



Universidad
Rey Juan Carlos

TÍTULO

EL EFECTO DE LA HIPERTROFIA MEDIANTE EL ENTRENAMIENTO CON RESTRICCIÓN DEL
FLUJO SANGUÍNEO

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

AUTOR: ALBERTO CARMENA MANZANEDO

TUTOR: SERGIO LORENZO JIMENEZ SAIZ

CURSO ACADÉMICO 2022 – 2023

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN - MARCO TEÓRICO	5
2. OBJETIVOS	10
3. METODOLOGÍA.....	10
3.1 Participantes.....	10
3.2 Diseño de investigación o Diseño de intervención	11
3.3 Procedimientos	11
3.4 Instrumentos	13
3.5 Análisis estadístico	14
4. RESULTADOS	14
5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	21
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
7. ANEXOS	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de restricción de flujo sanguíneo. Extraído de (Lorenz et al., 2021).....	7
Figura 2. Ejercicio curl bíceps en banco Scott	12
Figura 3. Esquema de la intervención	13
Figura 4. Cuestionario de salud	31
Figura 5. Consentimiento informado de los participantes.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntuación de factores de riesgo para el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo. Adaptada de Nakajima et al. (2011)	8
Tabla 2. Estadísticos descriptivos altura y peso distribuido por grupos	11
Tabla 3. Estadísticos descriptivos edad y años entrenados	11
Tabla 4. Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad (Shapiro Wilk) de las variables analizadas en el estudio.	14
Tabla 5. Matriz de correlaciones	15
Tabla 6. Prueba T de Student para muestras independientes de las variables pre	17
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de grupo	18
Tabla 8. Prueba T de Student para la variable RM post.....	19
Tabla 9. Prueba T de Student para la variable brazo relajado post	19
Tabla 10. Prueba T de Student para la variable brazo contraído post.....	20

RESUMEN

Actualmente el aumento de masa muscular es el objetivo de millones de personas en el mundo, independientemente de los objetivos que tenga cada persona (estética, salud...). La hipertrofia muscular se ha convertido en la vía para conseguir dichos objetivos. Tradicionalmente para ello se utilizaban entrenamientos de fuerza de alta intensidad trabajando con valores superiores al 70% del 1RM para provocar la respuesta hipertrófica. Sin embargo, en los últimos años ha surgido un nuevo tipo de entrenamiento orientado también a la hipertrofia y fuerza muscular, en el cual se combinan cargas bajas con volúmenes altos y con una restricción parcial del flujo sanguíneo, este entrenamiento se denomina método KAATSU o entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo.

En el presente trabajo se pretende comparar ambos tipos de entrenamiento, viendo cuál de los dos produce más hipertrofia y fuerza muscular. La intervención tendrá una duración de 8 semanas, donde participaran 10 sujetos divididos en grupo control (ESRFS) y grupo experimental (ERFS). Ambos grupos realizarán el mismo tipo de entrenamiento, utilizando las mismas intensidades y volúmenes. El ejercicio seleccionado para la intervención sería el curl bíceps unilateral en banco Scott.

Los resultados mostraron no haber diferencias significativas en ambos grupos, en cambio, se pudieron observar mejoras en el grupo ESRFS.

PALABRAS CLAVE

ERFS, método kaatsu, hipertrofia, entrenamiento oclusivo

ABSTRACT

Currently, the increase in muscle mass is the objective of millions of people in the world, regardless of the objectives that each person has (aesthetics, health...). Muscle hypertrophy has become the way to achieve these goals. Traditionally, high-intensity strength training was used for this, working with values greater than 70% of the 1RM to provoke the hypertrophic response. However, in recent years a new type of training has emerged, also oriented towards hypertrophy and muscular strength, in which low loads are combined with high volumes and with a partial restriction of blood flow, this training is called the KAATSU method or training with restricted blood flow.

In the present work we intend to compare both types of training, seeing which of the two produces more hypertrophy and muscle strength. The intervention will last 8 weeks, where 10 subjects divided into a control group (ESRFS) and an experimental group (ERFS) will participate. Both groups will perform the same type of training, using the same intensities and volumes. The exercise selected for the intervention would be the unilateral biceps curl on the Scott bench.

KEYWORDS

BFR, kaatsu method, hypertrophy, occlusive training

INDICE DE ABREVIATURAS

- **BFR:** blood flow restriction training
- **ERFS:** entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo
- **Grupo ESRFS:** grupo control (entrenamiento sin restricción del flujo sanguíneo)
- **Grupo ERFS:** grupo experimental (entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo)
- **mmHg:** milímetros de mercurio
- **POAT:** presión de oclusión arterial total

1. INTRODUCCIÓN - MARCO TEÓRICO

En la actualidad, el aumento de masa muscular y desarrollo de la hipertrofia es un objetivo perseguido por múltiples personas desde culturistas, que buscan mejorar la composición corporal orientados a la competición, hasta deportistas cuyo objetivo es la mejora del rendimiento, e incluso, con fines saludables (Manimmanakorn et al., 2013; Schoenfeld, 2010).

La hipertrofia muscular es el proceso que hace que aumente el tamaño o volumen de las fibras musculares (Antonio y Gonyea, 1993; Damas et al., 2017), esta es consecuencia de la síntesis de proteínas en los músculos (Damas et al., 2017).

La hipertrofia muscular surge del resultado de la relación positiva entre la síntesis de proteínas en relación con la degradación de compuestos nitrogenados (Kraemer y Spiering, 2008; Tipton y Wolfe, 2004), además, relacionado con la planificación para el desarrollo de la hipertrofia, los parámetros que más se deben tener en cuenta son la frecuencia, el volumen y la intensidad en el trabajo de fuerza o contra resistencias (Pollock et al., 1998).

Según el libro de Schoenfeld (2020) "*Science and Development of Muscle Hypertrophy*" tenemos tres mecanismos que desarrollan esta hipertrofia:

a) *Tensión mecánica*

Puede ser el factor más importante a la hora de generar esta hipertrofia muscular, según Schoenfeld (2020), sería ese primer impulso para producir una respuesta adaptativa. El grado de tensión mecánica puede depender de dos factores: la intensidad a la que se realice el ejercicio (los kilogramos desplazados) y el tiempo bajo tensión (la duración del estímulo). Se tiene que conseguir una óptima combinación entre esos dos factores para poder producir una mayor respuesta hipertrófica (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2020).

b) *Estrés metabólico*

Según Schoenfeld (2010), este mecanismo provocado por el ejercicio puede producirse como estímulo de la hipertrofia siempre y cuando actúe de manera sinérgica con la tensión muscular.

La glucólisis anaeróbica es la vía metabólica a través de la cual se obtiene energía para producir las contracciones musculares a través de moléculas como la glucosa. Esta vía provoca la acumulación intramuscular de metabolitos, como el lactato, además de provocar cambios en el pH intramuscular (Schoenfeld, 2010).

Se cree que, gracias a la acumulación de estos metabolitos, se producen alteraciones positivas en el entorno anabólico (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2020).

c) Daño muscular

El daño muscular se va a producir por realizar ejercicios con resistencias (Schoenfeld, 2020).

Cuando se produce este daño muscular se inicia en nuestro organismo la respuesta inflamatoria, involucrando a nuestro sistema inmunitario. Este proceso provoca la producción de miokinas, lo que a su vez provoca la liberación de diversos factores de crecimiento (León et al., 2012; Schoenfeld, 2010; Schoenfeld, 2020).

Con relación al entrenamiento de la hipertrofia, tradicionalmente se ha utilizado el entrenamiento de fuerza con cargas superiores al 70% del 1RM, el cual también se ha demostrado que produce hipertrofia muscular (Garber et al., 2011; Kraemer et al., 2002; Ratamess et al., 2011; Schoenfeld et al., 2017).

Actualmente, el mayor número de lesiones se produce por atrofia muscular, por lo que este tipo de entrenamiento de fuerza orientado a la hipertrofia es muy recomendado en la población que ha sufrido una lesión y están recuperándose de la misma (Schoenfeld et al., 2017).

En el ámbito de la salud se ha podido ver que el aumento tanto de fuerza como de masa muscular, mejoran la sensibilidad a la insulina en pacientes con riesgo de sufrir diabetes tipo II (Fragala et al., 2019), y además de ello, previenen la sarcopenia (Borde et al., 2015).

A lo largo de los últimos años ha empezado a surgir un tipo de entrenamiento que está ganando bastante popularidad entre las personas que realizan actividad física, debido a que produce hipertrofia a través de un mecanismo que produce una ligera presión en una extremidad, disminuyendo el retorno venoso (Yasuda et al., 2017).

Este tipo de entrenamiento surge en Japón hace unos 30 años, en 1985, su creador, Yoshiaki Sato, lo denominó método KAATSU, a pesar de ello, en occidente se le conoce también como “entrenamiento oclusivo” o “entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo” (Loenneke, Wilson, et al., 2012). Por lo que donde mayores estudios se han realizado es en dicho país, “ka” significa “suma”, mientras que “atsu” significa “presión”, este tipo de entrenamientos pueden estar formados por ejercicios normales, como sentadillas, flexiones...etc, y por ejercicios con pequeñas resistencias, con una duración de entre cinco minutos y media hora (Loenneke, Wilson, et al., 2012).

El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (en adelante, ERFS) provoca efectos visibles si se compara con el entrenamiento tradicional, en el cual como se ha dicho anteriormente, utiliza altas intensidades con cargas superiores al 70% del 1RM con un volumen bajo, es decir, bajo número de repeticiones. Una de las características de este método de entrenamiento es que utiliza bajas intensidades, es decir, una carga baja aproximada de entre el 20-40% del 1RM combinado con un alto volumen, un alto número de repeticiones (Abe et al., 2012; Manimmanakorn et al., 2013; Yasuda et al., 2005).

Otra de las características de este método de entrenamiento es utilizar un instrumento que sirva de “torniquete”, de tal manera que este provoque una determinada presión sobre la extremidad y restringir controladamente el flujo sanguíneo en esa zona (Manini y Clark, 2009).

Este tipo de torniquetes se pueden realizar con esfigmomanómetros médicos o profesionales, cuerdas o mangas elásticas (Clark et al., 2011; Loenneke et al., 2010), además, se aconseja que se utilicen bandas que tengan un medidor de presión en milímetros de mercurio (Loenneke et al., 2010).

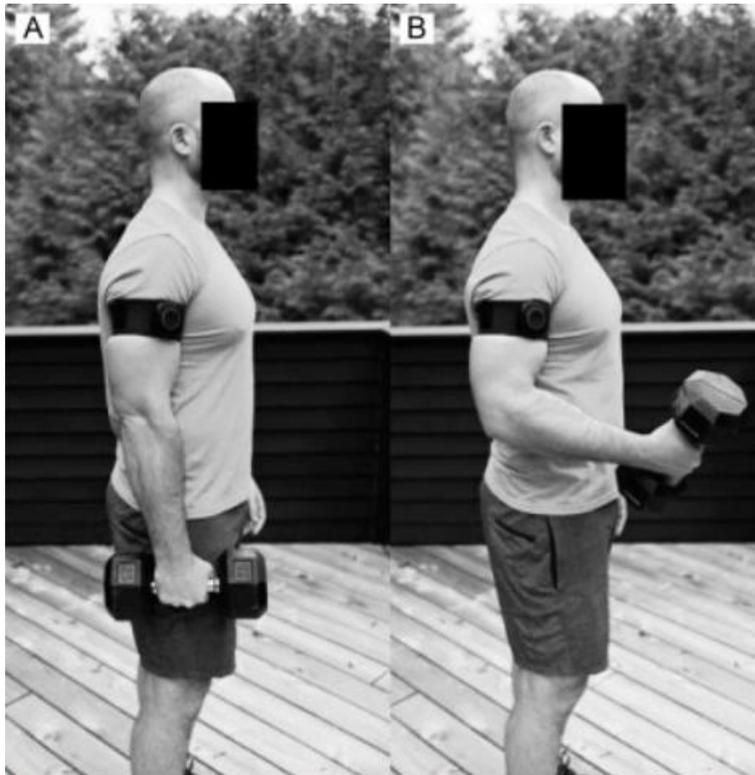


Figura 1. Ejemplo de restricción de flujo sanguíneo. Extraído de (Lorenz et al., 2021).

Todavía no se conocen a fondo los mecanismos por los cuales el ERFS produce hipertrofia, hasta el momento se han realizado diversos estudios y se ha llegado a la conclusión de que esta respuesta hipertrófica puede deberse a dos mecanismos, por un lado, el aumento del estrés metabólico y por otro, la alteración del orden de reclutamiento de las fibras musculares (Sieljacks et al., 2016).

Este tipo de entrenamiento, al restringir el flujo de sangre en los músculos, la fatiga producida a las fibras de contracción lenta obliga a las fibras de contracción rápida a activarse, aunque se trabaje a bajas intensidades, de esta manera, el músculo va a trabajar de forma similar a como lo haría si se trabajase con cargas altas (Loenneke y Pujol, 2009; Madarame et al., 2008).

Este tipo de entrenamiento puede ser utilizado por todo tipo de personas sanas, sin embargo, no estaría recomendado en poblaciones con riesgo de trombosis, varices o

alguna enfermedad vascular (Scott et al., 2015), en mujeres embarazadas (Scott et al., 2015) y/o personas con obesidad, diabetes e hipertensión grave (DePhillipo et al., 2018). Se han realizado estudios en muchos tipos de población, pero es cierto que este entrenamiento puede estar mejor orientado a cierto tipo de personas, como, por ejemplo, personas que están recuperándose de alguna lesión que ha conllevado la inmovilización de una extremidad y no pueden realizar entrenamientos a alta intensidad ni con altas cargas (Abe et al., 2012; Takarada et al., 2000), o personas de edad avanzada que no tienen mucha masa muscular y tienen objetivos como el acondicionamiento físico (Lida et al., 2007), debido a que el entrenamiento de fuerza con cargas altas en este tipo de población podría conllevar a sufrir alguna lesión (Yasuda et al., 2005).

De todas formas, la literatura ha establecido una tabla de puntuación a la hora de seleccionar pacientes para este tipo de entrenamiento (ver tabla 1), si la suma supera los cinco puntos no se recomienda utilizar el entrenamiento ERFS, debido a que puede haber una mayor posibilidad de que haya complicaciones secundarias (Nakajima et al., 2011).

Tabla 1. Puntuación de factores de riesgo para el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo. Adaptada de Nakajima et al. (2011)

5 puntos	Antecedentes de trombosis venosa profunda Trombosis hereditaria Síndrome de anticuerpos antifosfolípidos
4 puntos	Embarazo
3 puntos	Varices en tren inferior Inmovilidad prolongada Insuficiencia cardíaca
2 puntos	Personas mayores de 60 años Tener un IMC superior a 30
1 punto	Personas de entre 40 y 58 años

La metodología para aplicar el entrenamiento ERFS todavía no cuenta con suficiente literatura científica sobre que método de utilización es más seguro y eficaz (Laurentino et al., 2008), este tipo de entrenamiento se puede realizar con bandas elásticas convencionales, o con instrumental más sofisticado (DePhillipo et al., 2018).

Por un lado, tenemos una forma con la que haremos la práctica lo más segura y confortable para el sujeto en la cual se utilizaría un esfigmomanómetro o manguito de

presión (DePhillipo et al., 2018), posteriormente, se necesita un dispositivo para determinar la presión de oclusión que se está realizando, tenemos dos instrumentos que pueden servir de utilidad, como el Ultrasonido Doppler, el cual es menos utilizado por su elevado coste, pero el más preciso, y un pulsioxímetro (Zeng et al., 2019).

El procedimiento sería poner el pulsioxímetro en el dedo índice y el esfigmomanómetro en el brazo del sujeto, aplicamos presión hasta que el pulsioxímetro pierda la señal, en ese momento, apuntamos el valor en mmHg y aplicamos un porcentaje de entre el 40% al 80% (Zeng et al., 2019).

Otra forma de realizarlo sería utilizar el esfigmomanómetro, pero sin medir la presión total de oclusión, lo que se tendría que hacer es colocar al sujeto el manguito y aplicarle una presión de entre 100 a 200 mmHg (Patterson et al., 2019).

Por otro lado, existe una forma más indirecta de realizarlo, que consiste en utilizar bandas elásticas con diferentes niveles de presión y mediante la utilización de una escala se preguntará al sujeto las sensaciones de presión, esta escala se valorará del 0 al 10, siendo 0 “nada de presión” y 10 “la máxima presión” (Patterson et al., 2019).

El ERFS ha demostrado tener diversos beneficios, pero los más destacados han sido:

- Como se ha dicho anteriormente, es un tipo de entrenamiento que también recluta fibras de contracción rápida, que son aquellas que se reclutan cuando se hacen esfuerzos a altas intensidades (Loenneke y Pujol, 2009; Madarame et al., 2008; Moritani et al., 1992; Sumide et al., 2009).
- Wilkinson et al. (2006) descubrieron que este método de entrenamiento tiene un efecto cruzado, es decir, si entrenamos una extremidad, la extremidad opuesta va a obtener también esos beneficios.
- También se ha podido comprobar que, a la hora de realizar este método de entrenamiento, como se suele realizar de manera local, otros músculos cercanos al entrenado también experimentan un desarrollo (Kubo et al., 2006; Patterson y Ferguson, 2009; Shinohara et al., 1997).

Aunque parezca que este entrenamiento solo produce beneficios, también puede tener una serie de contraindicaciones:

- Puede provocar hemorragias subcutáneas o insensibilidad de la zona entrenada (Heitkamp, 2015; Scott et al., 2015).
- Este tipo de entrenamiento puede provocar disconfort y dolor muscular tras el entrenamiento si no se establece de manera correcta la presión del manguito (Freitas et al., 2021).

A pesar de los múltiples beneficios que tiene este método de entrenamiento, aún existen alguna controversia sobre la metodología, poniendo el foco sobre todo en la presión que se debe ejercer sobre el músculo que se quiere entrenar, en la actualidad,

aún no se sabe con exactitud cuál sería el diseño más seguro y eficaz del método ERFS (Laurentino et al., 2008).

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue comparar el entrenamiento de fuerza para el desarrollo de la hipertrofia mediante el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo y sin restricción de flujo con la misma intensidad y volumen de entrenamiento.

Como objetivo secundario, fue correlacionar los niveles de fuerza absoluta en sus valores de repetición máxima (RM) de los sujetos del estudio con sus diámetros de brazo, tanto contraído como relajado.

3. METODOLOGÍA

3.1 Participantes

La muestra del estudio estaba compuesta por 10 sujetos (n=10) divididos aleatoriamente en dos grupos, el grupo control (ESRFS n=5; altura $1,79\pm 0,05$ y peso 79.8 ± 8.44); y experimental (ERFS n=5; altura 1.80 ± 0.08 y peso 74.9 ± 8.63) (ver tabla 2). Los criterios de inclusión para este estudio fueron, realizar actividad física y tener cierta familiarización con el mundo del gimnasio, tener entre 18 y 25 años y de cara al entrenamiento con ERFS no superar el valor de cinco establecido en la tabla 1, detallada anteriormente.

Todos los participantes tenían una edad de 21.5 ± 1.08 años y llevaban 3.50 ± 1.51 años entrenando en el gimnasio, complementando su actividad deportiva (ver tabla 3).

Los sujetos realizan actividad física de manera habitual y están familiarizados con el entrenamiento en el gimnasio ya que complementan su actividad con entrenamientos sistemáticos en el gimnasio, el grupo control realizaría el entrenamiento sin restricción del flujo sanguíneo, mientras que el grupo experimental realizaría el entrenamiento con la restricción parcial del flujo sanguíneo.

Los criterios de exclusión fueron no tener familiarización con el ejercicio en el gimnasio y, además, no realizar actividad física de manera habitual y superar los cinco puntos en la tabla.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos altura y peso distribuido por grupos

Descriptivas			
	Grupo	Altura	Peso
N	ERFS	5	5
	ESRFS	5	5
Media	ERFS	1.80	74.9
	ESRFS	1.79	79.8
Desviación estándar	ERFS	0.0811	8.63
	ESRFS	0.0537	8.44

Tabla 3. Estadísticos descriptivos edad y años entrenados

Descriptivas			
	Grupo	Años entrenados	Años
N	ERFS	5	5
	ESRFS	5	5
Media	ERFS	3.20	21.4
	ESRFS	3.80	21.6
Desviación estándar	ERFS	1.79	1.14
	ESRFS	1.30	1.14

3.2 Diseño de investigación o Diseño de intervención

Se trata de un estudio con diseño experimental longitudinal de carácter prospectivo mediante la comparación de dos grupos de asignación aleatoria, detallados anteriormente, en dos momentos diferentes, antes y después de la intervención.

3.3 Procedimientos

Los dos grupos trabajarán en horarios distintos, dos días a la semana, durante ocho semanas, de las cuales la primera y la última se realizará una medición de fuerza (test RM), diámetro del brazo, tanto en contracción como en relajación, y para los que realizan el ERFS, se medirá con el esfigmomanómetro la presión de oclusión total.

Los sujetos tendrán que realizar el ejercicio de curl de bíceps unilateral en un banco Scott, en donde en todo momento estarán supervisados por un entrenador para ver si

realizan correctamente la técnica.

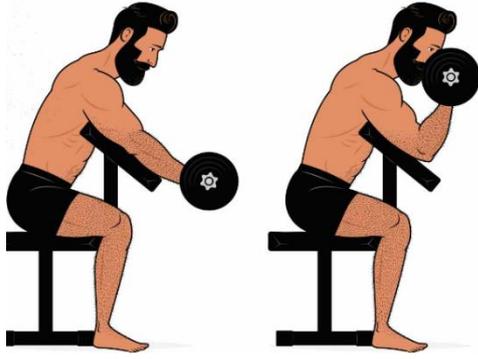


Figura 2. Ejercicio curl bíceps en banco Scott

El grupo experimental, que será el que realice el ERFs, se le medirá en el brazo dominante la presión de oclusión total utilizando el esfigmomanómetro y el pulsioxímetro, de tal manera que colocaremos el manguito en el bíceps y el pulsioxímetro en el dedo índice de la misma mano, a partir de ahí, iremos insuflando el manguito hasta que el pulsioxímetro pierda la señal, en ese momento, nos quedaremos con el valor que marca la aguja de presión y esa será la presión de oclusión total.

Una vez conocemos este valor, aplicaremos un porcentaje que, según la literatura, parece ser el óptimo para trabajar, entre el 40-80% de ese valor (Loenneke et al., 2012; Zeng et al., 2019)

En este trabajo se utilizará una presión del 60% para realizar el ejercicio.

A su vez, también realizaremos un test RM para poder ver si este método de entrenamiento también produce mejoras en la fuerza, y para establecer la intensidad del ejercicio, entre el 20-40% del RM.

La manera de evaluar esto sería empezar preguntándole al sujeto que escoja un peso con el que piense que puede hacer entre 6 y 10 repeticiones, después se descansa entre 1-5 minutos, para que después elija un peso que le permita hacer tres repeticiones, y a partir de esa serie, va a ir subiendo progresivamente el peso y realizando una única repetición, hasta llegar a su 1RM (Faigenbaum et al., 2003).

Por último, se realizarán mediciones antropométricas del bíceps, tanto en máxima contracción como en relajación, en la primera de ellas, le pediremos al sujeto que eleve el brazo a la altura del hombro y posteriormente flexione el codo formando un ángulo de 90° y a su vez, apriete el puño y lleve la mano hacia su hombro, generando tensión, y en esta posición, tendremos que observar el punto máximo de la circunferencia del bíceps y medir con la cinta métrica (Norton y Eston, 2018).

Para la medición del bíceps relajado, le pediremos al sujeto que tenga los brazos relajados con las palmas mirando al cuerpo, la cinta la colocaremos en una zona intermedia entre los puntos acromial y radial (Norton y Eston, 2018).

En el grupo control, solo se realizarían las mediciones del RM y el diámetro del brazo, ya

que este grupo no tienen restricción parcial del flujo sanguíneo, realizaría el mismo ejercicio a la misma intensidad que el grupo experimental.

Una vez se hayan realizado todas las mediciones en ambos grupos, la intervención consistiría en un programa de entrenamiento donde los sujetos tendrán que realizar el ejercicio de curl de bíceps unilateral en banco Scott, en el cual van a hacer cuatro series de 30-15-15-15 al 20-40% del RM, en este caso, la primera serie se realizará al 30% del 1RM y las siguientes al 40% del 1RM, para aumentar ligeramente la intensidad, pero en ningún momento sin sobrepasar los valores establecidos por la literatura científica.

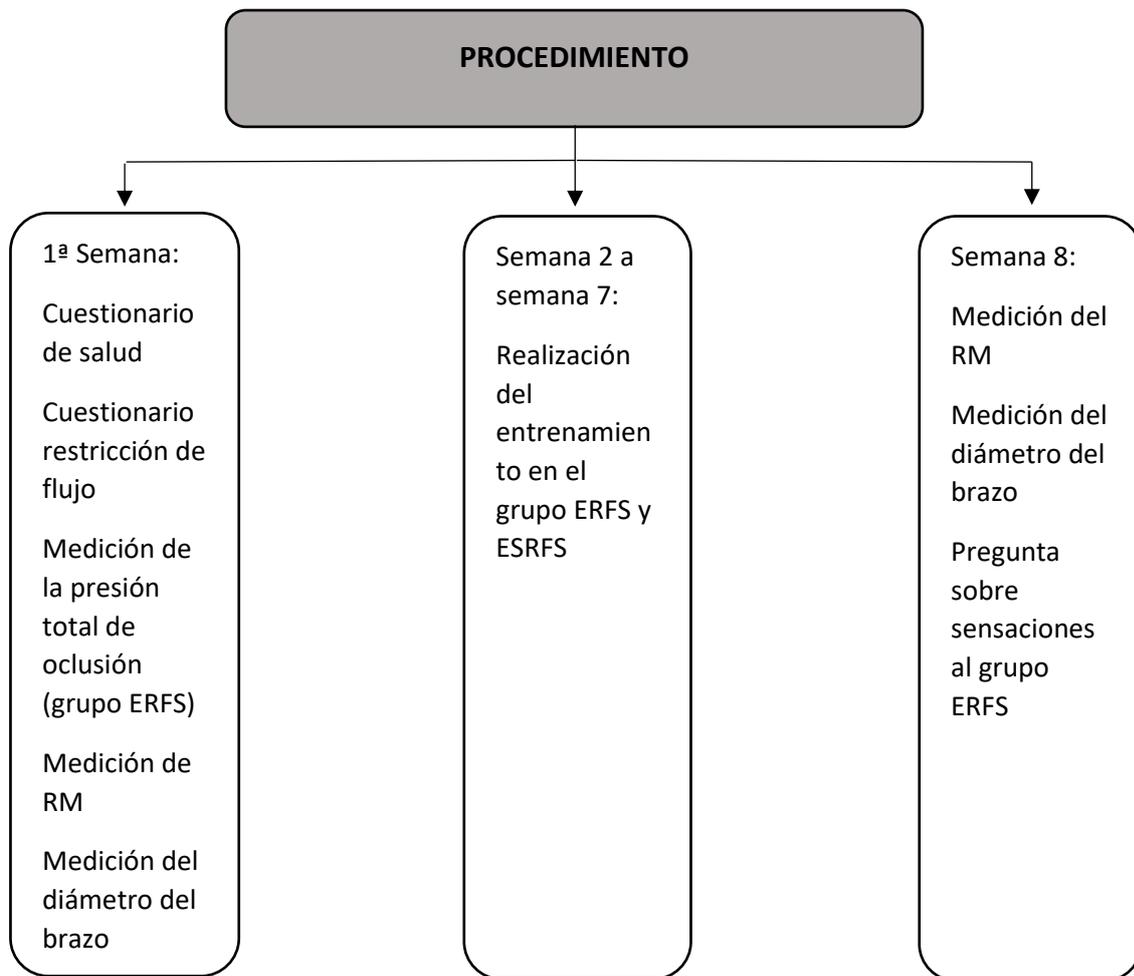


Figura 3. Esquema de la intervención

3.4 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la intervención son un banco Scott, donde se realizaría el

ejercicio, mancuernas que ofrezcan resistencia, cinta métrica, con la cual se medirá el diámetro del brazo tanto en tensión como en relajación y, por último, un pulsioxímetro y un esfigmomanómetro, con los que se determina la presión de oclusión total (POAT) para posteriormente aplicar porcentajes que nos permitan saber la presión que se debe aplicar durante el ejercicio.

3.5 Análisis estadístico

Para los análisis estadísticos realizados se empleó el software libre Jamovi (versión 2.3.21). Todos los análisis se realizaron con un valor de significación $p < 0.05$.

En primer lugar, se analizó la naturaleza o distribución de los datos mediante el test de Shapiro Wilk ($p > 0.05$). Además, para presentar los estadísticos descriptivos se utilizaron la media y desviación típica para los datos paramétricos (normales) y la mediana y el rango intercuartil (RIC) para los datos no paramétricos (no normales).

Para analizar la relación entre las variables de estudio se empleó la correlación de Pearson para las variables con distribución normal y la correlación de Spearman para las variables con distribuciones no paramétricas.

Para la comparación de medias entre grupos del estudio (ESRFS vs ERFs) se emplearon las pruebas t de Student para las variables paramétricas y la U-Mann de Whitney para variables no paramétricas. Utilizando el estimador del tamaño del efecto d de Cohen para muestras paramétricas y la correlación r para muestras no paramétricas.

4. RESULTADOS

En la tabla 4 se reflejan los estadísticos descriptivos de las variables analizadas en el estudio donde se puede que las variables RM pre y post y Brazo relajado pre tenían una distribución normal, mientras que las variables Brazo contraído pre, brazo relajado post y brazo contraído post tenían una distribución no normal ($p = 0.017$; $p = 0.004$ y $p = 0.003$) respectivamente.

Tabla 4. Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad (Shapiro Wilk) de las variables analizadas en el estudio.

Descriptivas						
	RM pre	RM post	Brazo rel pre	Brazo contr pre	Brazo rel post	Brazo contr post
N	10	10	10	10	10	10
Media	18.2	19.6	32.0	34.5	32.2	34.9
Mediana	18.0	19.0	31.9	33.8	31.2	33.8

Descriptivas

	RM pre	RM post	Brazo rel pre	Brazo contr pre	Brazo rel post	Brazo contr post
Desviación estándar	3.71	3.50	2.71	2.93	3.02	2.77
RIC	3.50	5.00	3.12	2.00	1.72	1.10
Mínimo	12.0	16.0	29.1	31.9	29.7	32.5
Máximo	24.0	26.0	38.0	41.7	39.9	41.8
W de Shapiro-Wilk	0.912	0.902	0.885	0.806	0.754	0.738
Valor p de Shapiro-Wilk	0.298	0.232	0.151	0.017	0.004	0.003

Los resultados del análisis de correlación de Pearson entre la variable brazo relajado pre y RM post resultaron estadísticamente significativos ($r=0,76$; $p=0,010$) indicando una correlación positiva donde a mayor diámetro de brazo relajado mayores valores de RM.

Los resultados del análisis no paramétrico de Spearman entre la variable brazo contraído pre y RM post resultaron estadísticamente significativos ($r_s=0,69$; $p=0,029$) indicando una correlación positiva donde a mayor diámetro de brazo contraído mayores valores de RM.

Tabla 5. Matriz de correlaciones

Matriz de Correlaciones

		RM pre	RM post	Brazo rel pre	Brazo rel post	Brazo contr pre	Brazo contr post
RM pre	R de Pearson	—					
	valor p	—					
	Rho de Spearman	—					
	valor p	—					

Matriz de Correlaciones

		RM pre	RM post	Brazo rel pre	Brazo rel post	Brazo contr pre	Brazo contr post
RM post	R de Pearson	0.931	—				
	valor p	< .001	—				
	Rho de Spearman	0.946	—				
	valor p	< .001	—				
Brazo rel pre	R de Pearson	0.766	0.765	—			
	valor p	0.010	0.010	—			
	Rho de Spearman	0.636	0.624	—			
	valor p	0.048	0.054	—			
Brazo rel post	R de Pearson	0.737	0.758	0.911	—		
	valor p	0.015	0.011	< .001	—		
	Rho de Spearman	0.581	0.616	0.869	—		
	valor p	0.078	0.058	0.001	—		
Brazo contr pre	R de Pearson	0.797	0.820	0.965	0.966	—	
	valor p	0.006	0.004	< .001	< .001	—	
	Rho de Spearman	0.661	0.685	0.855	0.894	—	
	valor p	0.038	0.029	0.004	< .001	—	

Matriz de Correlaciones

		RM pre	RM post	Brazo rel pre	Brazo rel post	Brazo contr pre	Brazo contr post
Brazo contr post	R de Pearson	0.819	0.843	0.870	0.975	0.957	—
	valor p	0.004	0.002	0.001	< .001	< .001	—
	Rho de Spearman	0.625	0.663	0.644	0.905	0.723	—
	valor p	0.053	0.037	0.044	< .001	0.018	—

Los resultados de la prueba T de Student para muestras independientes mostraron resultados en la variable RM pre ($t=-3,11$; $p=0,014$; $d=1,965$), mientras que para la variable brazo rel pre no se encontraron diferencias significativas ($t=-1,50$; $p=0,173$; $d=0,946$).

Los resultados de la prueba no paramétrica U-Mann de Whitney para muestras independientes comparando el grupo ERFS y ESRFS en la variable brazo contraído pre no resultaron estadísticamente significativos ($Z=5,00$; $p=0,151$; $r=0,600$).

Todas las variables pre muestran valores superiores en el grupo ESRFS (ver tabla 7).

Tabla 6. Prueba T de Student para muestras independientes de las variables pre

Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	p	Diferencia de medias	EE de la diferencia	Tamaño del Efecto
RM pre	T de Student	-3.11	8.00	0.014	-5.20	1.67	d de Cohen 1.965
	U de Mann- Whitney	1.00		0.018	-6.00		Correlación biseriada de rangos 0.920
Brazo rel pre	T de Student	-1.50	8.00	0.173	-2.40	1.61	d de Cohen 0.946

Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	p	Diferencia de medias	EE de la diferencia		Tamaño del Efecto
	U de Mann-Whitney	7.00		0.310	-2.20		Correlación biseriada de rangos	0.440
Brazo contr pre	T de Student	-1.70	8.00	0.129	-2.86	1.69	d de Cohen	- 1.072
	U de Mann-Whitney	5.00		0.151	-2.30		Correlación biseriada de rangos	0.600

Nota. $H_a \mu_{\text{Experimental}} \neq \mu_{\text{Control}}$

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de grupo

Descriptivas de Grupo

	Grupo	N	Media	Mediana	DE	EE
RM pre	ERFS	5	15.6	16.0	2.191	0.980
	ESRFS	5	20.8	20.0	3.03	1.36
Brazo rel pre	ERFS	5	30.8	31.8	1.482	0.663
	ESRFS	5	33.2	33.3	3.27	1.46
Brazo contr pre	ERFS	5	33.1	33.5	0.864	0.387
	ESRFS	5	36.0	34.7	3.67	1.64

Los resultados de la prueba no paramétrica U-Mann de Whitney para muestras independientes comparando el grupo ERFS y ESRFS en la variable RM post resultaron estadísticamente significativos ($Z=0,00$; $p=0,011$; $r=1,00$). Mostrando valores superiores para el grupo ESRFS.

Tabla 8. Prueba T de Student para la variable RM post

Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	p	Diferencia de medias	EE de la diferencia		Tamaño del Efecto
RM post	T de Student	-4.43	8.00	0.002	-5.60	1.26	d de Cohen	- 2.80
	U de Mann-Whitney	0.00		0.011	-6.00		Correlación biseriada de rangos	1.00

Nota. $H_a \mu_{\text{Experimental}} \neq \mu_{\text{Control}}$

Descriptivas de Grupo

		Grupo	N	Media	Mediana	DE	EE
RM post	ERFS		5	16.8	16.0	1.10	0.490
	ESRFS		5	22.4	22.0	2.61	1.17

Los resultados de la prueba no paramétrica U-Mann de Whitney para muestras independientes comparando el grupo ERFS y ESRFS en la variable brazo rel post no resultaron estadísticamente significativos ($Z=7,00$; $p=0,295$; $r=0,440$). A pesar de no haber diferencias significativas, se puede observar que hay valores superiores en el grupo ESRFS.

Tabla 9. Prueba T de Student para la variable brazo relajado post

Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	p	Diferencia de medias	EE de la diferencia		Tamaño del Efecto
Brazo rel post	T de Student	-1.19	8.00	0.268	-2.22	1.87	d de Cohen	- 0.753
	U de Mann-Whitney	7.00		0.295	-0.900		Correlación biseriada de rangos	0.440

Prueba T para Muestras Independientes

	Estadístico	gl	p	Diferencia de medias	EE de la diferencia	Tamaño del Efecto
--	--------------------	-----------	----------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------

Nota. $H_a \mu_{\text{Experimental}} \neq \mu_{\text{Control}}$

Descriptivas de Grupo

	Grupo	N	Media	Mediana	DE	EE
Brazo rel post	ERFS	5	31.1	30.8	1.14	0.509
	ESRFS	5	33.3	31.7	4.01	1.79

Los resultados de la prueba no paramétrica U-Mann de Whitney para muestras independientes comparando el grupo ERFS y ESRFS en la variable brazo contraído post no resultaron estadísticamente significativos ($Z=5,50$; $p=0,173$; $r=0,560$). A pesar de no haber diferencias significativas, se puede observar que hay valores superiores en el grupo ESRFS.

Tabla 10. Prueba T de Student para la variable brazo contraído post

Prueba T para Muestras Independientes

	Estadístico	gl	p	Diferencia de medias	EE de la diferencia	Tamaño del Efecto		
Brazo contr post	T de Student	-1.78 ^a	8.00	0.112	-2.80	1.57	d de Cohen	-1.13
	U de Mann-Whitney	5.50		0.173	-1.30		Correlación biseriada de rangos	0.560

Nota. $H_a \mu_{\text{Experimental}} \neq \mu_{\text{Control}}$

	Grupo	N	Media	Mediana	DE	EE
Brazo contr post	ERFS	5	33.5	33.8	0.716	0.320
	ESRFS	5	36.3	34.9	3.43	1.54

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objeto del presente estudio fue comparar el entrenamiento de fuerza para el desarrollo de la hipertrofia mediante el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo y sin restricción de flujo con la misma intensidad y volumen de entrenamiento.

Viendo los resultados del estudio se puede ver que no hay mucha diferencia si realizamos un entrenamiento tradicional o un entrenamiento con RFS utilizando las mismas intensidades y volúmenes, en cambio, un meta-análisis publicado recientemente, ha demostrado que no hay diferencias comparables entre un entrenamiento tradicional de alta intensidad (trabajando con cargas mayores al 70% del 1RM) y el entrenamiento con RFS (20%-40% del 1RM) (Lixandrão et al., 2018).

Shimizu et al. (2016), realizó un estudio donde 40 sujetos de avanzada edad (71 ± 4 años), que no habían realizado actividad física, realizaban un entrenamiento en el cual se utilizaban intensidades del 20% del 1RM, en ambos entrenamientos, en el ejercicio de extensión de pierna, si bien es cierto que los sujetos de este estudio eran de mayor edad, tampoco se encontraron diferencias significativas entre grupos.

A su vez, Patterson y Ferguson (2011), donde también trabajaron con personas de avanzada edad, diez personas mayores de entre 62 y 73 años, se sometieron a un entrenamiento con RFS y un entrenamiento con baja intensidad sin RFS, en ambos se utilizaron cargas del 25% del 1RM, los resultados obtenidos no presentaron diferencias significativas entre grupos, pero se vio que los sujetos sometidos al entrenamiento con RFS consiguieron una mayor ganancia de fuerza.

Yasuda et al. (2014) realizó un estudio con hombres jóvenes activos, de entre 23 y 41 años, en el que quiso ver la activación muscular cuando se realizaban ambos tipos de entrenamiento con la misma intensidad, en el ejercicio de curl de bíceps y extensión de tríceps, donde los resultados fueron que en el entrenamiento con RFS había una mayor activación del músculo en comparación con el entrenamiento sin RFS, se llegó a la conclusión de que el entrenamiento con RFS puede ser un método para promover la hipertrofia en adultos mayores o personas sedentarias.

Por último, a pesar de no haber diferencias significativas entre los grupos, se han producido mayores mejoras tanto de fuerza como de hipertrofia en el grupo ESRFS, en un estudio donde se combinaba el entrenamiento de fuerza con dos sesiones semanales de flexión de codo con RFS, no se obtuvieron diferencias significativas en el grosor del

brazo, pero ambos grupos si aumentaron el grosor del brazo al final (Lowery et al., 2014).

En lo que se refiere a fuerza, Lixandrão et al., 2018, vieron que se producía una mejora de la fuerza tanto en entrenamientos con RFS, como con entrenamientos a altas intensidades (mayores al 70% del 1RM), sin embargo, el entrenamiento con RFS para la obtención de fuerza fue criticado por algunos autores cuando el objetivo principal es ganar fuerza, donde defienden que el trabajo con cargas elevadas para ello es ideal (Grønfeldt et al., 2020).

Yasuda et al. (2011), donde también comparaba el entrenamiento de alta intensidad con uno con RFS en el ejercicio de press banca en adultos jóvenes de entre 22 y 23 años, al igual que en este trabajo, se pudo ver como hubo un aumento de la fuerza favorable al grupo que realizaba el entrenamiento a alta intensidad.

Como principal fortaleza del estudio se señala la evidencia científica sobre la que se basa esta intervención, siendo múltiples las investigaciones y autores que explican cómo se ha de realizar esta metodología, así como la seguridad y efectividad de este método de entrenamiento. Con relación a las limitaciones del estudio, la principal limitación del estudio fue la incapacidad para el control de la dieta de los sujetos, así como la restricción de actividades deportivas durante el periodo de la intervención, pudiendo haber influido en los resultados del estudio.

Otra de las limitaciones del estudio puede haber sido las circunstancias personales, psicológicas y volitivas de cada sujeto en la realización del estudio.

Dados los resultados de la intervención se puede concluir que el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo produce resultados similares al entrenamiento tradicional, y también es eficiente para producir incrementos en la fuerza.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abe, T., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., & Bembem, M.

G. (2012). Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted

limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clinical Physiology and*

Functional Imaging, 32(4), 247–252. <https://doi.org/10.1111/j.1475->

097x.2012.01126.x

- Antonio, J., & Gonyea, W. J. (1993). Progressive stretch overload of skeletal muscle results in hypertrophy before hyperplasia. *Journal of Applied Physiology*, *75*(3), 1263–1271. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.75.3.1263>
- Borde, R., Hortobágyi, T., & Granacher, U. (2015). Dose–Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *45*(12), 1693–1720. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0385-9>
- Clark, B. C., Manini, T. M., Hoffman, R. M., Williams, P., Guiler, M. E., Knutson, M., McGlynn, M. L., & Kushnick, M. R. (2011). Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *21*(5), 653–662. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01100.x>
- Damas, F., Libardi, C. A., & Ugrinowitsch, C. (2018). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *European Journal of Applied Physiology*, *118*(3), 485–500. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3792-9>
- DePhillipo, N. N., Kennedy, M. I., Aman, Z. M., Bernhardson, A. S., O’Brien, L., & LaPrade, R. F. (2018). Blood Flow Restriction Therapy After Knee Surgery: Indications, Safety Considerations, and Postoperative Protocol. *Arthroscopy Techniques*, *7*(10), e1037–e1043. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2018.06.010>
- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003). Maximal Strength Testing in Healthy Children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *17*(1), 162. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017)

- Fragala, M. S., Cadore, E. L., Dorgo, S., Izquierdo, M., Kraemer, W. J., Peterson, M. D., & Ryan, E. D. (2019). Resistance Training for Older Adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(8), 2019–2052.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003230>
- Freitas, E. D., Karabulut, M., & Bembem, M. G. (2021). The Evolution of Blood Flow Restricted Exercise. *Frontiers in Physiology*, 12.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2021.747759>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., LaMonte, M. J., Lee, I., Nieman, D. C., & Swain, D. P. (2011). Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–1359.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213fefb>
- Grønfældt, B. M., Nielsen, J., Mieritz, R. M., Lund, H., & Aagaard, P. (2020). Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(5), 837–848. <https://doi.org/10.1111/sms.13632>
- Heitkamp, H. C. (2015). Training with blood flow restriction. Mechanisms, gain in strength and safety. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(5), 446-456.
- Iida, H., Kurano, M., Takano, H., Kubota, N., Morita, T., Meguro, K., Sato, Y., Abe, T., Yamazaki, Y., Uno, K., Takenaka, K., Hirose, K., & Nakajima, T. (2007). Hemodynamic and neurohumoral responses to the restriction of femoral blood

- flow by KAATSU in healthy subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 100(3), 275–285. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0430-y>
- Kubo, K., Komuro, T., Ishiguro, N., Tsunoda, N., Sato, Y., Ishii, N., Kanehisa, H., & Fukunaga, T. (2006). Effects of Low-Load Resistance Training with Vascular Occlusion on the Mechanical Properties of Muscle and Tendon. *Journal of Applied Biomechanics*, 22(2), 112–119. <https://doi.org/10.1123/jab.22.2.112>
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Aihara, A. Y., Fernandes, A., Parcell, A. C., Ricard, M., & Tricoli, V. (2008). Effects of Strength Training and Vascular Occlusion. *International Journal of Sports Medicine*, 29(08), 664–667. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989405>
- León, H. H., Melo, C. M., & Ramírez, J. (2012). Role of the myokines production through the exercise. *Journal of Sport and Health Research*, 4(2), 157–166.
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., Damas, F., Libardi, C. A., & Roschel, H. (2018). Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 361–378. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y>
- Loenneke, J. P., Abe, T., Wilson, J. R., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A., Rossow, L. M., & Bemben, M. G. (2012). Blood flow restriction: An evidence based progressive model (Review). *Acta Physiologica Hungarica*, 99(3), 235–250. <https://doi.org/10.1556/aphysiol.99.2012.3.1>
- Loenneke, J. P., Kearney, M. L., Thrower, A. D., Collins, S. P., & Pujol, T. J. (2010). The Acute Response of Practical Occlusion in the Knee Extensors. *Journal of*

Strength and Conditioning Research, 24(10), 2831–2834.

<https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181f0ac3a>

Loenneke, J. P., & Pujol, T. J. (2009). The Use of Occlusion Training to Produce Muscle Hypertrophy. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3), 77–84.

<https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e3181a5a352>

Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Marín, P. J., Zourdos, M. C., & Bemben, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1849–1859. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2167-x>

Lorenz, D. F., Bailey, L., Wilk, K. E., Mangine, R. E., Head, P., Grindstaff, T. L., & Morrison, S. (2021). Blood Flow Restriction Training. *Journal of Athletic Training*, 56(9), 937–944. <https://doi.org/10.4085/418-20>

Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., De Souza, E. L., Machado, M., Dudeck, J. E., & Wilson, J. M. (2014). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(4), 317–321.

<https://doi.org/10.1111/cpf.12099>

Madarame, H., Neya, M., Ochi, E., Nakazato, K., Sato, Y., & Ishii, N. (2008). Cross-Transfer Effects of Resistance Training with Blood Flow Restriction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 258–263.

<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815c6d7e>

Manimmanakorn, A., Hamlin, M. J., Ross, J. J., Taylor, R. W., & Manimmanakorn, N. (2013). Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes.

Journal of Science and Medicine in Sport, 16(4), 337–342.

<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.08.009>

Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood Flow Restricted Exercise and Skeletal

Muscle Health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(2), 78–85.

<https://doi.org/10.1097/jes.0b013e31819c2e5c>

Moritani, T., Sherman, W. M., Shibata, M., Matsumoto, T., & Shinohara, M. (1992).

Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(6), 552–556.

<https://doi.org/10.1007/bf00843767>

Nakajima, T. Y., Morita, T., & Sato, Y. (2011). Key considerations when conducting

KAATSU training. *International Journal of Kaatsu Training Research*, 7(1), 1–

6. <https://doi.org/10.3806/ijkr.7.1>

Norton, K., & Eston, R. G. (2018). *Kinanthropometry and Exercise Physiology: Volume*

One: Anthropometry. <https://doi.org/10.4324/9781315385662>

Patterson, S. D., & Ferguson, R. B. (2010). Increase in calf post-occlusive blood flow

and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. *European Journal of Applied Physiology*, 108(5),

1025–1033. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1309-x>

Patterson, S. D., & Ferguson, R. B. (2011). Enhancing Strength and Postocclusive Calf

Blood Flow in Older People With Training With Blood-Flow Restriction.

Journal of Aging and Physical Activity, 19(3), 201–213.

<https://doi.org/10.1123/japa.19.3.201>

Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S. A., Burr, J. F., Scott, B. R., Owens, J. G.,

Abe, T., Nielsen, J., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C.,

- Martín-Hernández, J., & Loenneke, J. P. (2019). Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in Physiology, 10*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
- Pollock, M. L., Gaesser, G. A., Butcher, J. D., Després, J., Dishman, R. K., Franklin, B. A., & Garber, C. E. (1998). ACSM Position Stand: The Recommended Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 30*(6), 975–991. <https://doi.org/10.1097/00005768-199806000-00032>
- Ratamess, N., Alvar, B. A., Evetoch, T. K., & Kraemer, W. J. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults [ACSM position stand]. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 41*
- Schoenfeld, B. J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181e840f3>
- Schoenfeld, B. J. (2016). Science and Development of Muscle Hypertrophy. *Human Kinetics*. <https://doi.org/10.5040/9781492595847>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research, 31*(12), 3508–3523. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002200>
- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2015). Exercise with Blood Flow Restriction: An Updated Evidence-Based Approach for Enhanced

Muscular Development. *Sports Medicine*, 45(3), 313–325.

<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0288-1>

Shimizu, R., Hotta, K., Yamamoto, S., Matsumoto, T., Kamiya, K., Kato, M., Hamazaki, N., Kamekawa, D., Akiyama, A., Kamada, Y., Tanaka, S., & Masuda, T. (2016). Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. *European Journal of Applied Physiology*, 116(4), 749–757. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3328-8>

Shinohara, M., Kouzaki, M., Yoshihisa, T., & Fukunaga, T. (1997). Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(1–2), 189–191. <https://doi.org/10.1007/s004210050319>

Sieljacks, P., Matzon, A., Wernbom, M., Ringgaard, S., Vissing, K., & Overgaard, K. (2016). Muscle damage and repeated bout effect following blood flow restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 116(3), 513–525. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3304-8>

Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H., & Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 107–112. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.09.009>

Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(12), 2035–2039. <https://doi.org/10.1097/00005768-200012000-00011>

- Tipton, K. D., & Wolfe, R. R. (2004). Protein and amino acids for athletes. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 65–79. <https://doi.org/10.1080/0264041031000140554>
- Wilkinson, S. T., Tarnopolsky, M. A., Grant, E. C., Correia, C. E., & Phillips, S. M. (2006). Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. *European Journal of Applied Physiology*, 98(6), 546–555. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0300-z>
- Yasuda, T., Abe, T., Sato, Y., Midorikawa, T., Kearns, C. F., Inoue, K., Ryushi, T., & Ishii, N. (2005). Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *International Journal of Kaatsu Training Research*, 1(2), 65–70. <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.65>
- Yasuda, T., Fukumura, K., Fukuda, T., Iida, H., Imuta, H., Sato, Y., Yamasoba, T., & Nakajima, T. Y. (2014). 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. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01489.x>
- Yasuda, T., Meguro, M., Sato, Y., & Nakajima, T. (2017). Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey in 2016. *International Journal of Kaatsu Training Research*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.3806/ijktr.13.1>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1873-8>

Zeng, Z., Centner, C., Gollhofer, A., & König, D. (2019). Blood-Flow-Restriction Training: Validity of Pulse Oximetry to Assess Arterial Occlusion Pressure. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1408–1414. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0043>

7. ANEXOS

- | SÍ | NO | |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 1. ¿Alguna vez su médico le ha indicado que usted tiene un problema cardiovascular, y que solamente puede llevar a cabo ejercicios o actividad física si lo refiere un médico. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 2. ¿Sufre de dolores frecuentes en el pecho cuando realiza algún tipo de actividad física? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 3. ¿En el último mes, le ha dolido el pecho cuando no estaba haciendo actividad física? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 4. ¿Con frecuencia pierde el equilibrio debido a mareos, o alguna vez ha perdido el conocimiento? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 5. ¿Tiene problemas en los huesos o articulaciones (por ejemplo, en la espalda, rodillas o cadera) que pudiera agravarse al aumentar la actividad física? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 6. ¿Al presente, le receta su médico medicamentos (por ejemplo, pastillas de agua) para la presión arterial o problemas con el corazón? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 7. ¿Existe <u>alguna otra razón</u> por la cual no debería participar en un programa de actividad física? |

Figura 4. Cuestionario de salud

CONSENTIMIENTO INFORMADO GENERAL

Fecha _____

Yo _____, con documento de identidad _____ certifico que he sido informado con claridad y veracidad respecto al ejercicio académico que el estudiante _____ me ha invitado a participar, que actúo consecuente, libre y voluntariamente como colaborador, contribuyendo a este procedimiento de forma activa. Soy conocedor de la autonomía suficiente que poseo para retirarme u oponerme al ejercicio académico, cuando lo estime conveniente y sin necesidad de justificación alguna.

Estudiante de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Documento de identidad _____

Paciente

Documento de identidad _____

Firmado:

Figura 5. Consentimiento informado de los participantes