en la literatura han adoptado un enfoque variado sobre la duración del período de descanso. utilizado por el grupo de comparación, lo cual es un poco problemático dado que el período de descanso la duración afecta el crecimiento muscular.

Dado que las series de gotas se realizan normalmente con cargas moderadas, cada serie debe implican un número similar de repeticiones estimulantes, independientemente del peso en la barra. Por lo tanto, tal vez no debería sorprendernos demasiado que un conjunto de gotas con tres en total series produce un crecimiento muscular similar al de tres series convencionales hasta el fallo. Sin embargo, las series de gotas implican realizar varias series inmediatamente después de una otro, con poco descanso, y sabemos que los descansos más largos son superiores para hipertrofia de estudios de entrenamiento a largo plazo y también evaluaciones de músculos tasas de síntesis de proteínas.

Los períodos cortos de descanso probablemente reducen la hipertrofia ya sea (1) permitiendo a los levantadores hacer series posteriores antes de que la fatiga del sistema nervioso central se haya disipado, o por (2) desencadenando una mayor fatiga del sistema nervioso central a través de una mayor demanda aeróbica o retroalimentación aferente. Dado que todos estos factores probablemente también producidos por conjuntos de gotas, sigue siendo un misterio por qué no son menos efectivos que

el mismo número de conjuntos convencionales para fallar.

En última instancia, parece que las series de gotas permiten el mismo número de repeticiones estimulantes para lograrse en un período de tiempo más corto. Esto puede ser ventajoso para culturistas avanzados que luchan por ajustar su volumen de entrenamiento objetivo en un ejercicio.

Repeticiones forzadas

Las repeticiones forzadas involucran a un observador que brinda asistencia al levantador para realizar repeticiones adicionales después de alcanzar la falla muscular.

Aunque se ven muy diferentes, las repeticiones forzadas son esencialmente idénticas a conjuntos de caída, excepto que es el observador que reduce la resistencia externa efectiva de el peso de la barra proporcionando una fuerza hacia arriba, en lugar de la externa la resistencia se reduce tomando peso de la barra.

Actualmente, existe una investigación muy limitada sobre los efectos de las repeticiones forzadas, y tal investigación solo ha evaluado cambios en la fuerza máxima y no en los músculos Talla. Aun así, sobre la base de la naturaleza esencialmente idéntica de las repeticiones forzadas y conjuntos de gotas, parece probable que tengan efectos similares, con los principales La desventaja es la incapacidad de cuantificar la magnitud de la fuerza que se ejerce. durante las repeticiones forzadas, lo que hace que el seguimiento de la sobrecarga progresiva prácticamente imposible.

Entrenamiento de pausa de descanso

El entrenamiento de pausa de descanso implica realizar una serie principal, seguida de series con descansos muy cortos (20 segundos). Dado que el peso de la barra no se modifica, Estas series adicionales tienden a involucrar solo una pequeña cantidad de repeticiones en comparación con las primer set. Además, el entrenamiento de pausa de descanso a menudo tiene como objetivo un número total de repeticiones para el entrenamiento, variando el número de series adicionales para alcanzar este objetivo.

El entrenamiento de pausa de descanso ha mostrado resultados prometedores en la investigación que se ha realizado hasta la fecha. Aun así, esta investigación es limitada en la medida en que la comparación Probablemente el grupo no falló en cada una de sus múltiples series. Aun así, es Es probable que el entrenamiento de pausa de descanso simplemente permita a los levantadores realizar ejercicios adicionales. repeticiones estimulantes, con el beneficio adicional de que cada repetición en las series posteriores es una repetición estimulante, lo que hace que el enfoque sea bastante eficiente.

Si bien el entrenamiento de pausa de descanso ha atraído adeptos debido a su eficiencia, lo hace tienen una desventaja en comparación con los conjuntos convencionales de falla o caída de conjuntos. A no ser que cuidadosamente calibrado, cada conjunto adicional después del primer conjunto principal implicará menos de cinco repeticiones, lo que significa que se requieren bastantes series adicionales para alcanzar una cantidad significativa de repeticiones estimulantes para el entrenamiento. Esto requiere entrenamiento fallar muchas veces, lo que puede retrasar la recuperación.

En última instancia, el entrenamiento de pausa de descanso probablemente permite la misma cantidad de repeticiones estimulantes para lograr en un período de tiempo más corto, debido a los períodos de descanso muy cortos entre conjuntos adicionales que se pueden utilizar sin efectos negativos. Esto podría ser ventajoso para los culturistas avanzados que luchan por adaptarse a su entrenamiento objetivo volumen en un entrenamiento.

Superconjuntos de antagonistas

Los superconjuntos de antagonistas implican realizar series alternas de dos ejercicios para grupos de músculos opuestos. Por ejemplo, el press de banca a menudo está superconjunto con un variación de fila.

Al apuntar a grupos de músculos completamente diferentes, cada ejercicio se puede entrenar con un período de descanso bastante largo, mientras que los ejercicios alternos se realizan con períodos de descanso mucho más cortos. A veces, los ejercicios se realizan inmediatamente después unos a otros, seguidos de un descanso moderadamente largo. En otras ocasiones, los ejercicios son igualmente espaciados con breves períodos de descanso entre ellos. Cualquiera de los enfoques permite entrenamientos de un volumen dado para realizar mucho más rápido o más grande entrenamientos de volumen para realizar en el mismo período de tiempo.

Hasta la fecha, ningún estudio a largo plazo ha comparado los efectos del entrenamiento con un secuencia normal de ejercicios y con superconjuntos de antagonistas.

Sin embargo, la investigación ha demostrado que superponer la prensa de pecho y el remo sentado ejercicios permite realizar un mayor número de repeticiones en cada ejercicio en el conjuntos posteriores. Es probable que estas repeticiones adicionales sean el resultado de la fatiga del músculo antagonista. producir menos fuerza durante el ejercicio agonista posterior, y esto es poco probable para ser particularmente útil para la hipertrofia. Sin embargo, sugiere que no hay efecto negativo de los superconjuntos en el volumen de entrenamiento, que podría esperarse si hubiera

aumentaron la fatiga del sistema nervioso central secundaria a una mayor demanda aeróbica o retroalimentación aferente, como con el uso de períodos cortos de descanso entre series del mismo ejercicio.

Por lo tanto, parece probable que los superconjuntos de antagonistas permitan el mismo número de repeticiones estimulantes que se realizarán en un período de tiempo más corto. Esto bien puede ser ventajoso para los culturistas avanzados que luchan por ajustarse a su objetivo volumen de entrenamiento en un entrenamiento.

Entrenamiento previo al agotamiento

El pre-agotamiento implica realizar un ejercicio de una sola articulación antes de una articulación múltiple. ejercicio que involucra el mismo grupo de músculos como motor principal. Por ejemplo, el La extensión de rodilla puede usarse antes de la prensa de piernas, o la extensión de tríceps o La mosca con mancuernas podría usarse antes del press de banca.

Actualmente, ningún estudio de formación a largo plazo ha explorado los efectos de la método de agotamiento, y la literatura se ha limitado en gran medida a evaluaciones de Activación muscular durante los ejercicios.

Al realizar un ejercicio de articulación única antes de un ejercicio de articulaciones múltiples que implica el mismo grupo de músculos que el motor principal, los efectos del ejercicio multiarticular en todos los motores principales se altera, aunque el alcance de los efectos difiere dependiendo de qué grupo de músculos está pre-agotado y qué músculos están cargado por los ejercicios de articulación única y multiarticular.

Esto se aprecia más fácilmente si se consideran ejemplos resueltos.

1. Extensión de rodilla / prensa de piernas

Cuando los cuádriceps se entrenan primero con un ejercicio de extensión de rodilla de una sola articulación antes de los ejercicios de sentadillas multiarticulares o de prensa de piernas, tanto el recto de dos articulaciones femoral y los músculos vasto lateral, medial e intermedio de una sola articulación

se trabajan, aunque el recto femoral se desarrolla en mayor medida, ya que

demostrado por estudios de formación a largo plazo.

En consecuencia, es posible que solo el recto femoral alcance la unidad motora completa. Reclutamiento en la extensión de la rodilla, aunque todos los cuádriceps estarán fatigados. (tanto periférica como centralmente).

Al hacer la prensa de piernas después de la extensión de rodilla, los cuádriceps ya están fatigado (tanto periférica como centralmente). Dado que la prensa de piernas está limitada por nuestra capacidad de producir fuerza con el vasto lateral, medial y músculos intermedios (y menos por la capacidad de producir fuerza con la cadera extensores), mientras que el recto femoral está mínimamente afectado, esto tiene dos efectos. En primer lugar, reduce la carga que podemos levantar para un número determinado de repeticiones (lo que reduce el efecto de entrenamiento sobre los extensores de cadera no cansados). En segundo lugar, vasto articular único. Los músculos lateral, medial e intermedio pueden no alcanzar la unidad motora completa. reclutamiento, debido a la presencia de fatiga central.

Por lo tanto, el uso del pre-agotamiento con la extensión de rodilla y la prensa de piernas (o sentadilla) es poco probable que sea tan eficaz como el orden inverso, en el que la articulación única. Los músculos vasto lateral, medial e intermedio se entrenan de manera muy eficaz la sentadilla, con una mayor carga en los extensores de la cadera también, mientras que el recto femoris se deja prácticamente intacto. Posteriormente, en el ejercicio de extensión de rodilla los músculos vasto lateral, medial e intermedio de una sola articulación ya están fatigado, pero el recto femoral es el factor limitante y recibe el mayor estímulo del ejercicio.

2. Extensión de tríceps / press de banca

Cuando los tríceps braquiales se entrenan primero con una extensión de codo de una sola articulación ejercicio antes del ejercicio de press de banca multiarticular, que cabeza del tríceps brachii se trabaja más dependerá del ejercicio exacto. Aun así, codo. Los ejercicios de extensión son muy efectivos para cargar todas las cabezas de este músculo, por lo que. Es probable que logren un reclutamiento completo de las unidades motoras, aunque están fatigados. después.

Al hacer el press de banca después de la extensión del codo, los tríceps braquiales son ya fatigado (tanto periférica como centralmente). Dado que el press de banca es limitada por nuestra capacidad para producir fuerza con el pectoral mayor (clavicular y cabezas esternocostales), deltoides anterior y tríceps braquial trabajando juntos, hay es un grado de reparto de carga entre estos grupos de músculos. En consecuencia, cuando el tríceps braquial ya está fatigado, es probable que se coloque una mayor carga sobre el otros motores principales. Podríamos esperar un enfoque previo al agotamiento para entrenar al tríceps braquial antes del press de banca para producir mayores ganancias en el músculo tríceps tamaño así como (probablemente) el tamaño del pectoral mayor (cabeza esternocostal).

Estirarse entre series

La carga mecánica se puede aplicar a las fibras musculares utilizando una fuerza activa generación por las propias fibras o estiramiento pasivo.

Cualquiera de las formas de carga mecánica causa hipertrofia, y este fenómeno ha. Se ha observado en estudios de entrenamiento que involucran tanto a animales como a humanos. También, cuando las fibras se someten a la producción de fuerza activa y pasiva al mismo tiempo tiempo, esto conduce a una señalización anabólica mejorada, lo que sugiere que los dos. Los tipos de carga mecánica son aditivos, aunque los efectos de la carga pasiva solo son mucho más pequeños que los efectos de la producción de fuerza activa sola, que indica que el entrenamiento de fuerza siempre debe tener prioridad sobre el estiramiento para desarrollo muscular.

De hecho, estirar el músculo motor principal (agonista) entre series de un ejercicio reduce el número de repeticiones que se pueden realizar, disminuyendo la hipertrofia sobre el largo plazo. Lo más probable es que esto ocurra porque el estiramiento está fatigando al músculo sin producir tanto estímulo para la hipertrofia. En cambio, estirar el músculo antagonista entre series parece aumentar el número de repeticiones, muy probablemente porque la fuerza opuesta se reduce durante la serie siguiente con el motor primario, aunque esto probablemente no aumenta la hipertrofia.

Además, el entrenamiento de fuerza utilizando un ejercicio donde las fuerzas son mayores mientras el músculo está en una posición estirada (como el cuádriceps en la sentadilla) es probable un mejor método para aplicar cargas de estiramiento a un músculo que de forma pasiva

estiramiento, ya que la carga externa es una manera fácil de proporcionar una gran fuerza para estirar el músculo, y el músculo se contrae simultáneamente, lo que produce los efectos aditivos al mismo tiempo que el entrenamiento de fuerza, en lugar de después.

Además, vale la pena señalar que no es probable que todos los grupos de músculos estén afectados de la misma manera mediante el uso de un ejercicio donde las fuerzas son mayores mientras el músculo está en una posición estirada. Aquellos músculos cuyas fibras musculares operan en la rama descendente de la relación longitud-tensión (como la cuádriceps, y particularmente el vasto medial) probablemente será sustancialmente afectados por el uso de tales ejercicios, pero aquellos que no lo hacen (como el tríceps brachii) no lo hará.

¿Qué significa esto en la práctica?

En la práctica, series de caída, repeticiones forzadas, entrenamiento de pausa de descanso y superconjuntos de antagonistas son formas en las que se puede aumentar la cantidad de repeticiones estimulantes en un entrenamiento sin aumentar de manera similar el tiempo de permanencia en el gimnasio. Cada enfoque tiene ventajas, desventajas y limitaciones ligeramente diferentes, pero en última instancia son una forma de aumentar el volumen de entrenamiento sin activar simultáneamente el problemas que reducen la duración del período de descanso. Los sets de retroceso implican compromisos de tiempo fraccionalmente mayores, pero probablemente solo sean realmente útiles cuando entrenamiento con cargas más pesadas.

Cada uno de estos métodos introduce un mayor grado de complejidad en el entrenamiento (algunos más que otros), y esto presenta un desafío para monitorear sobrecarga progresiva, que es esencial para el crecimiento muscular a largo plazo. Repeticiones forzadas son esencialmente imposibles de monitorear en el gimnasio, y los levantadores que usan este método fácilmente podría hacer girar sus ruedas durante meses sin darse cuenta de que no estaban avanzando con un ejercicio. Conjuntos de caída, métodos de pausa de descanso y superconjuntos son más sencillos de seguir, siempre que los breves períodos de descanso entre las gotas, los conjuntos adicionales o los superconjuntos se mantienen con la misma longitud. Aún así, sin seguir muy de cerca el reloj es fácil permitir estos breves descansos los períodos aumentan en un par de segundos, lo que puede mejorar la recuperación de la fuerza, haciendo que parezca que se ha logrado una sobrecarga progresiva cuando no lo ha hecho.

El pre-agotamiento es un método completamente diferente, que requiere un comprensión de cómo la fatiga producida por el ejercicio de una sola articulación se afectando los efectos estimulantes del ejercicio multiarticular.

Es poco probable que estirar los músculos entre series tenga un efecto tan beneficioso como entrenamiento de fuerza convencional, por lo que es mejor gastar el tiempo dedicado al estiramiento descansando o realizando un ejercicio en su lugar.

¿Qué es la comida para llevar?

Las técnicas más avanzadas utilizadas por los culturistas son métodos que parecen permitir una mayor cantidad de repeticiones estimulantes para realizar en un período de tiempo más corto pero sin el estímulo reducido que se asocia con el uso de períodos de descanso más cortos duraciones. El principal inconveniente de tales enfoques es que puede ser más Es un desafío rastrear la sobrecarga progresiva a lo largo del tiempo, pero esto es esencial para asegurarse de que se estén haciendo progresos.

¿AYUDAN LOS PERIODOS DE DESCANSO CORTO O ¿OBSTÁCULOS EL CRECIMIENTO MUSCULAR?

Los culturistas han utilizado tradicionalmente períodos de descanso cortos durante el entrenamiento de fuerza, a menudo para ayudarlos a lograr un mayor bombeo muscular, o para aumentar el ardor

sensaciones que alguna vez se atribuyeron al ácido láctico. Tales sensaciones son comúnmente percibido como indicativo de un entrenamiento eficaz. Pero si esto es cierto o no, ¿los períodos de descanso cortos ayudan o dificultan el crecimiento muscular?

¿Cómo afecta la duración del período de descanso al crecimiento muscular?

Aunque los períodos de descanso cortos (de 1 a 2 minutos) son populares entre los culturistas, no mejoran el crecimiento muscular cuando el volumen total (definido por el número de series hasta el fallo) realizado en cada entrenamiento es el mismo. De hecho, más tiempo (3 minutos) Los períodos de descanso producen más hipertrofia que los períodos de descanso cortos (1 minuto) en machos entrenados en la fuerza.

¿Cómo pudo pasar esto?

¿Pueden los volúmenes más bajos explicar por qué afecta la duración del período de descanso? ¿desarrollo muscular? (parte I)

Algunos investigadores han sugerido que los períodos cortos de descanso pueden causar menos hipertrofia, porque conducen a volúmenes de entrenamiento más bajos. Si bien esto inicialmente suena como una explicación plausible, podemos ver rápidamente que es muy poco probable y tampoco entiende exactamente * cómo * se ha relacionado el volumen de entrenamiento con desarrollo muscular.

Es cierto que los periodos de descanso cortos reducen la cantidad de repeticiones que se pueden lograr en cada serie, reduciendo el volumen total (series x repeticiones) y la carga de volumen (series x repeticiones x peso) que se logra durante un programa de entrenamiento a largo plazo.

Sin embargo, el volumen (número de conjuntos que fallan) no es lo mismo que el volumen (series x repeticiones) o carga de volumen (series x repeticiones x peso). Y, lo que es más importante, el volumen

(número de juegos a fallar) es la única medida de volumen que se ha vinculado al crecimiento muscular.

De hecho, la literatura muestra que mayores volúmenes (número de conjuntos a fallar) producir más hipertrofia, y este resultado responde a la dosis hasta niveles bastante altos volúmenes. Aun así, el resultado no se ve afectado por el número de repeticiones que se realizan. en cada juego, cuando se utilizan cargas moderadas o moderadamente ligeras. Cuando el peso es entre 5RM y 30RM, la cantidad de hipertrofia que se logra es la mismo, aunque entrenar con cargas más ligeras implica varias veces más volumen (series x repeticiones) y carga de volumen (series x repeticiones x peso) que el entrenamiento con moderado cargas, y también implica mayores aumentos tanto en el volumen (series x repeticiones) como en carga de volumen (series x repeticiones x peso) sobre un programa de entrenamiento.

En otras palabras, el volumen (series x repeticiones) y la carga de volumen (series x repeticiones x peso) son completamente disociado de la cantidad de hipertrofia, pero el volumen (número de series al fallo) está fuertemente relacionado con la cantidad de hipertrofia que ocurre después de un programa de entrenamiento de fuerza a largo plazo.

(Esto se debe a que las únicas repeticiones que producen hipertrofia durante entrenamiento de fuerza son aquellos que implican un alto nivel de reclutamiento de unidades motoras en al mismo tiempo que una velocidad lenta de acortamiento de las fibras musculares, y probablemente las últimas cinco repeticiones de cualquier serie realizada hasta el fallo al levantar cualquier peso ligero.)

Sugerir que los períodos cortos de descanso pueden causar menos hipertrofia porque implican un volumen menor (series x repeticiones) o carga de volumen (series x repeticiones x peso) es ni remotamente una explicación válida, porque estas medidas de volumen son claramente no relacionado con el crecimiento muscular.

Entonces, ¿por qué los períodos de descanso cortos provocan un menor crecimiento muscular?

¿Pueden los volúmenes más bajos explicar por qué afecta la duración del período de descanso? ¿desarrollo muscular? (Parte II)

Algunos investigadores han sugerido que el volumen reducido (series x repeticiones) y el volumen de carga (series x repeticiones x peso) podría no ser la razón por la que los períodos de descanso cortos

conducir a una hipertrofia reducida.

En un estudio importante, los investigadores probaron un entrenamiento de volumen moderadamente alto para los cuádriceps, que comprende 4 juegos de prensas de piernas y 4 juegos de extensiones de rodilla con 75% de 1RM, con cada serie realizada hasta el fallo. Un grupo usó 1 minuto de períodos de descanso, y el otro grupo utilizó períodos de descanso de 5 minutos. El grupo que usó períodos de descanso de 5 minutos lograron entre un 14% y un 15% más de volumen (repeticiones totales) y entre un 13% y un 15% más volumen de carga (series x repeticiones x peso).

Sin embargo, el grupo que utilizó períodos de descanso de 5 minutos aumentó la proteína muscular (tasa de síntesis (de la fracción miofibrilar)) en un 139%, mientras que el grupo que utilizó períodos de descanso de 1 minuto aumentaron la tasa de síntesis de proteínas musculares en solo un 68%, cuando medido durante las 4 horas posteriores al entrenamiento.

Los investigadores señalaron que sería extremadamente improbable que los pequeños cambios en diferencia en volumen (repeticiones totales) o carga de volumen (series x repeticiones x peso) para poder explicar esta gran diferencia en la síntesis de proteínas musculares después del entrenamiento. (Desafortunadamente, no observaron que ni el volumen (repeticiones totales) ni la carga de volumen (series x repeticiones x peso) puede explicar la cantidad de hipertrofia que resulta de un entrenamiento de todos modos).

Dado que sentían que era poco probable que diferencias tan pequeñas en volumen pudieran explicar las grandes diferencias en las tasas de síntesis de proteínas musculares, la hipótesis alternativa propuesta por los investigadores fue que los períodos de descanso cortos aumentan la fatiga del sistema nervioso central, como resultado de la mayor acumulación de lactato.

Para apreciar cómo funciona esta hipótesis, necesitamos comprender las diversas formas de fatiga durante el entrenamiento de fuerza.

¿Cómo afecta la duración del período de descanso a la fatiga?

La fatiga es una reducción temporal de la capacidad de producir fuerza.

Nuestra capacidad para ejercer fuerza se puede reducir ya sea (1) reduciendo la capacidad del propio músculo para ejercer fuerza (que se llama "fatiga periférica" y que es

medida como fuerza involuntaria, estimulada eléctricamente), o (2) reducir la capacidad del sistema nervioso central para activar el músculo de modo que produzca fuerza (que se llama "fatiga del sistema nervioso central" y que se mide como la diferencia entre fuerza involuntaria y voluntaria). La activación del músculo por el sistema nervioso central se logra mediante el reclutamiento de unidades motoras, en orden de tamaño, de umbral bajo a umbral alto.

Es importante destacar que cuando experimentamos fatiga del sistema nervioso central, esto reduce el nivel de reclutamiento de unidades motoras, independientemente del grado de fatiga periférica, ya que tiene prioridad en virtud de ser el controlador final de los músculos.

Primero echemos un vistazo a la fatiga central.

1. Fatiga central

La fatiga central puede ocurrir debido a una reducción en el tamaño de la señal enviada desde el cerebro o la médula espinal, o debido a un aumento de aferentes

retroalimentación que posteriormente reduce la excitabilidad de la neurona motora.

Cuando la fatiga del sistema nervioso central es alta, esto reduce la cantidad de unidades que se contratan. Dado que las unidades motoras siempre se reclutan en orden de tamaño, esto impide principalmente el reclutamiento de unidades motoras de alto umbral. Estos son los unidades motoras que controlan la gran cantidad de fibras musculares altamente sensibles que crecen después de un entrenamiento de fuerza a largo plazo. Previene estas fibras musculares de activarse, la fatiga del sistema nervioso central puede inhibir la hipertrofia estímulo logrado por cualquier conjunto dado.

Hay al menos tres razones por las que los períodos cortos de descanso pueden conducir a una mayor fatiga del sistema nervioso central que períodos de descanso más prolongados.

En primer lugar, aunque la mayoría de las investigaciones han demostrado que la fatiga del sistema nervioso central después El entrenamiento de fuerza es bastante efímero, ciertamente está presente en los 30 minutos. después de un entrenamiento. Además, también está presente dentro de un entrenamiento, al menos una vez al se ha logrado cierta cantidad de volumen, aunque probablemente decae

exponencialmente después de cada serie. Por lo tanto, usar períodos de descanso más cortos lo hace más Es probable que comencemos una serie posterior mientras el sistema nervioso central la fatiga todavía está presente. Esto evitará que alcancemos el reclutamiento completo de unidades motoras. en el siguiente conjunto.

En segundo lugar, el ejercicio que implica una mayor demanda aeróbica puede conducir a una mayor fatiga del sistema nervioso central, ya que el ejercicio aeróbico parece producir fatiga del sistema nervioso más fácilmente que el entrenamiento de fuerza. Periodos de descanso cortos por lo tanto, podría provocar una mayor fatiga del sistema nervioso central durante un entrenamiento, porque aumentan esta demanda aeróbica.

En tercer lugar, los investigadores han sugerido que la acumulación de lactato en sangre podría ser implicado en el desarrollo de la fatiga del sistema nervioso central, tal vez debido a que la acumulación de metabolitos a menudo ocurre en conjunto con el aumento sensaciones incómodas, que conducen a una mayor retroalimentación aferente. Nosotros ya saber que el entrenamiento hasta la insuficiencia muscular con cargas ligeras probablemente no conduce a bastante el mismo nivel de reclutamiento de unidades motoras que el entrenamiento hasta el fracaso con cargas, y esto probablemente se deba a la mayor retroalimentación aferente asociada con acumulación de metabolitos. En el caso de cargas ligeras, este nivel reducido de motor El reclutamiento de unidades parece demasiado pequeño para causar una ganancia menor en el tamaño del músculo después entrenamiento (en comparación con cargas pesadas), pero el efecto puede ser lo suficientemente grande como para producir un déficit en la hipertrofia cuando se utilizan descansos cortos (en comparación con descansa).

Ahora, veamos la fatiga periférica.

2. Fatiga periférica

Cuando el músculo experimenta fatiga periférica, esto reduce la cantidad de fuerza que cada fibra muscular puede producir, por lo que el sistema nervioso central aumenta el nivel de reclutamiento de unidades motoras para compensar. Este aumento en El reclutamiento de unidades motoras aumenta el número de fibras musculares activas.

Cuando la fatiga periférica es muy alta (como ocurre cuando el entrenamiento de fuerza para falla con cargas ligeras), el sistema nervioso central recluta todos los motores disponibles

unidades, que activa la mayoría de las fibras musculares dentro del músculo. Por lo tanto, activando todas las fibras musculares (mientras se acortan en velocidades lentas, debido a la fatiga), la fatiga periférica puede contribuir a la estímulo hipertrófico.

Es importante tener en cuenta que la fatiga periférica puede conducir a un aumento de la unidad motora.

reclutamiento sin la acumulación de lactato (y por lo tanto sin ninguna estrés metabólico). Esto ocurre porque los procesos que conducen a la fatiga pueden variar, y probablemente no impliquen la acumulación de metabolitos de todos modos. Por lo tanto, no podemos determinar cuánta fatiga periférica está presente con diferentes descansos duraciones de los períodos según los niveles de lactato en sangre, aunque son una buena guía para el nivel de acumulación de metabolitos.

La cantidad de estrés metabólico experimentado durante el entrenamiento de fuerza no es siempre afectado por la duración del período de descanso. Algunas investigaciones muestran que para períodos de descanso entre 30 segundos y 2 minutos de duración, la cantidad de sangre el lactato que se acumula es el mismo. Otra investigación muestra que al comparar períodos de descanso de 1 minuto y 5 minutos, la cantidad de lactato sanguíneo que acumula es mayor cuando se usa el período de descanso más corto. Esta sugerencia que puede haber un período clave de descanso de entre 2 y 3 minutos en el que la sangre La acumulación de lactato comienza a reducirse, pero los niveles se mantienen igualmente altos. con períodos de descanso más cortos.

En cualquier caso, la acumulación de metabolitos fue mayor cuando se utilizó el más corto (1-minuto) período de descanso que cuando se utiliza el período de descanso más largo (5 minutos), incluso aunque las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares se elevaron más con el períodos de descanso, que es otra prueba más que arroja dudas sobre el papel de metabolitos en hipertrofia.

¿Qué significa esto en la práctica?

Cada serie que se realiza hasta el fallo implica un cierto número de estimulantes repeticiones (probablemente cinco). Estas son aquellas repeticiones al final de una serie que involucran altos niveles de reclutamiento de unidades motoras al mismo tiempo que una fibra muscular lenta velocidad de acortamiento.

Cuando realizamos un entrenamiento de fuerza, esto desencadena un cierto nivel de central fatiga del sistema nervioso. Este sistema nervioso central puede ser mayor cuando se usa períodos cortos de descanso, tal vez debido a la descomposición exponencial del sistema nervioso central fatiga del sistema después de cada serie, o la naturaleza aeróbicamente exigente de la ejercicio, o la mayor retroalimentación aferente relacionada con una acumulación de metabolitos.

Comenzar la siguiente serie de ejercicios mientras todavía estamos experimentando altos niveles de La fatiga del sistema nervioso central necesariamente nos impedirá alcanzar el máximo reclutamiento de unidades motoras, lo que nos impedirá estimular el gran número de fibras musculares de alta respuesta que se rigen por el motor de umbral alto unidades. Esencialmente, el sistema nervioso central terminará el conjunto antes de logramos las (cinco) repeticiones estimulantes. Esto reducirá la El entrenamiento aumenta la síntesis de proteínas musculares y las ganancias a largo plazo en el músculo. Talla.

Prácticamente, podríamos compensar el número reducido de repeticiones estimulantes que ocurre cuando la fatiga del sistema nervioso central está presente al hacer series adicionales. Cualquiera De esta manera, el entrenamiento puede durar aproximadamente el mismo tiempo.

¿Qué es la comida para llevar?

Los períodos cortos de descanso de 1 a 2 minutos entre series producen menos crecimiento muscular en comparación con períodos de descanso más prolongados de 3 a 5 minutos. Esto probablemente sea causado por niveles más altos de fatiga del sistema nervioso central que están presentes en el punto de comenzar la siguiente serie cuando se usa un período de descanso más corto, lo que reduce la nivel de reclutamiento de unidades motoras que podemos lograr, por lo tanto, disminuyendo el número de estimulantes repeticiones en cada serie hasta el fracaso. Prácticamente, podemos compensar la número reducido de repeticiones estimulantes al hacer series adicionales, aunque en reposo más tiempo puede ser preferible para la mayoría de las personas, dado que el resultado final es el mismo.

¿CÓMO SE ORDENA EL EJERCICIO EN UN ¿EL ENTRENAMIENTO AFECTA LA HIPERTROFIA?

Excepto en algunos casos raros, cada entrenamiento en un programa de entrenamiento incluye un número de ejercicios. Al redactar el programa de formación, debemos, por tanto, decidir el orden en el que realizar los ejercicios en cada entrenamiento.

Instintivamente tendemos a priorizar los ejercicios, colocando los que consideramos los más importantes al comienzo del entrenamiento y los demás más adelante. En la actualidad, algunos investigadores están de acuerdo con ese enfoque, mientras que otros recomiendan siempre realizar primero ejercicios multiarticulares.

Entonces, ¿quién tiene razón?

¿Qué recomiendan los expertos actualmente?

Hay dos recomendaciones comunes con respecto al orden de los ejercicios.

La recomendación tradicional es realizar primero ejercicios multiarticulares y ejercicios de una sola articulación que entrenan el mismo grupo de músculos después. Como ordenar varios ejercicios multiarticulares o monoarticulares (o ejercicios que funcionan de forma diferente grupos musculares) no se especifica en este marco.

Más recientemente, se ha vuelto popular recomendar la realización de ejercicios que trabajen los grupos de músculos que son la principal prioridad en primer lugar, independientemente de si el entrenamiento de esos grupos de músculos implica ejercicios multiarticulares o monoarticulares.

Entonces, ¿cuál es la lógica detrás de estas recomendaciones?

1. Ejercicios multiarticulares primero

Los ejercicios multiarticulares implican que los músculos impulsores primarios trabajen en dos o más articulaciones. Por ejemplo, el press de banca involucra a los músculos impulsores principales que trabajan en el hombro y el codo, mientras que la sentadilla involucra los músculos impulsores primarios trabajando en la cadera, rodilla y tobillo.

Cuando realizamos un ejercicio de una sola articulación primero en un entrenamiento, esto puede limitar la número de repeticiones que se logran en un ejercicio de articulaciones múltiples que se realiza después, fatigando uno de los grupos de músculos impulsores primarios que se utiliza.

Algunos investigadores han sugerido que esta reducción en el rendimiento del ejercicio hace que los otros grupos de músculos impulsores primarios (no fatigados) experimenten una disminución en los niveles de reclutamiento de unidades motoras en el ejercicio multiarticular, de lo que lo harían si el ejercicio de articulación única no se había realizado de antemano. En este modelo, el Se supone que la capacidad de los músculos fatigados para producir fuerza limita la capacidad de los músculos no fatigados para llegar a la falla muscular, lo que les impide lograr el reclutamiento completo de la unidad motora.

Por el contrario, este problema supuestamente no se experimenta cuando la articulación múltiple El ejercicio se realiza primero en un entrenamiento. Fatigar el grupo de músculos del motor principal de un ejercicio de una sola articulación trabajándolo de antemano en un ejercicio de articulaciones múltiples no afectar la capacidad de ese grupo de músculos para alcanzar la insuficiencia muscular, ya que el factor limitante para la realización del ejercicio.

La limitación clave de este modelo es que ignora el hecho de que la fatiga puede ocurrir en el sistema nervioso central y también dentro del músculo, y el origen de la fatiga afecta el nivel de reclutamiento de unidades motoras que se alcanza cuando el entrenamiento hasta la insuficiencia muscular.

De hecho, sabemos que durante el entrenamiento de fuerza, la fatiga surge tanto dentro del sistema nervioso central y también dentro del músculo. Cuando surge la fatiga en el sistema nervioso central, esto evita que el reclutamiento completo de unidades motoras sea alcanzado. En consecuencia, los ejercicios que se realizan más tarde en un entrenamiento son menos efectivos. Es probable que experimenten un reclutamiento completo de unidades motoras que las que se realizan antes (independientemente de si son ejercicios de articulación única o de articulaciones múltiples), ya que habrá más fatiga del sistema nervioso central.

2. Ejercicios que trabajan primero los grupos de músculos prioritarios

Más recientemente, los investigadores han recomendado realizar ejercicios que funcionen aquellos grupos de músculos que son la principal prioridad del levantador primero, independientemente de si

entrenar esos grupos de músculos implica el uso de ejercicios multiarticulares o monoarticulares.

Esta recomendación se basa en algunos estudios que informan que la realización de tríceps las extensiones anteriores en un entrenamiento conducen a un mayor crecimiento del músculo tríceps braquial, en comparación con cuando se realiza primero el press de banca. Además, otros estudios han informado mayores ganancias de fuerza máxima y fuerza de repetición en aquellos ejercicios que se realizan primero en un entrenamiento, en comparación con cuando se realizado más tarde.

A valor nominal, esta recomendación supera la limitación clave en el modelo tradicional, que es que la fatiga del sistema nervioso central puede ocurrir en aquellos ejercicios que se realizan más tarde en un entrenamiento, reduciendo el nivel de unidad motora reclutamiento que se alcanza mediante esos ejercicios en los grupos musculares trabajados cuando entrenamiento hasta la insuficiencia muscular.

Sin embargo, el modelo alternativo no reconoce el hecho de que todavía existe una diferencia en las contribuciones de cada tipo de fatiga al fracaso de la tarea entre Ejercicios multiarticulares y monoarticulares.

En cualquier ejercicio, se llega al fracaso de la tarea cuando no podemos producir el nivel de fuerza requerido para completar la siguiente repetición del movimiento. El nivel de La fuerza que podemos ejercer está determinada por la cantidad de fatiga presente. Esta La fatiga se compone de múltiples componentes, incluidos los procesos dentro del sistema nervioso central y dentro del músculo.

En general, cuanto menos masa muscular se trabaja con un movimiento, mayor es la fatiga muscular local.

De hecho, los ejercicios de una sola articulación implican una mayor fatiga muscular local que los ejercicios de articulaciones, los ejercicios de una extremidad implican una mayor fatiga muscular local que Los ejercicios de dos extremidades y los ejercicios de la parte superior del cuerpo implican una mayor fatiga que los ejercicios de la parte inferior del cuerpo. Esto sugiere que los ejercicios multiarticulares pueden ser limitado más rápidamente por la fatiga del sistema nervioso central, posiblemente debido a la mayor demanda aeróbica (el ejercicio aeróbico parece causar que el sistema nervioso central fatiga más fácilmente que el entrenamiento de fuerza) o un mayor grado de lactato en sangre acumulación. Sin embargo, las implicaciones prácticas de esta diferencia entre los tipos de ejercicio no están claros.

NB Limitaciones de la investigación

Hasta la fecha, se han realizado pocos estudios a largo plazo que hayan medido la efectos del entrenamiento con diferentes órdenes de ejercicio. Además, estos estudios han o solo midió los grupos de músculos que se enfocan principalmente en una articulación única ejercicios, o no han tenido claro qué grupo de músculos se está medido (ejercicios de extensión de piernas de múltiples articulaciones, como sentadillas y prensas de piernas) se dirige principalmente a los cuádriceps de una sola articulación, mientras que el ejercicio de extensión de rodilla se dirige principalmente al recto femoral).

¿Qué significa esto en la práctica?

El factor clave que determina si se debe realizar un ejercicio multiarticular Lo primero en un entrenamiento es probable que la capacidad de ese ejercicio para causar unidad motora completa reclutamiento en el músculo al que se dirige.

Por ejemplo, la sentadilla y la prensa de piernas parecen ser más efectivas para desarrollar el cuádriceps que los extensores de la cadera, lo que probablemente significa que el cuádriceps lograr el reclutamiento completo de la unidad motora durante estos ejercicios, mientras que la cadera los extensores pueden no hacerlo. Por el contrario, el press de banca parece igualmente efectivo para los músculos pectoral, hombro y tríceps, o superior para el pectoral y los músculos de los hombros que para los músculos del tríceps. A fin de cuentas, parece probable que el pectoral mayor (y el deltoides anterior) alcancen la unidad motora completa reclutamiento durante este ejercicio, mientras que el tríceps no lo hace, excepto tal vez cuando se utilizan cargas muy pesadas.

Al realizar primero la sentadilla o la prensa de piernas en un entrenamiento, los cuádriceps están cargado al máximo. Por el contrario, cuando se realiza primero el press de banca en una entrenamiento, los tríceps braquiales no se cargan al máximo, ya que no son los factor limitante para el ejercicio. En ambos casos, el cuádriceps y el tríceps braquial experimenta fatiga del sistema nervioso central en la articulación unitaria posterior ejercicios (extensión de rodilla y extensión de tríceps) y, por lo tanto, es posible que no alcance Reclutamiento completo de la unidad motora en ese ejercicio de articulación única. Esto significa que el

los cuádriceps alcanzan el reclutamiento completo de las unidades motoras en el entrenamiento, mientras que los tríceps no.

En consecuencia, realizar primero la sentadilla o la prensa de piernas en un entrenamiento (y la rodilla extensión en segundo lugar) podría desarrollar los cuádriceps más eficazmente que el orden opuesto, mientras realiza el press de banca primero en un entrenamiento (y un tríceps extensión en segundo lugar) podría no desarrollar el tríceps tan eficazmente como el reverso orden, pero podría conducir a un mayor desarrollo del pectoral mayor.

Esto es, en términos generales, lo que muestra la investigación.

¿Qué es la comida para llevar?

La fatiga del sistema nervioso central se acumula durante el transcurso de una fuerza. entrenamiento de entrenamiento, reduciendo nuestra capacidad para reclutar unidades motoras de umbral alto cuando entrenamiento al fracaso. En consecuencia, los músculos que están cargados por los ejercicios realizados El último en la secuencia probablemente crecerá menos que los que se cargan con ejercicios. hecho primero. Para asegurar resultados óptimos para aquellos grupos de músculos que son los principales prioridad, los ejercicios que se dirigen a esos músculos deben realizarse primero en una entrenamiento, y se debe tener cuidado para comprender el papel de cada músculo en ejercicios multiarticulares cuando se colocan primero.

¿CÓMO PODRÍA HACER EJERCICIO AERÓBICO? ¿REDUCIR LAS GANANCIAS DE TAMAÑO MUSCULAR?

Muchos levantadores recreativos hacen ejercicio aeróbico además del entrenamiento de fuerza, ya sea por razones de salud o para ayudar con la pérdida de grasa. Sin embargo, algunos grupos de investigación han descubierto que realizar ejercicio aeróbico con regularidad, al mismo tiempo que hace fuerza entrenamientos de entrenamiento, conduce a aumentos más pequeños en la fuerza y el tamaño de los músculos en comparación con solo hacer entrenamientos de entrenamiento de fuerza. Desafortunadamente, a pesar de una enorme cantidad de tiempo y esfuerzo, todavía no hay una respuesta clara con respecto a cómo esto podría ocurrir.

Creo que esto se debe a que hemos estado buscando en el lugar equivocado.

Dejame explicar.

¿Por qué creemos que el ejercicio aeróbico podría reducir la hipertrofia? logrado a partir del entrenamiento de fuerza?

En 1980, se publicó un estudio pionero que mostraba que las ganancias en fuerza eran más pequeñas cuando los programas de entrenamiento de fuerza y ejercicio aeróbico realizado simultáneamente, en comparación con cuando solo se realizó entrenamiento de fuerza. El entrenamiento de fuerza involucró 3 entrenamientos por semana y el ejercicio aeróbico implicó 6 entrenamientos por semana. Cuando los entrenamientos se realizaron el mismo día, hubo al menos 2 horas de descanso en el medio.

Muchos estudios posteriores duplicaron este efecto con éxito (aunque vale la pena señalar que algunos estudios recientes no han logrado encontrar los mismos efectos negativos de los aeróbicos ejercicio sobre adaptaciones al entrenamiento de fuerza).

Algunas investigaciones que duplicaron con éxito el efecto también han explorado los efectos del entrenamiento de fuerza y los programas de ejercicio aeróbico simultáneos en otros resultados, como cambios en la capacidad de producir fuerza a altas velocidades (comúnmente medido como producción de potencia) y cambios en el tamaño de los músculos. En general, es Se encontró que había un efecto negativo del entrenamiento de fuerza simultáneo y programas de ejercicio aeróbico en todos los resultados.

Con el tiempo, se desarrolló una terminología para proporcionar etiquetas adecuadas.

La realización simultánea de programas de entrenamiento de fuerza y ejercicio aeróbico fue denominado "entrenamiento concurrente", y los efectos negativos del ejercicio aeróbico en el Las adaptaciones que normalmente resultan del entrenamiento de fuerza se denominaron las "efecto de interferencia".

Pero, ¿por qué podría ocurrir este efecto de interferencia?

¿Por qué podría ocurrir el efecto de interferencia? (parte I)

Para explicar por qué podría ocurrir el efecto de interferencia, los investigadores han buscado (casi exclusivamente) por los efectos negativos del entrenamiento concurrente en cambios en el tamaño de los músculos.

En retrospectiva, esta podría parecer una decisión extraña, dado que ahora sabemos que las adaptaciones que sustentan los aumentos en la fuerza máxima son bastante diferentes de los que sustentan las ganancias en fuerza y potencia a alta velocidad. Además, parece un curso de acción particularmente extraño, dado que aumenta en El soporte del tamaño del músculo aumenta en la fuerza máxima en mayor grado de lo que soportar aumentos en la fuerza y la potencia a alta velocidad, debido a un rango de efectos negativos del aumento del tamaño de los músculos en la capacidad de los músculos para acortarse rápidamente.

No obstante, algunos investigadores idearon la hipótesis de que el post-entrenamiento La señalización molecular que es estimulada por el ejercicio aeróbico podría suprimir la Señalización molecular posterior al entrenamiento que se desencadena por el entrenamiento de fuerza, que es lo que conduce al crecimiento muscular.

Durante cualquier tipo de ejercicio, los sensores en varias partes del cuerpo detectan la tensiones y tensiones específicas a las que ha estado expuesto el cuerpo. Estos sensores luego desencadenan procesos de señalización que conducen a adaptaciones físicas. En el caso de ejercicio aeróbico, las adaptaciones incluyen un aumento en el contenido mitocondrial en el interior fibras musculares (que mejora la capacidad de consumir oxígeno y producir ATP), y un aumento de la densidad capilar alrededor de las fibras musculares (que mejora el suministro de oxígeno). En el caso del entrenamiento de fuerza, las adaptaciones incluyen aumentos en la longitud y el diámetro de las fibras musculares, que juntos producen aumentos en volumen de fibra muscular.

Inicialmente, se sugirió que el monofosfato de adenosina 5' (AMP) activado proteína quinasa (AMPK) que se activa después del ejercicio aeróbico provocó una reducción en la actividad en la vía de la diana mecanicista de la rapamicina (mTOR). los La vía mTOR se activa comúnmente después del entrenamiento de fuerza y se ha implicados en la producción de efectos de señalización que conducen a un aumento post-entrenamiento tasas de síntesis de proteínas musculares, que hacen que las fibras musculares aumenten su contenido de proteína, aumentando así en diámetro o longitud y por lo tanto en volumen.

AMPK es un sensor de energía celular que se activa en respuesta a baja energía almacenes (glucógeno y ATP) dentro del músculo, que ocurren comúnmente durante períodos sostenidos de ejercicio. También participa en la activación de algunos de los adaptaciones que ocurren después del entrenamiento de resistencia, incluido un aumento en contenido mitocondrial, regulando la señalización de PGC-1 α . En consecuencia, debe ser Se esperaba que la actividad de AMPK aumentara en mayor medida en los días en los que tanto Se realizaron ejercicios aeróbicos y entrenamiento de fuerza, en comparación con días posteriores. cuando solo se hizo entrenamiento de fuerza.

Desafortunadamente para esta hipótesis, la investigación encontró que cuando el entrenamiento de fuerza y El ejercicio aeróbico se realiza muy cerca, esto no tiene un efecto negativo. efecto sobre la señalización de mTOR, incluso cuando hay aumentos medibles en AMPK y señalización PGC-1 α .

Si la señalización AMPK no puede explicar el efecto de interferencia, ¿qué lo hace?

¿Por qué podría ocurrir el efecto de interferencia? (Parte II)

Una vez que descubrieron que la activación de AMPK no podía explicar la efecto de interferencia, los investigadores buscaron otras vías de señalización molecular que podría ser provocado por el ejercicio de resistencia y podría suprimir los efectos anabólicos señalización. Sin embargo, esto supone que sabemos que las moléculas moleculares relacionadas con la resistencia la señalización interfiere con la señalización anabólica de manera más general, y que ahora estamos tratando de encontrar los detalles específicos de las vías de interferencia, que no es en realidad es el caso. Consecuentemente, tales investigaciones todavía pueden estar buscando en el Lugar equivocado.

Aun así, los investigadores han sugerido al menos dos alternativas que pueden proporcionar una efecto de interferencia a nivel de señalización molecular.

En primer lugar, se ha observado que el ejercicio aeróbico activa la sirtuina 1. La sirtuina 1 tiene se ha relacionado con la biogénesis mitocondrial, puede suprimir la señalización de mTOR y es visto a menudo junto con la señalización AMPK (lo que podría explicar por qué los investigadores identificó previamente un rol para AMPK).

En segundo lugar, se ha observado que el ejercicio aeróbico puede causar estrés del retículo. Cuando el funcionamiento del retículo endoplásmico se ve afectado, esto desencadena la respuesta de la proteína desplegada, que reduce la proteína muscular síntesis, interfiriendo con la hipertrofia. Al igual que la señalización AMPK, endoplásmica El estrés del retículo puede ocurrir en respuesta a reducciones en el suministro de energía celular, lo que podría explicar por qué los grupos de investigación originalmente identificaron erróneamente a AMPK como el culpable principal.

Si bien son interesantes, estas dos posibles líneas de investigación son todavía nuevas y Aún no se sabe si resistirán los rigores de futuras investigaciones.

Una explicación alternativa (más probable) para el efecto de interferencia

En contraste con las complejas hipótesis de señalización que se han propuesto como explicaciones para el efecto de interferencia, hay una alternativa más simple que también encaja los datos disponibles, que es que el ejercicio de resistencia causa nervios centrales fatiga del sistema.

La fatiga es una reducción en la capacidad de producir fuerza. Nuestra capacidad de ejercer fuerza se puede reducir reduciendo la capacidad del propio músculo para ejercer fuerza (que se llama "fatiga periférica" y se mide como involuntaria, eléctricamente-fuerza estimulada), o reduciendo la capacidad del sistema nervioso central para activar el músculo para que produzca fuerza (que se llama "sistema nervioso central fatiga del sistema" y se mide como la diferencia entre fuerza voluntaria).

Cuando el músculo experimenta fatiga periférica, esto reduce la cantidad de fuerza que cada fibra muscular puede producir, por lo que el sistema nervioso central aumenta

el nivel de reclutamiento de unidades motoras para compensar. Este aumento en la unidad motora el reclutamiento aumenta el número de fibras musculares activas. Cuando periférico la fatiga es muy alta (como cuando el entrenamiento de fuerza hasta el fracaso con cargas ligeras), el El sistema nervioso central recluta todas las unidades motoras disponibles, lo que activa la la mayoría de las fibras musculares dentro del músculo. Activando todo el músculo fibras (mientras se acortan a velocidades lentas, debido a la fatiga), periféricas la fatiga contribuye eficazmente al estímulo hipertrófico.

Cuando un músculo experimenta fatiga del sistema nervioso central, esto reduce el nivel del reclutamiento de unidades motoras que se puede lograr para el músculo. Esto significa que no todas las fibras musculares del interior del músculo pueden activarse.

Si hacemos ejercicio hasta el punto en que experimentamos fatiga del sistema nervioso central para un grupo de músculos, esto significará que no podemos reclutar todos los motores unidades para ese grupo de músculos hasta que nos hayamos recuperado. Durante el período de tiempo en que estamos recuperando, si realizamos un entrenamiento de fuerza no ser capaces de alcanzar el reclutamiento completo de las unidades motoras en el punto en que alcanzamos falla. Esto significa que no podremos reclutar el motor de umbral alto. unidades, que son las que controlan la gran cantidad de fibras musculares que crecen después del entrenamiento de fuerza.

La mayoría de las investigaciones han demostrado que la fatiga del sistema nervioso central después de la fuerza El entrenamiento es bastante breve, pero puede durar hasta 3 días si el entrenamiento de fuerza El entrenamiento es de alto volumen o si se produce daño muscular durante el entrenamiento. Esta explica por qué el entrenamiento de fuerza de alta frecuencia no es tan efectivo como podríamos esperar si solo miramos el curso temporal de la proteína muscular típica después del entrenamiento aumenta la tasa de síntesis. El ejercicio de resistencia produce

fatiga duradera del sistema nervioso central que el entrenamiento de fuerza. Por tanto, parece razonable suponer que la fatiga del sistema nervioso central causada por aeróbicos ejercicios realizados inmediatamente antes (y tal vez incluso el día anterior) a El entrenamiento de fuerza seguirá estando presente en ese entrenamiento de fuerza.

Esto significa que el ejercicio aeróbico realizado poco antes del entrenamiento de fuerza reduce nuestra capacidad para reclutar unidades motoras en los grupos musculares entrenados. Esta Disminuye la cantidad de fibras musculares que son estimuladas por el entrenamiento de fuerza. entrenamiento para que no estimule las fibras musculares que responden mejor a entrenamiento de fuerza.

Probando la explicación alternativa (más probable) para el efecto de interferencia

Suponiendo que esta explicación alternativa sea correcta, basándonos en nuestra actual comprensión de la fatiga del sistema nervioso central, podríamos predecir que el proximidad del ejercicio aeróbico al entrenamiento de fuerza (y el orden de ejercicios y entrenamientos de fuerza) deberían tener un gran impacto en el efecto de interferencia.

Deberíamos encontrar que el ejercicio aeróbico realizado después de un entrenamiento de fuerza no debe reducir las adaptaciones musculares (a menos que cause que el sistema nervioso central fatiga que persiste hasta el próximo entrenamiento de fuerza). También deberíamos encontrar que el efecto de interferencia es mayor cuando se realiza el ejercicio aeróbico inmediatamente antes de un entrenamiento de fuerza y más pequeño cuando se hace inmediatamente después o en un día aparte.

De hecho, sabemos que cuando el entrenamiento de fuerza se realiza antes de la actividad aeróbica ejercicio, el efecto de interferencia es pequeño, incluso en personas altamente capacitadas. Y la literatura muestra que el efecto de interferencia es mayor cuando el aeróbico El ejercicio se realiza inmediatamente antes de un entrenamiento de fuerza, en comparación con cuando se hace inmediatamente después o en un día aparte.

Además, deberíamos encontrar que el efecto de interferencia en las medidas de desempeño, como como fuerza y potencia máximas, es mayor que el efecto de interferencia en tamaño del músculo (y de hecho, esto es lo que muestra la literatura). Esto sucede porque La capacidad de reclutar unidades motoras también es una adaptación que ocurre con entrenamiento de fuerza a largo plazo, y esta adaptación beneficia tanto la fuerza máxima como poder. La incapacidad de reclutar todas las unidades motoras durante el entrenamiento significará que no desarrolle la capacidad de reclutar más unidades motoras después del entrenamiento, lo que Impedir ganancias de fuerza.

¿Qué significa esto en la práctica?

En la práctica, todavía sabemos un poco sobre el curso temporal de la enfermedad nerviosa central. fatiga del sistema después de varios tipos de ejercicio, aunque la cantidad de La fatiga del sistema nervioso parece ser mayor cuando la duración del ejercicio es mayor.

También sabemos poco acerca de qué tipos de ejercicio producen mayor nerviosismo central. fatiga del sistema que otros, aunque se sabe que el daño muscular es un desencadenante de fatiga del sistema nervioso central, incluso cuando la duración del ejercicio es bastante corta.

En la práctica, esto significa que cuando queremos incluir el ejercicio aeróbico en un programa de entrenamiento de fuerza, probablemente queremos evitar realizar ese entrenamiento aeróbico hacer ejercicio demasiado pronto antes de un entrenamiento de fuerza, queremos evitar hacer ejercicios de larga duración, y queremos evitar hacer tipos de ejercicio que implican un alto grado de daño muscular, como correr.

¿Qué es la comida para llevar?

Realizar programas de ejercicio aeróbico al mismo tiempo que el entrenamiento de fuerza
Los programas pueden reducir nuestra capacidad para ganar tamaño muscular. Aunque el popular
La explicación de este efecto de interferencia es la posible supresión de
señalización anabólica del entrenamiento mediante la señalización relacionada con la resistencia posterior al entrenamiento, es
más probablemente causado por la fatiga del sistema nervioso central como resultado de aeróbicos
ejercicio, que reduce nuestra capacidad para el reclutamiento de unidades motoras durante
entrenamientos de entrenamiento de fuerza posteriores.

¿CÓMO TOMAR UN DESCANSO DE AFECTO DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA ¿HIPERTROFIA?

A muchos levantadores les preocupa que si dejan de entrenar por vacaciones o toman demasiado mucho tiempo fuera del gimnasio por cualquier motivo, podrían perder una gran cantidad de masa muscular. Pero, ¿es esta una preocupación válida?

¿Qué pasa cuando dejamos de levantar pesas?

Cuando dejamos de levantar pesas (lo que los investigadores llaman desentrenamiento), lo hacemos experimentan pérdidas tanto en la fuerza máxima como en el tamaño de los músculos.

Sin embargo, la velocidad a la que perdemos la fuerza máxima cambia con el tiempo.

En los primeros días después de nuestro entrenamiento final de entrenamiento de fuerza, a menudo podemos experimentar un pequeño aumento en la fuerza máxima, porque el daño muscular es reparado y cualquier fatiga asociada del sistema nervioso central se disipa. Este es el razón principal por la que las puestas a punto son eficaces para los atletas de fuerza. En los pocos días después esto, puede haber una pequeña caída en la resistencia máxima, que puede deberse a reducciones en la coordinación, y quizás también en el reclutamiento de unidades motoras. Sobre el próximas cuatro semanas, las reducciones progresivas en la fuerza máxima se producen principalmente debido a a las pérdidas en el tamaño de la fibra muscular (tanto en longitud como en diámetro), aunque las reducciones en las unidades motoras también se produce el reclutamiento. A partir de entonces, la masa muscular se estabiliza y Las reducciones en la fuerza máxima son probablemente atribuibles a una mayor y constante Disminuciones en el reclutamiento de unidades motoras.

En contraste con la fuerza máxima, el tamaño del músculo parece reducirse más en la primera mes después de dejar de entrenar y poco después. De hecho, hay muy pérdidas notables en el tamaño de la fibra muscular en las primeras 4 semanas después de dejar de entrenar, pero las reducciones se ralentizan notablemente después de este punto.

¿Por qué pasó esto?

¿Por qué se reduce el tamaño de los músculos después de que dejamos de levantar pesas?

Los músculos contienen muchas decenas de miles de fibras musculares, agrupadas en unas pocas cien unidades motoras. Las unidades motoras son reclutadas por el sistema nervioso central para realizar tareas en estricto orden de umbral de reclutamiento, con motor de bajo umbral las unidades siempre se reclutan antes que las unidades motoras de umbral alto. Además, bajo Las unidades motoras de umbral permanecen reclutadas cuando las unidades motoras de umbral alto son reclutado.

Es importante destacar que la cantidad de fibras musculares controladas por cada fibra muscular aumenta exponencialmente al aumentar el número de unidades motoras. Motor de umbral bajo cada unidad controla unas pocas docenas de fibras musculares, mientras que cada motor de umbral alto unidad controla decenas de miles.

Las unidades motoras se reclutan en respuesta a la cantidad de esfuerzo que ponemos en un movimiento. Cuando ejercemos el máximo esfuerzo, ya sea para levantar un peso extremadamente pesado peso, o para lanzar un objeto lo más rápido posible, o para realizar las últimas repeticiones de una serie de ejercicios muy fatigantes, reclutamos nuestro motor de umbral alto unidades. Si un movimiento también implica una velocidad de contracción lenta de las fibras musculares, entonces las fibras musculares que están controladas por unidades motoras de umbral alto experimentan altos niveles de carga mecánica debido a la fuerza-velocidad relación. Este estímulo de carga mecánica desencadena un aumento en la tasa de síntesis de proteínas musculares durante un período de aproximadamente 48 horas.

En consecuencia, cuando levantamos pesas con regularidad (ya sea usando cargas pesadas o entrenamiento al fallo con cargas ligeras o moderadas), proporcionamos un estímulo de carga a las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto cada semana. Cuando dejamos de levantar pesas, estas fibras musculares dejan de recibir el estímulo regular que necesitan y comienzan a atrofiarse.

Todas las fibras musculares se atrofian cuando dejan de estar expuestas regularmente a un nivel suficientemente alto de carga mecánica. Sin embargo, las fibras musculares de

Las unidades motoras de bajo umbral experimentan una carga mecánica suficiente cuando moverse a velocidades lentas en respuesta a esfuerzos submáximos durante las actividades diarias vida y también simplemente mantenernos erguidos en respuesta a la fuerza debida a la gravedad. Llevar a cabo la vida diaria en la Tierra es suficiente para las fibras musculares de umbral de unidades motoras para mantener un tamaño constante, pero no es suficiente para el fibras musculares de unidades motoras de umbral alto.

La necesidad de las fibras musculares de tener una carga mecánica constante es la razón por la cual los músculos La atrofia es un gran problema para los astronautas que visitan el International Estación Espacial. Dado que este gran satélite acelera constantemente hacia el Tierra en una órbita rotacional en respuesta a la fuerza de la gravedad, los astronautas dentro no necesitan producir una fuerza con sus músculos contra ninguna de las superficies dentro de eso. Más bien, flotan y las fibras musculares de sus unidades motoras (tanto de umbral bajo como de umbral alto) no experimentan ninguna carga a menos que deliberadamente ejerzan fuerza para acelerar la masa de otro objeto, o para empujarse fuera de las paredes exteriores para viajar desde una parte del satélite a otro. En consecuencia, esta ausencia de carga mecánica provoca atrofia muscular rápida y severa, a menos que sea contrarrestada por una fuerza regular capacitación.

En última instancia, esto explica por qué el tamaño de los músculos disminuye rápidamente en los primeros semanas después de suspender un programa de entrenamiento de fuerza, pero se estabiliza después. Los fibras musculares grandes y numerosas que están controladas por motores de alto umbral unidades pierden su estímulo regular y se atrofian rápidamente, mientras que las fibras musculares que todavía están estimulados por las actividades de la vida diaria y no se ven afectados. El número de Las fibras musculares que no se ven afectadas dependerán del tipo de actividad recreativa. actividades que realiza el individuo, además del entrenamiento de fuerza programa. Una persona con una ocupación activa experimentará menos músculos en general. atrofia que alguien con una ocupación sedentaria, e incluso menos que alguien que se somete a reposo en cama o inmovilización de extremidades después de la hospitalización.

¿Qué sucede cuando tomamos descansos del entrenamiento de fuerza? empezar a levantar de nuevo?

Cuando dejamos de levantar pesas por períodos cortos de tiempo (lo que los investigadores llaman desentrenamiento y los entrenadores de fuerza llaman descarga), perdemos tamaño muscular debido a la eliminación del estímulo regular que las fibras musculares del motor de alto umbral las unidades deben permanecer de un tamaño determinado.

La mayoría de las pérdidas ocurren en las primeras cuatro semanas, y luego el tamaño muscular general se estabiliza a partir de entonces. Tomando un descanso del entrenamiento de fuerza por más de una Por lo tanto, la semana implica permitir que las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto

a la atrofia, lo que reduce el tamaño total de los músculos. Sin embargo, cuando empezamos a levantar una vez más, la hipertrofia ocurre más rápidamente que la primera vez que entrenamos al músculo.

Probablemente esto suceda por dos razones.

En primer lugar, las fibras musculares parecen tener una memoria epigenética, que incluye información sobre su tamaño máximo anterior. Esta memoria puede estar relacionada con un número elevado de mionúcleos, que son donados por células satélite para permitir una mayor tasa de reposo de la síntesis de proteínas musculares, ya que estos los myonuclei no se pierden en el período de desentrenamiento a pesar de las pérdidas de tamaño muscular. En consecuencia, es mucho más fácil para los músculos volver al tamaño que tienen. obtenido previamente que para que alcancen un tamaño nuevo y más grande.

En segundo lugar, el reclutamiento de unidades motoras disminuye más lentamente que el tamaño de las fibras musculares.

Por lo tanto, cuando volvamos a nuestro programa de entrenamiento de fuerza después de varias semanas de desentrenamiento, podemos reclutar más unidades motoras de las que pudimos la primera vez hicimos el programa. Esto significa que podemos cargar más fibras musculares y puede aumentar el tamaño del músculo más rápidamente la segunda vez.

¿Podemos mejorar la hipertrofia tomando deliberadamente breves descansos del entrenamiento de fuerza?

Algunos comentaristas han propuesto que podría ser posible acelerar el músculo crecimiento tomando deliberadamente breves descansos de los programas de entrenamiento de fuerza.

Esto es poco probable, aunque el crecimiento muscular se produce más rápidamente durante una período de entrenamiento después de un período de desentrenamiento, en comparación con después de un período inicial de entrenamiento, debido a adaptaciones que están relacionadas con el período inicial de entrenamiento, incluyendo aumento de (1) número de mionucleares y (2) reclutamiento de unidades motoras. Si bien la tasa de crecimiento muscular inicialmente será más rápida en el período de entrenamiento después de un período de desentrenamiento hasta el punto en que se recupera el músculo perdido, el La tasa de crecimiento disminuirá entonces a la misma tasa una vez que se alcance este punto.

Para ser claros, esto significa que no podemos producir artificialmente un aumento mayor en número myonuclear (y por lo tanto aumentar la hipertrofia) al tomar deliberadamente

breves períodos de tiempo fuera del entrenamiento.

Si bien es cierto que tomarse un tiempo libre para entrenar puede provocar más daño muscular en el primer entrenamiento después del entrenamiento (y este desacostumbrado, que daña los músculos ejercicio estimula una mayor actividad de las células satélite), no conduce a aumento del número de myonucleares. De hecho, la actividad de las células satélite a menudo parece ser utilizado únicamente para reparar el daño muscular que tienen los entrenamientos desacostumbrados causado. Esto está en línea con la investigación que muestra que los aumentos en el tamaño de los músculos son no muy estrechamente relacionado con aumentos en la actividad de las células satélite, y esa célula satélite La actividad es una respuesta general a todo tipo de ejercicio.

En consecuencia, mientras se produce daño muscular al tomarse un tiempo libre del entrenamiento (o al haciendo entrenamientos muy duros) probablemente desencadenará una gran respuesta de celda satélite, Esto no indica que se esté produciendo una adición monuclear, sino que la Las células satélite están trabajando para ayudar a reparar el daño, junto con una gran proporción de aumento en las tasas de síntesis de proteínas musculares también.

¿Hay alguna desventaja de tomarse un tiempo libre del entrenamiento de fuerza?

A veces puede ser necesario tomarse un tiempo libre del entrenamiento de fuerza para Permitir que la fatiga del sistema nervioso central se disipe (aunque una muy reducida El programa de entrenamiento de volumen es mejor, ya que permite que la fatiga del sistema nervioso central disiparse sin que se produzcan pérdidas de masa muscular).

Hasta hace poco, se suponía que no había inconvenientes en tomarse un tiempo libre. entrenamiento de fuerza, especialmente porque parece bastante fácil ponerse al día donde dejó de entrenar. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que los períodos repetidos de La carga y descarga puede provocar una acumulación de colágeno dentro del músculos, lo que puede hacerlos más rígidos y más propensos a lesionarse.

En consecuencia, cuando las opciones disponibles son realizar un desentrenamiento completo o para participar en un programa de entrenamiento de fuerza de volumen muy reducido, parece que Es probable que el programa de entrenamiento de fuerza de volumen reducido sea mucho mejor opción de plazo.

¿Qué significa esto en la práctica?

En la práctica, los músculos crecen en las 48 horas posteriores a la estimulación de una fuerza. entrenamiento de entrenamiento (excepto cuando la fatiga del sistema nervioso central efecto estimulante, ya que esto probablemente previene el reclutamiento completo de unidades motoras de siendo logrado).

En consecuencia, dejar de entrenar deliberadamente durante más de una semana no puede ayudar mejorar el crecimiento muscular (aunque si los niveles altos del sistema nervioso central la fatiga está presente debido a un bloqueo de entrenamientos muy dañinos para los músculos, entonces puede ser necesario para que se produzca el progreso).

El tamaño del músculo se reduce rápidamente durante un período de aproximadamente cuatro semanas después detener el entrenamiento de fuerza, probablemente hasta que alcance un equilibrio producido por el niveles habituales de carga mecánica experimentados por el levantador durante su vida diaria.

Al comenzar el entrenamiento de fuerza nuevamente después de un período de desentrenamiento, el tamaño de los músculos aumenta mucho más rápido que la primera vez, hasta que alcanza el tamaño logrado anteriormente, lo que hace que tomarse unas vacaciones o un tiempo fuera del gimnasio sea mucho menos problema de lo que parece. Podemos volver a donde lo dejamos relativamente rápido.

¿Qué es la comida para llevar?

La masa muscular disminuye relativamente rápido cuando dejamos el entrenamiento de fuerza, y la mayoría de las pérdidas ocurren en las primeras cuatro semanas. A partir de entonces, las pérdidas son mucho más pequeño, dependiendo de nuestro nivel de actividad. Afortunadamente, cuando empezamos entrenamiento de fuerza nuevamente después de un período de tiempo libre, el tamaño del músculo aumenta de nuevo a su tamaño anterior es mucho más rápido que la primera vez, lo que significa que puede volver a donde lo dejamos relativamente rápido.

¿CÓMO PUEDE AYUDAR LA PERIODIZACIÓN? ¿MEJORAR EL CRECIMIENTO MUSCULAR?

A menudo se afirma que la periodización es una característica importante del entrenamiento de fuerza. programas para producir hipertrofia. Por otro lado, algunos investigadores han señalado que la evidencia a favor de los programas periodizados es bastante débil, y argumentan que el fundamento biológico subyacente para la periodización no es muy Convincente.

Entonces, ¿la periodización es realmente útil cuando se entrena para la hipertrofia y, de ser así, cómo ¿Deberíamos usarlo?

¿Qué es la periodización?

La periodización es difícil de definir y se ha vuelto controvertida en los últimos años. Muchos investigadores y entrenadores han propuesto definiciones, pero como ninguna La definición ha atraído una adopción generalizada, permanece en uso de diferentes maneras. por diferentes personas.

Sin embargo, en última instancia, la periodización es solo una herramienta para proporcionar variedad dentro de un programa de entrenamiento de fuerza.

La variedad es un principio clave de fuerza y acondicionamiento (como la sobrecarga progresiva, especificidad e individualidad), y la periodización nos permite aplicar la variedad a un programa de una manera estructurada (y con suerte también útil).

La periodización ha sido investigada por investigadores casi exclusivamente por cambiar el rango de repetición (porcentaje de una repetición-máximo) usado de un entrenamiento al siguiente. Podemos llamar a esto "periodización de carga" para diferenciarlo de cambiar otras variables de entrenamiento, como el volumen (número de series), el descanso duración del período, tempo, modo de contracción, rango de movimiento o ejercicio. Aún así, el término general "periodización" se refiere a cambiar cualquiera de estos entrenamientos variables, a menudo al mismo tiempo.

Se ha propuesto que la periodización de varias variables de entrenamiento causa (1) mayor mejora en el rendimiento muscular (o en el caso del culturismo, mayor crecimiento muscular), y (2) una reducción en el riesgo de sobrecarga no funcional o sobreentrenamiento.

Echemos un vistazo a cada uno de esos posibles beneficios.

¿Cómo podría la periodización de la carga mejorar el crecimiento muscular?

Se ha propuesto la periodización de la carga para mejorar la hipertrofia en al menos tres formas completamente diferentes: (1) hipertrofia específica del tipo de fibra durante el entrenamiento con diferentes cargas, (2) hipertrofia específica del músculo cuando se entrena con diferentes cargas en ejercicios multiarticulares y (3) mejoras en la capacidad de trabajo.

1. Hipertrofia específica del tipo de fibra

Algunos investigadores creen que diferentes rangos de repetición (cargas) producen

hipertrofia de las fibras musculares controlada por diferentes unidades motoras.

Sugieren que entrenar con cargas pesadas aumenta preferentemente el tamaño de las fibras musculares (principalmente de contracción rápida) controladas por unidades motoras de umbral alto, mientras que entrenar con cargas ligeras aumenta preferentemente el tamaño del (principalmente contracción lenta) fibras musculares controladas por unidades motoras de bajo umbral, debido a el período de tiempo más largo durante el cual estas fibras musculares están expuestas a la estímulo de entrenamiento de fuerza.

Sin embargo, hay poca evidencia que apoye esta hipótesis. Además, el La lógica biológica subyacente es inestable por dos razones.

En primer lugar, tanto las cargas pesadas como las ligeras parecen reclutar unidades motoras de umbral alto. cuando se realizan series hasta fallo muscular.

En segundo lugar, no hay una buena razón para creer que las fibras musculares de baja las unidades motoras de umbral en realidad crecen después del entrenamiento de fuerza. De hecho, si el anterior Las repeticiones de una serie con cargas ligeras hasta el fallo contribuyeron significativamente a la hipertrofia, luego entrenar con cargas ligeras evitando fallas causaría crecimiento muscular significativo (no lo hace), el ejercicio aeróbico causaría importantes crecimiento muscular (no lo hace), y los tempos lentos producirían más hipertrofia

que tempos rápidos cuando se utilizan cargas ligeras (no lo hacen), porque el tempo rápido evitaría la carga mecánica de las fibras musculares del motor de bajo umbral que ocurran en las primeras repeticiones, mientras que el tempo lento implicaría fuerzas de las fibras musculares que trabajan.

2. Hipertrofia muscular específica en ejercicios multiarticulares

Cuando realizamos un ejercicio multiarticular, tendemos a asumir que la contribución de cada músculo principal es el mismo, independientemente de la carga en la barra. Sin embargo, éste no es el caso.

De hecho, durante muchos ejercicios multiarticulares, la carga en la barra afecta qué grupo o grupos de músculos están trabajando más duro. Por ejemplo, a medida que aumenta la carga en el press de banca, el tríceps braquial (y posiblemente también la cabeza esternocostal del pectoralis major) aumentan sus contribuciones proporcionales. Efectos similares también ocurren durante muchos movimientos de la parte inferior del cuerpo, incluyendo la sentadilla, el peso muerto y estocadas delanteras y laterales.

En consecuencia, usar una variedad de cargas durante los ejercicios multiarticulares podría ser una estrategia eficaz para producir una mayor hipertrofia en todos los principales motores que participan en un ejercicio.

3. Mejoras en la capacidad de trabajo

El entrenamiento con cargas ligeras permite que se produzcan mayores aumentos en la carga de volumen que un número similar de juegos con cargas pesadas. Esto puede mejorar la capacidad de trabajo para futuros bloques de entrenamiento.

A su vez, esta mayor capacidad de trabajo puede permitir que los levantadores realicen más volúmenes de entrenamiento, acelerando así su tasa de crecimiento muscular, ya que El volumen de entrenamiento parece estar muy relacionado con la hipertrofia.

Sin embargo, esta medida de volumen que se mejora entrenando con cargas ligeras se refiere a la carga de volumen (series x repeticiones x peso) y no es la misma medida de

volumen que se ha relacionado con una mayor hipertrofia (el número de series para falla). No está claro si aumentar la capacidad para realizar un mayor volumen de cargas (series x repeticiones x peso) también aumenta la capacidad de soportar una mayor número de series hasta el fracaso sin llegar a una meseta o disminuir la tasa de ganancias.

¿Cómo podría la periodización de otras variables de entrenamiento mejorar los músculos? ¿crecimiento?

Periodizar otras variables de entrenamiento también puede ser beneficioso para maximizar crecimiento muscular, debido a la hipertrofia regional. Probablemente hipertrofia regional sucede por dos razones principales. Parece ocurrir (1) debido a diferencias en la cantidad en que las fibras musculares aumentan de longitud o diámetro después de la fuerza entrenamiento, o (2) debido a diferencias en el crecimiento de diferentes funciones compartimentos.

Aumentos en la longitud o el diámetro de la fibra: entrenamiento excéntrico y rangos más amplios de El movimiento tiende a causar mayores aumentos en la longitud de las fibras musculares, mientras que los movimientos concéntrico El entrenamiento y los rangos de movimiento parciales tienden a causar mayores aumentos en los músculos. diámetro de la fibra. Los aumentos en la longitud de las fibras musculares tienden a asociarse con una mayor ganancias en la región distal de un músculo, mientras que aumenta el diámetro de la fibra muscular tienden a asociarse con mayores ganancias en la región media. Como consecuencia, mientras que el entrenamiento excéntrico y el entrenamiento concéntrico (y rangos completos y parciales de movimiento) producen un crecimiento muscular general similar, las regiones donde la hipertrofia ocurre difieren.

Crecimiento de diferentes compartimentos funcionales - Entrenamiento de fuerza de un solo músculo con diferentes ejercicios provoca el crecimiento en diferentes funciones compartimentos. Por ejemplo, al entrenar el recto femoral (una articulación de dos Músculo cuádriceps que puede contribuir tanto a la extensión de la rodilla como a la flexión de la cadera fuerzas de giro) con extensiones de rodilla, la mayor parte del crecimiento muscular se produce en la región distal (más cercana a la articulación de la rodilla). Por el contrario, cuando se entrena recto femoral mediante ejercicios de flexión de la cadera, proporcionalmente más músculo

el crecimiento ocurre en la región proximal (más cercana a la articulación de la cadera). Muchos otros los músculos muestran características similares.

En consecuencia, implementar la variedad planificada en un programa de capacitación variando tipos de carga (modos de contracción o rangos de movimiento) o ejercicios que pueden mejorar desarrollo muscular. Esta variedad podría implementarse en un bloque formato de periodización, utilizando los mismos tipos de carga o ejercicios para varios semanas antes de realizar cambios, o en un formato de periodización ondulante diaria, por entrenar cada grupo de músculos dos o tres veces por semana con diferentes ejercicios o tipos de carga en cada entrenamiento.

¿Puede la periodización reducir el riesgo de extralimitación no funcional? y sobreentrenamiento?

En general, el riesgo de sobrecarga y sobreentrenamiento no funcional es a menudo discutido en el contexto del síndrome de adaptación general. Sin embargo, esto El síndrome se refiere en última instancia a la cantidad de daño muscular que se produce, lo que hace de la variedad (y periodización) una herramienta para manejar este problema.

La extralimitación no funcional ocurre cuando entrenamos y, sin embargo, no logramos ninguna ganancias en nuestro resultado deseado ya sea al final del programa de capacitación, o después de un afilar. El sobreentrenamiento es una afección diagnosticada médicamente que implica una reducción rendimiento durante un período de tiempo más largo (y posiblemente pérdida de masa muscular). En la práctica, la mayoría de las personas se refieren a extralimitaciones no funcionales cuando dicen sobreentrenamiento.

La mayoría de las veces, el sobrealcance no funcional se mide por referencia a resultados de rendimiento como la fuerza máxima. Parece suceder cuando un El entrenamiento posterior se realiza mientras el daño muscular todavía está presente por un entrenamiento previo, que evita que se logre una sobrecarga progresiva y puede conducir a un rendimiento reducido. Este daño muscular también puede prevenir y adaptaciones musculares locales, si el daño muscular conduce a

Fatiga del sistema nervioso central, lo que detiene el reclutamiento completo de unidades motoras. de ser alcanzado en el entrenamiento posterior.

Cuando se entrena para la hipertrofia, la extralimitación no funcional se referiría estrictamente a un cese en las ganancias de tamaño muscular, que es muy difícil de medir. Esta podría ocurrir con o sin un cese similar de ganancias en la fuerza de repetición (como medido por el rendimiento del entrenamiento) o en la fuerza máxima. Aun así, asumiendo que la fuerza de repetición (rendimiento del entrenamiento) es un indicador válido de crecimiento, periodizar algunas variables puede ayudar a reducir el riesgo de sobrecargar y entrenar mediante la gestión de la cantidad de daño muscular que ocurre.

Cuando modificamos el ejercicio, el modo de contracción o el rango de movimiento, modificamos la región del músculo que experimenta la mayor activación en su motor unidades, y también la región que experimenta la mayor carga mecánica, lo que conduce a daño muscular. En consecuencia, la rotación entre estos factores podría permitirnos entrenar un músculo con más frecuencia, ya que diferentes regiones de un El músculo se dañaría con cada ejercicio, modo de contracción o rango de movimiento. De manera similar, cuando modificamos la carga en un ejercicio de articulaciones múltiples, podríamos cambiar la cantidad de daño muscular que experimenta cada uno de los principales motores.

Por otro lado, si nuestro objetivo es mantener altos los volúmenes de entrenamiento (para maximizar la hipertrofia), entonces es poco probable que la periodización de la carga tenga el beneficio que tiene durante los programas de entrenamiento de fuerza para deportistas. En tal entrenamiento programas, los aumentos en la carga ocurren en conjunto con las disminuciones en el volumen, y esto reduce el daño muscular. En consecuencia, es probable que la periodización de la carga tenga efectos beneficiosos sobre el riesgo de extralimitación no funcional solo en articulaciones múltiples ejercicios.

¿Necesitamos utilizar la periodización para implementar el principio de ¿variedad?

Vale la pena señalar que todos los beneficios que se observan de la periodización pueden lograrse de manera similar mediante otros métodos de ofrecer una mayor variedad, siempre que la variedad es suficiente para lograr los mismos objetivos.

Algunas otras formas de proporcionar variedad pueden ser superiores a la periodización, porque Permiten que las adaptaciones sigan su curso natural, en lugar de predecir cómo

ocurrirán de antemano.

Por ejemplo, un método popular para variar los ejercicios durante el culturismo. programas es continuar usando un ejercicio para un grupo de músculos hasta progresiva la sobrecarga se detiene. Este método muy simple asegura que el progreso siempre continúe y los ejercicios solo se varían cuando es absolutamente necesario, lo que evita la variedad de ser implementado por el simple hecho de hacerlo, en lugar de para un propósito específico.

¿Cuáles son las implicaciones prácticas?

Hay muy buenas razones para utilizar una variedad de ejercicios, modos de contracción y rangos de movimiento durante el entrenamiento de fuerza, así como un rango de cargas en múltiples ejercicios conjuntos. Variar estas variables de entrenamiento probablemente reducirá el riesgo de extralimitación no funcional y mejora el crecimiento muscular. Por otro lado, el La razón fundamental para variar las cargas durante los ejercicios de una sola articulación es mucho más débil.

En la práctica, la mejor manera de variar los ejercicios, los modos de contracción y los rangos de

movimiento (y carga durante ejercicios multiarticulares) dentro de un modelo de periodización para el culturismo consiste en utilizar los entrenamientos A y B para cada grupo de músculos.

Esencialmente, esta es una periodización ondulante diaria (o semanal) (dependiendo de su frecuencia de entrenamiento). Si entrena cada grupo de músculos dos veces por semana, puede utilizar diferentes ejercicios, modos de contracción o rangos de movimiento (o cargar en múltiples ejercicios conjuntos) en cada entrenamiento. Si entrena cada grupo de músculos una vez a la semana, puede utilizar diferentes ejercicios, modos de contracción o rangos de movimiento (o carga en ejercicios multiarticulares) cada dos semanas.

Al variar el modo de contracción, puede utilizar estiramiento-acortamiento convencional entrenamiento de ciclo en lugar de entrenamiento solo concéntrico, y sobrecarga excéntrica en su lugar de entrenamiento excéntrico. Esto es un poco menos específico que usar concéntricos entrenamiento único y excéntrico, pero aún producirá algunas diferencias en hipertrofia regional y es mucho más fácil de hacer en la práctica.

¿Qué es la comida para llevar?

La periodización es una herramienta para proporcionar variedad dentro de un programa de entrenamiento de fuerza. La periodización de la carga puede ser útil cuando se entrena para la hipertrofia utilizando ejercicios, pero por lo demás los beneficios parecen ser limitados. Por el contrario, periodizar el ejercicio, el modo de contracción y el rango de movimiento pueden mejorar el crecimiento muscular a través de la hipertrofia regional, y también podría ayudar a prevenir extralimitarse al cambiar la región del músculo que experimenta el músculo daño.

¿CÓMO FLUYE LA SANGRE?

¿TRABAJO DE CAPACITACIÓN DE RESTRICCIÓN (BFR)?

El entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo (BFR) implica la aplicación de brazaletes presurizados o envolturas elásticas en ubicaciones proximales en las extremidades superiores o inferiores mientras realiza ejercicio. El entrenamiento con BFR puede incluir formas de ejercicio que tradicionalmente considerado como aeróbico (incluso caminar), pero el BFR se aplica con mayor frecuencia en práctica en combinación con entrenamiento de fuerza con cargas ligeras.

¿Cuál es el punto de utilizar BFR?

En general, el entrenamiento BFR produce más crecimiento muscular que los comparables (entrenamiento aeróbico o de fuerza) ejercicio sin la BFR aplicada.

Aunque el ejercicio de resistencia puede producir crecimiento muscular, la cantidad de la hipertrofia suele ser mucho menor de lo que se puede lograr con el entrenamiento de fuerza. En Por el contrario, con la aplicación de BFR, el ejercicio aeróbico (incluso caminar) puede causar crecimiento muscular sustancial.

El entrenamiento de fuerza con cargas ligeras (sin BFR) produce menos hipertrofia que entrenamiento de fuerza con cargas pesadas (sin BFR), cuando ningún tipo de entrenamiento se realiza hasta el fallo pero se realizan las mismas cargas de volumen. A diferencia de, El entrenamiento de fuerza con cargas ligeras en combinación con BFR produce el mismo cantidad de crecimiento muscular como entrenamiento de fuerza con cargas pesadas sin BFR.

Aun así, es importante tener en cuenta que el entrenamiento de fuerza convencional con luz cargas produce la misma cantidad de hipertrofia que la fuerza convencional entrenamiento con cargas pesadas, cuando el mismo número de series hasta el fallo son realizado.

Esto sugiere que la forma en que funciona BFR es acelerar la velocidad a la que La fatiga periférica se desarrolla dentro del músculo, logrando así un acercamiento proximidad a la insuficiencia muscular en un número menor de repeticiones.

¿Qué hace realmente BFR?

El propósito principal del BFR es reducir el retorno venoso del músculo que se está entrenado, mientras se mantiene el flujo arterial al mismo músculo, durante el episodio de ejercicio aeróbico o de entrenamiento de fuerza.

La reducción del retorno venoso sin una alteración sustancial del flujo arterial. provoca un aumento de la presión intramuscular debido a la acumulación de sangre dentro del músculo, que se puede observar como hinchazón muscular. Este aumento en La presión intramuscular también reduce ligeramente el flujo sanguíneo al músculo, incluso aunque el manguito externo no impide el flujo arterial.

Al mismo tiempo, el músculo experimenta un aumento más rápido de periféricos. fatiga durante las contracciones, lo que conduce al fracaso de la tarea más rápidamente (y en un menor número de repeticiones) cuando se realiza un entrenamiento de fuerza con cargas ligeras con un dado peso en la barra.

Se ha sugerido que la reducción del flujo sanguíneo podría causar más rápido fatiga periférica debido al aumento de la presión intramuscular. El mayor La presión intramuscular reduce la tasa de flujo sanguíneo hacia el músculo, que en El giro provoca una disminución más rápida de la oxigenación del tejido muscular (que probablemente reduce la capacidad de metabolismo oxidativo y producción de ATP). Sin embargo, un El vínculo entre la oxigenación reducida del tejido muscular y la fatiga ha sido cuestionado, y parece más probable que haya un efecto indirecto sobre la capacidad del músculo para eliminar los iones de hidrógeno, lo que provoca reducciones en la fuerza muscular como resultado de la formación de fosfato diprotonado.

A través de cualquier mecanismo que sea causado, una tasa acelerada de periféricos La fatiga durante el ejercicio con BFR ocurre en la práctica, y esto puede ser observado como una tasa más rápida de glucógeno, fosfato de creatina y adenosina depleción de trifosfato (ATP), un aumento más rápido de los marcadores de fatiga (como fosfato diprotonado) y una mayor tasa de acumulación de metabolitos (incluyendo lactato sanguíneo, iones de hidrógeno, fosfato inorgánico y adenosina difosfato [ADP]), lo que indica que la glucólisis anaeróbica se está adoptando más rápidamente para mantener la fuerza muscular total en los niveles requeridos.

¿Cómo aumenta la BFR la hipertrofia?

Se sabe que la carga mecánica provoca el crecimiento muscular. Otros mecanismos tienen También se han propuesto (como el estrés metabólico y el daño muscular), aunque hay poca evidencia directa de que realmente contribuyan a la hipertrofia.

Pero, ¿puede una mayor carga mecánica explicar cómo la BFR aumenta la hipertrofia?

Muchos entrenadores e investigadores observan las cargas ligeras que se utilizan durante la BFR entrenamiento y suponga que la carga mecánica que experimenta cada La fibra muscular de trabajo debe ser baja, porque las fuerzas externas son bajas. Este es realmente incorrecto, porque la fuerza externa (y toda la fuerza muscular) es sin relación con las fuerzas que son producidas por cada fibra muscular individual.

De hecho, la carga mecánica que experimenta cada fibra muscular en funcionamiento es determinada por su velocidad de contracción. Cuando una fibra muscular se acorta lentamente, ejerce grandes fuerzas (y experimenta altos niveles de carga mecánica) debido a la Relación fuerza-velocidad. Esta carga mecánica hace que la fibra aumente de tamaño, lo que contribuye a la hipertrofia muscular general.

Cuando aplicamos BFR durante el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras, aceleramos la velocidad en que se produce la fatiga periférica. Esta fatiga periférica tiene dos efectos:

En primer lugar, provoca un aumento en el reclutamiento de unidades motoras, provocado por la

Se requiere un esfuerzo creciente. Este aumento en el reclutamiento de unidades motoras significa que exponencialmente se activan más fibras musculares. Estas fibras musculares de contracción rápida, controlados por unidades motoras de umbral alto, son mucho más sensible a un estímulo de carga mecánica. De hecho, son los únicos fibras musculares que crecen después del entrenamiento de fuerza.

En segundo lugar, hace que se reduzca la velocidad de contracción general del músculo. Esta significa que a medida que se activan las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto, deben contraerse a velocidades lentas, producir fuerzas elevadas y por lo tanto, experimentan altos niveles de carga mecánica. Esto ocurre porque el Las fibras musculares de las unidades motoras de umbral inferior se fatigan y producen menos fuerza (ya sea debido a una activación reducida o una fuerza reducida por fibra muscular).

Aunque esta fatiga periférica ocurre en conjunto con grandes cantidades de acumulación de metabolitos e hipoxia cuando hacemos entrenamiento BFR, estos factores en realidad no son necesarios para explicar cómo se produce la hipertrofia, como se ha dicho

propuesto. De hecho, en algunas otras situaciones (como contracciones excéntricas con largos períodos de descanso entre series), la fatiga periférica se produce sin metabolito acumulación y, sin embargo, todavía causa una reducción en la velocidad de contracción muscular y un aumento en el reclutamiento de unidades motoras, que son los dos factores esenciales necesario para que se produzca la hipertrofia.

¿Cómo produce el entrenamiento BFR altos niveles de hipertrofia con * cargas muy * ligeras?

Una característica muy interesante del entrenamiento BFR es que es capaz de producir altos niveles de hipertrofia con lo que se describe como cargas "muy ligeras".

Durante el entrenamiento de fuerza, dividimos las cargas en cuatro categorías: (1) pesado (1-5RM o aproximadamente > 85% de 1RM), (2) moderado (6–15RM, o aproximadamente 65–85% de 1RM), (3) ligero (16-30RM o aproximadamente 40-65% de 1RM) y (4) muy ligero (> 30RM o aproximadamente <40% de 1RM).

Es importante destacar que la investigación ha demostrado que el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras (40% de 1RM) conduce a un crecimiento muscular similar al del entrenamiento de fuerza con cargas moderadas, cuando se usa el mismo número de series hasta el fallo, pero el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras (20% de 1RM) no. Parece probable que la división entre cargas ligeras y muy ligeras se encuentran entre el 20 y el 40% de 1RM, pero el Se desconoce la posición exacta de la división.

A diferencia del entrenamiento de fuerza convencional, el uso de BFR en combinación con El entrenamiento de fuerza provoca un crecimiento muscular sustancial incluso con cargas muy ligeras. De hecho, en un metaanálisis reciente que compara los efectos de la fuerza de carga ligera entrenamiento con BFR y cargas pesadas sin BFR, la mayoría de los estudios incluidos cargas usadas en el rango del 20 al 30% de 1RM. Aun así, la misma hipertrofia fue registrados para ambos tipos de entrenamiento.

Es probable que las cargas muy ligeras produzcan menos hipertrofia que las cargas ligeras cuando realizar el mismo número de series hasta la falla muscular porque causan mayor fatiga del sistema nervioso central (SNC) durante la serie, debido a la aumento de la demanda aeróbica de realizar un gran número de repeticiones. El SNC

La fatiga evita que se logre el reclutamiento completo de la unidad motora incluso cuando entrenar al fracaso, lo que significa que no activamos las decenas de miles de fibras musculares controladas por las unidades motoras de umbral más alto. Claramente, esto interfiere con la hipertrofia.

Curiosamente, cuando aplicamos BFR durante una serie de carga muy ligera entrenamiento hasta el fracaso, la cantidad de repeticiones que podemos realizar es dramáticamente

reducido a la velocidad acelerada a la que se produce la fatiga periférica. De hecho, cuando usando el 15% de la fuerza isométrica máxima, solo podemos realizar 30 repeticiones cuando BFR se aplica, en comparación con 45 repeticiones cuando no se aplica BFR.

Esto nos muestra que es el rango de repetición el principal factor determinante. para saber cuánto crecimiento muscular se logra con un peso dado en la barra, y no la fuerza externa. Esto se debe a que es el rango de repetición lo que determina el cantidad de fatiga del SNC. Cuantas más repeticiones tengamos que hacer antes de fallar, mayor será la fatiga del SNC, independientemente del peso en la barra.

¿El BFR mejora la hipertrofia de las fibras de tipo I?

Una sugerencia común entre los investigadores es que el entrenamiento de fuerza con luz cargas hasta fallar (o con cargas ligeras y BFR) podría producir preferencial hipertrofia de (1) las fibras musculares controladas por motor de bajo umbral unidades, o (2) fibras musculares tipo I.

Estos dos tipos de hipertrofia preferencial a menudo se consideran iguales cosa, pero son diferentes. Para comprender en qué se diferencian, necesitamos apreciar cómo las unidades motoras de umbral alto y bajo controlan los tipos I y II fibras dentro del músculo.

Las unidades motoras se reclutan por orden de tamaño, según el tamaño de Henneman. principio, en respuesta al nivel de esfuerzo requerido para el movimiento.

Las unidades motoras de umbral bajo se reclutan primero, cuando el esfuerzo es mínimo. Más las unidades motoras se reclutan a medida que aumenta el nivel de esfuerzo. Se puede incrementar el esfuerzo para levantar un peso más pesado, para mover un peso ligero más rápido o para trabajar a pesar de la fatiga.

Las unidades motoras de umbral alto controlan muchas más fibras musculares que las de umbral bajo unidades motoras. De hecho, las unidades motoras de umbral más bajo normalmente controlan sólo un docena de fibras musculares, mientras que las unidades motoras de umbral más alto pueden controlar miles. El número de fibras musculares controladas por una unidad motora aumenta exponencialmente con el aumento del umbral de reclutamiento.

Por lo tanto, mientras que las unidades motoras de umbral bajo solo controlan las fibras musculares de tipo I, Las unidades motoras de alto umbral pueden controlar las fibras musculares de tipo I y II, debido a esta distribución exponencial, especialmente cuando el músculo contiene una alta proporción de fibras musculares tipo I.

1. Hipertrofia específica de la unidad motora

Algunos investigadores han sugerido que el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras podría causar ganancias proporcionalmente mayores en el diámetro de las fibras musculares que son gobernado por unidades motoras de bajo umbral, mientras que el entrenamiento de fuerza con cargas pesadas podría causar aumentos proporcionalmente mayores en el tamaño de las fibras gobernado por unidades motoras de umbral alto.

Esta hipótesis se ha planteado sobre la base de que el entrenamiento de fuerza con Las cargas ligeras permiten una exposición más prolongada a la carga mecánica de las fibras. gobernado por cargas ligeras.

Aun así, la duración de un nivel significativo de carga mecánica en aquellos fibras musculares gobernadas por unidades motoras de bajo umbral durante la fuerza de carga ligera el entrenamiento hasta el fallo no tiene por qué ser mayor si la velocidad de la barra para las primeras repeticiones es rápida, ya que la relación fuerza-velocidad asegura que la carga mecánica experimentada por cada fibra es baja. Esto indicaría que los efectos beneficiosos de entrenamiento de fuerza con cargas ligeras en fibras gobernado por unidades motoras de bajo umbral solo se puede lograr cuando se entrena con velocidades de barra lentas en un conjunto. Pero tiempo no tiene ningún efecto sobre el crecimiento muscular general.

Por lo tanto, parece probable que las fibras musculares controladas por el umbral bajo las unidades motoras no crecen después del entrenamiento de fuerza, como sugieren algunas investigaciones. Nosotros podría esperar esto, dado que muy pocas fibras musculares están controladas por

unidades de motor de umbral y no son muy sensibles a la carga mecánica estímulo.

Además, la hipótesis es menos relevante para el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras con BFR de todos modos, porque el uso de BFR reduce el número de repeticiones que se pueden realizar antes de llegar a la falla, al menos en comparación con la misma carga utilizado sin BFR.

2. Hipertrofia específica del tipo de fibra

En contraste con la hipertrofia de unidades motoras de umbral bajo (que no parece suceder), la hipertrofia de las fibras musculares tipo I definitivamente ocurre (aunque parece ocurrir en gran medida en la misma medida después de un entrenamiento de fuerza intenso y entrenamiento de fuerza con carga ligera hasta el fallo).

Parece probable que las fibras musculares de tipo I que crecen después del entrenamiento de fuerza sean controlado principalmente por unidades motoras de umbral alto (o al menos no de umbral bajo). En consecuencia, son menos oxidantes que las fibras de motor de bajo umbral. unidades, a pesar de su tipo de fibra, y pueden aumentar de diámetro. Por lo tanto, mientras estas fibras son casi con certeza controladas por unidades motoras de umbral más bajo que las fibras musculares de tipo II en el mismo músculo, todavía están solo activadas (y sometido a carga mecánica) en las últimas repeticiones de una serie, independientemente de la carga que se utiliza.

Curiosamente, algunas investigaciones han encontrado que el área de la fibra muscular tipo I podría crecer en mayor medida después del entrenamiento de fuerza con carga ligera con BFR, en comparación con Carga de entrenamiento de fuerza utilizando el mismo ejercicio.

¿Cómo podemos explicar estos resultados?

El programa de formación que se utilizó en este estudio implicó una formación muy alta frecuencia (los entrenamientos se realizaron 5 veces por semana). Cuando el entrenamiento de fuerza los entrenamientos se realizan con solo 1 o 2 días entre ellos, luego la fatiga del SNC estar presente a menudo en el siguiente entrenamiento, muy probablemente como resultado del músculo

daño que se ha causado (y el entrenamiento de fuerza con cargas ligeras con BFR no causar daño muscular, contrariamente a algunos informes).

Dado que la fatiga del SNC evita que se alcance el reclutamiento completo de la unidad motora, unidades motoras de umbral más alto que controlan la mayor parte del músculo tipo II fibras no serán reclutadas y sus fibras musculares asociadas no experimentarán cualquier carga mecánica, lo que significa que no crecerán después del entrenamiento. En Por el contrario, las unidades motoras de umbral no tan alto que controlan el tipo I Las fibras musculares aún podrían reclutarse. Sus fibras musculares asociadas por lo tanto, experimentará cualquier carga mecánica y crecerá después del entrenamiento.

Curiosamente, también se ha observado hipertrofia específica de la fibra de tipo I después de una tipo de entrenamiento de fuerza diferente, pero aún dañino para los músculos (excéntricas lentas) en el que los entrenamientos se realizaron 3 veces por semana. Esto pudo haber ocurrido exactamente por la misma razón.

¿Puede la hinchazón celular durante el entrenamiento con BFR aumentar la hipertrofia?

Dado que la hinchazón celular teóricamente puede aumentar la presión intramuscular, es concebible que podría aumentar la carga mecánica que experimentan fibras musculares individuales durante episodios de entrenamiento de fuerza.

Aun así, la evidencia de que la inflamación celular juega un papel durante el entrenamiento con BFR es limitado, y hay indicios de que su papel es, en el mejor de los casos, menor.

La investigación ha demostrado que dejar los brazaletes BFR después de un entrenamiento de fuerza el ejercicio hace que la hinchazón de los músculos permanezca elevada durante más tiempo. En consecuencia, nosotros esperaríamos que dejar los brazaletes BFR puestos durante un entrenamiento de crecimiento muscular superior en comparación con eliminarlos entre series, ya que esto mantendría la hinchazón muscular alta a lo largo de todas las repeticiones de todas las series y igualmente mantenga alta la presión intramuscular en todo momento. Sin embargo, la investigación ha demostrado que cuando dejamos los brazaletes BFR puestos entre series de entrenamiento BFR, esto no produce efectos superiores en comparación con quitárselos.

Por lo tanto, aunque existe una justificación teórica válida para la hinchazón muscular contribuyendo al crecimiento muscular después del entrenamiento BFR, la investigación actual sugiere

que cualquier efecto es pequeño en la práctica.

¿Qué es la comida para llevar?

El entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo (BFR) implica la aplicación de brazaletes presurizados o envolturas elásticas en ubicaciones proximales en las extremidades superiores o inferiores mientras realiza ejercicio aeróbico o entrenamiento de fuerza con cargas ligeras. Aunque es comúnmente creía que el entrenamiento con BFR produce hipertrofia al aumentar el estrés metabólico, esta hipótesis no es necesaria ni lógica.

De hecho, lo más probable es que el entrenamiento con BFR produzca hipertrofia al aumentar la carga mecánica, causando fatiga periférica tal que la unidad del motor reclutamiento aumenta y disminuye la velocidad de contracción muscular de modo que las fibras musculares de las unidades motoras de umbral alto producen fuerzas elevadas, por lo que experimentando altos niveles de carga mecánica. El aspecto único de BFR en la relación con la hipertrofia es la velocidad acelerada a la que se produce la fatiga periférica, lo que permite que se utilicen cargas incluso más ligeras para el crecimiento muscular que las que se utilizan para el entrenamiento de fuerza con carga ligera hasta el fallo.

SELECCIÓN DE EJERCICIO PARA HIPERTROFIA

¿CÓMO PUEDE EJERCER LA FUERZA?
¿LAS CURVAS AFECTAN LA HIPERTROFIA?

Las curvas de fuerza del ejercicio describen la forma en que la dificultad de un movimiento cambia en su rango de movimiento. Las curvas de resistencia pueden ser planas, en cuyo caso la fuerza es igualmente difícil en todo el rango de movimiento, o varía, en cuyo caso el ejercicio es más difícil en un punto que en otros.

Aunque tendemos a pensar en una curva de fuerza del ejercicio como una relación, en realidad está determinada por dos relaciones subyacentes: (1) la forma en que nuestra * capacidad * para producir fuerza cambia a través de los ángulos articulares utilizados en un ejercicio, y (2) la forma en que el * requisito * para la producción de fuerza cambia en el rango de movimiento del ejercicio.

Entonces, ¿cómo afectan estas relaciones a la hipertrofia?

¿Qué determina nuestra capacidad para producir una fuerza de giro en cualquier ángulo de articulación dado?

Cuando rotamos los segmentos de nuestras extremidades alrededor de una articulación, lo hacemos produciendo una fuerza de giro, que se denomina par de torsión articular. Al probar nuestra fuerza isométrica en múltiples ángulos de articulación, podemos registrar una curva de ángulo de torsión de articulación que describe cómo nuestra capacidad para producir una fuerza de giro en una articulación cambia a medida que la extremidad el segmento gira.

Hay cuatro factores principales que determinan la forma de un ángulo de torsión de articulación. curva:

Longitud del brazo de momento interno: cada músculo tiene un cierto apalancamiento en su articulación para rotarlo en cualquier dirección dada. Este apalancamiento depende de su tamaño y su posición anatómica relativa al centro de la articulación. Dado que un músculo se mueve y cambia de forma a medida que la articulación gira, su apalancamiento cambia y, por lo tanto, la cantidad de fuerza muscular necesaria para producir un par de torsión articular determinado. Cuando el músculo tiene un buen apalancamiento, la articulación produce un par elevado para una fuerza muscular determinada. Cuando el mismo músculo tiene un apalancamiento pobre, la articulación produce un pequeño torque para la misma fuerza muscular.

Activación muscular: para producir fuerza, un músculo debe recibir una señal del sistema nervioso central. El tamaño de esta señal determina el nivel de activación, que es la proporción del número total de unidades motoras que son reclutadas. La activación voluntaria cambia con el ángulo de la articulación, lo que significa que las curvas de par-ángulo voluntarias e involuntarias de la articulación pueden diferir entre sí. En otras palabras, un músculo puede ser capaz de producir más fuerza en un determinado ángulo articular de lo que realmente lo hace, porque la activación voluntaria se reduce en ese punto.

Relación longitud-tensión: cada músculo contiene fascículos, que son haces de fibras musculares. Las fibras musculares cambian su capacidad para producir fuerza dependiendo de su longitud, porque se componen de largas cadenas de sarcómeros. Cada sarcómero produce fuerza de acuerdo con la cantidad de superposición entre los puentes cruzados de actina y miosina, y de acuerdo con la cantidad de tramo de sus elementos pasivos. Esta combinación de factores tiende a hacer que un fascículo produce un alto nivel de fuerza cuando tiene una longitud moderada (cuando hay es la superposición máxima entre los miofilamentos de actina y miosina de cada sarcómero) y también a gran longitud (cuando los elementos pasivos son muy estirados).

Activación del músculo antagonista: durante algunos ejercicios multiarticulares, el comportamiento de los músculos de dos articulaciones en las articulaciones vecinas puede conducir a cambios en el nivel de activación muscular de los músculos antagonistas (opuestos). Por ejemplo, en la sentadilla la activación de los isquiotibiales parece aumentar al aumentar la profundidad cuando se levantan pesos pesados, y esto aumentará la fuerza del músculo cuádriceps que es necesario para producir cualquier torque de articulación de extensión de rodilla.

Si bien cada uno de estos factores puede tener un efecto significativo en nuestra capacidad para producir una fuerza de giro en una articulación, el brazo de momento interno es el factor que varía más ampliamente, por lo que tiene el mayor efecto en nuestra capacidad para producir un par de articulación en cualquier ángulo de articulación dado.

¿Qué determina el requisito de una fuerza de giro en cualquier ángulo de articulación?

Mientras que las curvas conjuntas de par-ángulo describen la forma en que nuestra capacidad para producir un par de articulación cambia con el ángulo de articulación, curvas de resistencia externa describir la torsión articular requerida en cada ángulo articular, o en un punto de un ejercicio Rango de movimiento.

Las curvas de resistencia externa están determinadas por dos factores principales:

Longitud del brazo de momento externo: el par de torsión articular que debemos ejercer para levantar un El peso es al menos igual a la fuerza de giro que ejerce el peso sobre la articulación. Esta fuerza de giro está determinada en parte por el tamaño del peso y en parte por el apalancamiento del peso en la articulación. Cuando levantamos una barra o mancuerna, esto El apalancamiento está determinado por la distancia horizontal entre el peso y el articulación. Es por eso que la flexión de bíceps es más difícil en el medio del movimiento, cuando el antebrazo es horizontal y el peso está más alejado del codo. Es también por qué la sentadilla es más difícil cerca del final del movimiento, cuando la cadera y la rodilla las articulaciones están más alejadas en dirección horizontal de la barra.

Tipo de resistencia externa: el objeto que proporciona la resistencia externa afecta la cantidad de fuerza que se requiere en cada punto del movimiento. Por ejemplo, cuando levantamos un peso, debemos vencer las fuerzas tanto de la gravedad como de la inercia. La gravedad es constante en todos los puntos durante el levantamiento, pero solo necesitamos superar inercia cuando estamos acelerando el peso, que está al inicio. A diferencia de, hacia el final del levantamiento, podemos permitir que el peso se desacelere, reduciendo la fuerza requerida. Esto significa que cada vez que levantamos un peso, la fuerza requerida es aumentó al principio y disminuyó al final, en comparación con un total resistencia constante. Por el contrario, si utilizamos resistencia elástica para el entrenamiento de fuerza, debemos superar la tensión ejercida a medida que el material se deforma, y esto la tensión aumenta progresivamente a medida que aumenta la longitud. Por tanto, cualquier ejercicio es fácil al principio y se vuelve mucho más difícil hacia el final.

A menos que cambie a menudo entre pesos y resistencia elástica en su entrenamiento, el factor que más difiere entre las variaciones del ejercicio es el momento externo largo del brazo. Aun así, la longitud del brazo de momento externo y el tipo de resistencia externa cada uno puede tener grandes efectos sobre el par de torsión requerido en cualquier punto de la rango de movimiento del ejercicio.

¿Cuáles son los diferentes tipos de curvas de fuerza?

Las curvas de fuerza de la mayoría de los ejercicios comunes que se utilizan en el gimnasio tienden a seguir uno de los siguientes patrones generales:

Plano: si una curva de fuerza es plana, esto significa que experimentamos el ejercicio para ser igualmente difícil en todo su rango de movimiento. Algunas maquinas son diseñado para tener curvas de resistencia bastante planas. También podemos hacer algunas pesas libres. Los ejercicios tienen curvas de fuerza más planas al agregar resistencia elástica a la barra.

En forma de campana: si una curva de fuerza tiene forma de campana, esto significa que Experimente el ejercicio más difícil en el medio. La forma de campana puede ser

bastante plano, o puede ser bastante pronunciado. El curl de bíceps de pie es el clásico ejemplo de una curva de fuerza en forma de campana, ya que es más difícil cuando el antebrazo está paralelo al suelo.

Ascendente lineal: si una curva de fuerza es ascendente lineal, esto significa que experimente el ejercicio como más difícil al comienzo del levantamiento. fase (concéntrica). La sentadilla con barra es el ejemplo más utilizado de curva de fuerza lineal ascendente, ya que es más difícil en la parte inferior de la movimiento.

Descendente lineal: si una curva de fuerza es descendente lineal, esto significa que experimentamos el ejercicio como más difícil al final del levantamiento fase (concéntrica). El mejor ejemplo de este tipo de curva de fuerza es el elevación lateral con mancuernas, que es tan difícil en la parte superior que es casi imposible para hacer una pausa en esa posición, a menos que se utilice un peso muy ligero.

En los ejemplos enumerados anteriormente, el factor principal que contribuye al ejercicio La curva de fuerza es la longitud del brazo de momento externo, pero a los efectos de Para comprender los efectos sobre la hipertrofia, debemos ser conscientes de cómo tanto el la capacidad y el requisito de producir fuerza se modifican.

¿Cómo pueden las curvas de fuerza del ejercicio afectar la hipertrofia? (activo y elementos pasivos)

Al medir los efectos de una sola variación de ejercicio, realizado en el mismo forma, el número de repeticiones estimulantes realizadas por un músculo en un entrenamiento determina el estímulo hipertrófico.

El número de repeticiones estimulantes es probablemente la mejor forma de representar el entrenamiento. volumen (y por tanto tiempo bajo tensión). El volumen de entrenamiento parece tener un relación dosis-respuesta con el crecimiento muscular, aunque la forma exacta de ese la relación aún no está clara. Sin embargo, no todas las repeticiones producen la misma hipertrófica efectos, incluso cuando son estimulantes para el músculo.

Las diferencias entre las repeticiones estimulantes pueden surgir cuando el activo o el pasivo Los elementos de una fibra muscular contribuyen proporcionalmente más o menos a la fuerza que se ejerce. Los elementos activos de una fibra muscular son los contráctiles. partes, que producen fuerza cuando el sistema nervioso central envía una señal al unidad de motor que lo controla. Los elementos pasivos de la fibra muscular son los elásticos. partes, que se estiran cuando se alarga la fibra.

Por ejemplo, los ejercicios se pueden realizar como una variación única de levantamiento (concéntrico), o una variación descendente (excéntrica) únicamente, y se pueden realizar a través de diferentes rangos de movimiento totales o parciales. En cada caso, el ejercicio puede ser realizado de modo que produzca el mismo número de repeticiones estimulantes, pero el efecto en el tipo de crecimiento muscular diferirá, aunque el cambio general en el músculo el volumen parece ser similar.

Cuando realizamos un ejercicio como un levantamiento (concéntrico) solo variación, o mediante un rango de movimiento parcial, la tensión mecánica dentro de las fibras musculares es experimentado principalmente por los elementos activos (contráctiles). Esto parece desencadenar hipertrofia a través de aumentos en el diámetro de las fibras musculares. Al hacer un ejercicio como una variación descendente (excéntrica), oa través de un rango completo de movimiento, el La tensión mecánica dentro de las fibras musculares es experimentada por ambos pasivos. elementos (elásticos) y activos (contráctiles). Esto parece desencadenar hipertrofia. a través de aumentos en la longitud de las fibras musculares.

Del mismo modo, los ejercicios con diferentes curvas de fuerza muestran diferentes fuerzas. cuando los músculos están en posiciones alargadas y acortadas, afectando cuánto la fuerza es producida por elementos pasivos (elásticos) o activos (contráctiles). Los ejercicios con curvas de fuerza descendentes planas, en forma de campana o lineales colocarán comparativamente poca carga en los elementos pasivos, mientras que los ejercicios con lineal

Las curvas de fuerza ascendentes colocarán una carga mucho mayor en el pasivo. elementos.

¿Cómo pueden las curvas de fuerza del ejercicio afectar la hipertrofia? (estirarse-hipertrofia mediada)

Cuando alteramos la contribución de los elementos activos y pasivos al músculo fuerza, el efecto principal es el tipo de crecimiento de las fibras musculares. Cuando el activo elementos son estimulados predominantemente, la fibra muscular aumenta de diámetro, pero cuando los elementos pasivos son estimulados predominantemente, la fibra muscular aumenta de longitud.

Sin embargo, en algunos casos, alcanzar una posición más estirada en un ejercicio y cargando así los elementos pasivos en mayor medida, también provoca una mayor hipertrofia, y no solo mayores aumentos en la longitud de la fibra.

Esto se llama "hipertrofia mediada por estiramiento".

La hipertrofia mediada por estiramiento parece ocurrir cuando el músculo está funcionando. predominantemente en la rama descendente de la relación longitud-tensión en el ejercicio, de modo que los elementos pasivos contribuyan sustancialmente a la fuerza total producción para la mayor parte del ascensor.

No podemos asumir que siempre ocurrirá hipertrofia mediada por estiramiento, independientemente del músculo que se esté entrenando. Sus efectos parecen limitarse a aquellos músculos que muestran relaciones específicas longitud-tensión.

Dado que los ejercicios con diferentes curvas de fuerza muestran diferentes fuerzas cuando el músculos están en posiciones alargadas y acortadas, podemos usar curvas de fuerza para desencadenar hipertrofia mediada por estiramiento en aquellos músculos que responden a ella. Los ejercicios con curvas de fuerza descendentes planas, en forma de campana o lineales no son adecuados, ya que colocan comparativamente poca carga sobre los elementos pasivos, pero Es probable que los ejercicios con curvas de fuerza lineales ascendentes sean bastante efectivos, porque colocan una carga mucho mayor sobre los elementos pasivos.

¿Cómo pueden las curvas de fuerza del ejercicio afectar la hipertrofia? (regional hipertrofia)

Tendemos a pensar en los músculos como objetos bastante uniformes que se contraen en el mismo manera independientemente de la dirección de la fuerza, o el ángulo de articulación en el que la fuerza es producido.

De hecho, los músculos a menudo se componen de múltiples regiones, cada una de las cuales funciona algo independientes unos de otros. Esta subdivisión de un músculo en regiones probablemente surja debido a las diferencias en el apalancamiento que cada región del que tiene el músculo en la articulación cuando se mueve en diferentes direcciones, o en diferentes ángulos articulares. La variedad en otros aspectos de las regiones musculares, como la arquitectura. y el tipo de fibra, son probablemente características que surgen después de este factor original.

En consecuencia, los ejercicios tienden a estimular más el crecimiento muscular en una región que otro. Esto puede ocurrir por varias razones, pero es más probable que suceda. debido a las diferencias en la activación del músculo de un ángulo articular a otra y las subsecuentes deformaciones mayores de las fibras en una región en comparación con otros.

El crecimiento muscular regional difiere entre levantar (solo concéntrico) y bajar (solo excéntrico) entrenamiento de fuerza, y también entre ejercicios que involucran más y rangos de movimiento más pequeños. También difiere entre los ejercicios que muestran diferentes curvas de resistencia mediante el uso de cargas constantes o acomodando resistencia.

¿Cómo pueden las curvas de fuerza del ejercicio afectar la hipertrofia? (contribución muscular proporcional)

Cuando hay más de un músculo actuando en una articulación, los efectos del ejercicio La curva de fuerza se vuelve más complicada, porque su momento interno relativo La longitud de los brazos determina cuál de los músculos aporta la mayor fuerza en cualquier ángulo de articulación dado.

Por ejemplo, en la articulación de la cadera, los isquiotibiales, el glúteo mayor y el aductor. Magnus son todos los motores principales que contribuyen al torque de extensión de la cadera. Sin embargo, sus brazos de momento internos cambian con el ángulo de la articulación y cambian En maneras diferentes.

La longitud del brazo de momento interno del glúteo mayor aumenta a medida que la cadera se acerca a la extensión completa, la longitud del brazo de momento interno del aductor magnus aumenta a medida que la cadera se flexiona, y la longitud del brazo de momento interno del isquiotibiales muestra una curva poco profunda en forma de campana. Esto significa que cuando el la sentadilla se realiza con un rango parcial de movimiento, el glúteo mayor es un contribuye en mayor medida al torque de extensión de la cadera, pero cuando la sentadilla se realiza con un rango completo de movimiento, el aductor mayor contribuye en mayor medida. Nosotros Por lo tanto, podría esperar los mismos efectos de alterar la curva de fuerza en el ponerse en cuclillas. El aductor mayor debería ser más activo cuando convencional libre se utilizan pesos, pero el glúteo mayor debe ser más activo cuando se añade resistencia acomodaticia.

De hecho, ya sabemos que cambiar entre pesos de carga constantes y acomodar la resistencia durante el entrenamiento de extensión de rodilla provoca un cambio en el cantidad de hipertrofia que ocurre en el recto femoral de dos articulaciones, pero no en el cuádriceps de una articulación.

¿Qué significa esto en la práctica?

Las curvas de fuerza son complejas, por lo que es importante encontrar pautas simples para Informar la práctica de entrenamiento de fuerza cuando se entrena para obtener el máximo aumento de músculo. Talla. Como se indicó anteriormente, hay (al menos) cuatro formas en las que la curva de fuerza de un ejercicio puede afectar el crecimiento muscular resultante que se produce después de un entrenamiento, como sigue:

Contribución proporcional de los elementos activos y pasivos - ejercicios con curvas de fuerza ascendentes lineales (como la sentadilla con barra) es probable que carguen los elementos pasivos más que ejercicios con planos, en forma de campana o lineales curvas de fuerza descendentes. Tales ejercicios implicarán proporcionalmente mayores aumentos en la longitud de la fibra que en el diámetro de la fibra, en relación con los ejercicios con otros

curvas de fuerza, que probablemente afectarán los cambios resultantes en la forma del músculos.

Hipertrofia mediada por estiramiento: ejercicios con fuerza ascendente lineal Es probable que las curvas (como la sentadilla con barra) carguen los elementos pasivos más de ejercicios con curvas de fuerza descendentes planas, en forma de campana o lineales. Para algunos músculos que operan principalmente en la rama descendente de la longitud-tensión curva, esto puede causar hipertrofia mediada por estiramiento, lo que conducirá a una mayor aumentos generales en el volumen muscular en comparación con otras curvas de fuerza.

Crecimiento muscular regional: es probable que los ejercicios con diferentes curvas de fuerza producir diferentes cantidades de crecimiento muscular en cada subdivisión funcional o región de un músculo.

Participación proporcional de los músculos: ejercicios con diferente fuerza
Las curvas probablemente producirán diferentes cantidades de crecimiento muscular en cada músculo.
que actúa como motor primario en una articulación, debido a variaciones en el momento interno
longitudes de brazo con ángulo de articulación.

En la práctica, esto significa que cuando un músculo está operando principalmente en el miembro descendente de la relación longitud-tensión (como el cuádriceps), seleccionar un ejercicio que tenga una curva de fuerza ascendente lineal (como la barra sentadilla) probablemente sea un poco más eficaz para la hipertrofia general que un ejercicio con una curva de fuerza diferente.

Además, significa que una variedad de ejercicios, con diferentes curvas de fuerza, son probablemente óptimos para el máximo crecimiento muscular, ya que cada ejercicio (y cada curva de fuerza) producirá un estímulo diferente, ya sea por su diferente efectos sobre la longitud de la fibra o el diámetro de la fibra, sus diferentes efectos en cada región de un músculo, o sus diferentes efectos sobre los diversos músculos impulsores primarios de una articulación.

¿Qué es la comida para llevar?

Las curvas de fuerza del ejercicio describen la forma en que la dificultad de un movimiento cambia en su rango de movimiento. Las curvas de fuerza pueden ser planas, de modo que la

El ejercicio es igualmente difícil en todo el rango de movimiento, o varía, como que el ejercicio es más difícil en un momento que en otros.

Una curva de fuerza del ejercicio está determinada por la forma en que nuestra capacidad para producir cambios de fuerza a través de los ángulos articulares utilizados en un ejercicio y la forma que el requisito de producción de fuerza cambia a lo largo del rango de ejercicio de movimiento. Esto significa que tanto internos (relacionados con el cuerpo) como externos (relacionados con el ejercicio) los factores afectan los efectos de una curva de fuerza.

Las curvas de fuerza afectan la hipertrofia porque (1) alteran la proporcional contribución de los elementos activos y pasivos, (2) afectan la cantidad de estiramiento La hipertrofia mediada puede ocurrir en músculos susceptibles, (3) determinar qué región de un músculo es estimulada más por un ejercicio, y (4) alterar la participación proporcional de cada músculo en una articulación. En general, esto sugiere que un La variedad de curvas de fuerza del ejercicio son óptimas para un máximo crecimiento muscular.

QUE HACEN LOS GRUPOS MUSCULARES EJERCICIOS ESTIMULAN (Y CUÁLES ¿SOLO FUNCIONAN)?

Cuando diseñamos un programa de musculación, elegimos ejercicios que están destinados para aumentar el tamaño de músculos específicos. Cada ejercicio se asigna a entrenamientos dentro del programa de tal manera que cada músculo esté dirigido con la cantidad requerida de volumen de entrenamiento.

Sin embargo, la mayoría de los ejercicios requieren más de un músculo para estar activo al mismo tiempo. Esto es más obvio en los ejercicios con barra de articulaciones múltiples, como la sentadilla, que Requiere que las manos sostengan la barra, la parte superior del cuerpo y los músculos del tronco para estabilizarlo y los músculos de la parte inferior del cuerpo para levantarlo.

Y, sin embargo, la sentadilla desarrolla algunos de esos músculos con mucha más eficacia que otros. Claramente, aunque muchos músculos están funcionando, solo algunos de ellos están siendo estimulado durante cada repetición.

¿Cuándo se estimula un músculo con un ejercicio y cuándo se ¿laboral?

Los culturistas a menudo han descubierto que algunos ejercicios son mejores para algunos músculos. grupos mientras que otros ejercicios son mejores para otros, incluso cuando todos involucran mismos grupos musculares.

Por ejemplo, muchos ejercicios multiarticulares para la parte inferior del cuerpo (incluida la sentadilla, peso muerto, estocada, sentadilla dividida y empuje de cadera) implican una combinación de cadera y rodilla extensión, y por lo tanto requieren los erectores lumbares, glúteo mayor, aductor magnus, isquiotibiales y cuádriceps para producir fuerza.

Sin embargo, cada uno de estos ejercicios (y sus variaciones) distribuye la carga entre las articulaciones y entre los músculos de forma ligeramente diferente. Esto significa que algunos

los músculos se estimulan con mucha fuerza, mientras que otros se estimulan mucho menos fuertemente.

Identificar qué músculos están siendo fuertemente estimulados y cuáles no, cuando múltiples músculos están involucrados en un ejercicio o variación de ejercicio, primero debemos identificar la articulación limitante y, en segundo lugar, identificar el grupo muscular limitante. Para

ejercicios de articulación única, que es una tarea sencilla. Para ejercicios multiarticulares, es un poco más difícil.

Echemos un vistazo más de cerca a los ejercicios multiarticulares de la parte inferior del cuerpo, como ejemplo.

¿Qué determina la articulación limitante en un ejercicio?

En la fase de elevación (concéntrica) de cualquier ejercicio multiarticular de la parte inferior del cuerpo, el Las articulaciones lumbar, de cadera, rodilla y tobillo producen fuerzas de giro (momentos de torsión) que interactúan entre sí. Juntos, dan como resultado una fuerza de reacción vertical del suelo. que hace que el peso y el cuerpo viajen hacia arriba.

La colocación de la carga, las posiciones inicial y final de las juntas y los segmentos del cuerpo, el rango de movimiento a través del cual se mueve cada articulación y la forma en que los segmentos corporales interactúan entre sí durante el movimiento, todos influyen en los tamaños de cada par de articulación y, por lo tanto, en su Contribuciones a la fuerza de reacción vertical del suelo.

Cambiar cualquiera de estos factores puede alterar cuál de las articulaciones es el factor limitante. para la realización exitosa del ejercicio. Esto a su vez altera qué músculo el grupo se estimula con más fuerza.

Por ejemplo, la sentadilla y el peso muerto involucran la zona lumbar, la cadera y la rodilla. las articulaciones se extienden, mientras que la articulación plantar del tobillo se flexiona. Sin embargo, comparado con el sentadilla, el peso muerto implica moverse a través de un rango de movimiento más amplio en la cadera, pero un rango de movimiento más pequeño en la rodilla. Además, las posiciones relativas de la cadera y rodilla significan que la longitud del brazo de momento externo en la cadera es más larga en el peso muerto, mientras que la longitud del brazo de momento externo a la altura de la rodilla es más corta. En consecuencia, el peso muerto está limitado por la capacidad de los músculos de la cadera para producir un par de torsión articular en la cadera. En este sentido, se diferencia de la sentadilla, que es limitada por la capacidad de los cuádriceps de una sola articulación para producir una torsión articular en la rodilla.

Es por eso que el peso muerto se elige a menudo como un ejercicio para desarrollar la espalda baja. y músculos extensores de la cadera (erectores lumbares, glúteo mayor, aductor mayor, isquiotibiales), mientras que la sentadilla se asigna comúnmente a los entrenamientos utilizados para desarrollar los cuádriceps.

NB Cambiar la contribución conjunta sin alterar la limitación articulación

Los factores biomecánicos cambiantes también pueden alterar la participación proporcional de cada una de las articulaciones pero * sin * afectar qué articulación es el factor limitante.

Por ejemplo, las sentadillas con barra alta y barra baja involucran la cadera y la rodilla. torsión de la junta de extensión, pero la colocación de la carga altera los ángulos máximos de la junta. Cuando se expresa en relación con la fuerza de reacción vertical del suelo, la sentadilla con barra baja probablemente implica un torque de extensión de cadera proporcionalmente mayor, mientras que la barra alta La sentadilla implica un torque de extensión de rodilla proporcionalmente mayor. Esto significa que el los cuádriceps de una sola articulación probablemente contribuyen proporcionalmente más a la vertical fuerza de reacción del suelo que los extensores de cadera en la sentadilla con barra alta, que en la Sentadilla con barra baja.

Aun así, dado que el grupo de músculos cuádriceps de una sola articulación es probablemente el factor en ambas variaciones de sentadillas, no es realmente posible cargarlas más en el sentadilla con barra alta que en la sentadilla con barra baja. Desde el punto de vista del culturismo, el La única diferencia entre estas variaciones de ejercicio es que en la sentadilla con barra baja (1) debe levantarse un peso mayor y (2) los extensores de cadera deben producir más fuerza, experimentando por tanto una mayor carga mecánica.

NB Diferencias individuales

También vale la pena señalar que diferentes personas tienden a alterar el movimiento exacto patrón (combinación de movimientos de ángulo articular) que utilizan para realizar un levantamiento, de acuerdo con la fuerza relativa de los grupos musculares involucrados.

Por ejemplo, las personas que tienen piernas más fuertes en relación con los músculos de la espalda. tienden a realizar tareas de levantamiento con más participación de la rodilla, mientras que las personas que tienen espaldas más fuertes en relación con sus piernas tienden a hacer las mismas tareas de levantamiento con más participación en la espalda.

No está del todo claro si esta tendencia afecta a la articulación limitante. Puede simplemente cambie parte de la carga a la junta más fuerte, de modo que una carga más pesada pueda ser levantado, manteniendo la articulación limitadora igual. Alternativamente, podría alterar genuinamente el ejercicio de manera que el factor limitante difiera entre diferentes individuos.

¿Qué determina el músculo limitante en un ejercicio?

A menudo, hay varios músculos que trabajan en una articulación. Esto hace que sea difícil decir qué músculos están siendo estimulados por un ejercicio, incluso cuando sea posible para identificar qué articulaciones son el factor limitante.

Se determina la capacidad de cada músculo en una articulación para contribuir al torque articular en parte por la cantidad de fuerza que puede ejercer y en parte por su brazo de momento interno largo. Se producen cambios en la longitud de los brazos de momento interno de cada grupo de músculos. con el cambio de ángulo de la articulación, lo que significa que cada músculo aporta un diferente equivalen al par de torsión de la articulación en diferentes ángulos de articulación.

Esto significa que (1) el rango de ángulos articulares usados en un ejercicio, y (2) el curva de fuerza del ejercicio, puede afectar cuál de los músculos de una articulación se trabaja más, en relación con los demás.

Además, algunas articulaciones tienen músculos que cruzan las articulaciones vecinas. Estas Los músculos se denominan músculos de “dos articulaciones”.

Cuando un ejercicio implica movimiento en ambas articulaciones, el movimiento en una articulación puede alterar la cantidad de fuerza que produce el músculo de dos articulaciones en la otra articulación. Esto puede afectar la contribución de los músculos de una manera que no es inmediata. predecible a partir de las contribuciones de la torsión conjunta a la reacción vertical del suelo fuerza. En consecuencia, la forma en que los músculos de dos articulaciones funcionan en ambos articulaciones en un ejercicio de articulaciones múltiples puede afectar qué grupo de músculos es el limitante factor.

1. Rango de ángulos articulares

Las diferencias en el rango de ángulos articulares utilizados en un ejercicio son más fáciles apreciados al comparar diferentes rangos de movimiento en el mismo ejercicio, aunque también pueden darse entre ejercicios totalmente distintos.

Por ejemplo, el aductor mayor es el que más contribuye al torque de extensión de la cadera. Cuando la cadera está flexionada, el glúteo mayor contribuye más cuando la cadera está extendido, y los isquiotibiales contribuyen a un nivel similar en todos los ángulos articulares. Este es por qué las sentadillas parciales implican una contribución proporcionalmente mayor del glúteo maximus, y las sentadillas más profundas implican una contribución proporcionalmente mayor de el aductor mayor.

El mismo efecto se puede observar al comparar el empuje de cadera y la sentadilla. La sentadilla requiere que se produzca un torque de extensión de la cadera en un amplio rango de movimiento (incluidos los ángulos de la articulación de la cadera muy flexionados, donde el aductor mayor es el contribuyente más importante), pero el empuje de la cadera requiere un torque de extensión de la cadera para ser producido a través de un rango de movimiento más pequeño que incluye articulaciones bastante extendidas ángulos, donde el glúteo mayor es el contribuyente más importante.

2. Curvas de fuerza

Las diferencias en las curvas de fuerza utilizadas en un ejercicio se aprecian más fácilmente comparando los efectos de usar diferentes tipos de resistencia en el mismo ejercicio.

Las curvas de fuerza están determinadas por la posición del cuerpo y también por el tipo de resistencia utilizada. El uso del peso como resistencia generalmente conduce a una fuerza pronunciada. curva, donde se requieren las mayores fuerzas al inicio de un levantamiento cuando la articulación los ángulos están flexionados. Por el contrario, el uso de resistencia elástica suele aplanar la resistencia. curva, o incluso provoca una curva de resistencia creciente, donde las fuerzas requeridas son más alto al final del ascensor.

Por ejemplo, cuando se usa resistencia elástica en el peso muerto, la activación del erector de la columna es más alto al final de la fase de elevación del rango de ejercicio de

movimiento, pero es mayor en la primera parte de la fase de elevación cuando se utiliza libre pesos.

El mismo efecto se puede observar al comparar el empuje de cadera y la sentadilla. La curva de fuerza de la sentadilla es empinada porque el momento externo del brazo se extiende de la barra disminuyen durante la fase de elevación (concéntrica) del movimiento. Esta significa que se requieren los mayores pares de torsión de extensión de la cadera en una articulación muy flexionada ángulos, donde el aductor mayor es el contribuyente más importante. A diferencia de, la curva de fuerza del empuje de la cadera es más plana, y dado que solo se mueve a través de un pequeño rango de movimiento que incluye ángulos articulares bastante extendidos, el glúteo maximus es el contribuyente más importante.

3. Comportamiento de los músculos de dos articulaciones

El comportamiento de los músculos de dos articulaciones depende principalmente de la dirección de la articulación. pares de torsión que se requieren para producir la elevación. Por ejemplo, en el peso muerto el La fuerza de reacción vertical del suelo es creada por la cadera produciendo una extensión de la cadera. torque y la rodilla produciendo un torque de flexión de rodilla. Dado que los isquiotibiales están extensores de cadera y flexores de rodilla, esto significa que la contribución a la La fuerza del sistema que se requiere de los isquiotibiales de dos articulaciones es muy alta, porque deben trabajar tanto para extender la cadera como para flexionar la rodilla.

Por el contrario, en la sentadilla, la fuerza de la fuerza de reacción vertical del suelo es creada por la la cadera y la rodilla producen torsiones de extensión. Dado que los isquiotibiales son de la cadera extensores y flexores de rodilla, esto significa que la contribución requerida del isquiotibiales está en conflicto. Cuando los isquiotibiales producen fuerza para ayudar con Al extender la cadera, simultáneamente producen una fuerza que flexiona la rodilla. Esta actúa para reducir el torque de extensión de la rodilla. En consecuencia, siempre que los isquiotibiales aumentar su contribución al torque de extensión de la cadera, los cuádriceps deben aumentar simultáneamente su contribución a la torsión de extensión de la rodilla.

Esta es la razón por la que agregar un requisito para producir un torque de extensión de cadera a un El torque de extensión de la rodilla aumenta la activación de los cuádriceps. Comparando el Torques articulares en la cadera y la rodilla en extensión combinada de cadera y rodilla Los ejercicios siempre subestimarán la contribución de los cuádriceps.

¿Qué significa esto para la hipertrofia?

Sabemos que los músculos crecen después del entrenamiento de fuerza, cuando las fibras musculares controlados por sus unidades motoras de alto umbral son simultáneamente reclutados y acortar lentamente. Esto es lo que provoca la carga mecánica que estimula hipertrofia.

Cuando experimentamos fatiga durante una serie de repeticiones de un entrenamiento de fuerza ejercicio, reclutamiento de unidades motoras del músculo o grupo de músculos que es el El factor limitante aumentará, alcanzando un máximo a medida que nos acerquemos al fracaso. Sin embargo, es poco probable que los niveles de reclutamiento de unidades motoras del otro músculos (los que no son el factor limitante) alcanzarán un máximo en el Mismo tiempo.

Algunos de esos otros músculos pueden estar parcialmente estimulados o pueden no estar estimulado en absoluto. De cualquier manera, solo los músculos limitantes recibirán el beneficio completo de cada repetición estimulante durante el entrenamiento con cualquier ejercicio dado.

¿Qué significa esto para la programación?

El hecho de que un ejercicio produzca un mayor efecto estimulante sobre la limitación El músculo, en comparación con los otros músculos, tiene dos implicaciones.

En primer lugar, significa que solo podemos contar el número de repeticiones estimulantes para limitar los músculos durante los ejercicios. Se pueden estimular otros músculos, pero el El grado en que se estimulan variará de un ejercicio a otro y de persona a persona. Por ejemplo, algunos ejercicios estimularán un músculo fuertemente y otros músculos en un grado bajo a moderado. Otros ejercicios pueden estimular un músculo con fuerza y otro músculo a un moderado a fuerte grado.

En segundo lugar, significa que si bien solo un músculo recibirá el estímulo completo de las repeticiones estimulantes en un ejercicio, se trabajarán varios músculos (a un

nivel inferior) y experimentará fatiga y, posteriormente, daño muscular.

En la práctica, esto significa que los programas de culturismo que se componen principalmente de Los ejercicios de una sola articulación son más fáciles de programar para el desarrollo muscular (más fáciles de programa no es necesariamente mejor). Los entrenamientos que utilizan ejercicios de una sola articulación son menos Es probable que implique el trabajo de los músculos sin que también se estimulen. De tal entrenamientos, es fácil rastrear el verdadero volumen de estimulación para cada músculo sobre el semana. Además, pocos músculos experimentarán fatiga y daño muscular sin también está siendo estimulado, lo que facilita aumentar el tiempo de recuperación entre entrenamientos para cada músculo.

¿Qué otras características de un ejercicio afectan si estimula un ¿músculo?

La cantidad de masa muscular que se utiliza en un ejercicio también afecta la cantidad proporcional de fatiga central. Cuanta más masa muscular se utilice en el

ejercicio, mayor es la fatiga central y más difícil es alcanzar la motricidad completa
Reclutamiento de unidades para hacer repeticiones estimulantes.

La investigación ha demostrado que cuando realizamos ejercicio que implica un menor cantidad de masa muscular, podemos tolerar una mayor fatiga muscular periférica que cuando realizamos ejercicio que implica una mayor cantidad de masa muscular. En Por el contrario, cuando realizamos un ejercicio que involucra una mayor cantidad de músculo masa, tendemos a experimentar una mayor fatiga central y por lo tanto nos detenemos antes alcanzando un nivel tan alto de fatiga muscular periférica.

Este fascinante fenómeno se ha observado al comparar una articulación y ejercicios de articulaciones múltiples, ejercicios de una y dos piernas, y piernas más grandes músculos con músculos del brazo más pequeños.

Por lo tanto, podemos reducir la cantidad de fatiga central que experimentamos al el uso de ejercicios con cantidades más pequeñas de masa muscular, como los que involucran sólo articulaciones individuales o miembros individuales. Estos ejercicios pueden resultar especialmente beneficiosos al final de un entrenamiento, cuando la fatiga central es naturalmente alta.

Aun así, realizar ejercicios con altos niveles de fatiga periférica provoca más daño muscular después del entrenamiento, porque las fibras musculares están expuestas a altas niveles de calcio intracelular durante un período de tiempo más largo. En consecuencia, usando ejercicios que * disminuyen * la fatiga central dentro de un entrenamiento en realidad * aumenta * fatiga central después del entrenamiento, porque el daño muscular es el principal determinante de la fatiga central post-entrenamiento. Por lo tanto, estos ejercicios pueden ser más apropiado en rutinas de división de partes del cuerpo, donde se realizan grandes volúmenes para músculos individuales en entrenamientos menos frecuentes.

¿Qué es la comida para llevar?

Algunos ejercicios estimulan un músculo más que otros, incluso cuando ambos ejercicios requieren los mismos grupos de músculos para contribuir a la producción de fuerza general. Cuales El músculo se estimula con más fuerza durante un ejercicio depende, en primer lugar, de qué La articulación es el factor limitante para el ejercicio, que puede diferir entre ejercicios. y variaciones de ejercicio, y también podría verse afectado por el movimiento individual patrones. También depende del rango de ángulos articulares utilizados y del ejercicio. curva de fuerza, y también en el comportamiento de los músculos de dos articulaciones y la cantidad de masa muscular que interviene en un ejercicio.

PALABRA FINAL

¡Gracias por leer!

Si ha llegado a este punto, es de esperar que haya disfrutado de este libro. E incluso si aún no estás de acuerdo con todas las ideas, espero que al menos te haya ayudado cuestione algunas de sus suposiciones sobre cómo se produce el crecimiento muscular.

¿Que sigue?

Bueno, ¡estaría muy agradecido si me escribiera una breve reseña en Amazon!

Y si está interesado en leer más sobre la ciencia del deporte que se incluyó en el análisis en este libro, por favor, eche un vistazo a mi cuenta de Instagram aquí:

<https://www.instagram.com/chrisabeardsley/>

Si tiene algún otro comentario (incluso si encuentra errores o errores tipográficos), por favor envíeme [un correo electrónico a chris@strengthandconditioningresearch.com](mailto:chris@strengthandconditioningresearch.com) ¡Gracias!

