

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE**

**EFFECTOS AGUDOS DE UN ENTRENAMIENTO DE FUERZA DE MIEMBRO SUPERIOR CON UNA INTENSIDAD DEL 80% RM Y UN 40% DE PÉRDIDA DE VELOCIDAD SOBRE LA TENSIÓN ARTERIAL EN SUJETOS JÓVENES NORMOTENSOS**

**ACUTE EFFECTS OF UPPER BODY RESISTANCE TRAINING WITH 80%RM INTENSITY AND 40% VELOCITY LOSS ON BLOOD PRESSURE IN YOUNG NORMOTENSIVE SUBJECTS**



**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

**Autor:** Antonio Pozo García

**Titulación:** Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

**Convocatoria:** Mayo 2022

**Director:** Manuel Antonio Rodríguez Pérez

**Codirector:** Andrés Baena Raya

# Índice

Introducción y justificación.....	1
Metodología.....	5
Diseño del estudio .....	5
Aspectos éticos .....	6
Participantes.....	7
Procedimientos .....	8
Intervención .....	9
Análisis estadístico .....	11
Resultados.....	12
Discusión .....	14
Aplicaciones prácticas .....	18
Conclusión.....	18
Referencias .....	19
Anexos.....	25

## **Resumen**

**Introducción:** La hipertensión arterial (HTA) es un fenómeno multifactorial relacionado con los hábitos de vida que provoca desajustes metabólicos y hormonales. El ejercicio físico, más concretamente el entrenamiento de fuerza, es considerado una recomendación efectiva para combatir la HTA. Sin embargo, existe ambigüedad sobre si un entrenamiento de intensidad vigorosa de miembro superior puede elevar los valores de tensión arterial (TA).

**Objetivo:** Conocer los efectos agudos de un entrenamiento de fuerza de intensidad alta (80% 1RM) en ejercicios de press de banca y remo en banco con un 40% de pérdida de velocidad (cercano al fallo muscular) sobre la tensión arterial (sistólica y diastólica) en sujetos jóvenes normotensos.

**Método:** 12 hombres (edad  $25,7 \pm 4,7$  años y peso  $76 \pm 8,8$  kg) y 12 mujeres (edad  $24,7 \pm 5,6$  años y peso  $62,2 \pm 10,8$  kg) físicamente activos realizaron un entrenamiento de fuerza con 3 series para ambos ejercicios (press banca y remo en banco) con una intensidad del 80% 1RM y una pérdida de velocidad del 40%. Se evaluó previamente la relación carga-velocidad para conocer individualmente el %RM. Se midió la TA antes y 5 minutos después de finalizar el entrenamiento.

**Resultados:** No se encontraron diferencias significativas en los valores de TA (sistólica y diastólica) tras realizar el entrenamiento de fuerza ni en hombres ni en mujeres ( $p > 0,05$ ).

**Conclusiones:** El entrenamiento de fuerza puede considerarse seguro en sujetos jóvenes para la TA independientemente de la zona del cuerpo entrenada y la intensidad utilizada. Este trabajo puede contribuir a futuras investigaciones y a la prescripción de ejercicio físico para combatir la HTA.

**Palabras clave:** tensión arterial, entrenamiento de fuerza, fallo muscular, alta intensidad, miembros superiores.

## **Abstract**

**Introduction:** Arterial hypertension (AHT) is a multifactorial phenomenon related to lifestyle habits and causes metabolic and hormonal imbalances. Physical exercise, more specifically resistance training, is considered an effective recommendation to combat hypertension. However, whether vigorous intensity upper body training can raise blood pressure (BP) values is yet to be clearly established.

**Objective:** To determine the acute effects of high-intensity resistance training (80% 1RM) in the bench press and bench rowing exercises with a velocity loss of 40% (close to muscle failure) on blood pressure in normotensive young subjects.

**Methods:** 12 physically active men (age  $25.7 \pm 4.7$  years and weight  $76 \pm 8.8$  kg) and 12 women (age  $24.7 \pm 5.6$  years and weight  $62.2 \pm 10.8$  kg) performed resistance training with 3 sets for both exercises (bench press and prone bench pull) with an intensity of 80% 1RM and 40% loss of velocity. The load-velocity relationship was previously evaluated to know the individual %RM. The BP was measured before and 5 minutes after training.

**Results:** No significant differences were found in the values of BP (systolic and diastolic) after resistance training in either men or women ( $p > 0.05$ ).

**Conclusions:** Resistance training can be considered safe in young subjects for BP regardless of the area of the body trained and the intensity used. This work may contribute to further researches and to the prescription of physical exercise to combat AHT.

**Key words:** blood pressure, arterial hypertension, resistance training, muscle failure, high intensity, upper limbs.

## **Introducción y justificación.**

El sistema cardiovascular (SCV) es el encargado de suministrar sangre a todas las partes del cuerpo y está formado por el corazón y una red de venas y arterias que recorren el cuerpo humano (San Mauro, 2013). El corazón está formado a su vez por cuatro cavidades responsables del flujo sanguíneo y el intercambio de oxígeno con los pulmones: aurícula derecha e izquierda y ventrículo derecho e izquierdo (Alexánder Rosas, 2014). El corazón late en torno a 60-100 pulsaciones por minuto. Conocida como frecuencia cardíaca (FC), ésta modifica la cantidad de sangre expulsada hacia todo el cuerpo, denominado gasto cardíaco (Derrickson, 2013) Otra variable fundamental en el SCV es la tensión arterial (TA), que se conoce como la presión que ejerce la sangre sobre las arterias y tiene dos valores: una tensión arterial sistólica (TAS), cuando el ventrículo izquierdo bombea la sangre y una tensión arterial diastólica (TAD) cuando el ventrículo izquierdo se llena. Cuantificadas en milímetros de mercurio (mmHg), estas variables son monitorizadas mediante un esfigmomanómetro (Flack & Adekola, 2020). Los valores normales de la TAS oscilan entre 100 y 139 y de la TAD entre 60 y 89 en mayores de 18 años, existiendo entre estos valores una clasificación: para valores entre 100 y 120 mmHg de TAS y 60-80 de TAD se cataloga como una TA óptima para todo tipo de población, cuando los valores de TAS y TAD se encuentran entre 120-130 y 80-84 respectivamente, se denomina TA normal, y con valores comprendidos entre 130-139 TAS y 84-89 TAD se cataloga como TA normal-alta (Pescatello et al., 2004; Weber et al., 2014). La hipertensión arterial (HTA) es diagnosticada cuando estos valores sobrepasan los 139 mmHg TAS y 89 mmHg TAD y se conoce como un fenómeno multifactorial que provoca cambios en el SCV (pérdida de elasticidad en las arterias y mayor trabajo del corazón), desajustes metabólicos y hormonales (daño y desequilibrio renal, prevalencia de diabetes, etc) (Mota et al., 2013). De hecho, está considerado uno de los principales factores de riesgo para padecer accidentes cardiovasculares y enfermedades relacionadas (Noone et al., 2020; Weber et al., 2014). Pese a desconocer sus posibles causas específicas, se ha relacionado con numerosos factores en la actualidad: 1. No modificables: genética (familiar de primer grado con HTA), sexo (los hombres tienen más predisposición que las mujeres a desarrollar HTA) o edad; 2. Modificables: sobrepeso y obesidad, estilo de vida sedentario y de consumo de alcohol.

En la actualidad, las principales estrategias utilizadas para reducir los niveles de TA en pacientes con HTA son el tratamiento farmacológico (diuréticos, betabloqueadores,

etc) (Narkiewicz, 2006; Williams et al., 2018) y la modificación de hábitos y estilo de vida (dieta saludable, reducción del alcohol y sodio en las comidas, reducción de peso y grasa corporal y prescripción de ejercicio físico) (Jurik & Stastny, 2019; Williams et al., 2018). Referente al ejercicio físico y HTA, el entrenamiento aeróbico (EA) es el tipo de ejercicio más recomendado para pacientes con hipertensión (Weber et al., 2014). Así, la principal evidencia científica recoge que un EA moderado con una frecuencia de 5-7 días a la semana y una exposición gradual de 30 a 300 minutos de duración (Williams et al., 2018) favorece la reducción aguda de los valores de TA post ejercicio (hipotensión) (Pescatello. et al., 2015), mientras que, a nivel crónico, parece reducir la TA en normotensos y sujetos con HTA (Pescatello et al., 2004). Del mismo modo, el entrenamiento de fuerza (EF) también aparece como un método de entrenamiento efectivo para producir una disminución aguda y crónica de la TA (Carpio-Rivera et al., 2016; Oliver-Martínez et al., 2020) en jóvenes, adultos y mayores (Okamoto et al., 2018), así como en normotensos e hipertensos (De Sousa et al., 2017; Guillem et al., 2020), tanto con ejercicios dinámicos (concéntrica-excéntrica) como isométricos (Carlson et al., 2014).

Una de las variables que determinan los efectos agudos y adaptaciones al entrenamiento de fuerza es la intensidad, definida como el grado de esfuerzo desarrollado al realizar el ejercicio en la primera repetición (grado de actividad muscular necesaria para oponerse a una resistencia externa) (González-Badillo, 2021). Tradicionalmente, la intensidad ha sido definida como un porcentaje de la repetición máxima (máxima carga externa que el sujeto puede desplazar una única vez, 1RM). Así, encontramos distintas intensidades utilizadas en estudios previos: para intensidades bajas (40-50% 1RM) y moderadas (55-65% 1RM) producen cambios positivos en la TA y en rigidez arterial, siendo seguro el EF con estas intensidades (García-Mateo et al., 2020; Okamoto et al., 2018). Sin embargo, la evidencia respecto al uso de intensidades altas (75-85% 1RM) parece ser inconsistente. Por ejemplo, trabajos con intensidades altas reportan resultados positivos como reducción de la TA tras semanas de entrenamiento (Heffernan et al., 2009; Taaffe et al., 2007) y reducción de la TAS en 10 mmHg a nivel crónico (Beck et al., 2013), incluso un metaanálisis de Cornelissen & Smart. (2013) concluyó que los valores de TA no se modificaban significativamente con intensidades altas. Sin embargo, en el trabajo de Lefferts et al. (2015) se encontraron elevados en TAS braquial (tomada en brazo) y TAS carótida (tomada en el cuello) y en valores relacionados con rigidez arterial.

Estos valores pueden deberse a que en el EF con intensidades altas, se elevan la norepinefrina en sangre (Okamoto et al., 2009) y por la técnica de “*Valsalva*” (maniobra que consiste en aguantar la exhalación durante un esfuerzo máximo), por lo que ambos fenómenos pueden aumentar la TA y la actividad del sistema simpático (J. MacDougall et al., 1985; J. MacDougall et al., 1992). Estudios con similares intensidades se han realizado con número alto de repeticiones llegando hasta el fallo muscular, aportando resultados heterogéneos. Augustine et al. (2014) y Okamoto et al. (2014) encontraron resultados significativamente positivos en TA y rigidez arterial, pero Cortez-Cooper et al. (2005) obtuvieron que la TAS y valores de rigidez arterial se elevaron tras el entrenamiento de fuerza de 11 semanas. A destacar, se han obtenido valores más altos de TA y rigidez arterial tras realizar un entrenamiento de fuerza centrado en la parte superior del cuerpo comparado con otro enfocado en la parte inferior (García-Mateo et al., 2020; Li et al., 2015; Okamoto et al., 2009).

Hasta el momento, los protocolos diseñados en la literatura han definido la intensidad en % de 1RM o con números de repeticiones máximas, por ejemplo 8 repeticiones máximas con un peso determinado (8RM). Sobre el volumen de entrenamiento, se han establecido números fijos de repeticiones para todos los participantes, oscilando este número de 8 hasta 23 repeticiones en los protocolos de las intervenciones. Los ejercicios utilizados en estos protocolos han sido variados, encontrando protocolos con ejercicios tanto de miembro inferior (prensa de piernas, curl femoral, sentadilla, extensión de rodilla, etc) como de miembro superior (press de hombros, press de banca, remos/tracciones, curl de bíceps, extensión de tríceps, etc) (De Sousa et al., 2017; García-Mateo et al., 2020; Oliver-Martínez et al., 2020).

Una limitación importante que encontramos en la evidencia previa con TA y HTA es la evaluación y cuantificación de la intensidad en el EF. Así, los métodos de cuantificación de la intensidad nombrados anteriormente pueden presentar diversos inconvenientes: 1. Desajuste en el tiempo del porcentaje teórico: el valor de la RM no es siempre el mismo, puede cambiar según el estado del deportista o por la mejora en el transcurso de las sesiones de entrenamiento (González Badillo, 2021). 2. Realizar una RM para conocer el valor 1RM provoca en el sujeto una alta fatiga, pudiendo ser contraproducente para su rendimiento y necesitará descanso para recuperarse (González-Badillo, 2017). Del mismo modo, la prescripción del volumen en el EF (número de series

y repeticiones) empleada en estudios previos puede presentar una limitación destacable, puesto se ha demostrado recientemente que realizar el mismo número de repeticiones con una determinada carga no implica que se esté entrenando con la misma intensidad relativa y equiparando el grado de esfuerzo, puesto que existe una variabilidad interindividual significativa respecto al máximo número de repeticiones que un sujeto puede realizar ante una intensidad relativa determinada (González-Badillo et al., 2011). Por ejemplo, González-Badillo et al. (2017) comprobaron el máximo número de repeticiones posibles que se hacía con cargas relativas equivalentes al 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 y 85% de la 1RM, encontrando un amplio rango de repeticiones realizado por distintos sujetos ante una misma carga relativa. A destacar, realizaron entre 19.9 y 31.5 repeticiones con el 50% RM, lo que implica una diferencia porcentual del 58% entre el valor mínimo y máximo.

En los últimos años, encontramos numerosos estudios que pretenden evaluar el 1RM y hallar la carga correspondiente a las diferentes intensidades relativas con la mayor precisión posible. Así, se ha estudiado la relación carga-velocidad de numerosos ejercicios como la sentadilla (Sánchez-Medina et al., 2017), prensa de pierna (Conceição et al., 2016), peso muerto (Benavides-Ubric et al., 2020), dominadas (Silva et al., 2011), remo en banco (García-Ramos et al., 2019) y press de banca (J. J. González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Estos estudios han establecido una relación entre la carga relativa y la velocidad a la que se desplaza dicha carga. De este modo, conocemos que cada % 1RM tiene una velocidad asociada, lo que permite determinar la intensidad correspondiente a la carga de entrenamiento de manera sencilla y rigurosa sin necesidad de someterlo a un esfuerzo máximo. Otro aspecto relevante estudiado en dicha temática es la acumulación de fatiga durante el EF. Así, estudios recientes muestran un descenso paulatino de la velocidad de desplazamiento a medida que aumenta el número de repeticiones realizadas durante el EF. Esta pérdida de velocidad (PV) se asocia directamente con un incremento de la fatiga hormonal y metabólica (mayor concentración de lactato y amonio). Por tanto, cuando el número de repeticiones realizadas es mayor, el % de PV también es superior (González-badillo et al., 2011; Sanchez-Medina & González-Badillo, 2009). Además, estas investigaciones compararon la respuesta aguda ante diferentes esfuerzos (20% vs 40% PV), encontrando una fatiga hormonal y metabólica significativamente superior tras la pérdida de velocidad del 40%, en la cual realizaban un mayor número de repeticiones por serie (esfuerzo más cercano al máximo posible con dicha carga). Estos hallazgos podrían servir de referencia para abordar las

principales limitaciones encontradas en los protocolos de EF en TA (prescripción de la intensidad de manera precisa y cuantificación y equiparación de esfuerzos durante el EF a partir del uso de % de PV en la serie).

Considerando la falta de evidencia consistente en torno al efecto agudo del EF con intensidades altas sobre la TA, así como las limitaciones en la prescripción de intensidad y volumen del EF en dichas intervenciones, implementar la velocidad de ejecución en el EF podría ayudar a definir con claridad la programación de dichas variables de manera individualizada y precisa. Por ello, el objetivo del presente estudio es conocer los efectos agudos de un entrenamiento de fuerza de intensidad alta (80% 1RM) en ejercicios de press de banca y remo en banco con un 40% de pérdida de velocidad (cercano al fallo muscular) sobre la tensión arterial en sujetos jóvenes normotensos.

## **Metodología**

### **Diseño del estudio**

Se llevó a cabo un estudio experimental con 24 sujetos (12 mujeres y 12 hombres) jóvenes normotensos que se sometieron a un entrenamiento de fuerza de tren superior con los ejercicios de press de banca y remo con una intensidad relativa del 80% de la 1RM y una pérdida de velocidad del 40%. El estudio tuvo una duración de 2 sesiones de 90 minutos cada una, separadas entre sí por 48-72 horas.

- **Sesión 1:** Tras realizar el calentamiento correspondiente (detallado posteriormente), los sujetos llevaron a cabo una familiarización con los ejercicios de press de banca y remo en banco. En ambos ejercicios se realizaron dos series en cada ejercicio, con cuatro repeticiones cada una de las series. La carga de estas dos series fue de 14 y 20kg para las mujeres y de 20 y 30kg para los hombres. Se les pidió que realizaran la fase concéntrica del ejercicio lo más rápido posible en cada una de las repeticiones. Posteriormente, se estableció la relación carga-velocidad de cada ejercicio para estimar de manera precisa la 1RM individual.
- **Sesión 2:** Se realizó el entrenamiento con el 80% de la 1RM relativo de cada sujeto en el ejercicio de remo (3 series) y press de banca (3series). Al principio de la sesión se le realizó la evaluación de tensión arterial que constaba de tres tomas a cada uno de los sujetos. Previo a la evaluación, los sujetos permanecieron en

reposo durante 5 minutos sin hablar y sentados con el brazo izquierdo apoyado sobre la mesa. Al finalizar, tras 5 minutos de reposo sentados en una silla sin hablar, se les realizaron otras 3 evaluaciones, estas evaluaciones nos aportados tres valores de TAS y TAD. Tras la evaluación de la TA, se llevó a cabo el calentamiento y seguidamente se comenzó con el entrenamiento.

En ambos días se les pidió a los sujetos los siguientes requisitos para llevar a cabo las sesiones:

1) No haber realizado ningún entrenamiento tanto aeróbico como de fuerza de intensidad moderada-vigorosa 12 horas previas de cada sesión.

2) No fumar hasta 3 horas antes de cada sesión.

3) No haber consumido caféina o ningún producto que la contenga hasta 8 horas antes de cada sesión.

4) No haber realizado ninguna comida 3 horas antes de cada sesión.

### **Variables objeto de estudio**

*Variables dependientes:*

- Tensión arterial sistólica (TAS) y Tensión Arterial Diastólica (TAD).

*Variables independientes:*

- Carga absoluta (kg) y relativa (% RM) en los ejercicios de press de banca y remo en banco.
- Porcentaje de pérdida de velocidad en las series de entrenamiento (%PV).

### **Aspectos éticos**

Al inicio de la investigación se les explicó a los participantes detalladamente todo el protocolo. Se le indicó también que podían abandonar la intervención en cualquier momento sin dar ninguna explicación. El Comité de Bioética de Investigación Humana de la Universidad de Almería aprobó el estudio.

## Participantes

Los participantes de este estudio son estudiantes físicamente activos sin ningún tipo de condición clínica a nivel cardiovascular, con una experiencia de 2 a 3 años en el entrenamiento de fuerza. Se seleccionó una muestra de 12 hombres y 12 mujeres, reclutados a través de la Universidad de Almería. Los participantes firmaron un consentimiento en el que cual se le informó detalladamente sobre el procedimiento y los riesgos y beneficios de la investigación. Además, se les informó de la posibilidad de abandonar el estudio en cualquier momento sin dar explicaciones (Anexo 1).

Los criterios de inclusión fueron (Anexo 3):

1. Tener entre 18 y 45 años,
2. Tener 1 año de experiencia en el entrenamiento de fuerza,
3. No haber sufrido ninguna cirugía osteomuscular en los últimos 12 meses,
4. No haber sufrido ninguna lesión osteomuscular en los últimos 4 meses,
5. No padecer ninguna patología que tenga desaconsejada el ejercicio físico,
6. No sufrir ninguna condición clínica del sistema cardiovascular.

Como método de cegamiento del investigador, los participantes crearon un código individual aleatorio a partir de fechas de nacimiento de él y de un familiar. De esta manera se evitó cualquier sesgo por parte del investigador a la hora de analizar los datos. (Anexo 2)

**Tabla 1. Características de los sujetos (MEDIA± DE).**

<b>Variable</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>
Edad (años)	25,75 ± 4,69	24,75 ± 5,65
Altura (m)	1,73 ± 0,07	1,67 ± 0,07
Peso (kg)	76,04 ± 8,85	62,20 ± 10,81
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,37 ± 2,24	22,17 ± 3,28
1RM Press banca (kg)	79,54 ± 18,20	41,84 ± 10,43
1RM Remo banco (kg)	74,82 ± 13,29	43,46 ± 8,20

DE, desviación estándar; m, metros; kg, kilogramos; IMC, índice de masa corporal; 1RM, Repetición máxima.

## **Procedimientos**

Los participantes asistieron al laboratorio de la Universidad de Almería en dos ocasiones para realizar las dos sesiones correspondientes: la primera sesión para tomar los datos de peso, altura y evaluar la relación carga-velocidad individual de ambos ejercicios, y la segunda para el entrenamiento correspondiente.

### **Test de cargas progresivas para estimar la 1RM**

Se realizó una relación carga-velocidad para estimar el 1RM en los ejercicios de remo y press de banca. Esta prueba consistió en una progresión de 4-5 cargas de más baja (30%RM aproximadamente) a más alta (80%RM aproximadamente) en las que se medía la velocidad media (VM) de desplazamiento de la barra.

En el ejercicio de press de banca, para las velocidades superiores a 1m/s VM (entorno a la carga del 45%RM) los incrementos de carga fueron de 5kg y, una vez conseguido velocidades inferiores a 1 m/s, los incrementos fueron de 2,5kg. Una vez alcanzadas velocidades cercanas a 0,60 m/s, se ajustó con incrementos de 0,5-1,5kg para que la última carga realizada fuera en torno a 0,48 m/s, carga correspondiente al 80% de la RM en el ejercicio de press de banca siguiendo la ecuación general de González-Badillo & Sánchez-Medina. (2010). Los sujetos realizaron 3 repeticiones para cargas bajas-moderadas (velocidades superiores a 0,6 m/s) y 1-2 repeticiones para cargas altas (inferiores a 0,6 m/s).

Para el ejercicio de remo, en velocidades superiores a 1,14 m/s VM (correspondientes a cargas entre 45-50% 1RM) los incrementos de carga fueron de 5kg y, una vez conseguidas velocidades inferiores a 1,14 m/s, los incrementos fueron de 2,5kg, hasta llegar a velocidades cercanas a 0,80 m/s. A partir de ahí, los incrementos fueron de 0,5-1,5kg hasta ajustar que la última carga realizada sea entorno a 0,70 m/s, carga correspondiente al 80% de la 1RM del ejercicio de remo en banco correspondiente a la ecuación general del trabajo de García-Ramos et al., (2019). Los sujetos realizaron 3 repeticiones para cargas bajas-moderadas (velocidades superiores a 1,14 m/s) y 1-2 repeticiones para cargas altas (inferiores a 0,80m/s).

Por último, se usó el método de dos puntos de García-Ramos et al. (2018) para determinar la 1RM individual. Este método consiste en tomar dos cargas distantes (una baja y otra alta) y preferiblemente cercanos a los puntos de interés, en este caso 80%RM. A través de este procedimiento obtenemos la ecuación individual para conocer a qué velocidad se mueve cada % de RM individual.

## **Evaluación de Tensión Arterial**

Se evaluó la tensión arterial mediante un tensiómetro (Omron Healthcare, Japón). El procedimiento de la evaluación fue el siguiente:

Los sujetos se sentaron en una silla para reposar durante 5 minutos. Durante este tiempo el participante no podía hablar y debía mantener el brazo izquierdo apoyado sobre una mesa. En caso de tener reloj, se debió quitar para la evaluación. Se evitó que los sujetos tuviesen las piernas cruzadas. El manguito del tensiómetro se colocó en la parte superior del brazo (zona del bíceps) dejando entre 2 y 3 cm de espacio entre la fosa cubital. El cable debía coincidir con la arteria braquial. La evaluación nos proporcionó dos valores: TAS y TAD. Este proceso se realizó en tres ocasiones para obtener tres resultados de cada variable. Esta evaluación se hizo antes y después del protocolo de entrenamiento.

## **Intervención**

### **Calentamiento**

#### a) Calentamiento general:

Los participantes hicieron carrera continua en pista durante 5 minutos con una intensidad de percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) de 5-6 sobre 10.

La movilidad articular consistió en los siguientes ejercicios:

1. Cat-camel: ejercicio sobre cuadrupedia cuyo objetivo es darle movilidad a la columna vertebral, en el cual se realizan flexo-extensión de columna acompañado de retroversión y anteversión de cadera.
2. Movilidad torácica: ejercicio sobre cuadrupedia cuyo objetivo es darle movilidad al complejo de la caja torácica. Colocado en posición de

cuadrupedia y con una mano apoyada en la parte de atrás de la cabeza, se dirige la zona del pecho hacia fuerza, expandiendo la caja torácica.

3. Movilidad de hombro: circunducción hacia delante y atrás.
4. Flexión-extensión de hombro
5. Abducción-Aducción de hombro

b) Calentamiento específico:

El calentamiento específico consistió en 2 series del ejercicio de press de banca: la primera serie con una carga relativa al 45% RM. Para ello se buscaron cargas que oscilaran 1 m/s de VM. La segunda serie tenía como objetivo trabajar con el 60% RM, buscando cargas con una VM de 0,80 m/s.

### **Ejercicio 1: Press de Banca.**

El ejercicio se realizó en una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, Murcia, España), garantizando así el desplazamiento lineal de la barra. Esta verticalidad de la barra ayuda a que el dato de velocidad obtenida a través del encoder sea precisa y fiable (Pérez-Castilla et al., 2022). El ejercicio consiste en desplazar la barra mientras el sujeto está tumbado en un banco boca arriba. El sujeto comienza sosteniendo la barra con los brazos completamente extendidos. Desde esa posición, a la señal del evaluador, el sujeto realiza la bajada hacia el cuerpo (fase excéntrica), donde espera durante un segundo (barra apoyada a la altura del esternón) hasta que el investigador indica la señal auditiva para realizar la fase concéntrica del ejercicio a la máxima velocidad posible (empujar la barra para alejarla del cuerpo).

*Figura 1. Ejercicio de press de banca.*



## **Ejercicio 2: Remo en banco.**

El ejercicio también se realizó en una máquina Smith (Multipower Fitness Line, Peroga, Murcia, España) y consiste en traccionar una barra mientras el sujeto está tumbado en un banco boca abajo. El ejercicio comienza con la barra de la multipower apoyada en los soportes de la máquina, donde el sujeto espera la indicación de comenzar la fase concéntrica (subir la barra). Una vez la barra toca el banco, se produce la fase excéntrica y finalización de repetición. Se le indicó realizar la fase concéntrica lo más rápido posible.

*Figura 2. Ejercicio de remo en banco.*



## **Análisis estadístico**

Se usó un análisis descriptivo para el cálculo de la media y desviación estándar de las variables edad, altura, peso, IMC, 1RM press banca y 1RM remo en banco. Para evitar confusiones o contaminación de los datos por la variable género a la hora de realizar todo el análisis estadístico, se diferenciaron dos grupos (hombres y mujeres). Puesto que la muestra era de 12 sujetos por cada grupo, se comprobó la distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ).

Para comprobar las posibles diferencias entre los datos de TAS y TAD tomados antes y después del entrenamiento se compararon las medias mediante el análisis T Student para muestras relacionadas. Para examinar la magnitud de las diferencias entre

los datos tomados antes y después del entrenamiento, se calcularon los tamaños del efecto de la  $d$  de Cohen ( $d$ ).

Se calcularon también la media y desviación estándar de las variables utilizadas en el entrenamiento (Velocidad de la 1° repetición, Intensidad (%RM) y pérdida de velocidad).

Además, y como variable secundaria, se comprobó si había diferencia significativa en el número de repeticiones realizado en los ejercicios de press de banca y remo en banco entre grupos para un mismo entrenamiento (40% pérdida de velocidad y 80% de 1RM).

Los datos fueron analizados a través del software Statistical Package for Social Sciences, versión 26 (IBM Statistics, Illinois, E.E.U.U.). Para todos los análisis estadísticos se establecieron un nivel de significación estadística de  $p < 0,05$ .

## Resultados

Principalmente mostramos los resultados obtenidos de las variables del entrenamiento diferenciadas entre hombres y mujeres. Coincidiendo en gran medida la intensidad y la pérdida de velocidad tanto dentro de un mismo grupo como entre ambos sexos (Tabla 2).

**Tabla 2. Media y desviación estándar de las variables del entrenamiento.**

	Hombres		Mujeres	
	Press de banca	Remo en banco	Press de banca	Remo en banco
Velocidad 1° rep	0,46 ± 0,03	0,76 ± 0,02	0,47 ± 0,03	0,72 ± 0,01
Intensidad	80,30% ± 2,90	80,19% ± 2,61	80,56% ± 2,02	81,88% ± 2,3
Pérdida de Vel.	40,02% ± 2,39	38,59% ± 1,58	38,81% ± 3,44	40,59% ± 2,24

Se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,002$ ) en la variable TAS\_pre entre hombres y mujeres. En cuanto a la TAD\_pre no se encontraron diferencias ( $p = 0,21$ ) entre ambos sexos (Tabla 3).

**Tabla 3. Comparación de medias entre hombres y mujeres de TAS y TAD inicial.**

	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b><i>d</i></b>	<b><i>p</i> valor</b>
<b>TAS</b>	116,27 ± 8,22	106,83 ± 6,40	1,28	0,002
<b>TAD</b>	65,05 ± 5,92	66,75 ± 4,45	0,32	0,21

Para la muestra de hombres (Tabla 4) se comprobaron las diferencias entre el pre y post entrenamiento de las variables TAS y TAS. Obteniendo por un lado TAS\_pre (116,27 ± 8,22) y TAD\_pre (65,05 ± 5,92) y por otro TAS\_post (117,66 ± 6,68) TAD\_post (64,61 ± 4,88).

Los tamaños del efecto de *d* de Cohen (*d*) fueron de 0,22 entre el pre y el post entrenamiento para la variable TAS. En la variable TAD el incremento tuvo un tamaño de 0,11 entre el pre y el post entrenamiento (ambos  $p > 0.05$ ).

La comparativa de medias entre la variable TAS tuvo como resultado un  $p = 0,46$  y para la variable TAD de  $p = 0,71$ , siendo ambas comparativas no significativas (superior al nivel de significación 0,05).

**Tabla 4. Comparación de medias de TAS y TAD en hombres.**

	<b>Hombres</b>			
<b>Variabes</b>	<b>Media PRE</b>	<b>Media POST</b>	<b><i>d</i></b>	<b><i>p</i>- valor</b>
TAS	116,27 ± 8,22	117,66 ± 6,68	0,22	0,46
TAD	65,05 ± 5,92	64,61 ± 4,88	0,11	0,71

En cuanto al análisis del grupo de mujeres (Tabla 5), en la variable TAS se obtuvieron una media de 106,83 ± 6,4 para TAS\_pre y de 108,36 ± 5,45 para TAS\_post con un tamaño del efecto (*d*) del 0,27. Sobre la variable TAD los valores de TAD\_pre fueron de una media de 66,74 ± 4,45 y de 69,38 ± 7,17 para TAD\_post, donde el tamaño del efecto fue  $d=0,45$ .

**Tabla 5. Comparación de medias de TAS y TAD en mujeres.**

<b>Mujeres</b>				
<b>Variab</b> les	<b>Media PRE</b>	<b>Media POST</b>	<b>d</b>	<b>P valor</b>
TAS	106,83 ± 6,40	108,36 ± 5,45	0,27	0,36
TAD	66,74 ± 4,45	69,38 ± 7,17	0,45	0,14

Secundariamente, se comparó el número de repeticiones entre hombres y mujeres en los ejercicios de press de banca y remo en banco (Tabla 6). En el ejercicio de press de banca los hombres realizaron una media de  $5,11 \pm 0,85$  repeticiones con el 80% RM y un 40% de PV, las mujeres consiguieron una media similar ( $5,14 \pm 1,32$ ), siendo esta diferencia entre sexos de 0,03, con un  $p = 0,09$  (siendo no significativa esta diferencia).

Para el ejercicio de remo en banco es donde podemos ver una diferencia notable: los hombres realizaron una media de  $12,55 \pm 2,06$  repeticiones, mientras que las mujeres llevaron a cabo  $15,44 \pm 3,62$  repeticiones, encontrando una diferencia de 2,88 repeticiones entre hombres y mujeres en el ejercicio de remo en banco. Esta diferencia fue levemente significativa según el análisis realizado ( $p$  valor = 0,04).

**Tabla 6. Comparación de medias del número de repeticiones según sexo.**

<b>Repeticiones</b>				
<b>Ejercicio</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Dif. de medias</b>	<b>P valor</b>
Press banca	$5,11 \pm 0,85$	$5,14 \pm 1,32$	0,03	0,09
Remo en banco	$12,55 \pm 2,06$	$15,44 \pm 3,62$	2,88	0,04

## **Discusión**

Este estudio se ha diseñado para evaluar el efecto agudo de un entrenamiento de fuerza de miembro superior con alta intensidad y con una pérdida de velocidad del 40% sobre la tensión arterial en sujetos jóvenes normotensos. Los principales hallazgos muestran que no existe modificación sustancial en ambas variables de la TA (TAS y TAD) tras realizar el entrenamiento de fuerza ni en hombres ni en mujeres. Otro aspecto que destacar es que sí existe una diferencia significativa de la variable TAS inicial entre hombre y mujeres.

Hoy en día, gracias a toda la literatura existente, se conocen las consecuencias del entrenamiento de fuerza al fallo muscular. Entre todas ellas, son destacables el estrés metabólico generado en el organismo, mayor daño muscular, mayor recuperación entre sesión e incluso la pérdida de rendimiento neuromuscular (Pareja-Blanco et al., 2017, 2020). En cuanto a la literatura que relaciona entrenamiento al fallo muscular y TA, aparecen trabajos con resultados similares a los nuestros. Por ejemplo, Heffernan et al. (2009) comprobaron los efectos crónicos de un programa de entrenamiento de fuerza cercano al fallo muscular en hombres de distinta raza no obteniendo diferencias significativas ni en rigidez arterial ni en TAS (TAS\_pre  $104,30 \pm 4,40$  y TAS\_post  $103,60 \pm 4,50$  para hombres caucásicos y TAS\_pre  $105,50 \pm 4,50$  y TAS\_post  $110,80 \pm 4,30$  en afroamericanos). Otro trabajo de Taaffe et al. (2007) con personas mayores redujo la TAD en 6 mmHg tras 20 semanas de entrenamiento de fuerza al fallo muscular (8 repeticiones máximas en ejercicios de miembro superior e inferior), dato muy relevante debido a que la TAD suele ser la variables más difícil de reducir entre la TAS y TAD en personas tanto normotensas como hipertensas (Williams et al., 2018). En efectos agudos encontramos el trabajo de Okamoto et al., (2014) en la que tampoco se modifican la TAS ( $113,22 \pm 8,11$  vs  $112,02 \pm 9,11$ ) y TAD ( $64,13 \pm 7,21$  vs  $63,03 \pm 7,14$ ) tras un entrenamiento por hombres y mujeres al fallo muscular. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en nuestro estudio ( $116,27 \pm 8,22$  vs  $117,66 \pm 6,68$  en TAS y  $65,05 \pm 5,92$  vs  $64,61 \pm 4,88$  en TAD en la muestra de hombres). En nuestra investigación la evaluación post entreno fue pasados 5 minutos después del entrenamiento, a diferencia de Okamoto et al., (2014) que realizaron la toma de TA tras 30 minutos. Debemos puntualizar que tampoco diferenciaron entre sexos y crearon una muestra de 10 sujetos (7 hombres y 3 mujeres) a diferencia de nuestro trabajo que se crearon dos grupos diferenciados por sexo para el análisis estadístico y evitar una posible contaminación de los datos. De toda la literatura mencionada, cabe destacar que no se utilizó la herramienta VBT para la programación de las variables del entrenamiento. Estos estudios utilizaron diseños pocos precisos a la hora de cuantificar la carga de entrenamiento como estimar la 1RM con un test tradicional (Heffernan et al., 2009) o realizar repeticiones máximas (8RM) con una intensidad determinada (Okamoto et al., 2014).

Sin embargo, sí que existe evidencia que difiere de nuestros resultados obtenidos. Como principal hallazgo, Okamoto et al. (2009) comprobaron a nivel crónico (10 semanas) la diferencia entre un entrenamiento de miembro inferior y otro de miembro

superior. Los autores concluyen que el entrenamiento de extremidades superiores elevó valores de la rigidez arterial (relacionada directamente con la HTA), exponiendo que la causa puede ser debido a la norepinefrina encontrada en sangre ( $0.48 \pm 0.14$  en pre y  $0.63 \pm 0.11$  ng/ml en post), un mecanismo que tuvo una correlación positiva ( $r^2= 0,48$   $p<0,05$ ) con la TA elevada y valores de rigidez arterial. Resultados similares de rigidez arterial se obtuvieron en el estudio de Li et al. (2015) evaluando TA y rigidez arterial inmediatamente y tras pasar 20, 40 y 60 minutos después del entrenamiento con sujetos jóvenes normotensos, desaconsejando el entrenamiento de fuerza de miembro superior frente al de miembro inferior. Estos trabajos tampoco utilizaron la herramienta VBT para la programación del entrenamiento, lo cual puede indicar que el diseño poco preciso del entrenamiento (2-3 repeticiones con 80%RM para todos los sujetos) en Li et al. (2015) provocó que los sujetos entrenasen con diferentes intensidades relativas.

Nuestros resultados pueden tener explicación debido a la población utilizada. Los sujetos eran con edades comprendidas entre los 18 y 35 años, físicamente activos y no padecía ningún tipo de consideración clínica a nivel cardiovascular. Esto podría ser un punto de partida para evaluar los efectos con otro tipo de poblaciones (edad, estado físico, prehipertensos, hipertensos...) y así fortalecer aún más las conclusiones del estudio.

Una fortaleza de nuestra investigación respecto a toda la literatura existente de TA y EF es que para la programación y diseño del protocolo de la sesión de fuerza se ha utilizado la herramienta de VBT. Para conocer la intensidad relativa individual (%RM) se ha realizado una relación carga-velocidad individual. Para definir el número de repeticiones y grado de fatiga se ha usado el %PV. De este modo, se ha conseguido evaluar y programar el entrenamiento de manera objetiva. Esto ha sido una limitación en la mayoría de estudios que aparecen en las revisiones de esta temática (Cardoso et al., 2010; Casonatto et al., 2016; Cornelissen & Smart, 2013; De Sousa et al., 2017; García-Mateo et al., 2020; Oliver-Martínez et al., 2020), provocando una desigualdad en las variables fundamentales del entrenamiento (intensidad y volumen) y por consiguiente, generando un estímulo distinto para cada sujeto y no estandarizando el protocolo de intervención.

Una limitación que se puede encontrar en nuestro trabajo está relacionada con los ejercicios seleccionados para el entrenamiento. Concretamente con el ejercicio de remo sobre el banco, donde el sujeto se tiene que subir a banco de una altura de 1,50 metros y

colocarse boca abajo sobre este. Esto puede resultar incómodo en el caso de que los sujetos que realicen el ejercicio tengan demasiada corpulencia. Es sabido que la HTA está relacionada con cambios metabólicos en el organismo y la mayoría de población hipertensa padece de obesidad (Sullivan et al., 2005), siendo esta un factor de riesgo de la HTA (Seravalle & Grassi, 2017). Así mismo, este ejercicio se ha utilizado por varios motivos: 1. Posibilidad de estandarizar el entrenamiento (estableciendo un ROM individual de ejecución) 2. Existe relación carga-velocidad del ejercicio (García-Ramos et al., 2019), y 3. Fácil ejecución del ejercicio: el sujeto solo tiene que realizar la fase concéntrica (la fase excéntrica no requiere control pues se puede soltar la barra sin ningún problema). Así mismo, esta investigación refuerza que este ejercicio puede tomarse como referencia para la prescripción de entrenamiento teniendo en cuenta ejercicios de tracciones del miembro superior.

Un aspecto a considerar sobre los resultados obtenidos ha sido la pequeña diferencia significativa ( $p = 0,04$ ) que existe en el número de repeticiones que han realizado las mujeres respecto a los hombres en el ejercicio de remo en banco 15,44 vs 12,55. Esto va en consonancia con un trabajo recientemente publicado (Rissanen et al., 2022) donde también se encontraron diferencias entre ambos sexos en el número de repeticiones con 20% y 40% de PV. La aportación más interesante de este estudio fue que las mujeres necesitan un mayor volumen de entrenamiento para equiparar las adaptaciones neuromusculares de los hombres.

Otra idea que surge a partir de esta investigación es la de aumentar la duración del entrenamiento y así comprobar los efectos a nivel crónico de TA. Además, se puede añadir una comparación entre ejercicios de miembro superior respecto a miembro inferior. Futuras investigaciones deberían incluir medidas de rigidez arterial puesto que es una medida fundamental para predecir tanto la HTA como la salud cardiovascular (Nitzsche et al., 2016). Esta variable aporta valores como la velocidad de onda de pulso, tomada tanto en el tobillo como en el brazo y son consideradas predictores fiables de riesgo cardiovascular y mortalidad (Laurent et al., 2006).

Se necesita más evidencia que utilice herramientas objetivas y precisas como la VBT para diseñar los protocolos de entrenamiento de fuerza en relación con la TA y la zona del cuerpo entrenada, así como evaluar con ella distintas intensidades y volúmenes de entrenamiento.

## **Aplicaciones prácticas**

Esta investigación ofrece información importante sobre el entrenamiento de fuerza y la tensión arterial:

1. Una intensidad del 80%RM y una pérdida de velocidad de 40% no modifica a nivel agudo las variables de la tensión arterial (TAS y TAD) ni en hombres ni en mujeres jóvenes normotensos.
2. La diferencia entre el número de repeticiones realizado en el ejercicio de remo en banco entre hombres y mujeres podría ser una consideración a tener en cuenta por parte de los entrenadores.
3. La herramienta VBT debería considerarse para la programación y diseño del entrenamiento de fuerza relacionado con TA.

## **Conclusión**

Existe una sustancial diferencia entre los valores basales de tensión arterial sistólica entre hombres y mujeres, por ello se debe de tener en cuenta en futuras investigaciones creando grupos de intervención lo más homogéneos posibles para evitar posibles confusiones en el análisis.

Tras comprobar que un entrenamiento de fuerza de intensidad 80%RM y 40% PV no provoca cambios a nivel agudo en la TA en sujetos jóvenes, los profesionales del ejercicio podrían tener en cuenta estos rangos de intensidad a la hora de prescribir y diseñar un entrenamiento. De este modo, puede servir como punto de partida para futuras investigaciones con otras edades y diferentes condiciones clínicas.

## Referencias

- Alexánder Rosas, E. (2014). Fisiología cardiovascular, renal y respiratoria. In *El Manual Moderno*.
- Augustine, J., Tarzia, B., Kasprowicz, A., & Heffernan, K. S. (2014). Effect of a Single Bout of Resistance Exercise on Arterial Stiffness Following a High-Fat Meal. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 894–899.
- Beck, D. T., Martin, J. S., Casey, D. P., & Braith, R. W. (2013). Exercise training reduces peripheral arterial stiffness and myocardial oxygen demand in young prehypertensive subjects. *American Journal of Hypertension*, 26(9), 1093–1102.
- Benavides-Ubric, A., Díez-Fernández, D. M., Rodríguez-Pérez, M. A., Ortega-Becerra, M., & Pareja-Blanco, F. (2020). Analysis of the load-velocity relationship in deadlift exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(3), 452–459.
- Cardoso, C. G., Gomides, R. S., Queiroz, A. C. C., Pinto, L. G., Lobo, F. da S., Tinucci, T., Mion, D., & Forjaz, C. L. de M. (2010). Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. *Clinics*, 65(3), 317–325.
- Carlson, D. J., Dieberg, G., Hess, N. C., Millar, P. J., & Smart, N. A. (2014). Isometric exercise training for blood pressure management: A systematic review and meta-analysis. *Mayo Clinic Proceedings*, 89(3), 327–334.
- Carpio-Rivera, E., Moncada-Jiménez, J., Salazar-Rojas, W., & Solera-Herrera, A. (2016). Acute effects of exercise on blood pressure: A meta-analytic investigation. In *Arquivos Brasileiros de Cardiologia* 106(5), pp. 422–433).
- Casonatto, J., Goessler, K. F., Cornelissen, V. A., Cardoso, J. R., & Polito, M. D. (2016). The blood pressure-lowering effect of a single bout of resistance exercise: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *European Journal of Preventive Cardiology*, 23(16), 1700–1714.
- Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J. J., & Jiménez-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sports Sciences*, 34(12), 1099–1106.
- Cornelissen, V. A., & Smart, N. A. (2013). Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 2(1).

- Cortez-Cooper, M. Y., Devan, A. E., Anton, M. M., Farrar, R. P., Beckwith, K. A., Todd, J. S., & Tanaka, H. (2005). Effects of High Intensity Resistance Training on Arterial Stiffness and Wave Reflection in Women. *Am J Hypertens*. 2005 Jul;18(7):930-4.
- De Sousa, E. C., Abrahin, O., Ferreira, A. L. L., Rodrigues, R. P., Alves, E. A. C., & Vieira, R. P. (2017). Resistance training alone reduces systolic and diastolic blood pressure in prehypertensive and hypertensive individuals: Meta-analysis. *Hypertension Research*, 40(11), 927–931.
- Derrickson, T. G. J. y B. (2013). *Principios de anatomía y Fisiología*. 1158–1159.
- Flack, J. M., & Adekola, B. (2020). Blood pressure and the new ACC/AHA hypertension guidelines. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 30(3), 160–164.
- García-Mateo, P., García-De-alcaraz, A., Rodríguez-Peréz, M. A., & Alcaraz-Ibáñez, M. (2020). Effects of resistance training on arterial stiffness in healthy people: A systematic review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(3), 444–451.
- García-Ramos, A., Haff, G. G., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., Balsalobre-Fernández, C., & Jaric, S. (2018). Feasibility of the 2-point method for determining the 1-repetition maximum in the bench press exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(4), 474–481.
- García-Ramos, A., Ulloa-Díaz, D., Barboza-González, P., Rodríguez-Perea, Á., Martínez-García, D., Quidel-Catrilebún, M., Guede-Rojas, F., Cuevas-Aburto, J., Janicijevic, D., & Weakley, J. (2019). Assessment of the load-velocity profile in the free-weight prone bench pull exercise through different velocity variables and regression models. *PLoS ONE*, 14(2), 1–12.
- González-Badillo, J. J. (2017). La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza. In *Juan José González Badillo*.
- González-badillo, J. J., Marques, M. C., & Sánchez-medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *J Hum Kinet*. 2011 Sep;29 A:15-9.
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352.

- González-Badillo, Juan José, Yañez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(3), 217–225.
- González Badillo, J. J. (2021). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. In *INDE*.
- Guillem, C. M., Loaiza-Betancur, A. F., Rebullido, T. R., Faigenbaum, A. D., & Chulvi-Medrano, I. (2020). The effects of resistance training on blood pressure in preadolescents and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 1–12.
- Heffernan, K. S., Fahs, C. A., Iwamoto, G. A., Jae, S. Y., Wilund, K. R., Woods, J. A., & Fernhall, B. (2009). Resistance exercise training reduces central blood pressure and improves microvascular function in African American and white men. *Atherosclerosis*, 207(1), 220–226.
- Jurik, R., & Stastny, P. (2019). Role of nutrition and exercise programs in reducing blood pressure: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 8(9).
- Kincaid Smith, P. (1977). Renal disease and hypertension. *The Medical Clinics of North America*, 61(3), 611–622.
- Laurent, S., Cockcroft, J., Van Bortel, L., Boutouyrie, P., Giannattasio, C., Hayoz, D., Pannier, B., Vlachopoulos, C., Wilkinson, I., & Struijker-Boudier, H. (2006). Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *European Heart Journal*, 27(21), 2588–2605.
- Lefferts, W. K., Hughes, W. E., & Heffernan, K. S. (2015). Effect of acute high-intensity resistance exercise on optic nerve sheath diameter and ophthalmic artery blood flow pulsatility. *Journal of Human Hypertension*, 29(12), 744–748.
- Li, Y., Bopp, M., Botta, F., Nussbaumer, M., Schäfer, J., Roth, R., Schmidt-Trucksäss, A., & Hanssen, H. (2015). Lower Body vs Upper Body Resistance Training and Arterial Stiffness in Young Men. *International Journal of Sports Medicine*, 36(12), 960–967.
- MacDougall, J. D., McKelvie, R. S., Moroz, D. E., Sale, D. G., McCartney, N., & Buick, F. (1992). Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *Journal of Applied Physiology*, 73(4), 1590–1597.

- MacDougall, J., Tuxen, D., Sale, D., Moroz, J., & Sutton, J. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 58(3), 785–790.
- Mota MR, de Oliveria RJ, Dutra MT, Pardono E, Terra DF, et al., Mota, M. M. R., Oliveira, R. J., Dutra, M. T. M., Pardono, E., Terra, D. F. D., Lima, R. M. R., Simões, H. H. G., Silva, F. M., Mota MR, de Oliveria RJ, Dutra MT, Pardono E, Terra DF, et al., De Oliveira, R., Dutra, M. T. M., Pardono, E., Terra, D. F. D., Lima, R. M. R., Simões, H. H. G., & Da Silva, F. (2013). Acute and chronic effects of resistive exercise on blood pressure in hypertensive elderly women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(12), 3475–3480.
- Narkiewicz, K. (2006). Diagnostic in Obesity Comorbidities Diagnosis and management of hypertension in obesity. *The International Association for the Study of Obesity.*, 7, 155–162.
- Nitzsche, N., Weigert, M., Baumgärtel, L., Auerbach, T., Schuffenhauer, D., Nitzsche, R., & Schulz, H. (2016). Acute Effects of Different Strength Training Protocols on Arterial Stiffness in Healthy Subjects. *International Journal of Sports Science*, 6(5), 195–202.
- Noone, C., Leahy, J., Morrissey, E. C., Newell, J., Newell, M., Dwyer, C. P., Murphy, J., Doyle, F., Murphy, A. W., & Molloy, G. J. (2020). Comparative efficacy of exercise and anti-hypertensive pharmacological interventions in reducing blood pressure in people with hypertension: A network meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, 27(3), 247–255.
- Okamoto, T., Jaime, S. J., Fahs, C. A., & Jaime, S. J. (2018). Impact of high- and low-intensity resistance training on arterial stiffness and blood pressure in adults across the lifespan : a review. *Pflugers Archiv: European journal of physiology*, 471(3), 467–478.
- Okamoto, T., Masuhara, M., & Ikuta, K. (2009). Upper but not lower limb resistance training increases arterial stiffness in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 107(2), 127–134.
- Okamoto, T., Min, S., & Sakamaki-Sunaga, M. (2014). Arterial compliance and stiffness following low-intensity resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 114(2), 235–241.

- Oliver-Martínez, P. A., Ramos-Campo, D. J., Martínez-Aranda, L. M., Martínez-Rodríguez, A., & Rubio-Arias, J. (2020). Chronic effects and optimal dosage of strength training on SBP and DBP: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Hypertension*, 38(10), 1909–1918.
- Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., Rodríguez-Lopez, C., Hidalgo-de Mora, J., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Alegre, L. M., & Ortega-Becerra, M. (2020). Effects of velocity loss in the bench press exercise on strength gains, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30(11), 2154–2166.
- Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 512–519.
- Pérez-Castilla, A., Miras-Moreno, S., García-Vega, A. J., & García-Ramos, A. (2022). The placement of linear transducers affects the magnitude but not the intra-session reliability of kinematic variables during the bench press exercise. *Isokinetics and Exercise Science*, April, 1–10.
- Pescatello, L., Macdonald, H. V., Ash, G. I., Lamberti, L. M., Farquhar, W. B., Arena, R., & Johnson, B. T. (2015). Assessing the existing professional exercise recommendations for hypertension: A review and recommendations for future research priorities. *Mayo Clinic Proceedings*, 90(6), 801–812.
- Pescatello, L., BA, F., R, F., WB, F., GA, K., & CA, R. (2004). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 533–553.
- Pstras, L., Thomaseth, K., Waniewski, J., Balzani, I., & Bellavere, F. (2026). The Valsalva manoeuvre: physiology and clinical examples. *Acta Physiology*, 217(2),
- Rissanen, J., Walker, · S, Pareja-Blanco, · F, & Häkkinen, · K. (n.d.). Velocity-based resistance training: do women need greater velocity loss to maximize adaptations? *European Journal of Applied Physiology*, 3.
- San Mauro, M. (2013). Anatomía cardíaca. In *D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata*.

- Sanchez-Medina, L., & González-Badillo, J. (2009). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine & Science in Sports*, 43(April), 142–152.
- Sánchez-Medina, L., Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open*, 01(02), E80–E88.
- Seravalle, G., & Grassi, G. (2017). Obesity and hypertension. *Pharmacological Research*, 122, 1–7.
- Silva, P., Lott, R., Wickrama, K. a S., Mota, J., & Welk, G. (2011). Load, Force and Power-Velocity Relationships in the Prone Pull- Up Exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 32, 1–44.
- Sullivan, P., Morrato, E., Ghushchyan, V., Wyatt, H., & Hill, J. (2005). Obesity, inactivity, and the prevalence of diabetes and diabetes-related cardiovascular comorbidities in the U.S. 2000-2002. *Diabetes Care*, 28(7), 1599–1603.
- Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Sharman, J. E., & Coombes, J. S. (2007). Reduced central blood pressure in older adults following progressive resistance training. *Journal of Human Hypertension*, 21(1), 96–98.
- Weber, M. A., Schiffrin, E. L., White, W. B., Mann, S., Lindholm, L. H., Kenerson, J. G., Flack, J. M., Carter, B. L., Materson, B. J., Ram, C. V. S., Cohen, D. L., Cadet, J. C., Jean-Charles, R. R., Taler, S., Kountz, D., Townsend, R. R., Chalmers, J., Ramirez, A. J., Bakris, G. L., ... Harrap, S. B. (2014). Clinical Practice Guidelines for the Management of Hypertension in the Community: A Statement by the American Society of Hypertension and the International Society of Hypertension Clinical Practice Guidelines for the Management of Hypertension in the Comm. *Journal of Clinical Hypertension*, 16(1), 14–26.
- Williams, B., Mancia, G., Spiering, W., Rosei, E. A., Azizi, M., Burnier, M., Clement, D. L., Coca, A., De Simone, G., Dominiczak, A., Kahan, T., Mahfoud, F., Redon, J., Ruilope, L., Zanchetti, A., Kerins, M., Kjeldsen, S. E., Kreutz, R., Laurent, S., ... Zamorano, J. L. (2018). 2018 ESC/ESH Guidelines for themanagement of arterial hypertension. In *European Heart Journal* (Vol. 39, Issue 33).

## **Anexos**

### *Anexo 1. Consentimiento informado para los participantes.*

**Proyecto: Efectos agudos del entrenamiento de fuerza en la tensión arterial**

**En el marco del proyecto de tesis: Efectos del entrenamiento de fuerza en la salud cardiovascular en la Universidad de Almería**

**Nombre:**

**Fecha de nacimiento:**

**Email:**

Lugar, Fecha, Firma (Participante)

---

#### **Consentimiento para el examen físico y la intervención de entrenamiento de fuerza**

Confirmando que he sido informado/a sobre el procedimiento, los riesgos y beneficios. He leído y comprendido la información sobre el tema y he podido hacer preguntas que han sido aclaradas convenientemente.

Sé que durante mi participación en el estudio estoy obligado/a a seguir las instrucciones de los investigadores e informar inmediatamente de cualquier cambio en mi bienestar.

Sé que puedo poner fin a mi participación en el estudio en cualquier momento sin dar razones y que puedo retirar mi consentimiento para participar en el estudio.

## Anexo 2. Documento del código de cegamiento al investigador.

### ID de los participantes

Su código se estructura de la siguiente forma:

Introduzca el código aquí:

1) Primeras dos letras del nombre de un familiar cercano (ej. Madre).....	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2) Fecha de su cumpleaños (día).....	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3) 2. y 3. Letra de su ciudad de nacimiento.....	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4) Cumpleaños del familiar elegido (día).....	<input type="text"/>	<input type="text"/>

#### Ejemplo

Nombre de la madre: Rocío

Fecha de su cumpleaños: 07.11.1952

Ciudad de nacimiento: Granada

Cumpleaños de su madre: 21.03.1922

## Anexo 3. Cuestionario de seguridad para el participante.

### Questionario de seguridad Sport Research Group's lab

Pregunta	Si	No
1. ¿Ha sufrido alguna cirugía osteomuscular en los últimos 12 meses?		
2. ¿Sufre alguna lesión osteomuscular o la ha sufrido en los últimos 4 meses?		
3. ¿Le ha indicado el médico que se abstenga de alguna práctica deportiva por sufrir algún tipo de condición patológica? En caso afirmativo, indique la causa. _____		
4. ¿Es consciente de sufrir condición clínica o preclínica del sistema cardiovascular? (ejemplo: hipertensión)		
5. ¿Tiene entre 18 y 45 años?		
6. ¿Tiene experiencia en el entrenamiento de fuerza? ¿Se siente cómodo/a con la técnica de los ejercicios básicos (i.e., remo y press de banca)?		
7. ¿Ha comido algo en las últimas 3 horas, tomado alcohol o cafeína en las últimas 8h o realizado ejercicio físico en las últimas 12h?		