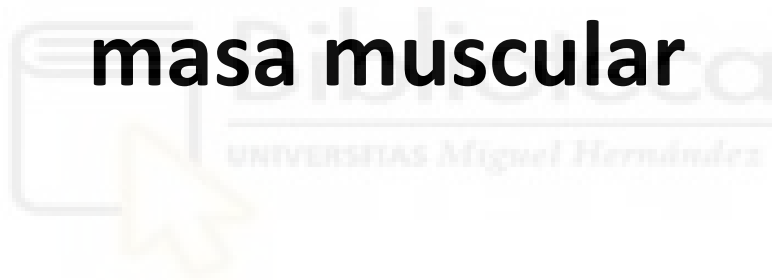


Entrenamiento con oclusión vascular para ganancias de masa muscular



Trabajo de fin de grado: Revisión bibliográfica y propuesta de intervención

Titulación: Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Universidad Miguel Hernández de Elche

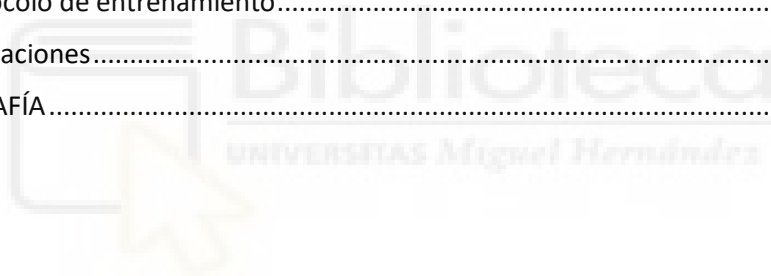
Curso académico: 2018-2019

Alumno: Pablo Plaza Aira

Tutor académico: Rafael Sabido Solana

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. CONTEXTUALIZACIÓN	4
3. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA).....	6
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO).....	7
5. DISCUSIÓN.....	11
6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	13
6.1. Título	13
6.2. Población.....	13
6.3. Duración del entrenamiento y contenidos	13
6.4. Manguito de presión	13
6.5. Medición del CSA (área transversal del músculo).....	13
6.6. Nutrición.....	14
6.7. Repetición Máxima (RM).....	14
6.8. Protocolo de entrenamiento.....	14
6.9. Evaluaciones.....	15
7. BIBLIOGRAFÍA.....	16



1. RESUMEN

La hipertrofia muscular es el crecimiento en el tamaño de las células musculares, lo cual supone un aumento de tamaño de las fibras musculares y, por lo tanto, del músculo. Una técnica de entrenamiento adecuada para conseguir hipertrofia es mediante oclusión vascular, que consiste en la restricción del flujo sanguíneo por medio de un manguito de compresión sobre la zona más proximal de la articulación. Queda demostrado que el entrenamiento de fuerza con oclusión vascular puede ser una metodología con efectos similares a los observados con entrenamientos convencionales con cargas elevadas, tanto en personas sanas que se inician al entrenamiento de fuerza como en aquellas con experiencia previa en el entrenamiento contra resistencias. Este entrenamiento puede utilizarse en personas que busquen incrementar sus niveles de masa muscular, especialmente en aquellas condiciones en las que el entrenamiento con altas cargas no sea el indicado. En cuanto a la metodología a aplicar, 75 repeticiones por sesión podría ser un volumen adecuado de entrenamiento, siendo las intensidades más adecuadas aquellas que se sitúan entre el 20% y el 40% de 1 RM, y períodos de recuperación de 30" a 1' entre series.



2. CONTEXTUALIZACIÓN

La hipertrofia muscular es el nombre científico dado al fenómeno de crecimiento en el tamaño de las células musculares, lo cual supone un aumento de tamaño de las fibras musculares y, por lo tanto, del músculo. Técnicamente, es el crecimiento de las células musculares sin que exista una división celular; el músculo sometido a este cambio ofrece una mejor respuesta a la carga.

Según los últimos estudios en este ámbito, existe una serie de factores mecánicos y químicos que estimulan una señal intracelular que desencadena en una serie de interacciones hormonales, factores de crecimiento, mioquinas y otros agentes químicos. Estos factores influyen en una o varias vías, lo que tiene como resultado el aumento de la síntesis de proteína.

Los tres principales factores (Martín, 2017) que conducen hasta esas interacciones y resultan en el fenómeno de la hipertrofia muscular son:

- **Tensión mecánica:** se refiere a la tensión producida por la generación de fuerza muscular en combinación con el estiramiento-acortamiento dinámico realizado durante un ejercicio.
- **Daño muscular:** este factor se refiere a la rotura de tejido muscular y tejido conectivo y pequeños elementos del mismo (sarcolema, túbulos T, etc.), los cuales estimulan una respuesta inflamatoria que trata de recuperar los tejidos dañados. Incluir variaciones de ejercicios, planos, ángulos y ritmos de ejecución, entre otros, puede aumentar el estímulo a través de este factor.
- **Estrés metabólico:** este factor se refiere a la acumulación de metabolitos producidos en gran medida por entrenamientos de carácter anaeróbico-glucolítico. El aumento de estas sustancias junto con el fenómeno de hipoxia local debido a la isquemia provocada en la musculatura entrenada, supone un estímulo para el aumento de la síntesis proteica. En general, aunque este factor no parece ser tan potente como los dos anteriores (Schoenfeld, 2010), sí existen algunas vías que son interesantes considerar para estimular la hipertrofia muscular a través de este factor. Dos de estas vías estimuladas a través del entrenamiento son el incremento del reclutamiento de fibras musculares y la elevación de la concentración de las hormonas mencionadas (Schoenfeld, 2013).

De acuerdo con estos factores (Martín, 2017), tres de los métodos que más uso tienen en el día a día del entrenamiento con cargas para conseguir ganancias de masa muscular son:

- **Método Tradicional:** se basa en respetar y mantener durante toda la sesión tanto las intensidades (67-85% RM – Repetición Máxima) como el ritmo de ejecución (concéntrico 1 - isométrico 0 - excéntrico 2) y los tiempos de recuperación (60-120'') marcados y recomendados para estimular la hipertrofia muscular (ACSM, 2009).
- **Pirámide:** La característica principal de este método es la relación inversa que existe entre el número de repeticiones y la intensidad (carga) utilizada. La relación no permanece constante, sino que se va modificando serie a serie, de forma que se busca entrenar en un amplio rango de repeticiones e intensidad con el fin de maximizar el efecto. Existen 3 formas de aplicar este método: pirámide ascendente (las repeticiones se reducen y la carga aumenta en cada serie), pirámide descendente (la carga se reduce y las repeticiones aumentan en cada serie) y pirámide doble (combinación de las dos anteriores).
- **Series Descendentes:** El entrenamiento bajo este método se caracteriza por realizar repeticiones hasta el fallo muscular, tras lo cual, se realiza un breve

descanso (15-30'') y un descenso de la carga (10-20%) para realizar otra serie hasta el fallo muscular. Este proceso se repite 2-3 veces en cada serie. Se supone que este método produce un mayor estrés metabólico debido a la combinación del número alto de repeticiones, los breves períodos de descanso y la búsqueda del fallo muscular (Schoenfeld, 2010; Angleri et al., 2017).

Otra técnica de entrenamiento que no es muy frecuente ver, es el entrenamiento con **oclusión vascular** de baja intensidad (50-100 mmHg). El entrenamiento con oclusión vascular consiste en la restricción del flujo sanguíneo por medio de un manguito de compresión sobre la zona más proximal de la articulación, lo que reduce el aporte sanguíneo al músculo ocluido y a los tejidos adyacentes.

Este método de entrenamiento consiste en realizar entre 3 y 5 series con intensidades bajas (entre el 20% y el 30% RM) con oclusión vascular moderada hasta el agotamiento, con breves periodos de recuperación (30''). Es un método de entrenamiento novedoso al introducir cargas tan bajas (20-30% RM), ya que hasta el momento se pensaba que sólo cargas altas (67-85% RM) podrían producir una hipertrofia significativa. El entrenamiento con cargas bajas con oclusión moderada también produce aumentos significativos en la hipertrofia muscular, por lo que es necesario estudiarlo más a fondo para poder aprovechar al máximo este método de entrenamiento.

La estimulación metabólica que induce este tipo de entrenamiento provoca reacciones fisiológicas positivas, específicamente un incremento en la concentración de la hormona del crecimiento que es mayor a las observadas con mayores intensidades de entrenamiento.

Según la revisión bibliográfica de Hernández, Marín & Herrero (2011), el entrenamiento oclusivo ha mostrado ser un método eficaz para el incremento de la sección transversal del músculo, es decir, de generar hipertrofia. Los principales mecanismos propuestos como mediadores de esta adaptación son la acumulación metabólica de cargas ácidas y la señalización celular de la vía mTOR (rapamicina en los mamíferos), que ha demostrado que su activación es necesaria para la estimulación de la síntesis proteica, aunque no debe descartarse la contribución de procesos inflamatorios o edematosos. Así mismo, la hipoxia local del músculo debido a la isquemia producida es capaz de producir incrementos de la sección transversal del músculo.

Las características de este método de entrenamiento lo hacen especialmente interesante para su aplicación a poblaciones que no puedan soportar el estrés mecánico o cardiovascular inducido por el entrenamiento de alta intensidad, como personas mayores o individuos en período de rehabilitación.

3. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)

Las bases de datos de donde se extraen todos los artículos utilizados son Sportdiscus UMH y Pubmed. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda de los artículos han sido:

- Blood flow restriction.
- Vascular occlusion.

Las siguientes palabras clave también fueron utilizadas para la búsqueda de artículos, siendo condición indispensable buscarlas junto a una de las palabras anteriores. Las palabras clave son:

- Strength training.
- Resistance training.

Se encontraron un total de 40 artículos, de los cuales se seleccionan 17 en base a los siguientes criterios de inclusión:

- Participantes jóvenes y adultos (entre 18 y 38 años).
- Sujetos sanos, sin enfermedades y sin ninguna lesión, al menos desde hace 6 meses.
- Se escogen participantes tanto entrenados como desentrenados para comparar los resultados de los estudios en ambas poblaciones.
- Artículos en español o inglés.
- Artículos publicados en los últimos 15 años.

Una vez se tienen los artículos seleccionados, se procede a elaborar una Hoja de Cálculo de Microsoft Excel en la que se especifican de cada artículo los siguientes datos:

- Nombre del artículo.
- Año del artículo.
- Muestra de participantes.
- Tratamiento o metodología del estudio.
- Resultados obtenidos.

De los 17 artículos seleccionados, finalmente se han utilizado los 9 artículos que tienen una buena metodología de entrenamiento a lo largo de un tiempo prolongado y se centran en la comparación de ganancias musculares.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA (DESARROLLO)

Estos dos primeros artículos se basan en comparar la actividad muscular en participantes con oclusión vascular y sin ella.

Autor	Muestra	Método	Resultados
Dankel et al., (2016)	10 participantes (7M y 3F) Entre 18-35 años	2 series de ejercicios de flexión de codo con 3 minutos de descanso 70% de su RM Un brazo con oclusión vascular, el otro sin ella	Sin diferencias significativas en la activación muscular.
Yasuda et al., (2009)	10 varones 24 años de media	Flexión unilateral de codo 3 experimentos: (1) 30 repeticiones (2) 3x10 (3) 30 repeticiones + 3x15 20% de su RM 30 segundos de descanso	Las contracciones musculares de baja intensidad, con una restricción moderada del flujo sanguíneo, conducen a una activación más intensa del músculo en relación con la carga externa.

En estos tres últimos artículos se emplea la misma metodología de entrenamiento con oclusión vascular y sin ella, para comparar las ganancias musculares en ambos grupos.

Autor	Muestra	Método	Resultados
Farup et al., (2015)	10 participantes (8M y 2F) 25.5 años de media	3 días / 6 semanas Grupo 1: 4 series (cada una al fallo) con oclusión vascular, 30" descanso, 30% RM Grupo 2: 4 series (cada una al fallo), 30" descanso, 30% RM	CSA del bíceps: Grupo 1: +11.5% Grupo 2: +11.6%
Pope, Willardson, Schoenfeld, Emmett & Owen, (2015)	18 varones 22 años de media	2 días / 4 semanas Trabajo sólo excéntrico Grupo 1: 3x10 30" descanso + 5' descanso + 3x10 30" descanso, 50% RM Grupo 2: 3x10 30" descanso + 5' descanso + 3x10 30" descanso, 50% RM con oclusión vascular Grupo 3: entrenaban como lo hacían hasta ahora	CSA del bíceps: Grupo 1: +5.9% Grupo 2: +5.7% Grupo 3: +2.5%
Yasuda, Fujita, Ogasawara, Sato & Abe, (2010)	10 varones Entre 23 y 38 años	2 sesiones / 6 días / 2 semanas Grupo 1: 30 rep + 3x15, 30" descanso, 30% RM con oclusión vascular Grupo 2: 30 rep + 3x15, 30" descanso, 30% RM	CSA del tríceps y pectoral mayor: Grupo 1: +8% y +16% Grupo 2: -1% y +2%

En los siguientes 4 artículos, se compara las ganancias musculares entre el entrenamiento de alta intensidad con cargas altas, con el entrenamiento en oclusión vascular.

Autor	Muestra	Método	Resultados
Yasuda et al., (2011)	40 varones Entre 22-32 años	3 días / 6 semanas Grupo 1: 3x10, 75% RM, 2'-3' descanso Grupo 2: 30 rep. + 3x15, 30% RM, 30" descanso (oclusión vascular) Grupo 3: combinado Grupo 4: control sin entrenamiento	CSA del tríceps y pectoral mayor: Grupo 1: +8,6% y +17.6% Grupo 2: +4.4% y +8.3% Grupo 3: +7.2% y +10.5%
Martín-Hernández et al., (2012)	39 varones universitarios	2 días / 5 semanas Grupo 1: 30 rep + 3x15, 20% RM, 30" descanso (oclusión vascular) Grupo 2: 30 rep + 3x15 + 5' descanso + 30 rep + 3x15 (oclusión vascular) Grupo 3: 3x8, 85% RM, 1' descanso	CSA del recto femoral y vasto lateral: Grupo 1: +10% y +12% Grupo 2: +12% y +14% Grupo 3: +10% y +12%
Lowery et al., (2013)	20 varones universitarios 23 años de media	2 días / 8 semanas Grupo 1: 4 semanas 3x30 30% RM (oclusión vascular) + 4 semanas 3x15 60% RM Grupo 2: 4 semanas 3x15 60% RM + 4 semanas 3x30 30%RM (oclusión vascular)	CSA del bíceps: Grupo 1: +6,9% y + 4,1% (primeras 4 y últimas 4 semanas) Grupo 2: +8.6% + 4.0% (primeras 4 y últimas 4 semanas)

Lixandrão et al., (2015)	35 varones 28 años de media	2 días / 12 semanas Grupo 1: 20% 1 RM con 40 % de BFR Grupo 2: 20% 1 RM con 80 % de BFR Grupo 3: 40% 1 RM con 40 % de BFR Grupo 4: 40% 1 RM con 80 % de BFR Grupo 5: 80% 1 RM sin BFR	CSA del cuádriceps: Grupo 1: +0.78% Grupo 2: +3.22% Grupo 3: +4.45% Grupo 4: +5.30% Grupo 5: +5.90%
-----------------------------	--------------------------------	--	--

M – Masculino

F – Femenino

RM – Repetición Máxima

CSA – Cross-Sectional Area (Área transversal)

BFR – Blood Flow Restriction (Restricción del flujo sanguíneo)



5. DISCUSIÓN

Los artículos de esta revisión bibliográfica se componen de 2 descripciones (tabla 1) que se centran en la activación muscular, y 7 intervenciones en las que se sigue una metodología de entrenamiento y se comparan las mejoras musculares obtenidas que han tenido los participantes con respecto al inicio del estudio.

Las principales conclusiones que podemos extraer de las descripciones sobre la activación muscular son las siguientes:

- Queda demostrado (Dankel et al., 2016) que la aplicación de la restricción del flujo sanguíneo no pudo aumentar la activación muscular en entrenamientos de alta intensidad. Además, los participantes con restricción del flujo sanguíneo lograban realizar menos repeticiones que los participantes de control.
- Las contracciones musculares de baja intensidad (Yasuda et al., 2009), con una restricción moderada del flujo sanguíneo, conducen a una activación más intensa del músculo en relación con la carga externa. Dicho estudio demuestra que existe una mayor activación del músculo con restricciones moderadas del flujo sanguíneo que con una restricción total. Esta conclusión es distinta a la anterior, porque se utilizó con cargas bajas con el 20% RM, por lo que, a estas intensidades, una restricción moderada del flujo sanguíneo sería lo óptimo para una mayor activación muscular.

Por otra parte, para comparar el entrenamiento con oclusión vascular con el entrenamiento sin ella, ambas bajo la misma metodología de entrenamiento, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Realizando el mismo entrenamiento para ambos grupos, según los artículos de Farup et al., (2015) y Pope, Willardson, Schoenfeld, Emmett & Owen, (2015), se obtienen ganancias musculares similares en los grupos que entrenan con oclusión vascular que los que entrenan sin ella, siempre que este último grupo llegue al fallo muscular en todas las series. Se observa que el grupo sin oclusión vascular acaba trabajando con cargas más altas o realizando muchas más repeticiones que el grupo que entrena con oclusión vascular, ya que al primero grupo le cuesta más llegar al fallo muscular.
- Entrenando bajo la misma metodología de entrenamiento, el estudio de Yasuda, Fujita, Ogasawara, Sato & Abe, (2010) demuestra que el entrenamiento con oclusión vascular obtiene mejoras significativas de hipertrofia muscular, mientras que el grupo sin oclusión no obtiene mejoras, ya que en sus series los participantes no llegaban al fallo muscular.

Comparando el entrenamiento de alta intensidad con el entrenamiento con oclusión vascular, se han encontrado 4 artículos que analizan las diferencias significativas de ganancias de hipertrofia muscular para ambos grupos. Las intervenciones varían desde las 5 semanas, hasta las 12 semanas, en todas ellas habiendo grupos que trabajan bajo la metodología de oclusión vascular y otros grupos que trabajan bajo entrenamientos de alta intensidad.

En el estudio de Yasuda et al., (2011), también hay un grupo que trabaja con ambas metodologías (2 días a la semana realizaban entrenamiento bajo oclusión vascular y 1 día a la semana realizaba entrenamiento de alta intensidad). Como conclusión, se observa que las adaptaciones musculares funcionales inducidas por el entrenamiento de BFR (Restricción del flujo sanguíneo) se mejoran al combinar BFR con HI-RT (High Intensity Resistance Training – Entrenamiento de alta intensidad), obteniendo mejoras musculares similares en el entrenamiento combinado que en el entrenamiento que sólo realizaba alta intensidad, y obteniendo mejoras menores en el grupo que entrenaba sólo bajo oclusión vascular.

Según queda demostrado (Martín-Hernández et al., 2012), el entrenamiento de BFR tiene el potencial de inducir adaptaciones del grosor muscular similares a las observadas después del entrenamiento de resistencia tradicional. También se demuestra en este estudio que un mayor número de series produce una mayor hipertrofia muscular, ya que el grupo que trabaja a doble volumen de BFR obtiene ganancias de grosor muscular mayores que los otros dos grupos.

Un factor importante a la hora de aplicar la restricción del flujo sanguíneo en un participante, es el porcentaje de oclusión que se va a realizar en su extremidad. En cuanto a evidencia científica, el artículo de Lixandrão et al., (2015) demuestra que los entrenamientos bajo oclusiones vasculares del 80% obtienen ganancias musculares mayores que entrenamientos bajo oclusiones del 40%. En cuanto a la intensidad a la que se entrena, intensidades del 40% obtienen mayores ganancias musculares que intensidades del 20%, siendo estas ganancias musculares mucho más significativas que la diferencia de ganancias en el porcentaje de oclusión. Como conclusión de este estudio, se puede extraer que sería mejor trabajar a intensidades algo mayores (40%), mientras que el porcentaje de oclusión sería secundario.

Como resultados en la diferencia del porcentaje de oclusión, se obtiene una ganancia de +5,30% en los participantes con oclusión del 80%, y un +4,45% en participantes con oclusión del 40%, siendo una diferencia muy pequeña, por lo que igual sería más interesante trabajar bajo oclusiones moderadas para que el participante no sienta molestias ni dolores musculares.

Comparando si sería mejor realizar en primer lugar el entrenamiento con oclusión vascular o el entrenamiento de alta resistencia, el estudio de Lowery et al., (2013) demuestra que se obtienen ganancias musculares similares, tanto si las primeras semanas se realiza entrenamiento con oclusión vascular y las siguientes el entrenamiento de alta intensidad, como si se realiza en orden inverso.

Como conclusión general (Reina-Ramos & Domínguez, 2014), queda demostrado que el entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo puede ser una metodología de entrenamiento con efectos similares a los observados con entrenamientos convencionales con cargas elevadas, tanto en personas sanas que se inician al entrenamiento de fuerza como en aquellas con experiencia previa en el entrenamiento contra resistencias. Por tanto, el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo puede ser una metodología a utilizar en personas que busquen incrementar sus niveles de masa muscular, especialmente en aquellas condiciones en las que el entrenamiento con altas cargas no sea el indicado. En cuanto a la metodología a aplicar, 75 repeticiones por sesión podría ser un volumen adecuado de entrenamiento, siendo las intensidades más adecuadas aquellas que se sitúan entre el 20% y el 40% de 1 RM, y períodos de recuperación de 30" a 1' entre series.

6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

6.1. Título

Entrenamiento con oclusión vascular para ganancias de masa muscular en el bíceps en jóvenes desentrenados.

6.2. Población

Los participantes de esta intervención serán 10 varones de 20 años, desentrenados y sin lesiones previas. Se analizarán los cambios musculares antes y después de la intervención para comprobar las ganancias musculares durante este periodo de entrenamiento.

6.3. Duración del entrenamiento y contenidos

La duración del entrenamiento será de 10 semanas, en las que la primera semana será de familiarización con la oclusión y correcta ejecución de la técnica, y las siguientes 9 semanas serán de entrenamiento bajo oclusión vascular. Se elige esta duración de 2 meses de entrenamiento, ya que en los estudios observados se consiguen ganancias musculares en un periodo de tiempo similar, y también se podrán observar correctamente los cambios que ha inducido dicho entrenamiento en la masa muscular de los participantes.

Los participantes serán capaces, a lo largo de las semanas de entrenamiento, de llevar el tiempo de descanso y las repeticiones establecidas, así como la correcta ejecución de la técnica del ejercicio propuesto en todas las repeticiones.

6.4. Manguito de presión

Todos los participantes se colocarán en cada brazo un manguito de presión en la región proximal de ambos brazos (cerca del hombro).

Se comenzará la primera semana de entrenamiento con una presión de 100 mmHg y cada 2 semanas se irá incrementando dicha presión en 10 mmHg, siguiendo el protocolo de Yasuda et al., (2011), cuyo estudio tiene una duración de 6 semanas de entrenamiento. De este modo, se comenzará con una presión de 100 mmHg, la semana 3 se aplicará una presión de 110 mmHg, la semana 5 la presión será de 120 mmHg, la semana 7 de 130 mmHg y la semana 9 de 140 mmHg.

6.5. Medición del CSA (área transversal del músculo)

Las mediciones del área transversal del músculo se harán en 3 ocasiones. La primera medición se realizará antes de comenzar la semana de familiarización, la segunda se llevará a cabo a las 5 semanas de entrenamiento para comprobar que el entrenamiento está funcionando adecuadamente y se están empezando a obtener resultados, y la tercera medición se hará 72 horas después de la última semana de entrenamiento, para comprobar las mejoras de masa muscular obtenidas tras el periodo de intervención.

Para medir el CSA, se medirá la circunferencia del brazo derecho a través de una cinta métrica y se utilizarán también pliegues cutáneos en el bíceps, como se hizo en el estudio de Pope, Willardson, Schoenfeld, Emmett & Owen, (2015). Únicamente se medirá el brazo derecho, ya que dichos cambios musculares serán similares a los del brazo izquierdo, porque se sigue el

mismo protocolo de entrenamiento para ambos. Las evaluaciones previas y posteriores del CSA permitirán determinar los aumentos de masa muscular en el bíceps de los participantes.

6.6. Nutrición

Se darán consejos a los participantes sobre alimentación y los alimentos más adecuados para conseguir hipertrofia muscular, así como la ingesta adecuada de proteínas para la recuperación del músculo.

Teniendo en cuenta la TMB (Tasa Metabólica Basal) y la actividad física diaria de cada participante, se establecerán las calorías necesarias que cada uno debe ingerir para obtener un superávit calórico (unas 300 calorías más de las gastadas diariamente) y conseguir con ello las ganancias musculares óptimas.

6.7. Repetición Máxima (RM)

El ejercicio seleccionado para esta intervención es el curl de bíceps sentado con mancuernas. Se hará en banco inclinado a 75 grados para evitar los balanceos y el movimiento de los codos.

Se determinará cuál es la repetición máxima de cada participante en este ejercicio para poder establecer los kilogramos con los que realizará el entrenamiento cada uno.

Se medirá el RM en tres ocasiones. La primera medición se hará antes del inicio del entrenamiento, la segunda medición será tras la semana 4, el sábado, habiendo 48 horas de descanso después del último entrenamiento de esa semana, y la última medición será 72 horas después de acabar el periodo de entrenamiento.

6.8. Protocolo de entrenamiento

Se establece esta progresión de entrenamiento debido a que se parte de participantes desentrenados e irán progresando poco a poco. Se aumenta el volumen de entrenamiento progresivamente, así como se reducen los tiempos de descanso y se aumentan los días de entrenamiento por semana, para aumentar las series semanales.

Un punto importante es que en las primeras 7 semanas no se llegue al fallo muscular en las series; es muy aconsejable que se quede muy cerca de fallar la serie (a 1 o 2 repeticiones del fallo, sobre todo a partir de la semana 3). Las últimas 2 semanas sí que se llegará al fallo muscular en la última serie para inducir mayor hipertrofia muscular y seguir aumentando la intensidad del entrenamiento.

Se aumentará el porcentaje de RM en las últimas 3 semanas de entrenamiento para aumentar la intensidad del ejercicio y las ganancias musculares; de este modo se seguirán provocando adaptaciones musculares y una mayor hipertrofia del bíceps.

Semana	Series	Repeticiones	Días/semana	Descanso	% RM
1	2	15/15	Lunes y jueves	45"	30
2	3	30/15/15	Lunes y jueves	45"	30
3	3	30/15/15	Lunes y jueves	45"	30
4	3	30/15/15	Lunes y jueves	30"	30
5	3	30/15/15	Lunes, miércoles y viernes	30"	30
6	4	30/15/15/15	Lunes, miércoles y viernes	30"	30
7	4	30/15/15/15	Lunes, miércoles y viernes	30"	40
8	4	30/15/15/F	Lunes, miércoles y viernes	30"	40
9	4	30/15/15/F	Lunes, miércoles y viernes	30"	40

F – Fallo muscular

6.9. Evaluaciones

Como se ha comentado anteriormente, al acabar todas las semanas de entrenamiento se harán mediciones del RM y del CSA del bíceps.

Se informará a cada participante por individual de los cambios obtenidos y de sus mejoras musculares y, si deciden seguir con el programa de entrenamiento, se les proporcionará información sobre nuevas progresiones.

7. BIBLIOGRAFÍA

Angleri, V., Ugrinowitsch, C. & Libardi, C. (2017). Crescent pyramid and drop-set systems do not promote greater strength gains, muscle hypertrophy, and changes on muscle architecture compared with traditional resistance training in well-trained men. *European Journal of Applied Physiology*, Feb;117(2):359-369.

Colomer-Poveda, D., Romero-Arenas, S., Vera-Ibáñez, A., Viñuela-García, M., & Márquez, G. (2017). Effects of 4 weeks of low-load unilateral resistance training, with and without blood flow restriction, on strength, thickness, V wave, and H reflex of the soleus muscle in men. *European Journal Of Applied Physiology*, 117(7), 1339-1347

Dankel, S., Buckner, S., Jessee, M., Mattocks, K., Mouser, J., & Counts, B. et al. (2016). Can blood flow restriction augment muscle activation during high-load training?. *Clinical Physiology And Functional Imaging*, 38(2), 291-295.

Fahs, C., Rossow, L., Loenneke, J., Thiebaud, R., Kim, D., Bembien, D., & Bembien, M. (2011). Effect of different types of lower body resistance training on arterial compliance and calf blood flow. *Clinical Physiology And Functional Imaging*, 32(1), 45-51.

Farup, J., de Paoli, F., Bjerg, K., Riis, S., Ringgard, S., & Vissing, K. (2015). Blood flow restricted and traditional resistance training performed to fatigue produce equal muscle hypertrophy. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 25(6), 754-763.

Hernández, J., Marín, P., & Herrero, A. (2011). Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. *Rev Andal Med Deporte*, 3(3), 152-157.

Hill, E., Housh, T., Keller, J., Smith, C., Schmidt, R., & Johnson, G. (2018). Early phase adaptations in muscle strength and hypertrophy as a result of low-intensity blood flow restriction resistance training. *European Journal Of Applied Physiology*, 118(9), 1831-1843.

Jeremy Paul Loenneke and Thomas Joseph Pujol. The Use of Occlusion Training to Produce Muscle Hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3):77-84, 2009

Lixandrão, M., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C., Aihara, A., & Cardoso, F. et al. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *European Journal Of Applied Physiology*, 115(12), 2471-2480.

Lowery, R., Joy, J., Loenneke, J., de Souza, E., Machado, M., Dudeck, J., & Wilson, J. (2013). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clinical Physiology And Functional Imaging*, 34(4), 317-321.

Madarambe, H., Nakada, S., Ohta, T., & Ishii, N. (2017). Postexercise blood flow restriction does not enhance muscle hypertrophy induced by multiple-set high-load resistance exercise. *Clinical Physiology And Functional Imaging*, 38(3), 360-365.

Martín, A. (2017). Métodos o Sistemas de entrenamiento de fuerza - hipertrofia | NSCA®. Retrieved from <https://www.nscaspain.com/blog/sistemas-entrenamiento-mejorar-la-fuerza-hipertrofia>

Martín-Hernández, J., Marín, P., Menéndez, H., Ferrero, C., Loenneke, J., & Herrero, A. (2012). Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 23(2), 114-120.

May, A., Russell, A., & Warmington, S. (2018). Lower body blood flow restriction training may induce remote muscle strength adaptations in an active unrestricted arm. *European Journal Of Applied Physiology*, 118(3), 617-627.

Medrano, I., Martínez, M., Jaén, M., Tormo, J., Alakhdar, Y. & Laurentino, G. (2018). Neuromuscular Adaptations after Blood Flow Restriction Training Combined with Nutritional Supplementation: A Preliminary Study. *Monten. J. Sports Sci. Med*, 8, 37-42

Pope, Z., Willardson, J., Schoenfeld, B., Emmett, J., & Owen, J. (2015). Hypertrophic and Strength Responses to Eccentric Resistance Training with Blood Flow Restriction: A Pilot Study. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 10(5), 919-931.

Reina-Ramos, C., & Domínguez, R. (2014). Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo e hipertrofia muscular. [Blood flow restriction training and muscle hypertrophy]. *RICYDE. Revista Internacional De Ciencias Del Deporte*, 10(38), 366-382.

Schoenfeld, B. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Oct;24(10):2857-72.

Schoenfeld, B. (2013). Potential mechanisms for a role of metabolic stress in hypertrophic adaptations to resistance training. *Sports Medicine*. Mar;43(3):179-94.

Sousa, J., Neto, G., Santos, H., Araújo, J., Silva, H., & Cirilo-Sousa, M. (2017). Effects of strength training with blood flow restriction on torque, muscle activation and local muscular endurance in healthy subjects. *Biology Of Sport*, 1, 83-90.

Yasuda, T., Brechue, W., Fujita, T., Shirakawa, J., Sato, Y., & Abe, T. (2009). Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow. *Journal Of Sports Sciences*, 27(5), 479-489.

Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y., & Abe, T. (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical Physiology And Functional Imaging*, 30, 338-343.

Yasuda, T., Fukumura, K., Fukuda, T., Iida, H., Imuta, H., & Sato, Y. et al. (2012). Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 24(1), 55-61.

Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki, M., Ozaki, H., Sato, Y., & Abe, T. (2011). Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *European Journal Of Applied Physiology*, 111(10), 2525-2533.