



Universidad Francisco de Vitoria
UFV



Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

TRABAJO FIN DE GRADO

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN
CON PROTEÍNA EN UN
ENTRENAMIENTO DE HIPERTROFIA

2016 - 2017

Autor: Daniel Torvisco Oto.

Tutor: Pablo González Frutos.

ÍNDICE.

1. Introducción.....	3
1.1 Análisis fisiológico de la fuerza muscular.....	4
1.1.1 Origen de la fuerza en la contracción muscular.....	4
1.1.1.1 Rendimiento deportivo y tipos de fibras musculares.....	6
1.1.2 Tipos de hipertrofia.....	7
1.1.3 La hipertrofia y sus causas principales.....	8
1.1.4 Modificaciones bioquímicas en hipertrofia la muscular.....	11
1.2 Fuerza muscular.....	12
1.2.1 Efecto del entrenamiento de fuerza sobre otras capacidades biomotrices.....	12
1.2.2 Levantamiento de pesas y su relación con la fuerza, velocidad y resistencia.....	13
1.2.3 Periodización del entrenamiento de fuerza.....	13
1.2.3.1 Las cuatro leyes básicas para el entrenamiento de la fuerza.....	13
1.2.3.2 Principales ítems del entrenamiento de fuerza.....	14
1.3 Distribución de los macronutrientes: rendimiento e hipertrofia muscular.....	20
1.4 Estrategias de recuperación mediante suplementación deportiva post entrenamiento de fuerza	22
1.4.1 Recuperación mediante la ingesta de proteína, carbohidrato y creatina monohidrato.....	22
1.4.2 Efecto de las distintas estrategias de toma de proteínas para la ganancia de fuerza e hipertrofia.....	23
1.5 Aumento de la síntesis proteica y su relación con los distintos suplementos proteicos aislados e hidrolizados.....	28
1.5.1 Características de la proteína whey aislada.....	29
1.5.2 Ratio adecuado de aminoácidos esenciales para un efecto positivo en el músculo esquelético después del entreno de fuerza.....	31
1.6 Valoración de la composición corporal.....	32
1.6.1 Metodología a seguir para la obtención de las diferentes medidas antropométricas.....	34

2. Objetivos.....	35
3. Material y métodos.....	36
3.1 Descripción de la muestra.....	36
3.2 Metodología aplicada para la planificación del entrenamiento.....	36
3.3 Test realizados para la evaluación del sujeto.....	42
4. Resultados y discusión.....	44
5. Conclusión.....	48
6. Referencias bibliográficas.....	50

1. INTRODUCCIÓN.

En este trabajo de final de grado se tratan diversos temas desde el punto de vista fisiológico para comprender ciertos aspectos importantes como, que es la fuerza, que es la hipertrofia para ello se emplean dos libros de gran relevancia teórica en el mundo de la fisiología y entrenamiento...una vez tratados los temas de fisiología comienzan a tratarse aspectos fundamentales de programación y periodización del entrenamiento.

Una vez concluidos estos temas se relaciona la importancia de una buena distribución de macronutrientes para obtener un buen rendimiento deportivo y su posterior recuperación con suplementos deportivos.

Para concluir la relevancia teórica se exponen los principales aspectos importantes para realizar una correcta valoración de la composición corporal.

El objetivo principal de la investigación es demostrar de manera científica el cuestionado tema de la necesidad de ingerir suplementos proteicos para aumentar nuestra masa muscular. Para ello se realizará una planificación de entrenamiento con una duración de cuatro meses para un sujeto con una experiencia previa en entrenamiento de fuerza de 5 años, con una edad de 23 años y una altura de 175 cm y un peso inicial de 71.2 kg.

Los suplementos ingeridos son la proteína isoprime CFM y los BCAAs 2:1:1 de la marca amix, y los entrenamientos serán realizados en el centro de entrenamiento personal y preparación física DT Fitness Madrid.

1.1 Análisis fisiológico de la fuerza muscular.

Antes de comenzar con el análisis de la fuerza muscular es necesario conocer la definición de fuerza desde el punto de vista deportivo: “capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse o contraerse. A nivel ultraestructural, la fuerza está en relación con el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina” (Badillo, 2002).

También es necesario saber que la fuerza es la cualidad física básica a partir de la cual derivan las demás. Se ha de tener en cuenta que el individuo posee una estructura que moviliza a través de la energía, es decir la relación energía-estructura es la base para el equilibrio de las diferentes cualidades, esta estructura está determinada por palancas, articulaciones y músculos (Cometti, 2005).

1.1.1 Origen de la fuerza en la contracción muscular.

La unión entre los filamentos de actina y miosina constituyen los puentes cruzados, y estos son los que producen la contracción y simultáneamente la fuerza (Bosco, 2000).

La contracción muscular es la suma de la fuerza producida por los numerosos puentes cruzados. Cuando la membrana muscular recibe el estímulo nervioso, se libera calcio en el retículo sarcoplásmico el cual reacciona con la troponina C e inhibe la formación de puentes cruzados. La contracción la realiza el filamento que separándose de la miosina se une al filamento de actina y lo arrastra dirección a la miosina.

Una vez el estímulo nervioso alcanza la fibra, la tensión que se desarrolla en los puentes cruzados, esta es transmitida a los huesos a través de las estructuras de tejido conectivo (tendones). La tensión llega con un retraso imprescindible para estirar los componentes elásticos de los músculos (Bosco, 2000).

Antes de que los tendones transmitan la tensión a las estructuras óseas, los músculos emplean cierto tiempo para estirar los tendones, ya que poseen una elevada elasticidad. Esto conlleva a un cierto retraso en el inicio de la contracción, sin embargo según interviene un mayor número de fibras musculares las tensiones se transmiten con menos retraso porque los componentes elásticos ya han sido estirados previamente (Bosco, 2000).

Un mayor reclutamiento de unidades motoras fásicas es imprescindible para generar una mayor tensión, ya que se logran contracciones más fuertes y por tanto una mayor producción de fuerza (Bosco, 2000).

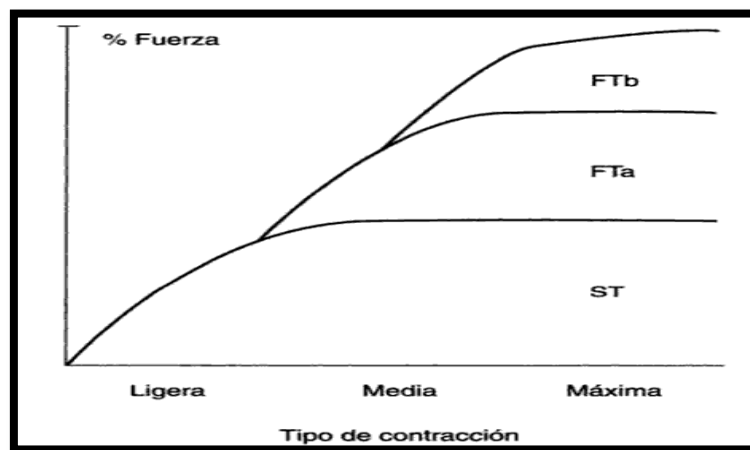


Figura 1. Modelo de reclutamiento muscular (Bosco, 2000).

1.1.1.1 Rendimiento deportivo y tipos de fibras musculares.

En el rendimiento deportivo la proporción de los distintos tipos de fibras musculares en un músculo varía de un sujeto a otro, las fibras rápidas se caracterizan por ser de contracción rápida y de fatigación rápida, es decir en deportes de corta duración, intensos y con alta demanda de fuerza deberían predominar este tipo de fibras al contrario que los deportistas de corta duración y poca fuerza (Badillo, 2002).

Características de las fibras	ST	FTa	FTb
Velocidad de conducción nerviosa (m x s ⁻¹)	60-80	80-100	80-130
Frecuencia de estimulación nerviosa (Hz)	5-30	60-70	60-80
Longitud de las fibras	+	++	+++
Longitud de los sarcómeros	+	+++	+++
Número de miofibrillas por fibras	+	++	+++
Número de fibras que constituyen la unidad motora	+++	++	+
Tiempo de contracción de la fibra (m)	100-150	50-90	40-80

Tabla 1. Características del músculo esquelético humano (Bosco, 2000).

El efecto del entrenamiento de fuerza en la transformación de las fibras musculares tiene un efecto directo y claro; produce un aumento del tamaño de las fibras tipo II pero no un aumento del número y tampoco una reducción de las fibras tipo I.

Sin embargo las fibras tipo II si pueden sufrir una transformación dentro del mismo tipo de fibra y pasar de tipo IIa a tipo IIb, pero esta transformación no sucede con un entrenamiento de fuerza máxima hipertrofia sino con el entrenamiento de fuerza máxima vía neural, pero una transformación inversa sí es posible con el entrenamiento de fuerza máxima hipertrofia, es decir fibras tipo IIb cambian a tipo IIa (Badillo, 2002).

A nivel de las fibras musculares, los dos tipos de adaptaciones inducidas más importantes se producen en las miofibrillas o en las mitocondrias. En el primer caso se producirá por un aumento de la proteína miofibrilar, lo que da lugar a un aumento del área transversal de las miofibrillas y por tanto de las fibras musculares, necesariamente fibras rápidas (Bosco, 2000).

El estímulo para generar hipertrofia muscular depende de la resistencia a la contracción muscular y del número total de contracciones con resistencia elevada, es decir, las condiciones necesarias son: ejecución de ejercicios con una resistencia elevada (Bosco, 2000).

1.1.2 Tipos de hipertrofia.

Existen dos tipos de hipertrofia, hipertrofia sarcomérica y sarcoplasmática (Satorre, 2014).

El sarcómero es la unidad funcional y estructural de menor tamaño que el músculo posee, dentro del sarcómero se originan los puentes cruzados que junto con otras proteínas se encargan de la contracción muscular. Por tanto la hipertrofia sarcomérica es aquella hipertrofia la cual se considera funcional ya que aumenta el tamaño del sarcómero lo cual no produce un aumento del músculo sino que mejora su capacidad de contracción, su fuerza y su coordinación intra e intermuscular. Para lograr este tipo de adaptaciones se deben realizar entrenamiento de fuerza máxima (Satorre, 2014).

El sarcoplasma es el líquido viscoso en el que se encuentran las fibras musculares, está compuesto por: aparato de Golgi, mitocondrias... además de una gran cantidad de mioglobina y alta concentración de calcio, por tanto se considera un medio de alta capacidad metabólica. La hipertrofia sarcoplasmática es aquella considerada no funcional, la cual producirá un aumento en la concentración de sarcoplasma, y en el volumen y número de proteínas estructurales no contráctiles (nebulina, titina...) lo que produce un aumento del tamaño muscular (Satorre, 2014).

Por tanto el objetivo es alcanzar un equilibrio entre ambos tipos de hipertrofia, para ello dentro del mesociclo de entrenamiento deberá de haber variaciones en los entrenamientos de fuerza (Satorre, 2014).

1.1.3 La hipertrofia y sus causas principales.

La hipertrofia viene causada tras semanas de entrenamientos de fuerza, pero no solo se produce un aumento del grosor muscular sino que hay otras adaptaciones más destacadas (Badillo, 2002). Es decir la hipertrofia es consecuencia de tres causas principales (Cometti, 2005).

- Un aumento de las miofibrillas.

El aumento del tamaño de las miofibrillas es la suma de los filamentos de actina y miosina en la periferia de las miofibrillas que permite no alterar la disposición de los puentes cruzados (Cometti, 2005).

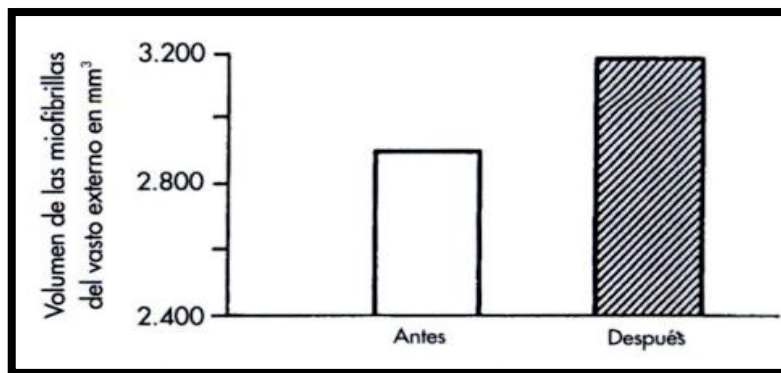


Figura 2. Volumen de las miofibrillas del vasto externo antes y después de 6 semanas de trabajo de fuerza (Cometti, 2005).

La hipertrofia con cargas pesadas afecta a los dos tipos de fibras (lentas y rápidas), pero sobre todo tiene mayor incidencia en las fibras tipo II. La inmovilización tiene como consecuencia una atrofia directa sobre las fibras tipo II. Cometti (2005) destaca que tras un periodo de 5-6 meses de entrenamiento la superficie de las fibras tipo II del tríceps braquial aumentaron un 33% mientras que la superficie de las fibras tipo I aumentó un 27%, de la misma manera demostró un aumento más considerable después de 8 y 16 semanas de entrenamiento.

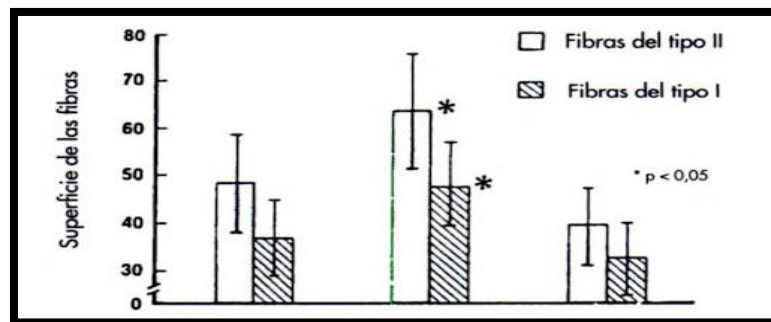


Figura 3. Evolución de las superficies de sección de las fibras tipo I y tipo II (Cometti, 2005).

- Un desarrollo del tejido conjuntivo.

El colágeno y los otros tejidos no contráctiles representan un 13% del volumen muscular, de ese 13%, el 6% pertenece al colágeno y el 7% a los otros tejidos, esta proporción se mantiene tanto en culturistas como en sujetos sedentarios (Cometti, 2005). Es decir, esto demuestra que la hipertrofia se debe a un aumento proporcional de tejido conectivo ya que en diversos estudios analizaron que el tejido conectivo de un hombre sedentario y de un culturista entrenado representa un 13% del volumen muscular (Badillo, 2002).

- Un aumento de la vascularización.

En cuanto a la vascularización (Cometti, 2005) expone que con cargas pesadas con pocas repeticiones como en halterofilia, se produce una reducción del número de capilares por cada fibra. Y con cargas más “ligeras” (70%) con series más largas como en los culturistas se observa una leve elevación del número de capilares por fibra.

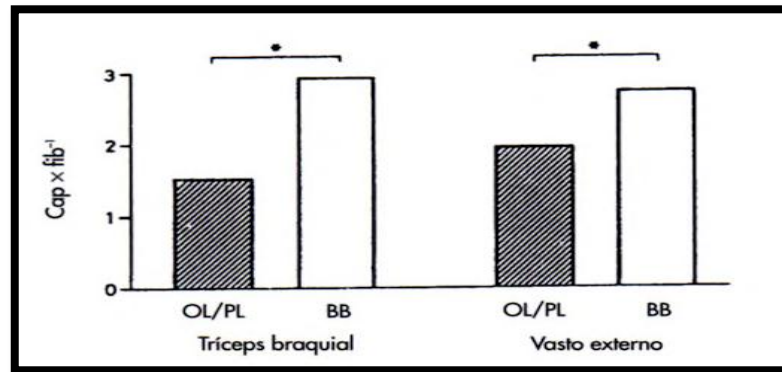


Figura 4. Relación capilares-fibras en el tríceps y el vasto externo en culturistas y halterófilos de alto nivel (Cometti, 2005).

La hipertrofia principalmente es consecuencia de un aumento del material contráctil y un aumento de la síntesis de proteínas, basado principalmente en el proceso de “break down and build up”, basado en que el trabajo con cargas pesadas produce DOMS. Estas DOMS junto con la elevada concentración de creatin quinasa, mioglobina e hidroxipolina en la orina demuestra que el tejido conjuntivo también sufre daño muscular (Cometti, 2005).

1.1.4 Modificaciones bioquímicas en ejercicios de hipertrofia muscular.

El entrenamiento de hipertrofia muscular provoca distintas adaptaciones a nivel de marcadores bioquímicos: adaptaciones enzimáticas, modificación en los sustratos, respuesta hormonal (Cometti, 2005).

- Adaptaciones enzimáticas, se produce una reducción de la actividad de la miocinasa, de la CPK (creatin fosfoquinasa) y la PFK (fructocinasa), además de las enzimas glucolíticas que también disminuyen con una hipertrofia pronunciada, de este mismo modo las enzimas mitocondriales reducen un 30% su actividad (Cometti, 2005).
- Modificaciones de los sustratos, se elevan las concentraciones de fosfatos energéticos y el glucógeno muscular (Cometti, 2005).

En base a un estudio con 9 sujetos no entrenados los cuales entrenaron el músculo tríceps de 5 a 6 meses, se originó un aumento considerable de glucógeno, creatina, CP (creatinfosfato) y ATP. Los sujetos fueron sometidos a 5 semanas de inmovilización de los brazos y esas modificaciones desaparecieron, por tanto no mostraron diferencias con sujetos sedentarios (Cometti, 2005).

- Respuestas hormonales, en un estudio de 6 meses de entrenamiento de fuerza en el cual se utilizó la relación entre testosterona y cortisol para analizar el balance anabólico-catabólico, la relación entre ambas hormonas aumentaba de forma progresiva durante el entrenamiento y disminuía con el desentrenamiento. Por tanto existe una relación con el aumento de fuerza y el aumento de la relación testosterona-cortisol (Cometti, 2005).

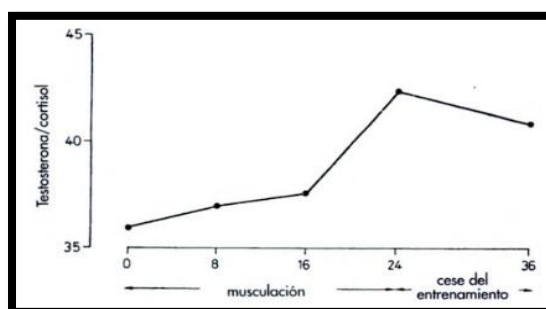


Figura 5. Modificación de la relación testosterona y cortisol durante 16 semanas de entrenamiento y 8 semanas de descanso (Cometti, 2005).

1.2 Fuerza muscular.

En la mayoría de actividades afectan factores como la fuerza (ejercicios que implican oposición), velocidad (ejercicios que aumentan la rapidez y las frecuencias altas), duración (ejercicios con muchas repeticiones y largos tiempos de aguante) y ROM (range of movement, ejercicios que requieren una amplitud máxima de movimiento) (Bompa, 2004).

1.2.1 Efecto del entrenamiento de fuerza sobre otras capacidades biomotrices.

El desarrollo específico de una cualidad biomotriz ha de ser metodológico, ya que las cualidades que son dominantes afectan de forma directa sobre el resto. Es decir mejorar una cualidad física dominante supone prácticamente al 100% segura una transferencia positiva a las cualidades físicas secundarias (Bompa, 2004).

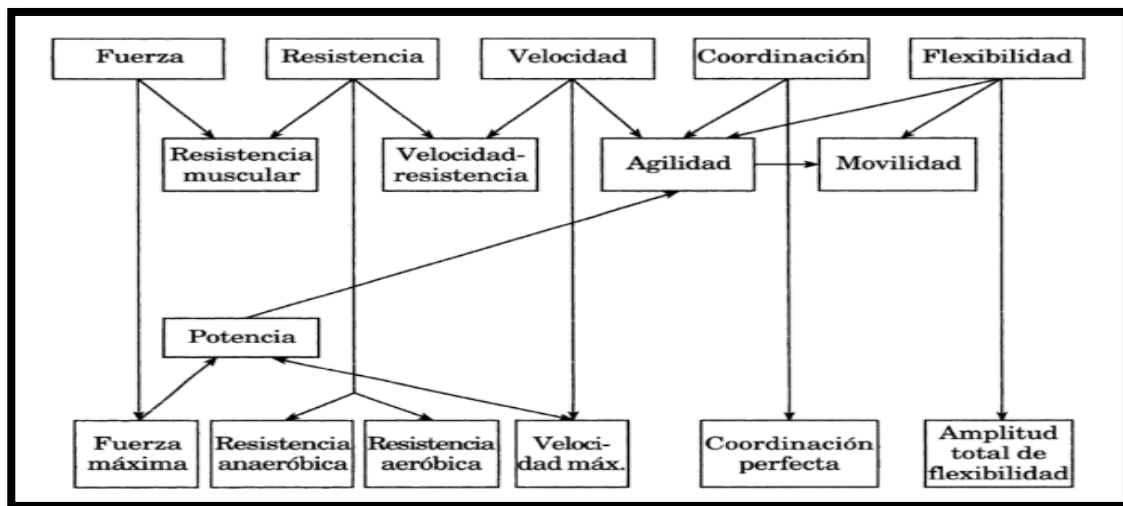


Figura 6. Interdependencia entre las cualidades biomotrices (Bompa, 2004).

1.2.2 Levantamiento de pesas y su relación con la fuerza, velocidad y resistencia.

En el levantamiento de pesas y por tanto su posterior hipertrofia se ha de tener en cuenta la relación fuerza, resistencia y velocidad.

Bompa (2004), afirma que en dicha relación para el levantamiento de pesas prima la resistencia considerándola el 50% de dicho deporte por encima de velocidad y fuerza, ya que estas dos suponen cada una un 25% aproximadamente en este ámbito.

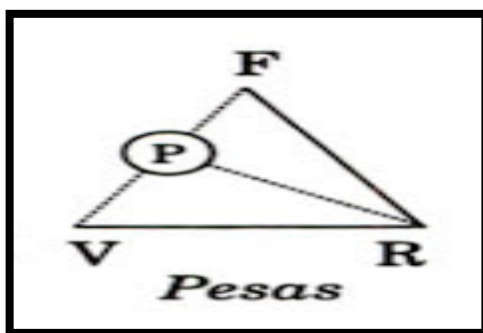


Figura 7. Composición dominante entre las capacidades biomotrices en el levantamiento de pesas (Bompa, 2004).

1.2.3 Periodización del entrenamiento de fuerza.

La pauta principal y más importante a la hora de realizar una buena planificación del entrenamiento de fuerza es realizar un aumento progresivo de la carga ya que permite una mejor adaptación anatómica y mayor aumento de la fuerza (Bompa, 2004).

1.2.3.1 Las cuatro leyes básicas del entrenamiento de fuerza.

- Desarrollo de la flexibilidad articular.

La mayor parte de los ejercicios empleados para el entrenamiento de fuerza emplean toda la amplitud de las articulaciones principales. Tener una buena flexibilidad previene las lesiones por fatiga (Bompa, 2004).

- Desarrollo de la fuerza en los tendones.

La fuerza muscular obtiene una mejora con mayor rapidez que ligamentos y tendones, por tanto se ha de realizar un uso adecuado del principio de

especificidad. El fortalecimiento de ligamentos y tendones se produce durante el proceso de adaptación anatómica, esta mejora produce un aumento de diámetro y aumento en la capacidad de soportar tensiones y desgarros (Bompa, 2004).

- Desarrollo de la fuerza del tronco.

El fortalecimiento de dicha parte del cuerpo previene lesiones y dolores en la zona lumbar, para ello se deben entrenar músculos abdominales, músculos de la espalda y psoas iliaco (Bompa, 2004).

- Desarrollo de los músculos estabilizadores.

Los músculos primarios trabajan con mayor eficiencia si los fijadores/estabilizadores tienen mayor fuerza y son capaces de realizar una contracción isométrica para inmovilizar cierta parte del cuerpo y que la parte que deseamos entrenar pueda actuar (Bompa, 2004).

1.2.3.2 Principales ítems para el entrenamiento de fuerza.

A la hora de realizar una planificación del entrenamiento de fuerza se han de tener en cuenta los siguientes ítems: número de ejercicios, orden de los ejercicios, número de repeticiones, velocidad de ejecución y cuantificación de la carga, número de series e intervalos de descanso y frecuencia semanal. A continuación se exponen las cuatro leyes según Bompa (2004):

- Número de ejercicios.

La selección del número de ejercicios es sumamente importante ya que un exceso de ejercicios para desarrollar un grupo muscular en concreto puede llevar al sobreentrenamiento, por tanto para prescribir el número y tipo de ejercicios se debe tener en cuenta: edad y nivel de rendimiento y periodo del entrenamiento (Bompa, 2004).

- En lo referido a la edad y nivel de entrenamiento los ejercicios varían desde 9 a 12 si es un deportista júnior para de esta manera desarrollar las bases fisiológicas y si es un deportista avanzado entre 3 y 6 enfocados a motores primarios (Bompa, 2004).

- En función del periodo de entrenamiento se realizará una programación en la que se trabajen el mayor número de grupos musculares entre 9 y 12 ejercicios sin tener en cuenta los aspectos específicos de cada deporte (Bompa, 2004).

- Orden y selección de los ejercicios.

Para la ganancia de hipertrofia en el ámbito del culturismo se debe entrenar primero los grupos musculares grandes y después los pequeños y realizarlo en una secuencia horizontal (se realizan todas las series del primer ejercicio y luego se pasa al siguiente) este método genera una fatiga local elevada al finalizar el entrenamiento lo que produce hipertrofia (Bompa, 2004).

Los ejercicios seleccionados para el entrenamiento deben ser variados y que se enfoquen al trabajo en distintos planos para lograr una estimulación máxima de todas las fibras musculares que forma el grupo muscular (Schoenfeld, 2010).

- Número de repeticiones, cuantificación de la carga y velocidad de ejecución.

El número de repeticiones y la velocidad de ejecución son funciones de la carga. Es destacable que cuanto mayor sea la carga menor será el número de repeticiones y la velocidad de ejecución. Por tanto para conseguir adaptaciones de fuerza máxima hipertrofia se deberán realizar entre 6 y 12 repeticiones con entre un 75 y 85% de la repetición máxima (1RM) ejecutadas de forma lenta (Bompa, 2004).

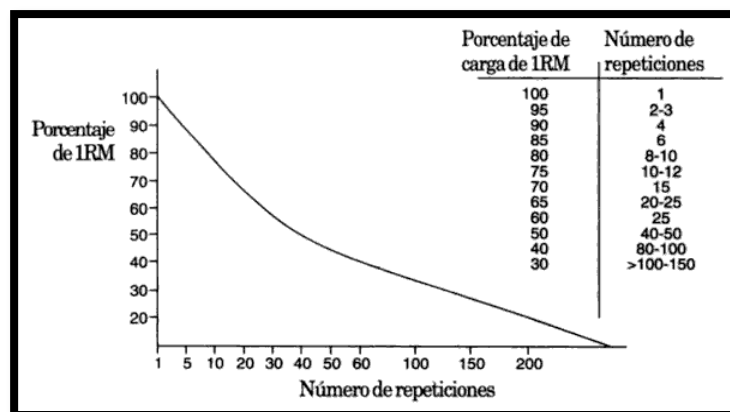


Figura 8. Curva de la carga frente al número de repeticiones (Bompa, 2004).

La repetición máxima o 1RM se define como máximo que peso que puedes mover con una técnica adecuada una sola vez. Su utilidad para el entrenamiento es que predice de forma aproximada la carga máxima con la que podemos entrenar (Colomer, 2013).

Existen dos métodos para calcular el 1RM, test directo el cual se basa en realizar levantamientos aumentando el peso de forma progresiva hasta que se alcance un peso que no se permita ejecutar el ejercicio con la técnica correcta. Y el test indirecto consiste una ecuación que predice tu 1RM, la fiabilidad de este método aumenta cuando disminuye el número de repeticiones ya que los datos introducidos en la ecuación son: el peso levantado y el número de repeticiones (Colomer, 2013).

La ecuación más precisa en la actualidad cuanto más próximo a 1 es el número de repeticiones realizadas es la evidenciada por Brzycki (1993).

$$1RM = \frac{\text{Peso levantado en el test}}{1.0278 - (0.0278 \times n^{\circ} \text{ de reps al fallo})}$$

Para realizar el test de 1RM mediante el método directo se debe seguir el siguiente protocolo (Colomer, 2013):

- Realizar un calentamiento general en el cual se active el sistema cardiovascular con una duración comprendida entre 5 y 10 minutos.
- Realizar un calentamiento específico del ejercicio que vamos a calcular el 1RM, se realizan 2 ó 3 series con poco peso entre 6 y 8 repeticiones.
- Ejecutar series de aproximación en las que se realizan 2 ó 3 series incrementando el peso entre 2 y 3 repeticiones.
- Comenzado el test realizar series de 1 repetición incrementando el peso de forma progresiva en base a la respuesta del deportista los pesos han de mover al inicio entre 2 y 5 kg y una vez se acerque el peso máxima utilizar cargas de mayor precisión entre 0.5 y 1 kg.

Por otro lado en un estudio realizado con 19 hombres entrenados a los cuales se les asignó aleatoriamente una rutina de entrenamiento pesado (entre 2 y 4 repeticiones) o una rutina de entrenamiento moderado (entre 8 y 12 repeticiones) y entrenaban 3 días a la semana durante 8 semanas sin entrenar dos días seguidos. El entrenamiento consistía en 3 series de 7 ejercicios con una velocidad de ejecución 1:2 y el porcentaje de la carga ajustado para llegar en cada serie al fallo muscular en contracción concéntrica, pero para maximizar la hipertrofia es necesario centrarse en el levantamiento y movimiento principalmente sobre el 50% del 1RM (Schoenfeld y Contreras, 2016).

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: mayor ganancia de hipertrofia con cargas moderadas para un mismo volumen de series (Schoenfeld, 2016).

Medina (2017) afirma que la velocidad de ejecución permite estimar el 1RM con alta precisión y determinar el % real para dicho entrenamiento y de esta manera optimizar las ganancias de fuerza.

- Número de series.

Una serie es el número de repeticiones que tiene un ejercicio al cual le sigue un periodo de reposo, para concretar el número de series depende del número de ejercicios y de la fuerza que estos demandan. A mayor número de ejercicios debe ir disminuyendo el número de series (Bompa, 2004).

Para una mayor ganancia de hipertrofia se debe llevar a cabo un alto volumen de trabajo superando las 10 series por grupo muscular a la semana con una frecuencia de entrenamiento de 2 sesiones por grupo muscular cada semana (Schoenfeld, 2016).

- Intervalo de descanso.

Los intervalos de descanso (ID) tanto entre series como entre las repeticiones son un aspecto clave en el entrenamiento tan importante o más que el propio entrenamiento (Bompa, 2004).

Durante los intervalos de descanso el ATP y la PC (fosfocreatina) utilizados como fuente de energía tienen oportunidad de restablecerse en mayor o menor medida según la duración del descanso. Si el ID se calcula de forma adecuada

el ácido láctico se acumula más despacio y por tanto se puede realizar el entrenamiento planeado (Bompa, 2004).

Tiempos de descanso y porcentaje de recuperación de los sustratos energéticos (Bompa, 2004):

- En 30 segundos de descanso hay una recuperación del 50% del ATP y PC consumido.
- En 1 minuto de descanso realizando entre 15 y 20 repeticiones no se da la recuperación necesaria para mantener una ejecución con una tensión elevada.
- Entre 3 y 5 minutos permite una recuperación prácticamente completa del ATP y PC, salvo si se trabaja hasta el agotamiento que es insuficiente para restablecer depósitos de glucógeno y eliminar el lactato.

Schoenfeld (2010) divide los intervalos de descanso en tres categorías: corto (entre 0 y 30 segundos), moderado (entre 60 y 90 segundos) y largo (3 minutos o más). Estos tiempos de descanso tienen una relación directa con la respuesta hipertrófica.

- Los intervalos cortos provocan estrés metabólico y generan metabolitos de desecho por tanto provoca que un atleta no recupere su fuerza muscular.
- Los intervalos moderados generan una maximización de la hipertrofia muscular debido a que se genera estrés metabólico y se recupera la mayor parte de fuerza. Además el reposo moderado está asociado a un mayor ambiente anabólico aumentando el potencial de aumento de crecimiento muscular por mayores concentraciones de hormona del crecimiento (GH).

La investigación actual sugiere que para maximizar la hipertrofia en un músculo se deben planificar entrenamientos que generen un estrés metabólico significativo y que mantenga un grado de tensión muscular adecuado y con un intervalo de de descanso moderado (Schoenfeld, 2010).

- Frecuencia semanal.

Para un lograr un buen resultado a la hora de realizar un entrenamiento enfocado a la ganancia de masa muscular es de gran importancia la recuperación entre ejercicios y series como se ha mencionado en el apartado anterior, pero también es importante la recuperación entre entrenamientos del mismo grupo muscular (Schoenfeld, 2010).

La frecuencia semanal varía en función del enfoque del entrenamiento en base al tipo de contracción y velocidad de ejecución, el entrenamiento para hipertrofia se puede planificar de las siguientes maneras (Wernbom, Augustsson, & Thomée, 2007):

- Carga moderada y velocidad de ejecución lenta, tiene la misma importancia la contracción concéntrica y la excéntrica. Ya sea un ejercicio uniarticular o multiarticular, la carga debe ser del 50% del 1RM aproximadamente con un rango de repeticiones entre 8-14 llegando al fallo muscular. Las series deben estar comprendidas entre 1-4 aumentando de forma progresiva. La velocidad de ejecución es lenta, tanto en fase concéntrica como excéntrica entre 2-3 segundos. El descanso entre series es de 30-60 segundos.

Para este tipo de entrenamiento la frecuencia semanal óptima es de 2-3 sesiones por grupo muscular.

- Entrenamiento convencional de hipertrofia, tiene la misma importancia la contracción concéntrica y la excéntrica. Ya sea un ejercicio uniarticular o multiarticular la carga debe estar comprendida entre el 75-80% del 1RM con un rango de repeticiones entre 6 -12 llegando al fallo muscular o cerca. Las series deben estar comprendidas entre 1-6 aumentando de forma progresiva. La velocidad de ejecución es moderada, tanto en fase concéntrica como excéntrica entre 1-2 segundos. El descanso entre series es de 60-180 segundos.

La frecuencia semanal óptima para este tipo de entrenamiento es de 2-3 sesiones por grupo muscular.

- Entrenamiento excéntrico con sobrecargas, prima la contracción excéntrica y la concéntrica es opcional. Ya sea un ejercicio uniarticular o multiarticular la carga para la fase excéntrica debe ser el 105% del 1RM y en caso de ejecutar la concéntrica entre el 60-75% del 1RM con un rango de repeticiones entre 4-6. Las series deben estar comprendidas entre 1-5 aumentando de forma progresiva. La velocidad de ejecución es lenta-moderada, en fase excéntrica entre 2-4 segundos y en fase concéntrica entre 1-2 segundos. El descanso entre series es de 120-180 segundos.

La frecuencia semanal óptima es de 1-3 sesiones por grupo muscular.

1.3 Distribución de macronutrientes: rendimiento e hipertrofia muscular.

Para lograr una ganancia óptima de masa muscular no solo es necesario una buena planificación un buen entrenamiento ya que la alimentación es uno de los pilares fundamentales para mejorar el rendimiento y los resultados de dicho entrenamiento. Para adecuar la cantidad necesaria de energía (calorías) y nutrientes (proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales), es necesario tener en cuenta el tipo de entrenamiento (intensidad, volumen, frecuencia...), edad, sexo, altura y peso (González-Gross, Gutierrez, Meso, Ruíz-Ruíz, & Castillo, 2001).

Durante el entrenamiento la dieta del deportista debe aportar alrededor de un 60% de carbohidratos y una cantidad proteica comprendida entre 1,2-2 gr / kg de peso / día (González-Gross et al, 2001). Para facilitar la recuperación después del entrenamiento mediante la alimentación se ha de realizar con carbohidratos de un índice glucémico medio-alto y el agua (González-Gross et al, 2001).

En base a un metaanálisis realizado con 323 culturistas desde los años 80 hasta el 2014 con un peso medio de 81 kg de los cuales el 50% de ellos estaba fuera de temporada (superávit calórico) y el otro 50% restante en temporada de competición, la ingesta de kcal variaba desde 2048 kcal / día hasta 5760 kcal / día (López, 2016).

Macronutrientes	Fuera de temporada	Temporada de competición
Hidratos de carbono	5.3 gr / kg / día	3.8 gr / kg / día
	48% del total	52% del total
Proteínas	2.5 gr / kg / día	2.4 gr / kg / día
	23% del total	32.4 del total
Grasas	1.5 gr / kg / día	0.51 gr / kg / día
	29% del total	15.6% del total

Tabla 2. Distribución de macronutrientes en culturistas fuera de temporada y en temporada de competición (López, 2016).

En las conclusiones de este estudio destaca que el consumo excesivo de proteína superando los 4 gr / kg de peso / día y la cantidad de grasas ingeridas la cual está lejos de lo saludable, aunque en ciertos momentos esta baja ingesta pudiese llevarse a cabo en caso que la ingesta de hidratos de carbono superase el 60% del total de día, no debe ser con una alta frecuencia ya que a nivel físico supone beneficios pero no a niveles fisiológicos (López, 2016).

El entrenamiento de fuerza produce un efecto importante sobre el crecimiento muscular, principalmente la hipertrofia. Esto no sucede únicamente con el entrenamiento, es necesario acompañarlo de un balance proteico positivo, es decir consumir mayor proteína que la que se degrada durante el entrenamiento. Los efectos del entrenamiento de fuerza pueden durar entre 24 y 48 horas, por tanto cualquier alimento ingerido en esta franja horaria tiene la posibilidad de aumentar la respuesta anabólica y favorecer nuestro objetivo: la hipertrofia. Por tanto, no existe una ventana anabólica de 4 ó 5 horas sino de hasta 48 horas, donde es primordial aumentar la ingesta de proteína y también la ingesta calórica diaria para evitar el catabolismo muscular (Alsina, Pinto, & Dolado, 2008).

Alsina et al, (2008) afirman que el consumo de proteínas depende de: tipo e intensidad del entrenamiento, la ingesta de energía y carbohidratos y el periodo de entrenamiento en donde se realiza el consumo. Según la FAO (Food and Agriculture Organization) para una persona que no realiza deporte con una ingesta de proteína de 0,83 g / kg de peso / día cubre sus necesidades

diarias, pero no en una persona que realiza deporte todos los días, ya que su degradación de proteínas y aminoácidos comprende entre un 1 y un 5% del gasto energético total en el ejercicio, tampoco serviría de sustrato para reparar el daño muscular producido por el ejercicio.

La ingesta de proteína tiene una relación recíproca con las calorías, ya que a medida que disminuye la ingesta calórica ha de aumentar el consumo de proteína. Por tanto para ahorrar el consumo energético que aportan las proteínas y su consecuente degradación muscular se ha de mantener un consumo de hidratos moderado para obtener de ellos el sustrato energético (Alsina et al, 2001).

Por tanto para obtener una buena repartición de macronutrientes de forma personalizada en una dieta hiperproteica y con un ligero superávit calórico (50-55 Kcal / kg de peso) para la ganancia de masa muscular magra sin ganancia de grasa corporal se debe consumir entre un 1.8-2.5 g / kg de peso / día, siempre y cuando los carbohidratos o las grasas supongan el 30% del total de la dieta (López, 2016), y la cantidad de calorías diarias ha de estar comprendida entre 45 y 50 kcal/kg (Gross et al 2001).

1.4 Estrategias de recuperación mediante suplementación deportiva post-entrenamiento de fuerza.

Para facilitar la recuperación tras los entrenamientos de fuerza pueden ingerirse multitud de suplementos deportivos, pero los de mayor importancia y mayor resultados positivos provocan son: proteínas, carbohidratos y creatina monohidrato.

1.4.1 Recuperación mediante la ingesta de proteína, carbohidratos y creatina monohidrato.

La suplementación con proteína tras finalizar un entrenamiento de fuerza es considerada una acción la cual promueve una respuesta anabólica. Sin embargo estudios realizados en jóvenes demuestran que la presencia de carbohidratos tras finalizar el ejercicio (glucosa) enaltecieron esta respuesta anabólica. Es por eso que se cuestiona la posibilidad de consumir una mezcla de carbohidratos y proteínas antes y después del entrenamiento ya que

produce unas condiciones idoneas para el crecimiento muscular (Cribb & Hayes, 2006).

La suplementación con creatina monohidrato promueve la ganancia de masa muscular y la ganancia de fuerza durante el entrenamiento. Estos efectos se deben a la acumulación de creatina en el músculo esquelético, ya que la captación de la creatina por el músculo estimula los factores encargados de la síntesis de proteínas contráctiles y aumenta la fosfocreatina. Todos estos factores mejoran la capacidad de trabajo y la fuerza durante el entrenamiento. Pero no está demostrado cual es el timing correcto para la toma de creatina monohidrato para la incrementar la ganancia de masa muscular y fuerza (Cribb & Hayes, 2006).

Cribb & Hayes, (2006) afirman que la toma de dicha mezcla de suplementos durante el entrenamiento de fuerza favorece una mayor ganancia de masa corporal magra, fuerza e hipertrofia de las fibras muscular en comparación con la ingesta de dichos suplementos lejos de la hora de entrenamiento.

En resumen la suplementación con creatina monohidrato mezclada con proteína y carbohidratos aporta los sustratos necesarios para facilitar la recuperación y la ganancia de masa muscular libre de grasa.

1.4.2 Efecto de las distintas estrategias de toma de proteínas para la ganancia de fuerza e hipertrofia.

El timing de la ingesta de proteínas se considera una estrategia para optimizar las adaptaciones a causa del ejercicio. Esta estrategia se suele realizar haciendo la toma de proteína antes, durante o después del entrenamiento para facilitar la reparación muscular y por consiguiente mejorar las adaptaciones relacionadas con el ejercicio y la hipertrofia (Schoenfeld, Albert Aragon, & Krieger, 2013).

Normalmente la ingesta de la proteína se suele realizar justo antes o nada más terminar el entrenamiento para maximizar el efecto de las proteína aprovechando la ventana de oportunidad anabólica, pero Schoenfeld et al,

(2013) concluyeron que no hay evidencias suficientes para confirmar la necesidad de ingerir el suplemento de proteína de forma inmedia al comenzar o al finalizar el entrenamiento.

En lo referido a la estrategia que consiste en la toma de proteínas pre-entrenamiento, sus defensores argumentan que; si se realiza con unas cantidades precisas nos beneficiamos de una disponibilidad de nutrientes de forma inmedia, mayor captación de aminoácidos esenciales (BCAAs) e incremento en los marcadores MPS por tanto esto favorece el aumento de la masa corporal magra, y si esta estrategia se acompaña de una distribución adecuada de macronutrientes a lo largo del día cabe la posibilidad de mejorar la composición corporal (Schoenfeld et al, 2013).

Por otro lado hay estudios que comparan el consumo de proteína antes o después del entrenamiento con el efecto placebo, aunque en su favor confirman que la proteína es el macronutriente clave para optimizar la síntesis proteica después del entrenamiento. Los aminoácidos esenciales (aquellos que nuestro organismo no es capaz de sintetizar) se consideran los responsables de mejorar la síntesis y por otro lado los aminoácidos no esenciales no contribuyen en la mejora de dicha síntesis proteica (Schoenfeld et al, 2013).

La estrategia basada en consumir el suplemento tras finalizar el entrenamiento consiste en ingerir una dosis de 6 gramos de BCAAs mezclado con una proteína aislada de asimilación rápida (una ingesta superior no ha presentado un aumento en la síntesis proteica) al acabar un entrenamiento de fuerza lo cual produce un aumento de la síntesis proteica casi dos veces superior a la misma ingesta de una mezcla de BCAAs y aminoácidos no esenciales (Schoenfeld et al, 2013).

Revisados los dos tipos de estrategias posibles en cuanto a la suplementación con proteína y BCAAs y sus correspondientes beneficios a continuación se realiza un análisis global de ambas estrategias en el cual se mencionará cual

de las dos estrategias tienen un mayor efecto positivo para la ganancia de fuerza y masa muscular magra.

Ambas estrategias confirmaron una ganancia en la sincronización de proteínas contráctiles de $0.24 \pm 0,10$ pero sin efecto significativo en la ganancia de fuerza muscular. Esta ganancia es considerada moderada al estar comprendida entre 0.2 y 0.5 (Schoenfeld et al, 2013).

Schoenfeld, Aragon, Wilborn, & Krieger (2017) realizaron otro estudio para buscar mayores evidencias científicas para determinar cuales de las dos estrategias generaba mayor beneficio a nivel de composición corporal y a nivel de rendimiento deportivo.

En este estudio se dividieron los sujetos en dos grupos: pre y post, el grupo pre consumió únicamente 1,4gr de proteína / kg de peso corporal / día durante las 10 semanas de duración del estudio, mientras que el grupo post consumió 2 gr de proteína / kg de peso corporal / día o más además de este protocolo alimentario se siguieron dos más uno por cada grupo. El grupo pre no consumió nada durante las tres horas posteriores al entrenamiento mientras que el grupo post consumía 25 gramos de proteína en forma de whey protein al concluir su entrenamiento.

Para analizar el rendimiento deportivo realizaron dos ejercicios multiarticulares básicos: press banca y sentadilla libre, el resultado a nivel de rendimiento en cuanto al 1RM en sentadilla fue un incremento comprendido entre un 3.7% y un 4.9% tanto el grupo pre como el grupo post y en press banca un incremento entre un 2.4% y un 3.3% del 1RM en ambos grupos.

En lo referido a la composición corporal, no hubo diferencias significativas entre ambos dos grupos.

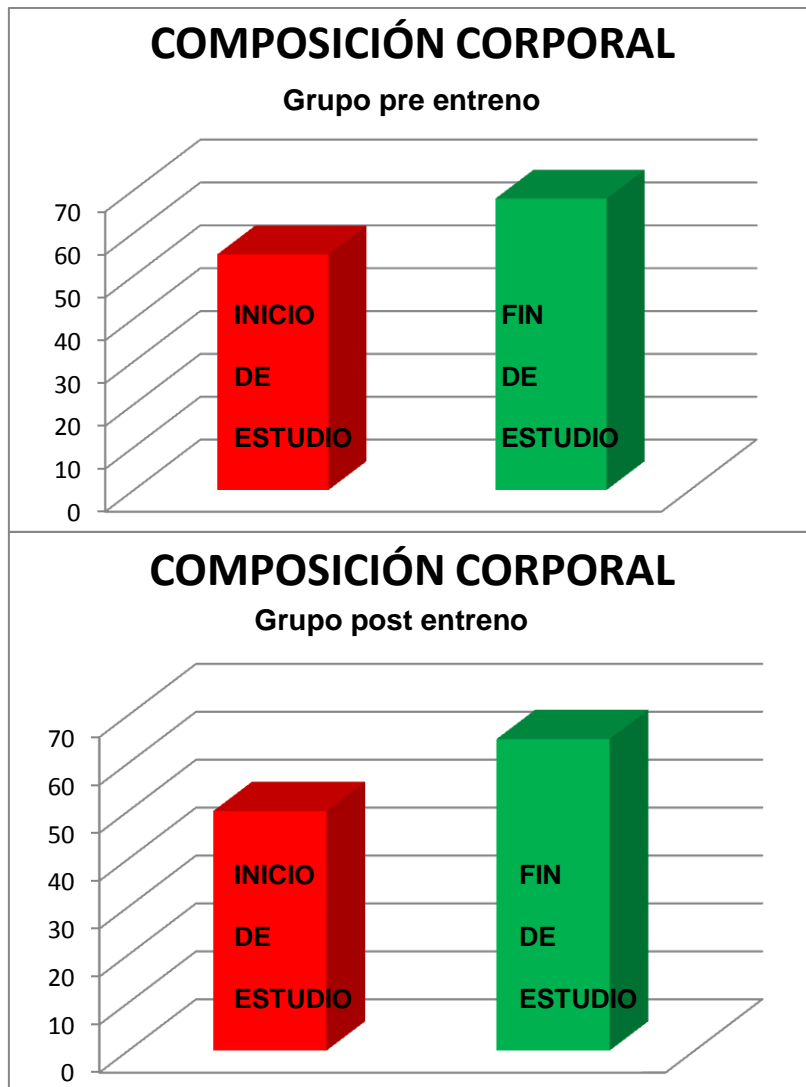


Figura 9. Diferencias en kilogramos entre la composición corporal al inicio del estudio y al concluir el estudio en los grupos pre y post entrenamiento “modificado de Schoenfeld et al (2017)”.

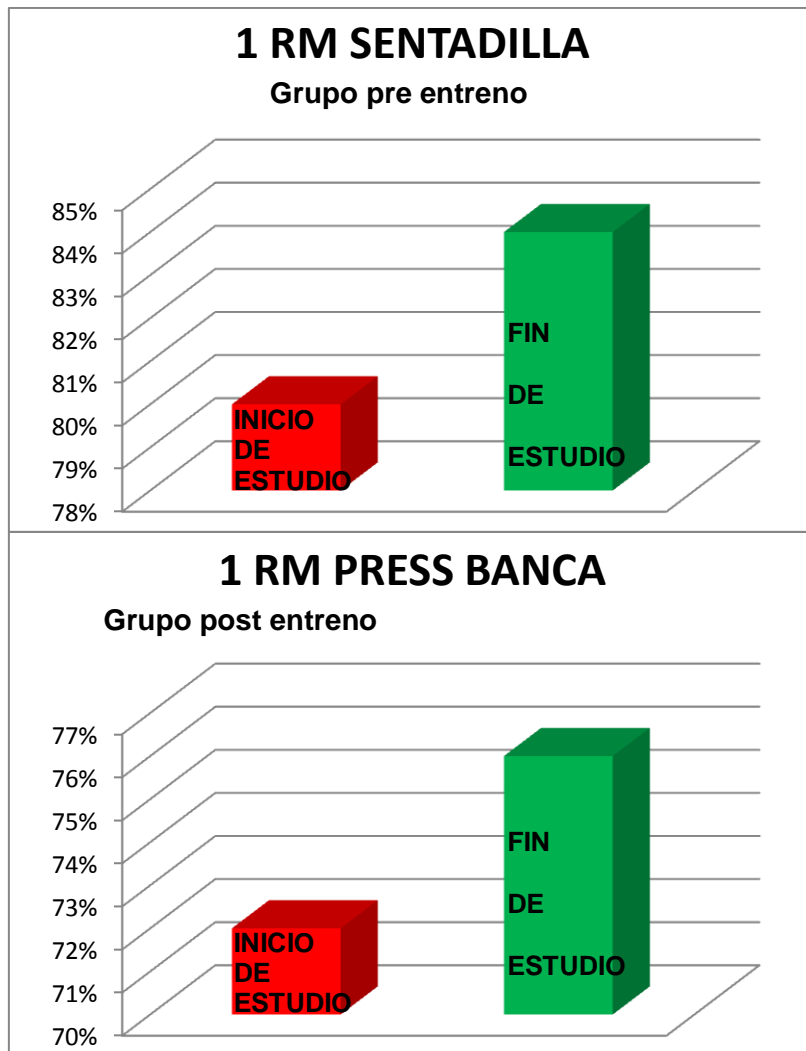


Figura 10. Incremento en porcentaje del 1RM al inicio del estudio y al concluir el estudio en los grupos pre y post entrenamiento “modificado de Schoenfeld et al (2017)”.

Como conclusión de ambos estudios se deduce que ambas estrategias tienen un efecto positivo sobre la ganancia de hipertrofia muscular y que la ventana de oportunidad anabólica no solo existe al iniciar o finalizar la actividad de forma inmedia sino que se comprende entre 1 hora y media de forma aproximada.

1.5 Aumento de la síntesis proteica y su relación con los distintos suplementos proteicos aislados e hidrolizados.

Una vez analizados los dos tipos de estrategias posibles a la hora de recuperar utilizando suplementos proteicos tras un entrenamiento de fuerza, hay que concretar que tipo de suplemento es el más adecuado para dicha recuperación.

E. Tang, R. Moore, W. Kujbida, A. Tarnopolsky, & M. Philips (2009) realizaron un estudio con tres grupos de seis jóvenes que regularmente realizaban entrenamientos de fuerza 2 ó 3 días a la semana. La edad de los sujetos era de 22.8 ± 3.9 años, la altura era de 179.7 ± 5.1 cm y el peso de 86.6 ± 13.9 kg, los sujetos realizaron dos ejercicios unilaterales (prensa de piernas y extensión de cuádriceps) el peso del ejercicio era del 10RM o del 12RM con dos minutos de descanso pasivo. Al finalizar el entrenamiento los sujetos consumían la suplementación con un aporte calórico de 100 Kcal, las tomas contenían 21,4 gramos de proteína whey aislada, 21.9 gramos de caseína o 22.9 gramos de proteína aislada de soja disuelto en 250 ml de agua con 1 gramo de sacarosa, además de esta suplementación realizaron una toma de 10 gramos de BCAAs aunque Schoenfeld (2013) ya demostró que una cantidad superior a 6 gramos no provoca mejoras significativas.

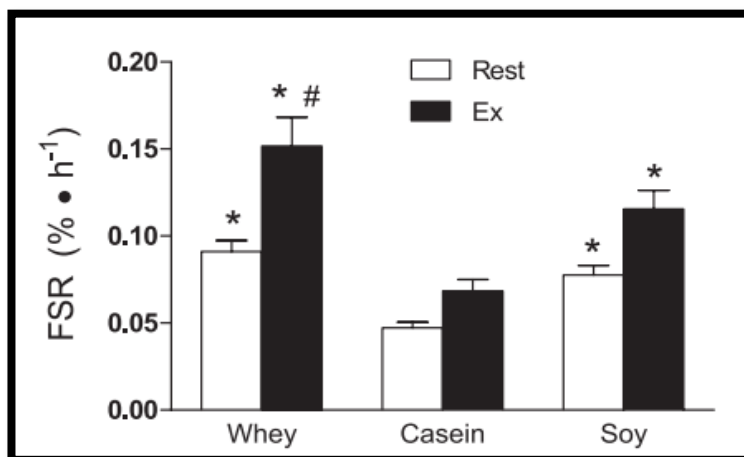


Figura 11. Aumento de la tasa de síntesis proteica tras el ejercicio y la ingesta del suplemento alimenticio (Tang et al 2009).

En la gráfica se observa como la proteína whey aislada produce un mayor aumento en la tasa de síntesis proteica tras el entrenamiento, por tanto la proteína whey es la que mayores beneficios produce a nivel de hipertrofia al aumentar la síntesis de proteínas (Tang et al 2009).

1.5.1 Características de la proteína whey aislada.

La proteína whey aislada o proteína de suero es un subproducto líquido obtenido en la producción del queso, este líquido es el suero el cual es sometido a una serie de procesos para poder ser consumido. El proceso más importante dentro de las distintas técnicas por las que este suero pasa es la reducir el contenido en lactosa, en grasas...

Dentro del proceso de fabricación se ha de tener en cuenta cual ha sido la técnica empleada para su elaboración. La mejor técnica de microfiltración por flujo cruzado (CFM) la cual se realiza a baja temperatura para evitar la desnaturalización de las proteínas obteniendo un alto contenido de proteína, alrededor del 90% (Violetta, 2013).

Este tipo de proteína está a su vez compuesto por dos tipos de proteínas: 20% suero de leche y 80% caseína. Lo que distingue a estas dos proteínas que componen el whey es la velocidad de absorción por el organismo, el suero de leche es de absorción rápida mientras que la caseína es de absorción más lenta (Violetta, 2013).

Como Tang et al, (2009) demostraron que la proteína de suero de leche es la que más aumenta la síntesis proteica tras el entrenamiento a continuación se analizan las propiedades de dicho suplemento (Violetta, 2013):

- Es una proteína completa, es decir contiene todo el rango de aminoácidos incluyendo los esenciales.
- Posee un alto valor biológico (VB), es decir contiene una proporción de aminoácidos idónea para el organismo, en concreto para determinar el valor biológico se tiene en cuenta la cantidad de nitrógeno retenida por el organismo, posteriormente utilizada para regeneración y crecimiento

muscular. La escala de valor biológico está comprendida entre 0 y 105 donde la whey protein se encuentra en primer lugar con un 104 de VB.

- Su utilización neta de las proteínas (UNP), la cual se mide en porcentaje teniendo en cuenta la cantidad de aminoácidos consumidos por el cuerpo y su posterior utilización. La whey protein se encuentra en un 92% de UNP.

La whey protein posee multitud de beneficios además de la recuperación post entrenamiento y crecimiento muscular como aumentar los niveles de glutatión (uno de los antioxidantes más importantes de nuestro organismo) e incrementar la función y el buen mantenimiento y correcto funcionamiento del sistema inmunológico (Violetta, 2013).

A continuación en la siguiente tabla se muestran las diferencias entre la whey protein isolate y otras proteínas.

Características	Whey Protein Isolate	Otras proteínas
% Proteínas	> 92%	55 – 89%
% Carbohidratos	-	+
% Grasas	-	+
Pureza	+	-
Valor biológico	+	-
Utilización neta de proteínas	+	-
Dietas en déficit	+	-
Dietas de mantenimiento	+	+
Dietas en superávit	+	+

Tabla 3. Comparativa de las principales características de la whey protein aislada con el resto de las proteínas (Violetta, 2013).

1.5.2 Ratio adecuado de aminoácidos esenciales para un efecto positivo en el músculo esquelético después del entrenamiento de fuerza.

Los aminoácidos de cadena ramificada (BCAAs) son los aminoácidos esenciales a través de los cuales se obtiene energía durante el ejercicio mediante la desaminación constituyendo precursores de glucosa y dividiendo el aminoácido en dos grupos: amino (tóxico) y oxácido el cual llega a la célula mediante el ciclo de Krebs (Shimomura, Murakami, Nakai, Nagasaki, & Harris, 2004).

Los BCAAs más importantes son tres (leucina, isoleucina y valina) se encuentran entre los nueve aminoácidos esenciales para los seres humanos los cuales representan el 35% de las proteínas y el 40% de los requeridos por los seres humanos, por lo tanto se consideran totalmente necesarios para la síntesis de proteínas (Shimomura et al, 2004).

La leucina es considerada especial entre los BCAAs ya que es el aminoácido que promueve la síntesis proteica cuando es ingerida vía oral es por eso que en la actualidad los BCAAs se ingieren como suplemento en sujetos que practican deportes principalmente de larga duración o fuerza (Shimomura et al, 2004).

Está demostrado que ingerir un suplemento vía oral de 77 mg de BCAAs / kg de peso corporal antes del entrenamiento genera un aumento en los niveles de BCAAs a nivel intracelular durante el ejercicio y disminuye la degradación de las proteínas musculares además de disminuir el daño muscular producido por el ejercicio (Shimomura et al, 2004).

Se concluyó que lo más importante en la toma de BCAAs es que contengan los tres aminoácidos esenciales que constituyen el músculo en su mayoría que son leucina, isoleucina y valina. Dado que la leucina es el más importante de los 3 BCAAs el contenido de esta ha de ser de el doble que los otros dos aminoácidos esenciales es decir ha de ser un ratio de 2:1:1. La suplementación con BCAA antes y después del ejercicio tiene efectos beneficiosos para disminuir el daño muscular inducido por el ejercicio y promover la síntesis de proteínas musculares (Shimomura et al, 2004).

1.6 Valoración de la composición corporal.

“Los estudios antropométricos permiten la estimación de la composición corporal, el estudio de la morfología, las dimensiones y la proporcionalidad en relación al rendimiento deportivo, la nutrición y el crecimiento” (Alvero Cruz et al, 2009).

La antropometría consiste en las distintas medidas del tamaño y las proporciones del cuerpo humano, este proceso permite estimar la densidad corporal y por consiguiente el porcentaje de grasa corporal y la masa libre de grasa (Alvero Cruz et al, 2009).

La valoración del estado nutricional junto con la valoración antropométrica es un indicador del estado de la salud de la persona y es considerado un aspecto importante para localizar sujetos de riesgo (Marínez Roldán, Veiga Herreros, López de Andrés, Cobo Sanz, & Carbaja Azcona, 2005).

En numerosas ocasiones el objetivo del deportista no se alcanza debido a los malos hábitos alimentarios y modelos dietéticos además de la falta de una buena planificación de entrenamiento y una actividad física adecuada (Martínez Roldan et al 2005).

Cuantificar la masa muscular en la actualidad se considera de gran interés ya es un buen indicador tanto de la calidad de vida como del estado de condición física. Es por eso que normalmente se suelen utilizar fórmulas en las cuales se introducen una gran cantidad de datos para obtener un resultado con mayor exactitud en lo referido a la masa muscular (Vieitez, 2003).

Al igual que en otros estudios Vieitez, (2003) confirma que hay un elevado número de ecuaciones que no utilizan los parámetros adecuados a la hora de calcular la superficie corporal para determinar el porcentaje de masa muscular, lo parámetros adecuados y necesarios para un resultado exacto serán descritos a continuación.

Martínez Roldan et al (2005) llevaron a cabo un estudio con una duración de seis semanas, en el cual seleccionaron una muestra formada por 14 hombres y 35 mujeres con una edad comprendida entre 18 y 24 años los cuales afirmaron tener un buen estado de salud.

Para la valoración antropométrica se tomaron los siguientes datos: peso, talla, índice de masa corporal (IMC), circunferencias corporales, pliegues de grasa y porcentaje de grasa corporal. La toma de datos y el cálculo de estos parámetros se debe realizar de la siguiente manera:

- El peso se debe medir con una báscula la cual tenga una precisión de 100 gramos, los sujetos han estar descalzos, en ayunas, todos pesados a la misma hora y con unas condiciones de temperatura óptimas (Martínez Roldán et al, 2005)
- La talla se debe medir con un tallímetro con una precisión de 1 milímetro (Martínez Roldán et al, 2005).
- El índice de masa corporal se calcula aplicando la siguiente fórmula:
$$\frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Altura}^2 \text{ (m)}} \quad (\text{Martínez Roldán et al, 2005}).$$
- Las circunferencias corporales se deben medir con una cinta métrica inextensible tomando la medida de la cintura entre el margen costal inferior y la cresta ilíaca y la circunferencia de la cadera a la altura de los trocánteres mayores. Con estas medidas se obtiene el cociente cintura/cadera para valorar la distribución de grasa (Martínez Roldán et al, 2005).
- Los pliegues cutáneos se han de medir con un lipocalibre de presión constante (10 g/mm²) de superficie de contacto y 0,2 mm de precisión. Este método consiste en la medida del espesor del tejido adiposo subcutáneo en lugares preestablecidos, este modo de valoración corporal no es recomendable para persona que sufren algún tipo de

obesidad dado que sufren variaciones de medida por la dificultad de aplicación de la técnica (Alvero Cruz et al, 2009).

Las partes del cuerpo que se tienen que medir son (Martínez Roldán et al, 2005):

- Pliegue cutáneo tricipital: entre olécranon y acromion.
- Pliegue cutáneo bicipital: a la misma altura que el anterior.
- Pliegue cutáneo subescapular: un centímetro por debajo de la escápula y con una angulación de 45° respecto a la columna vertebral.
- Pliegue cutáneo suprailíaco: en la línea axilar media sobre la cresta ilíaca.

Una vez obtenidos estos datos se calcula la densidad corporal aplicando la fórmula de Durnin y Wommrsley (1974) la cual tiene distintos datos para mujeres y para hombres.

Hombres: $D = 1.1765 - (0.0744 \times \log \text{ suma de pliegues})$

Mujeres: $D = 1.1565 - (0.0717 \times \log \text{ suma de pliegues})$

- El porcentaje de grasa corporal se calcula empleando la fórmula de Siri (1956) la cual es $\% GC = ((4.95 / D) - 4.5) \times 100$

1.6.1 Metodología a seguir para la obtención de las diferentes medidas antropométricas.

Para asegurarse la mayor exactitud a la hora de llevar a cabo las mediciones se deben seguir las siguientes normas descritas a continuación (Alvero Cruz et al, 2009):

- No comer ni beber en las 4 horas previas al test antropométrico.
- No realizar ningún tipo de actividad física extenuante 12 horas antes.
- Orinar 30 minutos antes del test.
- No consumir alcohol 48 horas antes.
- No tomar ningún diurético 7 días antes.
- No realizar el test si existe retención de líquidos.

2. OBJETIVOS.

Los objetivos fijados para este trabajo están marcados en función de su importancia y por ello están divididos en generales y específicos.

A continuación se describen los objetivos generales los cuales se acreditarán si se han cumplido al finalizar la investigación.

- Optimizar la ganancia de masa muscular y aumentar el peso corporal hasta los 76 kg.
- Mantener el porcentaje de grasa corporal.
- Programar y planificar cuatro meses de entrenamiento.
- Ingerir suplementos proteicos.
- Valorar la composición corporal mediante antropometría.
- Cuantificar la fuerza al inicio a mitad y al final del macrociclo.

Una vez establecidos los objetivos generales los cuales son la esencia de la investigación, se exponen los objetivos con mayor especificidad los cuales son a corto plazo y serán controlados con menor frecuencia.

A continuación de se describen los objetivos específicos establecidos:

- Aumentar 2.4 kg de masa muscular libre de grasa cada dos meses.
- Cuantificar la ganancia de fuerza mediante el test 1RM una vez al mes.
- Tomar medidas antropométricas una vez al mes.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

En este apartado se describen los procedimientos desarrollados durante el periodo de investigación.

3.1 Descripción de la muestra.

Para llevar a cabo este trabajo de investigación se escogió un sujeto con experiencia previa de 5 años en el entrenamiento de fuerza e hipertrofia, además de ello se ha de tener en cuenta que el sujeto practica la modalidad deportiva de lucha de brazos compitiendo en la categoría de menos de 75 kg y que es estudiante de cuarto año de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte,.

El sujeto tiene una edad de 23 años, una altura de 175 cm y un peso inicial de 71.2 kg.

3.2 Metodología aplicada para la planificación del entrenamiento

La duración del macrociclo fue de 4 meses en los cuales de inició desde una adaptación anatómica hasta un entrenamiento específico de hipertrofia. Las fuerzas trabajadas durante la planificación fueron: fuerza resistencia, fuerza explosiva enfocada a la velocidad, fuerza explosiva, fuerza máxima vía neural y fuerza máxima vía hipertrofia.

		MACROCICLO																			
		FEBRERO				MARZO					ABRIL				MAYO				JUNIO		
		SEMANA I	SEMANA II	SEMANA III	SEMANA IV	SEMANA I	SEMANA II	SEMANA III	SEMANA IV	SEMANA V	SEMANA I	SEMANA II	SEMANA III	SEMANA IV	SEMANA I	SEMANA II	SEMANA III	SEMANA IV	SEMANA I		
		MESOCICLO										MESOCICLO									
FUERZA		PREPARATORIO					GENERAL					ESPECÍFICO									
		MICROCICLO I	MICROCICLO II	MICROCICLO III	MICROCICLO IV	MICROCICLO V	MICROCICLO VI	MICROCICLO VII	MICROCICLO VIII	MICROCICLO IX	MICROCICLO X	MICROCICLO XI	MICROCICLO XII	MICROCICLO XIII	MICROCICLO XIV	MICROCICLO XV	MICROCICLO XVI	MICROCICLO XVII	MICROCICLO XVIII		
	MÁXIMA NEURAL																				
	MÁXIMA HIPERTROFIA																				
	EXPLOSIVA FUERZA																				
	EXPLOSIVA VELOCIDAD																				
	RESISTENCIA																				

Imagen 1. Planificación del macrociclo de cuatro meses de duración y las diferentes tipos de fuerza

Para realizar la programación del entrenamiento llevado a cabo se tuvo en cuenta la teoría recogida en el apartado de introducción, de esta manera se planificaron los cuatro meses de entrenamiento modificando los tipos de fuerza a entrenar partiendo desde un periodo de adaptación anatómica o mesociclo preparatorio, donde se trabajó la fuerza resistencia y la fuerza explosiva enfocada a la velocidad de ejecución. Este mesociclo tuvo una duración de un mes y una semana (febrero y dos primeras semanas de marzo).

Macrociclo																			
Febrero																			
Mesociclo I																			
Preparatorio																			
1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28
Microciclo I				Microciclo II				Microciclo III				Microciclo IV							
F U E R Z A R E S I S T E N C I A																			

Tabla 4. Periodo de adaptación anatómica correspondiente al mes de febrero.

Macrociclo										
Marzo										
Mesociclo I										
Preparatorio										
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	
Microciclo V					Microciclo VI					
F U E R Z A E X P L O S I V A V E L O C I D A D										

Tabla 5. Periodo de adaptación anatómica correspondiente a la primera quincena del mes de marzo.

Una vez completada la adaptación anatómica a mediados de marzo se comenzó el mesociclo general donde se iniciaron los entrenamientos de fuerza explosiva pero de una manera más específica buscando la fuerza aumentado la intensidad de la carga, esta capacidad se estuvo trabajando durante una semana y media para pasar a trabajar la fuerza por la vía neural con el objetivo de optimizar las ganancias de fuerza máxima.

Macro ciclo													
Marzo													
Mesociclo I													
General													
14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	31
Microciclo VII							Microciclo VIII						
FUERZA EXPLOSIVA							FUERZA MÁXIMA NEURAL						

Tabla 6. Periodo de trabajo general de fuerza explosiva y fuerza máxima vía neural correspondiente a la segunda quincena del mes de marzo.

Concluidos los microciclos VII y VIII se comenzó a trabajar la fuerza máxima vía hipertrofia con una intensidad progresiva de la carga durante los primeros quince días de abril para preparar sistema músculo esquelético para el periodo específico. En la segunda quincena de abril se inició el trabajo específico de fuerza máxima hipertrofia el cual se inicia en el microciclo XI y finaliza con el microciclo XVII.

Macrociclo																			
Abril																			
Mesociclo I										Mesociclo II									
General										Específico									
4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	18	19	20	21	22	25	26	27	28	29
Microciclo IX					Microciclo X					Microciclo XI					Microciclo XII				
F U E R Z A M Á X I M A H I P E R T R O F I A																			

Tabla 7. Final del periodo del trabajo general de fuerza hipertrofia y del mesociclo I e inicio del mesociclo II y del trabajo específico de fuerza hipertrofia correspondiente al mes de abril.

Macrociclo																			
Mayo																			
Mesociclo II																			
Específico																			
2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18	19	20	23	24	25	26	27
Microciclo XIII					Microciclo XIV					Microciclo XV					Microciclo XVI				
F U E R Z A M Á X I M A H I P E R T R O F I A																			

Tabla 9. Periodo de trabajo específico de fuerza hipertrofia correspondiente con el mes de mayo.

Macro ciclo				
Mayo		Junio		
Mesociclo II				
Específico				
30	31	1	2	3
Microciclo XVII				
F U E R Z A M Á X I M A H I P E R T R O F I A				

Tabla 9. Última semana de trabajo específico de fuerza hipertrofia que corresponde con el final del macrociclo.

Para la distribución de ejercicios, repeticiones y tiempos de macro y microrecuperación se tuvieron en cuenta los criterios indicados por Bompa (2004) y Schoenfeld (2013 y 2016).

A continuación se presenta un día modelo de cada uno de los tipos de fuerza trabajados durante este macrociclo.

Fuerza resistencia				
Músculo: pectoral				
Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga	Descanso
Press banca	4	20	45 kg	r:1' R:2'
Press superior	4	18	40 kg	r:1' R:2'
Aperturas en banco	4	16	12 kg	r:1' R:2'

Tabla 10. Modelo de un día de entrenamiento de fuerza resistencia de los músculos del pectoral.

Fuerza explosiva (velocidad)				
Músculo: pierna				
Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga	Descanso
Sentadillas	3	6	45 kg	r:2' R:4'
Salto al cajón	3	5	15 kg	r:2'30" R:5'
Elevación de cadera	3	6	55 kg	r:3' R:6'
Peso muerto rumano	3	5	40 kg	r:3' R:6'
Gemelo peso libre	2	6	20kg	r:2' R:4'

Tabla 11. Modelo de un día de entrenamiento de fuerza explosiva enfocada a la velocidad de ejecución de los músculos de la pierna.

Fuerza explosiva				
Músculo: espalda				
Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga	Descanso
Dominadas lastradas	6	3	40 kg	r:3' R:6'
Remo barra recta	5	3	55 kg	r:2'30" R:5'
Peso muerto	4	2	90 kg	r:3' R:6'

Tabla 12. Modelo de un día de entrenamiento de fuerza explosiva de los músculos de la espalda.

Fuerza máxima (vía neural)				
Músculo: hombro				
Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga	Descanso
Press militar barra	5	5	45 kg	r:3' R:6'
Elevaciones laterales	3	6	15 kg	r:2'30" R:5'
Face-pull	3	6	30 kg	r:2'30" R:5'
Encogimientos barra	5	5	45 kg	r:3' R:6'

Tabla 13. Modelo de un día de entrenamiento de fuerza máxima vía neural de los músculos del hombro.

Fuerza máxima (vía hipertrofia)				
Músculo: bíceps y tríceps				
Ejercicio	Series	Repeticiones	Carga	Descanso
Curl bíceps mancuernas	3	12	18 kg	r:2' R:4'
Martillo bíceps mancuernas	3	9/10	15 kg	r:2' R:4'
Curl barra "Z" polea	3	6/7	50 kg	r:2'30" R:5'
Press francés	4	12	35 kg	r:2' R:4'
Extensión tríceps polea	4	12	30kg	r:2' R:4'

Tabla 13. Modelo de un día de entrenamiento de fuerza máxima vía hipertrofia de los músculos del bíceps y tríceps.

3.3 Test realizados para la evaluación del sujeto.

Durante la investigación se llevaron a cabo numerosas intervenciones con la finalidad de ir evidenciando objetivos específicos y generales. Para tener un control adecuado de dichas intervenciones se diseñó un cronograma en el cual se marcaban las fechas en los que se realizaban mediciones o testeos para el control del sujeto.

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Pesaje	+		+		+
Medidas	+	+	+	+	+
Test 1RM	+	+	+	+	+

Tabla 14. Cronograma del protocolo de intervención para la cuantificación de objetivos específicos.

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Pesaje	+				+
Medidas	+				+
Test 1RM	+		+		+

Tabla 15. Cronograma del protocolo de intervención para la cuantificación de objetivos generales.

La altura se tomó en con una cinta métrica de la marca *trixes* milimetrada y el control de peso corporal se realizaba mediante el pesaje una báscula de la marca *jata* con una graduación de 100 gramos, tanto la graduación de la báscula como la cinta milimetrada cumplen los criterios seguidos por Martinez et al (2005).

Las medidas antropométricas fueron tomadas con una cinta métrica no extensible de la marca *trixes* y el plicómetro empleado un rango de medición comprendido en 0 y 80 mm.

El test de 1RM se realizó de manera directa en los ejercicios multiarticulares (sentadilla, peso muerto, press banca, dominada y press militar), se inicio con un peso estimado por el sujeto y se fue aumentando porgresivamente hasta llegar al máximo ya que el sujeto tenía experiencia previa en entrenamiento de fuerza.

Para los grupos musculares pequeños y ejercicios uniarticulares, se realizó un calentamiento específico del grupo muscular a calcular el 1RM indirecto y posteriormente se aplicó la ecuación de Brzycki (1993), dado que esta ecuación es más exacta cuando el número de repeticiones es más próximo a 1 el sujeto seleccionó un peso con el que no superaría las 4 repeticiones. Estos test solo se realizaron una vez, no fueron sometidos a controles mensuales.

Para evitar que la fatiga tuviera un efecto negativo en el cálculo del 1RM tanto directo como indirecto se realizó en distintos días no consecutivos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Para analizar los resultados se ha realizado una tabla comparando el peso corporal, el índice de masa corporal (IMC), el porcentaje de grasa corporal, los pliegues cutáneos y las medidas antropométricas.

En la tabla se aprecian los grandes cambios que el sujeto ha experimentado durante el periodo de entrenamiento.

	Datos iniciales	Datos finales	Promedios
Peso corporal	71.2 kg	76.8 kg	+ 5.6kg (+ 7.8%)
IMC	23.24	25.07	+ 7.8%
% grasa corporal	16.98 %	19.18 %	+ 2.2%
Pliegues cutáneos	<ul style="list-style-type: none"> • Tricipital 0.1 mm • Bicipital 0.1 mm • Subescapular 0.18mm • Suprailíaco 0.24 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Tricipital 0.1 mm • Bicipital 0.1 mm • Subescapular 0.20mm • Suprailíaco 0.30 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Tricipital = • Bicipital = • Subescapular +0.02mm • Suprailíaco + 0.06mm
Perímetros	<ul style="list-style-type: none"> • Cuello 35 cm • Pectoral 96 cm • Brazos 33 cm • Cintura 77 cm • Piernas 113 cm 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuello 40 cm • Pectoral 100 cm • Brazos 36.3 cm • Cintura 81 cm • Piernas 120 cm 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuello + 5cm • Pectoral + 4cm • Brazos + 3.3cm • Cintura + 4cm • Piernas + 7cm

Tabla 16. Comparativa entre datos iniciales, datos finales y promedio de mejora del sujeto en el trabajo de investigación.

El cambio más evidente es sin duda el aumento del peso corporal, con una media de 1.4 kg al mes, que comparado con los estudios analizados es un resultado por encima de la media general, esto se debe a la gran experiencia previa con la que contaba el sujeto respecto a los sujetos de los estudios restantes ya que durante el periodo de adaptación anatómica las cargas de entrenamientos son elevadas, y que a su vez en ninguno de los otros estudios los sujetos sometidos a este tipo de entrenamiento seguían una dieta de superávit calórico la cual es sumamente importante para aportar los

macronutrientes necesarios para evitar la pérdida de peso si la actividad física realizada es de alta intensidad.

Otro resultado a comparar es el mínimo aumento del porcentaje de grasa corporal el cual se encuentra mínimamente por encima de la media general del resto de estudios como consecuencia del superávit calórico.

Para facilitar la apreciación del cambio a continuación se presentan cuatro imágenes del antes y del después del sujeto.



Imagen 2. Características físicas del sujeto en relajación a 1 de febrero de 2017.



Imagen 3. Características físicas del sujeto en relajación a 1 de junio de 2017.



Imagen 4. Características físicas del sujeto en contracción isométrica a 1 de febrero de 2017.

Imagen 5. Características físicas del sujeto en contracción isométrica a 1 de junio de 2017.

Otros de los resultados notables fue la ganancia de fuerza máxima en todos los ejercicios multiarticulares, que comparando los resultados con el estudio de Schoenfeld et al (2017) donde los sujetos aumentaron su fuerza máxima en sentadilla un 3.7% de media y en press banca un 2.9% de media mientras que nuestro sujeto aumentó 21% su fuerza máxima en sentadilla y un 10%

Las mejoras de fuerza máxima de nuestro sujeto superan con claridad los resultados de estudios similares, al igual que las mejoras físicas se debe a la experiencia previa del trabajo de fuerza máxima realizado tanto en gimnasio como en la lucha de brazos.

Esto favoreció y facilitó el trabajo con cargas altas por su correcta ejecución y su velocidad de ejecución correcta, además de ello todos los test fueron realizados bajo la supervisión de un compañero lo que aporta mayor seguridad en la subida de las cargas.

Se representan las mejoras en kg y en porcentaje en la siguiente tabla comparativa.

Test 1RM				
	Progresión en kg			Progresión en %
Ejercicios	Febrero	Abril	Junio	
Sentadilla	140 kg	156 kg	170 kg	+ 21.5%
Peso muerto	120 kg	145 kg	158 kg	+ 31.6%
Press banca	120 kg	125 kg	132 kg	+ 10%
Dominadas lastradas	45 kg	50 kg	55 kg	+ 22.2%
Press militar	50 kg	56 kg	60 kg	+ 20%

Tabla 17. Aumento de fuerza máxima en el test 1RM directo expresado en kilogramos y porcentaje durante el mesociclo de cuatro meses.

5. CONCLUSIÓN.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio queda demostrado que la suplementación con proteína a la hora de conseguir una ganancia óptima de masa muscular es imprescindible siempre y cuando se consuma con timing adecuado y a su vez se acompañe con una dieta en superávit calórico.

Conclusiones relacionadas con los objetivos generales:

- La optimización de ganancia de masa muscular y aumentar el peso corporal hasta los 76 kg se cumplió con creces ya que el peso corporal aumentó hasta los 76.8 kg, es decir 0.8 kg más de los esperado.
- El mantenimiento del porcentaje de grasa corporal no se cumplió ya que aumentó 2.2% por tanto del peso corporal total 1.6 kg era grasa. Este puede ser debido al superávit calórico.
- Programar y planificar cuatro meses de entrenamiento, la planificación se llevó a cabo con éxito ya que los resultados obtenidos son muy positivos.
- Valorar a composición corporal mediante antropometría, es un de los aspectos más importantes a la hora de cuantificar la ganancia de masa muscular, ya que si nos basamos únicamente en el peso corporal o el índice de masa corporal no demostraría cuanta masa muscular libre de grasa se ha ganado.
- Cuantificar la fuerza al inicio, a mitad y al final del macrociclo, es sumamente importante para controlar tanto el volumen como la intensidad del entrenamiento, en este caso se cuantificó un 22% de ganancia de fuerza máxima. Este resultado es la media del test 1RM pasado en ejercicios multiarticulares.

Conclusiones relacionadas con los objetivos específicos.

- Aumentar 2.4 kg de masa muscular libre de grasa cada 2 meses, cuantificar la ganancia de fuerza mediante el test 1RM una vez al mes y tomar medidas antropométricas una vez al mes son objetivos marcados a corto plazo que sirven para hacer un control progresivo tanto en el entrenamiento como en la dieta y de esta manera poder realizar modificaciones si fuese necesario.

Cabe destacar que este trabajo de fin de grado tuvo ciertas limitaciones citadas a continuación:

- Número de sujetos que han participado.
- No contar con un encoder lineal para medir la velocidad de ejecución, y por tanto una peor cuantificación de las cargas.
- Tiempo limitado de investigación por tener que realizar la entrega.

Con la realización de este trabajo de final de grado surgen nuevas ideas para futuras investigaciones relacionadas con el este tema como:

- Entrenamiento de hipertrofia en mujeres.
- Ganancia de fuerza máxima en adultos de edad avanzada.
- Entrenamiento de fuerza en niños y sus beneficios.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Alsina, E., Pinto, S., & Dolado, M. (2008). *Dietas hiperproteicas en gimnasios*.
2. Alvero Cruz, J. R., Cabañas Armesilla, M. D., Herrero de Lucas, A., Martínez Rianza, L., Moreno Pascual, C., Porta Manzadiño, J., . . . Sirvent Belando, J. E. (2009). *Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineatropometría de la federación española de medicina del deporte*.
3. Badillo, J. J. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de fuerza: aplicación al alto rendimiento deportivo*.
4. Bompa, T. (2004). *Periodización del entrenamiento deportivo*.
5. Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular: aspectos metodológicos*.
6. Colomer, J. (2013). *1RM- Qué es y cómo calcular tu repetición máxima*. Obtenido de HSN Store: <https://www.hsnstore.com/blog/1rm-que-es-como-calcular-tu-repeticion-maxima/>
7. Cometti, G. (2005). *Les methodes modernes de musculation*.
8. Cribb, P. J., & Hayes, A. (2006). *Effects of supplement-timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy*.
9. Tang, J., Moore, D., Kujbida, G., Tarnopolsky, M., & Phillips, S. (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *Journal of Applied Physiology*.
10. Gentil, P. (2015). A nutrition and conditioning intervention for natural bodybuilding contest preparation: observations and suggestions. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*.
11. González-Gross, M., Gutierrez, A., Meso, J. L., Ruíz-Ruíz, J., & Castillo, M. (2001). *La nutrición en la práctica deportiva: adaptación de la pirámide nutricional a las características de la dieta deportiva*.

12. López, M. M. (2016). *Powerexplosive*. Obtenido de <http://powerexplosive.com/numero-de-macronutrientes-y-calorias-en-culturistas/>
13. Medina, L. S. (2017). *Estimación de la carga %1RM a partir de la velocidad en sentadilla completa*.
14. Roldán, M., Veiga, H., Andrés, L. d., Sanz, C., & Azcona, C. (2005). *Evaluación del estado nutricional de un grupo de estudiantes universitarios mediante parámetros dietéticos y de composición corporal*.
15. Satorre, J. F. (2014). *Alto Rendimiento*. Obtenido de <http://altorendimiento.com/hipertrofia-sarcomerica-hipertrofia-sarcoplasmatica/>
16. Schoenfeld, B. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *National Strength and Conditioning Association*.
17. Schoenfeld, B. (2016). Diferencias entre cargas altas y moderadas en el entrenamiento. *Journal Sports Medicine*.
18. Schoenfeld, B. (2016). Practical Application of training for muscular hypertrophy. *National Strength and Conditioning Association*.
19. Schoenfeld, B., & Contreras, B. (2016). Attentional Focus for Maximizing Muscle Development: The Mind-Muscle Connection. *National Strength and Conditioning Association*.
20. Schoenfeld, B., Albert Aragon, A., & Krieger, J. (2013). The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*.
21. Schoenfeld, B., Aragon, A., Wilborn, C., & Krieger, J. (2017). *Pre- versus post-exercise protein intake has similar effects on muscular adaptations*.

22. Shimomura, Y., Murakami, T., Nakai, N., Nagasaki, M., & Harris, R. (2004). Exercise Promotes BCAA Catabolism: Effects of BCAA Supplementation on Skeletal Muscle during Exercise. *The Journal of Nutrition*.
23. Vieitez, J. A. (2003). *Superficie corporal como indicador de masa muscular en el adulto del sexo masculino*.
24. Violetta. (2013). *HSN Store*. Obtenido de <https://www.hsnstore.com/blog/diferencias-entre-proteina-de-suero-aislada-concentrada/>
25. Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomée, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*.