



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE EDUCACIÓN DE SORIA

Grado en Ciencias de la actividad física y del deporte

TRABAJO FIN DE GRADO

Efectos del entrenamiento de fuerza con sistemas isoinerciales sobre la respuesta aguda de la presión arterial en personas sanas

Presentado por Víctor Sanz López

Tutelado por: Miguel Ramírez Jiménez

Soria, 20 de junio de 2024

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 EL PROBLEMA DE LA HIPERTENSIÓN.....	4
2.1.1 DIAGNOSTICO DE LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL.....	4
2.1.2 PREVALENCIA DE LA HIPERTENSIÓN	5
2.1.3 INFLUENCIA DEL SEXO SOBRE LA PRESIÓN ARTERIAL Y APARICIÓN DE HIPERTENSIÓN	6
2.1.4 EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL	7
2.1.5 TRATAMIENTOS PARA EL MANEJO DE LA HIPERTENSIÓN	7
2.2 EJERCICIO FÍSICO EN EL MANEJO DE LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL	8
2.2.1 HIPOTENSIÓN POSTEJERCICIO.....	9
2.2.2 EJERCICIO AERÓBICO.....	11
2.2.3 EJERCICIO DE FUERZA	11
2.3 NUEVAS ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL; ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO CON SISTEMAS ISOINERCIALES (FLYWHEEL) 13	
2.3.1 BASES DEL ENTRENAMIENTO CON SISTEMAS ISOINERCIALES	14
2.3.2 POTENCIALES BENEFICIOS DEL ENTRENAMIENTO CON SISTEMAS ISOINERCIALES SOBRE LA PRESIÓN ARTERIAL	15
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	15
4. MÉTODO.....	16
4.1 TIPO DE ESTUDIO.....	16
4.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	16
4.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	17
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
5. RESULTADOS.....	21
6. DISCUSIÓN	36
7. CONCLUSIONES	38
8. APLICACIONES PRÁCTICAS	38
9. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	38
10. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	39
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

Índice De Tablas

Tabla 1 5

Tabla 2 6

Tabla 3 13

Tabla 4 19

Tabla 5 20

Tabla 6 20

Tabla 7 20

Tabla 8 22

Tabla 9 23

Tabla 10 24

Tabla 11 26

Tabla 12 27

Tabla 13 29

Tabla 14 30

Tabla 15 32

Tabla 16 33

Tabla 17 35

1. Introducción

La prevalencia de hipertensión ha aumentado en las últimas décadas, afectando a casi un tercio de la población adulta en todo el mundo. Estos niveles de hipertensión plantean un problema de salud pública importante debido a que es un factor de riesgo primario para las enfermedades cardiovasculares, incluidas la enfermedad coronaria y el accidente cerebrovascular, y es atribuida a una mayor mortalidad asociada a la enfermedad cardiovascular. Por lo tanto, tanto las intervenciones farmacológicas como las relacionadas con el estilo de vida son necesarias para la prevención y el control de la hipertensión arterial. En este contexto, las guías internacionales para el manejo de la hipertensión recomiendan modificaciones en el estilo de vida, que incluyen actividad física regular y mejoras en la alimentación (reducción en la ingesta calórica, consumo de alcohol y sal). Dentro del tratamiento no farmacológico de la hipertensión, el ejercicio físico regular es una de las opciones más efectivas para reducir la presión arterial a medio y largo plazo. Además, los beneficios del ejercicio físico sobre la presión arterial aparecen desde tan pronto como la primera sesión, gracias a un fenómeno fisiológico conocido como hipotensión-post ejercicio. Este fenómeno consiste en la reducción de la presión arterial hasta 24- horas después de una sola sesión de ejercicio, en comparación a los valores previos o a un día control sin ejercicio. Se han descrito reducciones de la presión arterial post ejercicio tras sesiones de ejercicio aeróbico, de fuerza, en diferentes modalidades y en un gran rango de intensidades. Específicamente, el ejercicio de fuerza con sistemas isoinerciales ha emergido como una de las estrategias más prometedoras para reducir la presión arterial. Estos nuevos sistemas permiten realizar entrenamiento de fuerza isoinercial, que se caracteriza por reforzar la fase excéntrica del movimiento, y consta de tres fases: acción concéntrica (en contra de la gravedad), isométrica (punto en el que se mantiene la contracción muscular, pero sin movimiento) y excéntrica (frenando la energía devuelta por el sistema). Estos sistemas isoinerciales tienen la particularidad de ofrecer mayores picos de fuerza en la fase excéntrica del movimiento, generando una mayor actividad neuromuscular y flujo sanguíneo a la musculatura implicada. Sin embargo, si este fenómeno podría estimular el desarrollo de hipotensión post ejercicio está aún por investigar, siendo el objetivo del presente trabajo final de grado explorar dicha hipótesis.

2. Marco Teórico

2.1 El problema de la hipertensión

La presión arterial elevada es el factor de riesgo más importante de muerte y discapacidad en todo el mundo, afecta a más de mil millones de personas y causa aproximadamente 9,4 millones de muertes cada año (Ettehad et al., 2016), en 2008, aproximadamente el 40% de los adultos de 25 años o más en todo el mundo habían sido diagnosticados con hipertensión; el número de personas con esta condición aumentó de 600 millones en 1980 a 1 billón en 2008 (World Health Organization, 2011). En el mundo la hipertensión se distribuye de la siguiente manera: afecta al 46% de los adultos en África, la tasa más alta, y al 35% en las Américas, la más baja. Los países de altos ingresos tienen una prevalencia del 35%, menor que el 40% en otros grupos. La hipertensión es más común y menos controlada en países de ingresos bajos y medianos. La prevalencia creciente de la hipertensión se atribuye al crecimiento de la población, al envejecimiento y a factores de riesgo conductuales, como una dieta poco saludable, el consumo perjudicial de alcohol, la falta de actividad física, el exceso de peso y la exposición al estrés persistente.

Las consecuencias adversas para la salud de la hipertensión se agravan porque muchas personas afectadas también tienen otros factores de riesgo de salud que aumentan las posibilidades de ataque cardíaco, accidente cerebrovascular e insuficiencia renal. Estos factores de riesgo incluyen el consumo de tabaco, la obesidad, el colesterol alto y la diabetes mellitus. El uso del tabaco aumenta el riesgo de complicaciones en personas con hipertensión. En 2008, mil millones de personas eran fumadoras y la prevalencia global de la obesidad casi se duplicó desde 1980. La prevalencia global del colesterol alto fue del 39% y la prevalencia de la diabetes fue del 10% en adultos mayores de 25 años.

El uso del tabaco, una dieta poco saludable, el consumo perjudicial de alcohol y la inactividad física también son los principales factores de riesgo conductuales de todas las principales enfermedades no transmisibles, como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes, las enfermedades respiratorias crónicas y el cáncer (*A Global Brief on Hypertension*, s. f.)

2.1.1 Diagnostico de la hipertensión arterial

Habiendo comprobado el problema real que es para la sociedad esta enfermedad basándonos en las guías europeas de 2018 (Spiering et al., 2018) la hipertensión se define en base a valores repetidos de presión arterial sistólica (PAS) en la oficina de 140 mmHg y/o presión arterial diastólica (PAD) de 90 mmHg. Sin embargo, existe una relación continua entre la presión arterial y los eventos mórbidos o fatales de accidente cerebrovascular (ACV) o renales que comienzan a partir de una PAS en la oficina >115 mmHg y una PAD >75 mmHg (Lewington et al., 2002). En

este contexto, los valores de umbral de presión arterial en la oficina mencionados anteriormente corresponden al nivel de presión arterial en el que los beneficios de la intervención (intervenciones de estilo de vida o tratamiento con medicamentos) superan a los de la inacción, como lo demuestran los ensayos clínicos aleatorizados basados en resultados (Mancia et al., 2023).

En lo que concierne a la clasificación, los valores de corte de la presión arterial (PA) que se utilizan de manera universal, tanto para simplificar el enfoque diagnóstico como para facilitar la decisión sobre el tratamiento será la siguiente clasificación la recomendada: (Tabla 1).

Tabla 1

Clasificación de la presión arterial. Adaptación de (Mancia et al. - 2023)

Categoría	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
Optima	<120	<80
Normal	120-129	80-84
Alta	130-139	85-89
Hipertensión Grado 1	140-159	90-99
Hipertensión Grado 2	160-179	100-109
Hipertensión Grado 3	>180	>110

Nota: las unidades de medida de la tabla serán milímetros de mercurio (mmHg)

2.1.2 Prevalencia de la hipertensión

Europa:

La distribución geográfica de la hipertensión está influenciada por muchos factores, tanto genéticos como ambientales. Sin embargo, debido a las diferentes metodologías utilizadas en las encuestas, especialmente en lo que respecta a la edad y el sexo de las muestras de población, así como al número de mediciones de la presión arterial y al intervalo de tiempo entre las mediciones, las diferencias en las estimaciones reportadas no necesariamente reflejan verdaderas diferencias en la susceptibilidad (Pereira et al., 2009). Aunque se calcula que puede haber cerca de 150 millones de personas con problemas de hipertensión en Europa. Si dividimos la población por países, la prevalencia es similar, con diferencias entre países y valores inferiores al promedio en algunos países occidentales y superiores al promedio en países del este de Europa (Zhou, Carrillo-Larco, et al., 2021). En la Tabla 2 podemos observar cómo dentro de Europa va variando el porcentaje de hipertensos que hay dentro de la población abarcando desde el 37.3% en el sur de Europa en hombres hasta el 45,8% en hombres en el norte de Europa, en esta tabla además podemos observar que existe una diferencia real entre el porcentaje de hipertensos que existe dentro de cada sexo

Tabla 2

Prevalencia de hipertensos por sexo y zona en Europa. Adaptación de (Pereira et al., 2009)

	Predominio (%(95%CI))	
	Hipertensión	Conocimiento
<i>Sur de Europa</i>		
Hombres	37.3 (28.5-46.00)	47.3 (43.0-51.5)
Mujeres	32.1 (24.4-39.8)	59 (49.7-68.3)
<i>Norte de Europa</i>		
Hombres	45.8 (37.7-53.9)	40.7 (33.0-48.4)
Mujeres	34.9 (27.5-42.3)	52.1 (47.2-57.0)
<i>Oeste de Europa</i>		
Hombres	42.4 (37.4-47.4)	46.4 (40.6-52.2)
Mujeres	29.3 (24.2-34.5)	63.0 (59.1-66.9)
<i>Centro y Este de Europa</i>		
Hombres	41.2 (34.1-48.2)	53.7 (44.6-62.8)
Mujeres	38.4 (27.2-49.7)	70.8 (67.8-73.9)

Nota: los datos se expresan en % de la población

España:

La hipertensión arterial (HTA) es un problema de salud pública en España, con una prevalencia del 35% en la población adulta general, que aumenta al 40% en edades medias y supera el 60% en personas mayores de 60 años. Esto se traduce en aproximadamente 10 millones de adultos afectados. Sin embargo, la HTA es solo la punta del iceberg de un problema más amplio relacionado con la presión arterial. Un 34% de los individuos tienen niveles de presión arterial que, aunque no son lo suficientemente altos para ser considerados hipertensión, tampoco son ideales. Este grupo de personas está en riesgo de sufrir eventos cardiovasculares, ya que muchos de estos ocurren en personas con niveles de presión arterial que solo se considerarían como prehipertensión. De las aproximadamente 54.000 muertes totales anuales ocurridas en la población española de edades medias en los años noventa, unas 17.000 son atribuibles a la presión arterial elevada ($\geq 20/80$ mmHg), lo que representa algo más del 30% de todas las defunciones. De estas, unas 3.500 muertes (20% de las muertes atribuibles) ocurren en niveles de presión arterial considerados normales o normales-altos, donde se encuentra un tercio de la población. (Banegas Banegas, 2005).

2.1.3 Influencia del sexo sobre la presión arterial y aparición de hipertensión

El género tiene una influencia importante en la presión arterial, con las mujeres premenopáusicas teniendo una presión arterial más baja que los hombres de la misma edad. En comparación con las mujeres premenopáusicas, las mujeres posmenopáusicas tienen presiones arteriales más altas,

lo que sugiere que las hormonas ováricas pueden modular la presión arterial. El dimorfismo sexual en la adolescencia y persiste durante la edad adulta, la presión sistólica y la diastólica en hombres menores de 60 años es mayor que en mujeres de esa misma edad siendo de 6-7 mmHg en sistólica y de 3-5 mmHg en diastólica. Pasados los 60 la presión arterial en mujeres incrementa, haciendo que la hipertensión sea más común en mujeres que en hombre (Dubey et al., 2002).

Estas diferencias pueden deberse principalmente a las hormonas sexuales siendo comunes en ambos sexos, pero no en la misma cantidad, en el sexo masculino predomina la testosterona, esta hormona sexual es precursora de la presión arterial alta, en cambio el estradiol hormona más abundante en el sexo femenino es una antihipertensiva. Por lo que cuando una mujer le llega la menopausia sufre una bajada de esta hormona provocándole una subida en los niveles de presión arterial y siendo más susceptible a sufrir problemas cardíacos (Dubey et al., 2002).

2.1.4 Efectos sobre la salud de la hipertensión arterial

Es ampliamente reconocido que la hipertensión arterial constituye un factor de riesgo primordial para diversas patologías, entre las que se incluyen la cardiopatía isquémica, los accidentes cerebrovasculares (ECV), otras afecciones cardiovasculares, la enfermedad renal crónica y la demencia. La presión arterial elevada es una de las principales causas prevenibles de mortalidad por ECV y carga de enfermedad, a nivel mundial y en la mayoría de las regiones del mundo. Uno de los objetivos globales para las enfermedades no transmisibles (ENT) adoptados por la Asamblea Mundial de la Salud en 2013 es reducir la prevalencia de la presión arterial elevada en un 25% para 2025 en comparación con su nivel en 2010 (Zhou, Perel, et al., 2021).

En 2002, el Grupo de Estudios Prospectivos encontró que, por cada aumento de 20 mmHg en la PAS oficina o un aumento de 10 mmHg en la PAD, el riesgo ACV se duplicó (Lewington et al., 2002). La PAS es un mejor predictor de eventos que la PAD después de los 50 años. Además de los estudios previos que sugieren que una PAS elevada se asocia con un mayor riesgo en individuos jóvenes (Sundström et al., 2011) aunque estudios más recientes indican un mayor riesgo de eventos cardiovasculares (CV) tanto para las elevaciones de PAS como de PAD en adultos jóvenes (Son et al., 2018).

La importancia de la presión arterial radica en su capacidad para incrementar la probabilidad de aparición de estas enfermedades, lo que subraya la necesidad de un control riguroso y continuado de la presión arterial

2.1.5 Tratamientos para el manejo de la hipertensión

El enfoque del tratamiento de la hipertensión se basa en dos pilares fundamentales: modificaciones en el estilo de vida y tratamiento farmacológico.

2.1.5.1 Tratamiento farmacológico

Según la guía consultada de la hipertensión arterial de 2018 de la ESC/ESH (Spiering et al., 2018) se recomiendan cinco clases de medicamentos como agentes de primera línea para el tratamiento de la hipertensión. Dentro de estos fármacos destacan los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (ACEis), los bloqueadores de los receptores de angiotensina II (ARBs), los bloqueadores de los canales de calcio (CCBs), los diuréticos tiazídicos y similares a los tiazídicos y los betabloqueantes (BBs).

La selección de estas cinco clases de medicamentos se basó en los siguientes criterios:

1. Una capacidad probada para reducir la presión arterial como monoterapia.
2. Evidencia de ensayos clínicos aleatorizados (RCTs) de que reducen la morbilidad y la mortalidad.
3. Un perfil de tolerabilidad y seguridad favorable.

2.1.5.2 Cambios en el estilo de vida

La adopción de un estilo de vida saludable para el corazón es un enfoque fundamentalmente importante para prevenir o retrasar la aparición de hipertensión, reducir los valores elevados de presión arterial y disminuir el aumento asociado del riesgo cardiovascular (Mancia et al., 2009). Los individuos con un de estilo de vida saludable tienen una PA aproximadamente 4-5 mmHg más baja, independientemente del riesgo genético subyacente de la PA, que aquellos con un estilo de vida desfavorable (Pazoki et al., 2018). Además, las medidas de estilo de vida saludable pueden aumentar el efecto de reducción de la PA de las intervenciones farmacológicas y reducir el número de medicamentos necesarios para controlar la PA (Pescatello et al., 2021). Algunos de los cambios de estilo de vida que se recomiendan son:

1. Reducción de peso
2. Restricción de ingesta de sodio
3. Aumento de la ingesta de potasio
4. Incrementar la actividad física diaria
5. Moderar la ingesta de alcohol
6. Dejar de fumar
7. Mejorar el manejo del estrés
8. No estar expuesto a aire contaminado ni a ruidos fuertes

2.2 Ejercicio físico en el manejo de la hipertensión arterial

La realización de ejercicio físico regularmente es uno de los cambios en el estilo de vida que se recomiendan para el control de la hipertensión, ya que aunque durante el ejercicio dinámico y estático la presión arterial aumenta siendo el aumento más pronunciado para la PA sistólica que

para la PA diastólica (Le et al., 2008). No debemos preocuparnos, ya que el aumento en la PAS durante el ejercicio está relacionado con la PA en reposo antes del ejercicio, la edad, la rigidez arterial y la obesidad abdominal, siendo algo mayor en hombres que en mujeres (Schultz et al., 2017). En consonancia con lo expuesto previamente, el incremento de la presión arterial durante el ejercicio no debe desincentivar la práctica regular de actividad física, tanto aeróbica como de otro tipo, en pacientes hipertensos, ya sean tratados o no. Esta recomendación solo se exceptuaría en casos de valores de PA muy elevados (hipertensión de grado 3). Cabe destacar que el ejercicio regular constituye una intervención fundamental para la reducción crónica de la PA (Mancia et al., 2023).

2.2.1 Hipotensión postejercicio

Después de una sesión de ejercicio, se espera una reducción de la presión arterial, un fenómeno llamado hipotensión postejercicio (HPE). La HPE como predictor de las respuestas crónicas al entrenamiento para la PA ha sido ampliamente explorada. Sugiere que cuando la HPE ocurre después de cada sesión de ejercicio, sus beneficios pueden sumarse con el tiempo, contribuyendo a la adaptación crónica. Por lo tanto, la HPE es una herramienta clínica importante, actuando como un “ladrillo individual” en la pared, y construyendo el efecto crónico de disminución de la PA. Sin embargo, hay una gran variación en la literatura con respecto a la metodología y los resultados, creando barreras para entender las comparaciones entre los estudios de HPE. Por lo tanto, las diferencias entre las características de los sujetos y los protocolos de ejercicio observados en los estudios que investigan la HPE deben ser consideradas cuando los lectores interpretan los resultados. Además, entender estos factores de influencia podría ser útil para evitar malinterpretaciones en futuras comparaciones y cómo los mecanismos subyacentes contribuyen a la reducción de la PA después del ejercicio (Brito et al., 2018)

En el contexto del ejercicio físico, se observan dos fenómenos distintos en relación con la presión arterial. En primer lugar, el efecto agudo del ejercicio: se produce un incremento transitorio en la presión arterial debido a la demanda aumentada de oxígeno y nutrientes por parte de los músculos en actividad. Este efecto es temporal y se normaliza tras la finalización del ejercicio. En segundo lugar, a largo plazo el efecto crónico: el ejercicio regular induce una disminución crónica en la presión arterial en reposo, un efecto beneficioso para la salud cardiovascular. Este fenómeno se atribuye a las adaptaciones fisiológicas del sistema cardiovascular al ejercicio, que incluyen mejoras en la función endotelial y la sensibilidad a la insulina, así como la reducción de la rigidez arterial. En nuestro caso en este Trabajo de Fin de Grado nos centraremos en el efecto agudo del ejercicio sobre la presión arterial en una única sesión de ejercicio.

2.2.1.1 Relevancia clínica de la hipotensión post ejercicio

El ejercicio físico regular ha sido ampliamente aceptado como una estrategia importante para controlar la presión arterial (Chobanian et al., 2003), una sola sesión de ejercicio es capaz de promover la hipotensión postejercicio, que es más pronunciada y sostenida en individuos prehipertensos e hipertensos que en la población normotensa (Forjaz et al., 2000). Kenney y Seals en 1993 (Kenney & Seals, 1993) llamaron la atención sobre la HPE, que debe mantenerse a un nivel suficiente durante muchas horas para ser considerada clínicamente relevante.

Recientemente, un meta-análisis que incluyó 65 estudios mostró reducciones promedio de la presión sistólica de aproximadamente 6 y 8 mmHg después del ejercicio en prehipertensos e hipertensos, respectivamente. Además, se observó HPE sistólica/diastólica después de ejercicios aeróbicos (6/4 mmHg) y de resistencia (3/3 mmHg), y para mediciones clínicas (condiciones de laboratorio) (5/3 mmHg) y ambulatorias (4/2 mmHg) (Carpio-Rivera et al., 2016a).

2.2.1.2 Factores que influyen la hipotensión post ejercicio

La aparición y magnitud de la hipotensión postejercicio pueden estar influenciadas por muchos factores que están relacionados con las características del sujeto o del protocolo de ejercicio. En cuanto a las características del sujeto, el último meta-análisis (Carpio-Rivera et al., 2016a) sugiere una mayor HPE en hombres en comparación con las mujeres, y una asociación inversa entre la HPE y la edad. Además, aunque los sujetos normotensos e hipertensos presentan HPE, aquellos que tienen valores más altos de presión arterial antes del ejercicio presentan una mayor HPE, así como la ausencia de medicación antihipertensiva en hipertensos (Carpio-Rivera et al., 2016a). También la presencia de enfermedades metabólicas, como la diabetes mellitus y la obesidad, perjudica la HPE (Carpio-Rivera et al., 2016a). El estado del nivel de entrenamiento es importante, ya que los sujetos sedentarios presentan una mayor HPE que los atletas (Carpio-Rivera et al., 2016a). Finalmente, algunos estudios sugirieron una influencia genética en la HPE, ya que los sujetos con el alelo I del polimorfismo de conversión de la enzima angiotensina presentan una mayor HPE (Goessler et al., 2015), pero los meta-análisis no identificaron ninguna influencia genética en los estudios de HPE (Carpio-Rivera et al., 2016a).

2.2.1.3 Mecanismos de la hipotensión post ejercicio

Los mecanismos de acción de la HPE son probablemente multifactoriales (Kenney & Seals, 1993):

- Disminución de las resistencias periféricas: durante el ejercicio, los vasos sanguíneos se dilatan para permitir un mayor flujo de sangre a los músculos. Esta disminución en la resistencia vascular puede continuar después del ejercicio, lo que contribuye a la HPE.

- Inhibición simpática: Se ha propuesto que la HPE puede estar relacionada con una inhibición del sistema nervioso simpático, que normalmente actúa para aumentar la presión arterial.
- Liberación de óxido nítrico: el óxido nítrico es una sustancia que ayuda a dilatar los vasos sanguíneos. Su liberación durante y después del ejercicio puede contribuir a la HPE.
- Papel de los barorreflejos: los barorreflejos son mecanismos de retroalimentación que ayudan a regular la presión arterial. Se ha sugerido que estos pueden jugar un papel clave en la HPE.
- Histamina: varios estudios afirman que puede tener algún tipo de conexión con la HPE, según (Halliwill et al., 2013) la vasodilatación sostenida postejercicio del músculo esquelético previamente activo es principalmente el resultado de la activación de los receptores de histamina H1 y H2.

Es importante destacar que estos mecanismos pueden variar dependiendo de factores como las características individuales, el tipo de ejercicio y la posición del cuerpo durante la recuperación.

2.2.2 Ejercicio aeróbico

Hace más de una década, el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM, por sus siglas en inglés), recomendó que el ejercicio aeróbico ya que reduce la presión arterial ambulatoria (PAA) subsiguiente de 24 horas, diurna y nocturna en pacientes con hipertensión, con la magnitud de la reducción de la presión arterial similar en individuos medicados y no medicados. Además, el ejercicio aeróbico de intensidad vigorosa tiende a ser el más efectivo para producir las mayores reducciones a corto plazo en la PAA diurna y nocturna (Saco-Ledo et al., 2021). Observándose dentro de los distintos tipos de ejercicios aeróbicos, encontramos que trotar es la modalidad de ejercicio que provoca la mayor magnitud de los cambios en la presión arterial y la presión arterial alta. Otros hallazgos fueron que caminar no reduce PAD (Carpio-Rivera et al., 2016b). Hablando de la magnitud del ejercicio, una mayor duración y la participación de grupos musculares más grandes en el ejercicio promueven una mayor reducción de la presión arterial durante el período de recuperación (Carpio-Rivera et al., 2016a).

2.2.3 Ejercicio de fuerza

Diversos estudios han demostrado que la práctica regular de ejercicio de fuerza puede contribuir a reducir la presión arterial de forma significativa consiguiendo efectos crónicos en los participantes. Un meta-análisis reciente que incluyó a 320 sujetos, hombres y mujeres (182 ejercicio, 138 control), también examinó los efectos del entrenamiento de fuerza crónico en la PAS y PAD en reposo en adultos normotensos e hipertensos (Kelley & Kelley, 2000). En general, los programas de entrenamiento de fuerza siguieron las pautas recomendadas por el ACSM. Se

encontraron disminuciones estadísticamente significativas de aproximadamente 3 mm Hg tanto para la PAS como para la PAD en reposo en todas las categorías de PA como resultado del entrenamiento de fuerza progresiva. Aunque estos cambios modestos pueden no ser importantes desde un punto de vista clínico, se ha estimado que una reducción de tan solo 3 mm Hg en la PAS promedio de la población podría reducir la enfermedad coronaria del corazón en un 5-9%, el accidente cerebrovascular en un 8-14% y la mortalidad por todas las causas en un 4% (Pescatello et al., 2004). En cuanto a los tipos de entrenamientos de fuerza que existen podemos resaltar dos que son los siguientes:

- Ejercicio de fuerza dinámico: el entrenamiento de fuerza dinámico, puede ser un buen modelo de entrenamiento ya que produce beneficios de hipotensión postejercicio tras su realización. Polito y Farinatti analizaron el efecto del número de series (6 series vs. 10 series) en 2 ejercicios (prensa de piernas y curl de bíceps) en hombres entrenados normotensos. Demostraron que el entrenamiento de múltiples series de alto volumen (es decir, 10 series) promovió una hipotensión postejercicio significativamente mayor, y que la masa muscular involucrada en un ST tenía influencia en la magnitud de la hipotensión postejercicio (Figueiredo et al., 2015).
- Ejercicio de fuerza isométrico: el entrenamiento de fuerza isométrica tiene la capacidad de reducir significativamente la presión arterial en reposo. Curiosamente, estas respuestas antihipertensivas son similares (si no mayores) a las previamente reportadas con ejercicio aeróbico o de resistencia solo, a pesar de que requieren un compromiso de tiempo notablemente menor. Además, el costo relativamente bajo y la simplicidad de la entrega probablemente mejorarán la adherencia al ejercicio. Nuestros datos sugieren que esta forma de entrenamiento tiene el potencial de provocar reducciones significativas y clínicamente significativas de la presión arterial y puede servir como un complemento importante a las recomendaciones actuales de entrenamiento de ejercicios dinámicos (Carlson et al., 2014).

En cuanto a la intensidad los factores de influencia en la hipotensión postejercicio después del ejercicio de fuerza han sido menos estudiados, pero parece que un mayor volumen (más ejercicios, mayor masa muscular, más series y repeticiones) produce una mayor HPE (Casonatto et al., 2016), mientras que el papel de la intensidad del ejercicio aún no está claro (Rezk et al., 2006).

2.2.4 Componentes de la carga entrenamiento con personas hipertensas

Tabla 3

Componentes de la carga para el entrenamiento con personas hipertensas. Adaptado de (Pescatello et al., 2015)

Entrenamiento con personas hipertensas		
	Entrenamiento aeróbico	Entrenamiento de fuerza
Intensidad	40-60%VO2 max	60-80% 1-RM
Frecuencia	7 días a la semana	2-3 días a la semana
Volumen	30-60 minutos ¹	2-3 series 10-12 repeticiones 8-10 ejercicios ²
Recuperación	2 minutos	1-2 minutos entre series
Tipo	Andar, ir en bici o nadar	Maquinas guiadas, peso libre, bandas elásticas

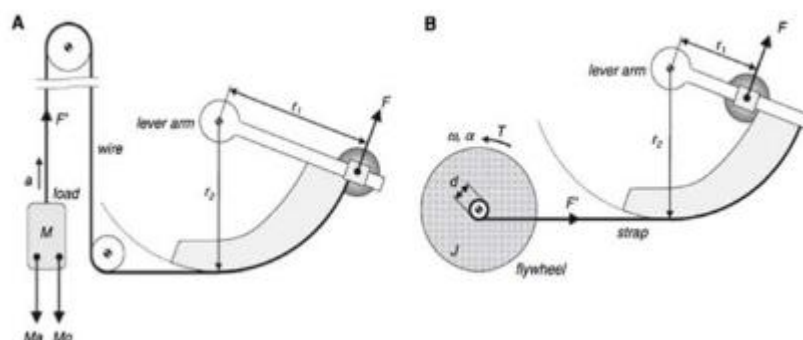
*Notas:*¹deben ser en periodos de 10 minutos; ²centrados en los músculos principales del tren superior e inferior

2.3 Nuevas estrategias para la reducción de la presión arterial; entrenamiento excéntrico con sistemas isoinerciales (Flywheel)

El flywheel, o rueda de inercia, es un dispositivo de entrenamiento físico que utiliza la inercia para su funcionamiento. Cuenta con volantes que almacenan energía cinética, la cual se utiliza luego para potenciar la fase excéntrica del movimiento. Este aparato surgió en los años 90 con el objetivo de combatir la pérdida de masa muscular y permitir el entrenamiento en condiciones de baja gravedad durante los viajes espaciales de larga duración (Gómez González, 2016). Estos dispositivos han ganado mucha popularidad debido a su capacidad para aumentar la carga de la fase excéntrica durante los ejercicios de fuerza. Esto ha llevado a cambios positivos en el cuerpo. Por ejemplo, ciertas células en los músculos que se contraen rápidamente se activan más. Además, se produce más proteínas, lo que ayuda a los músculos a crecer. También hay más conexiones entre las fibras musculares, lo que hace que el trabajo durante la contracción del músculo sea más eficiente (Raya-González et al., 2021). Estos tipos de dispositivos en la actualidad tienen una gran variedad de aplicaciones en el ámbito tanto el deporte como de la salud.

Figura 1

Mecanismo de un sistema tradicional dependiente de la gravedad (A) y otro de resistencia isoinercial (B). Tomado de (Gómez González, 2016)



2.3.1 Bases del entrenamiento con sistemas isoinerciales

Estos dispositivos funcionan almacenando energía cinética durante la contracción concéntrica y liberándola en la contracción excéntrica. Nos permiten trabajar con ciclos CEA (ciclo de estiramiento-acortamiento de las fibras musculares), acumulando energía elástica que incrementa la fuerza muscular y la explosividad de los movimientos, gracias al componente de reflejo de estiramiento, esencial para prevenir lesiones. Los sistemas isoinerciales fortalecen la parte excéntrica del movimiento, que consta de tres fases: concéntrica (contra la gravedad), isométrica (manteniendo la contracción muscular sin movimiento) y excéntrica (frenando la energía devuelta por el dispositivo). Un aspecto a tener en cuenta es que la energía almacenada en el volante es proporcional al cuadrado de su velocidad de rotación angular. El sistema isoinercial, al reforzar la parte excéntrica del movimiento (frenando la gravedad), ayuda a prevenir lesiones y puede facilitar el acondicionamiento físico en fitness. Recientemente, los sistemas isoinerciales están siendo utilizados como nuevos dispositivos de entrenamiento para mejorar la fuerza, destacando el flywheel. Estos sistemas ofrecen picos de fuerza mayores en la fase excéntrica del movimiento, con beneficios a nivel neural, muscular y mecánico. Varios estudios han demostrado la eficacia de esta tecnología isoinercial, obteniendo adaptaciones neuromusculares tras pocas sesiones de entrenamiento. En general, este entrenamiento fortalece el tejido conectivo, incrementa el umbral de ruptura muscular, aumenta la fuerza de los tendones y se utiliza para la rehabilitación y prevención de tendinopatías, además de incrementar la fuerza en la contracción voluntaria máxima.(Gómez González, 2016).

2.3.2 Potenciales beneficios del entrenamiento con sistemas isoinerciales sobre la presión arterial

Los sistemas isoinerciales, la presión arterial, y la hipotensión postejercicio están estrechamente relacionados.

1. Durante el ejercicio con sistemas isoinerciales, los vasos sanguíneos se dilatan para permitir un mayor flujo de sangre a los músculos, lo que puede contribuir a la HPE al disminuir la resistencia vascular.
2. Se ha sugerido que la HPE puede estar relacionada con una inhibición del sistema nervioso simpático, que normalmente actúa para aumentar la presión arterial. En el contexto del entrenamiento con sistemas isoinerciales, esto podría traducirse en una regulación más eficiente de la presión arterial.
3. También la liberación de óxido nítrico durante y después del ejercicio con sistemas isoinerciales puede contribuir a la HPE al ayudar a dilatar los vasos sanguíneos.
4. Finalmente, los barorreflejos, que ayudan a regular la presión arterial, pueden jugar un papel clave en la HPE tras el entrenamiento con sistemas isoinerciales.

En resumen, los sistemas isoinerciales podrían tener un papel en la hipotensión postejercicio a través de varios mecanismos, como la dilatación de los vasos sanguíneos, la inhibición del sistema nervioso simpático, la liberación de óxido nítrico y la regulación de los barorreflejos. Esto podría tener beneficios significativos para la salud cardiovascular. Sin embargo, es importante destacar que estos hallazgos son preliminares por lo que se requieren más estudios para confirmar y entender completamente estos mecanismos y sus implicaciones en la salud cardiovascular.

3. Objetivos e Hipótesis

Los objetivos de este trabajo serán los siguientes:

Objetivo general

Analizar los efectos de una sesión de entrenamiento de fuerza de componente excéntrico con sistema isoinercial sobre la respuesta cardiovascular aguda en personas con sanas.

Objetivos específico

- a) Evaluar la respuesta aguda de la presión arterial sistólica y diastólica tras una sesión de ejercicio de componente excéntrico con sistemas isoinerciales.
- b) Analizar la evolución de la frecuencia cardíaca como respuesta aguda a una sesión de ejercicio excéntrico.
- c) Explorar las diferencias en las respuestas cardiovasculares entre hombres y mujeres ante una sesión de ejercicio excéntrico.

Hipótesis de partida

El ejercicio de fuerza dinámico reduce los niveles de presión arterial en las personas. Dado que el entrenamiento con sistemas isoinerciales se basa en el entrenamiento de fuerza, podría también reducir la presión arterial a través de los mismos mecanismos fisiológicos. Por lo tanto, el entrenamiento isoinercial puede ser una opción adecuada para disminuir los niveles de presión arterial en las personas.

4. Método

4.1 Tipo de estudio

Para contrastar la hipótesis del presente trabajo, se utilizará un diseño de estudio de tipo controlado, aleatorizado y cruzado. En este diseño, cada participante se convierte en sujeto de ambas condiciones: la intervención de estudio y la de control. Esto significa que cada individuo experimentará tanto la condición de tratamiento como la de control, lo que permite una comparación directa y precisa de los efectos de la intervención en cada individuo.

La asignación de las condiciones (intervención de estudio o de control) se realiza de manera aleatoria. Este proceso de aleatorización es crucial para minimizar cualquier sesgo en la asignación de las condiciones y para garantizar que cualquier diferencia observada en los resultados puede atribuirse a la intervención y no a otros factores confusos.

Además, este diseño de estudio tiene la ventaja de que cada participante sirve como su propio control. Esto significa que cualquier variabilidad individual (como la edad, el sexo, la salud general, etc.) que podría influir en los resultados se mantiene constante, ya que cada individuo se compara consigo mismo en lugar de con otros participantes. Esto tiene el efecto de reducir la variabilidad en las variables analizadas y aumentar la precisión y la potencia estadística del estudio.

4.2 Población de estudio

El estudio se centrará en una población específica compuesta por individuos adultos. Los criterios de inclusión para los participantes requieren que tengan una presión arterial en reposo que exceda los 115 mmHg en la presión arterial sistólica y los 75 mmHg en la presión arterial diastólica. Es importante destacar que los individuos que actualmente estén bajo tratamiento farmacológico o que hayan sido diagnosticados con cualquier enfermedad que pueda verse agravada por la realización de ejercicio físico serán excluidos del estudio.

La muestra seleccionada para este estudio será equitativa en términos de género, con un 50% de hombres y un 50% de mujeres. Este diseño de muestra equilibrada tiene como objetivo permitir un análisis detallado de los efectos del sexo en las respuestas de la presión arterial. Este enfoque

puede proporcionar información valiosa sobre las diferencias potenciales en las respuestas de la presión arterial entre hombres y mujeres.

El cálculo del tamaño de la muestra es un aspecto crítico en el diseño de cualquier estudio científico. En este caso, los cálculos indican que se necesitan 12 participantes para detectar diferencias significativas en la variable de la presión arterial sistólica. Este cálculo se basa en una potencia estadística (beta) del 80% y un nivel de confianza del 95%. La potencia estadística del 80% indica que el estudio tiene un 80% de probabilidad de detectar un efecto si realmente existe, mientras que el nivel de confianza del 95% indica que podemos estar seguros al 95% de que los resultados del estudio son precisos y no se deben al azar. Estos parámetros aseguran que el estudio está adecuadamente potenciado para detectar diferencias significativas en la presión arterial sistólica entre las condiciones de intervención y control.

4.2.1 *Diseño experimental*

El estudio se llevará a cabo con participantes que hayan cumplido con los criterios de inclusión preestablecidos y que hayan proporcionado su consentimiento informado para participar en el estudio. Este consentimiento informado es un componente esencial de la ética de la investigación, asegurando que los participantes comprenden plenamente el propósito del estudio, los procedimientos que se seguirán, y sus derechos como participantes.

El estudio se divide en 3 sesiones:

- Día 0 de toma de datos iniciales
- Situación experimental 1; día control sin ejercicio
- Situación experimental 2; día de ejercicio con sistema isoinercial.

1. Día 0 de toma de datos iniciales

En la jornada inicial de toma de datos, lo primero que realizó el participante nada más llegar a la sala se le explicaron los objetivos, y los fines del estudio a la vez que el tratamiento de los datos tras esto y tras habernos asegurado de que el participante había comprendido todo lo explicado anteriormente se procedió a la firma del consentimiento informado, a continuación se procedió a la recopilación de datos en los que comprobamos los criterios de inclusión y exclusión a partir de la toma de las mediciones preliminares del estudio:

- a. Registro de la presión arterial en estado de reposo: colocando el manguito del tensiómetro en el brazo izquierdo del participante por encima de la línea de flexión del codo, el participante durante la medición deberá estar sentado, relajado y con el brazo extendido delante, este registro de la PA se realizará durante 3 veces en intervalos de 1 minuto y donde apuntaremos la presión arterial sistólica, la presión arterial diastólica. Se utilizará un tensiómetro Omron M7

validado. Este dispositivo ha sido validado para su precisión y fiabilidad en la medición de la presión arterial, y es ampliamente utilizado en la investigación clínica y en la práctica médica. Todas las mediciones se realizarán siguiendo el protocolo establecido por la Sociedad Europea de Hipertensión.

- b. Registro de la frecuencia cardíaca: debido a que el tensiómetro utilizado nos da el dato de la frecuencia cardíaca hemos utilizado el mismo protocolo que el del registro de la presión arterial.

Figura 2

Posición toma de la presión arterial y frecuencia cardíaca



- c. Registro de las medidas antropométricas del participante, incluyendo su altura y peso: para tomar estas medidas el participante debió descalzarse y quitarse cualquier peso adicional que tuviera en los bolsillos como llaves, móvil o cartera, tras esto el participante se colocó en un tallímetro y se le midió, tras esto paso a la báscula en donde obtuvimos el peso del mismo, habiendo obtenido estos datos pudimos realizar el índice de masa corporal de cada participante
- d. Aplicación del cuestionario IPAQ para la evaluación de la actividad física (Barrera, 2017).
- e. Familiarización de los participantes con el sistema isoinercial, en donde se les explico el funcionamiento de la máquina y con una inercia menor los participantes procedieron a realizar los ejercicios del día de entrenamiento con el fin de que se familiarizaran para el día del entrenamiento con el sistema isoinercial

Además de estas mediciones, se proporcionó a los participantes una explicación detallada sobre la naturaleza del trabajo de fin de grado, el funcionamiento de la máquina isoinercial y el tratamiento que se daría a sus datos. También se dictamino el orden de realización de los entrenamientos mediante un método aleatorio.

- 2. **Situación experimental 1; día control sin ejercicio.** En este día, el participante acudirá al laboratorio y participará en una sesión “control” sin ejercicio que durará 60 minutos.

Esta sesión consistirá en ejercicios posturales suaves que no incrementarán de manera significativa el gasto metabólico basal del participante. Este día control servirá para comparar de manera directa los efectos de la intervención de entrenamiento isoinercial.

- a. Protocolo de la situación experimental 1:

Tabla 4

Ejercicios que los participantes realizan en el día de entrenamiento control

Ejercicio	Nº Series	Duración en segundos
Rotación de tobillo	1	30
Talones-puntillas	1	30
Flexión de rodillas	1	30
Rotación de rodillas	1	30
Rotación de cadera	1	30
Anteversión y retroversión de cadera	1	30
Circunducción de muñecas	1	30
Flexión-extensión de codos	1	30
Circunducción de hombro	1	30
Aperturas laterales de hombros	1	30
Circunducción de cuello	1	30

Tras finalizar la fase de entrenamiento de movilidad articular, se procedió a la toma de la presión arterial del participante cada 5 minutos durante un período de 30 minutos. El objetivo de este monitoreo fue evaluar la respuesta aguda de la presión arterial y la frecuencia cardíaca al ejercicio y observar su evolución a lo largo del tiempo.

3. **Situación experimental 2; día de ejercicio con sistema isoinercial.** En este día, el participante acudirá al laboratorio y realizará una sesión de entrenamiento utilizando un sistema isoinercial:

- a. kBox Active de Exxentric

Esta sesión comenzará con un calentamiento de 10 minutos con el fin de preparar las estructuras corporales para el entrenamiento y reducir el riesgo de lesiones. Posteriormente, el participante realizará la parte principal del entrenamiento, que consistirá en 4 series de 8 repeticiones a una intensidad moderada (momento de inercia de 0.025 kg/m^2) con 1 minuto de recuperación entre series. Durante esta sesión, se realizarán dos ejercicios específicos: sentadilla y remo, con un descanso de 5 minutos entre los ejercicios para permitir una recuperación adecuada.

- b. Calentamiento:

Tabla 5

Protocolo de calentamiento para el día de ejercicio con sistemas isoinerciales para el ejercicio de sentadilla

Protocolo calentamiento		
Sentadilla		
Ejercicios	Series	Repeticiones
Estiramiento dinámico de flexores de cadera	1	10 repeticiones
Subidas a banco de 25cm	1	8 repeticiones
Elevación de talón sin inercia	1	8 repeticiones
Media sentadilla sin inercia con mancuernas	3	8 repeticiones
Sentadilla normal sin inercia con mancuernas	2	8 repeticiones

Tabla 6

Protocolo de calentamiento para el día de ejercicio con sistemas isoinerciales en el ejercicio de remo

Calentamiento		
Remo		
Ejercicios	Series	Repeticiones
Aperturas de brazos	1	10 repeticiones
Subir y bajar intercaladamente los hombros	1	10 repeticiones
Circunducción de hombros	1	10 repeticiones
Remo sin inercia derecha	2	8 repeticiones
Remo sin inercia izquierda	2	8 repeticiones

c. Entrenamiento

Tabla 7

Ejercicio que los participantes realizan en el día de ejercicio isoinercial

Protocolo de entrenamiento				
Ejercicios	Series	Reps	Recuperación	Inercia (kg*m ²)
Sentadilla	4	8	1 minuto	0,025
Remo brazo izquierdo	2	8	1 minuto	0,025
Remo brazo derecho	2	8	1 minuto	0,025

Tras finalizar la fase de entrenamiento de movilidad articular, se procedió a la toma de la presión arterial del participante cada 5 minutos durante un período de 30 minutos. El objetivo de este monitoreo fue evaluar la respuesta aguda de la presión arterial y la frecuencia cardíaca al ejercicio y observar su evolución a lo largo del tiempo.

Cada situación experimental se llevará a cabo el mismo día de la semana y a la misma hora, con un intervalo de 7 días entre cada una, y el orden en el que se presentan estas condiciones será

aleatorio. Esto asegura que cualquier efecto circadiano o semanal en las respuestas del participante sea controlado. Además, se estandarizarán los niveles de actividad física, alimentación y sueño durante el día previo a cada día experimental. Esto se hace para controlar cualquier variable que pueda influir en las respuestas del participante al ejercicio y para asegurar que cualquier cambio observado pueda ser atribuido a la intervención y no a otros factores confusos.

4.3 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos recogidos en este estudio, se aplicarán estadísticos descriptivos para obtener la media y desviación estándar de todas las variables iniciales de los participantes. Para comprobar la hipótesis del estudio, se utilizará la prueba T de Student para muestras dependientes. Dicha prueba estadística permitirá la comparación de las principales variables de estudio tanto pre-post dentro de cada prueba, como entre día control vs ejercicio. Se considerará que hay diferencias significativas cuando el valor de P obtenido sea menor a 0,05.

El análisis estadístico se llevará a cabo utilizando el software SPSS, que es una herramienta de software ampliamente utilizada en la investigación científica para el análisis de datos.

5. Resultados

5.1 Características de la población

Este estudio se llevó a cabo con una muestra equitativa de 12 individuos, compuesta por 6 hombres y 6 mujeres. Se recopilieron datos demográficos y antropométricos, incluyendo edad, altura, peso e Índice de Masa Corporal (IMC). Además, se aplicó el cuestionario IPAC para determinar el nivel de actividad física de los participantes. Los datos generales se presentan en la Tabla 8. Las Tablas 9 y 10 proporcionan un desglose de las características de las poblaciones masculina y femenina respectivamente, incluyendo los mismos parámetros que en la Tabla 8.

Tabla 8*Características de los participantes.*

Características de los participantes			
	General	Hombres	Mujeres
N= 12	6 hombres, 6 mujeres	6	6
Variables antropométricas			
Edad (años)	51 ±12	53 ±12	49 ±13
Altura (m)	1,6±0	1,6±0	1,4±1
Peso (kg)	71,4±10	79,7 ±5	63,1 ±6
IMC (kg/m²)	26,3±3	28,1 ±1	24,6 ±2
Variables cardiovasculares			
PAS (mmHg)	123 ±9	126 ±8	120 ±11
PAD (mmHg)	79 ±7	80 ±5	79 ±9
FC (ppm)	71 ±8	67 ±9	75 ±6
Niveles de actividad física de los participantes			
Actividad física vigorosa (Mets)	2095 ±2581	2227 ±2581	1614 ±2788
Actividad física moderada (Mets)	442 ±682	140 ±159	743 ±882
Andar (Mets)	2582 ±2588	1998 ±2517	3166 ±2753
Actividad física total (Mets)	4988 ±4527	4444 ±4415	5532 ±4989

Notas: Presión arterial sistólica (PAS), Presión arterial diastólica (PAD), Frecuencia Cardíaca (FC), Metros (m), Kilos (kg), Milímetros de mercurio (mmHg).

5.2 Variables cardiovasculares

En el estudio, se evaluaron variables cardiovasculares: presión arterial sistólica, diastólica y frecuencia cardíaca durante la modalidad de entrenamiento. Posteriormente, se calculó la media y desviación estándar de cada variable. Se aplicó la prueba t para determinar la existencia de diferencias significativas en las variables. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

5.2.1 Presión arterial sistólica

A continuación, podemos observar los datos obtenidos de las mediciones cada 5 minutos de la PAS, estos datos son tanto del día de entrenamiento con sistemas isoinerciales como el día control a su vez que se muestra el valor P.

Tabla 9

Evolución de la presión arterial sistólica en cada intervención experimental

Día ejercicio isoinercial	PRE	POST 0'	POST 5'	POST 10'	POST 15'	POST 20'	POST 25'	POST 30'
Media día ejercicio isoinercial PAS (mmHg)	122± 12	133± 10	118± 9	119± 11	115± 9	116± 12	115± 10	115± 12
Día control sin ejercicio	PRE	POST 0'	POST 5'	POST 10'	POST 15'	POST 20'	POST 25'	POST 30'
Media día control PAS (mmHg)	120± 8	125± 9	119± 9	117± 9	116± 8	119± 8	118± 9	118± 9
P valor	0,626	0,015*	0,730	0,361	0,537	0,139	0,273	0,378

*Notas: * Indica diferencias significativas entre día ejercicio y día control en dicho momento temporal con un valor e P menor a 0,05.*

Figura 3

Respuesta de la presión arterial sistólica a ambos entrenamientos

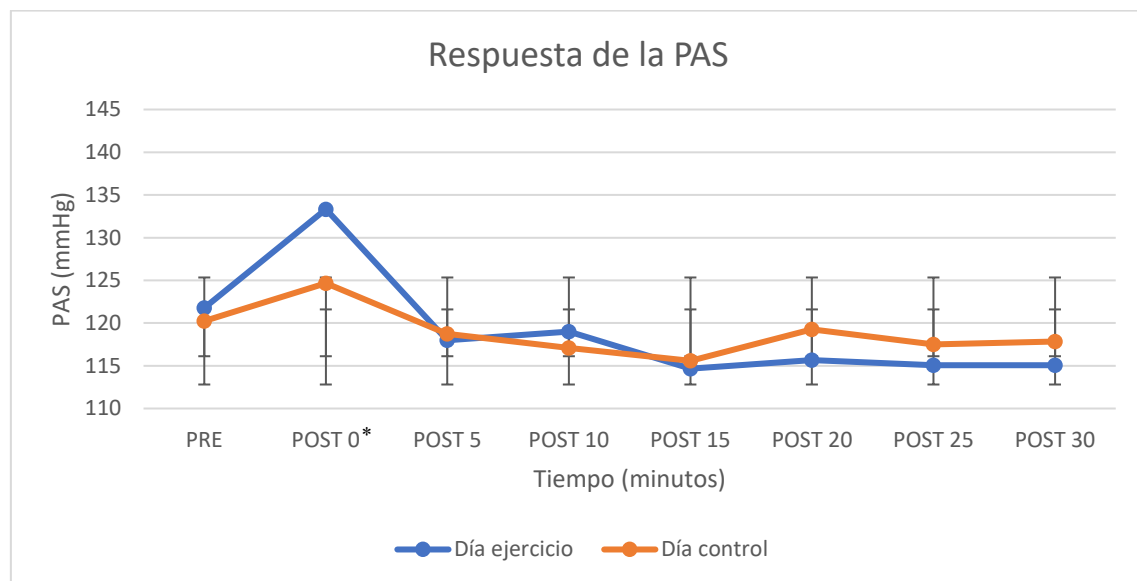
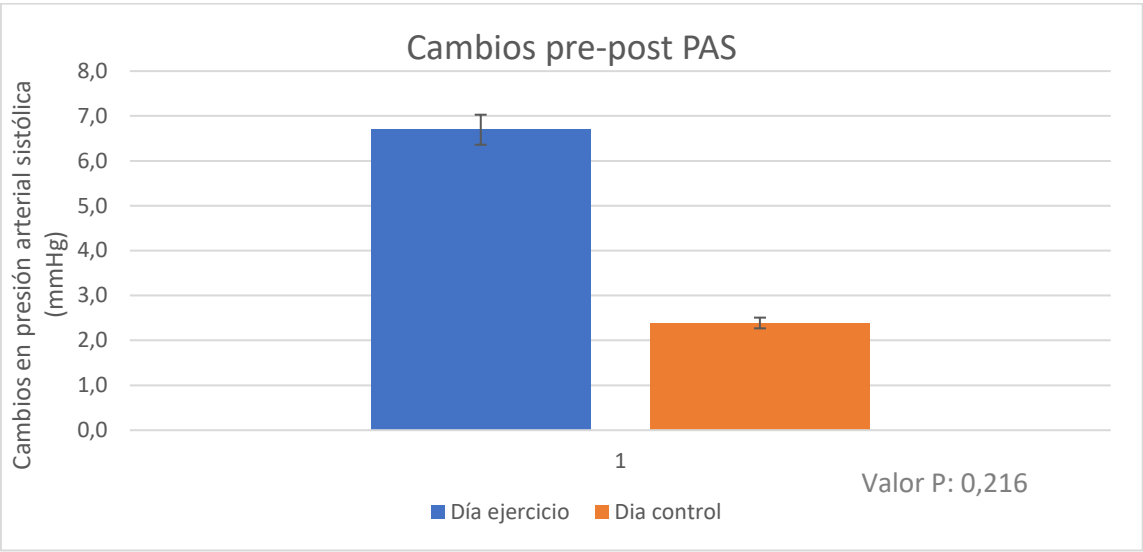


Figura 4

Cambios presión arterial sistólica antes y después del entrenamiento



5.2.1.1 Diferencias hombres y mujeres PAS

En relación a los posibles efectos de género en la PAS, los datos obtenidos se presentan a continuación:

Hombres:

Tabla 10

Evolución de la presión arterial sistólica en cada intervención experimental. Hombres

	Hombres							
	PRE	POST	POST	POST	POST	POST	POST	POST
		0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'
Media día	126±	140± 7	121± 8	123± 9	120± 7	118±	118± 7	121± 7
ejercicio	11					10		
isoinercial								
PAS (mmHg)								
Media día	120±	127± 9	121± 8	121± 6	117± 8	121± 7	119± 7	119± 6
control PAS	5							
(mmHg)								
Valor P	0,273	0,072	0,942	0,497	0,174	0,171	0,957	0,732

Figura 5

Respuesta de la PAS en hombres en ambos entrenamientos

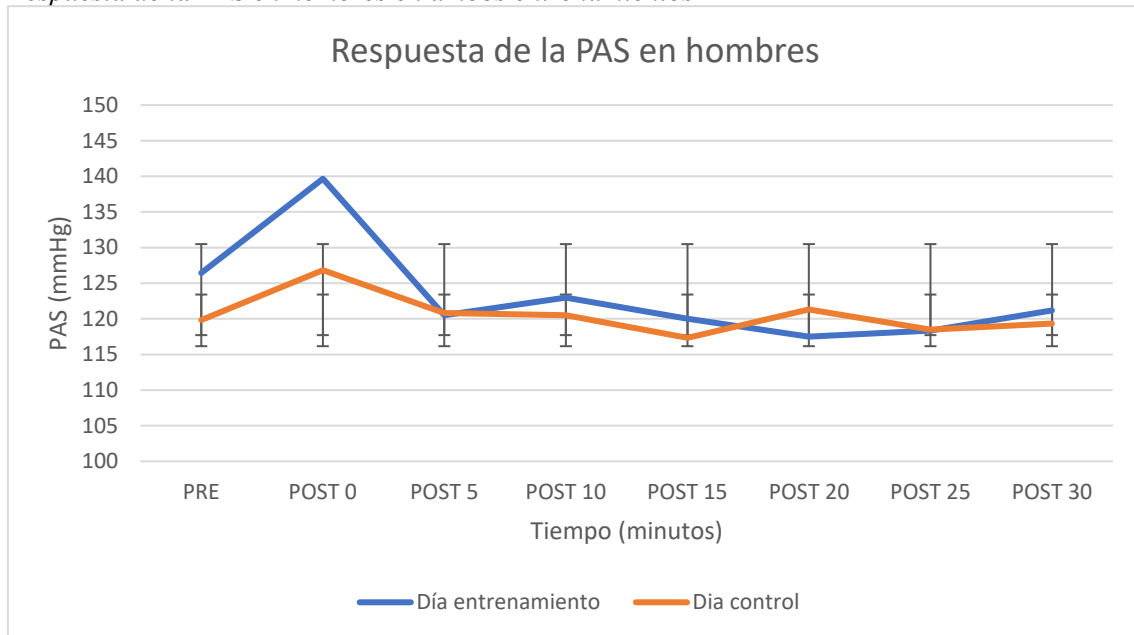
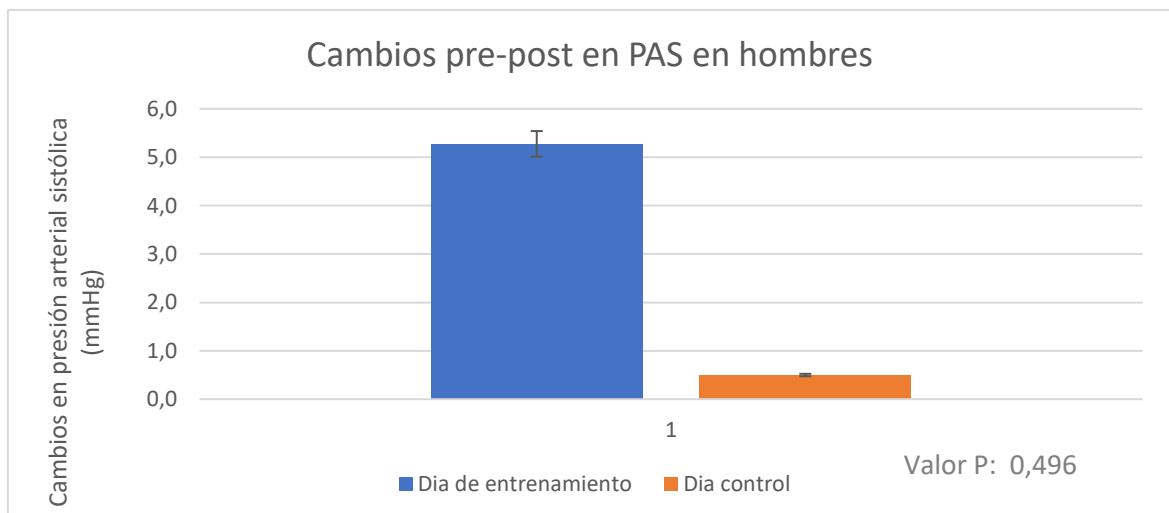


Figura 6

Cambios presión arterial sistólica antes y después del entrenamiento en hombres



Mujeres:

Tabla 11

Evolución de la presión arterial sistólica en cada intervención experimental. Mujeres

Mujeres								
	PRE	POST 0'	POST 5'	POST 10'	POST 15'	POST 20'	POST 25'	POST 30'
Media día	117±	127±	116±	115±	109±	114±	112±	109±
ejercicio	12,2	9,2	11,4	12,5	9,6	14,5	13,1	14,7
isoinercial								
PAS (mmHg)								
Media día	121±	123±	117±	114±	114±	117±	117±	116±
control PAS	10,7	10,3	11,4	10,9	9,8	9,3	12,7	11,4
(mmHg)								
Valor P	0,621	0,981	0,475	0,437	0,229	0,323	0,390	0,210

Figura 7

Respuesta de la PAS a los entrenamientos en mujeres

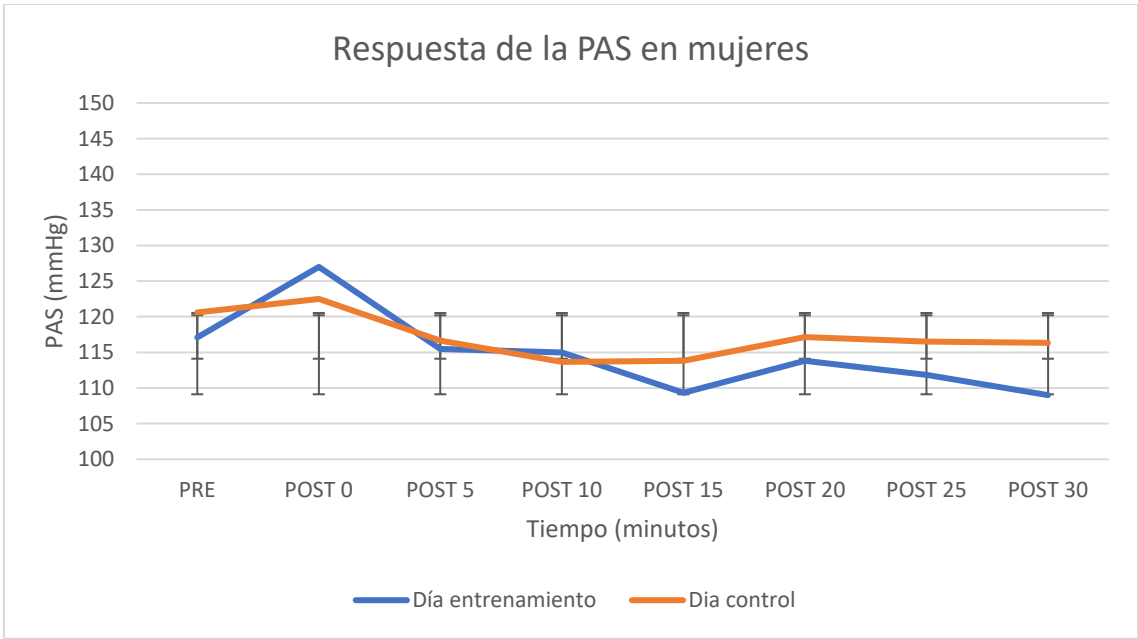
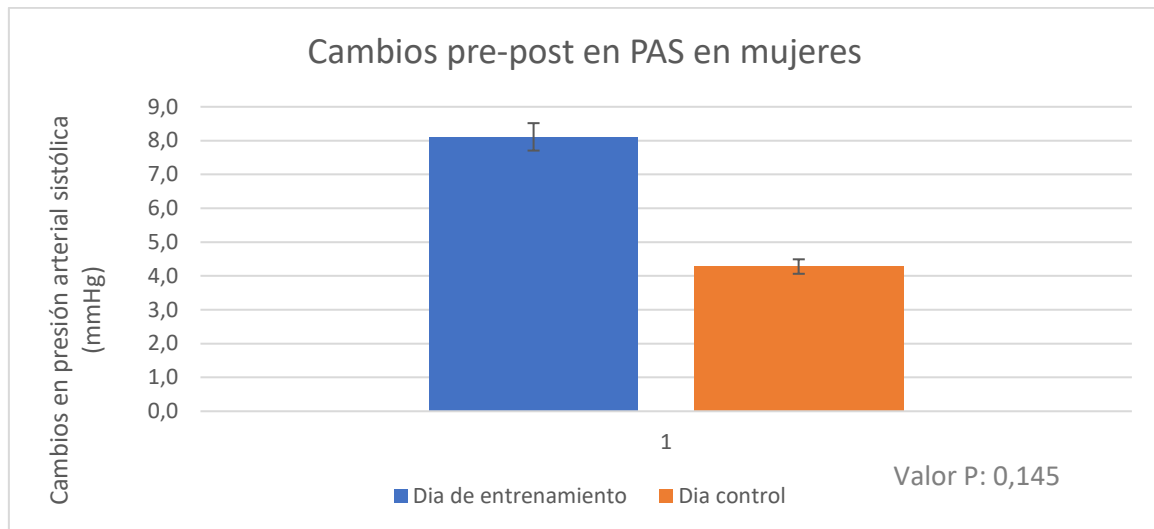


Figura 8

Media de cambios presión arterial sistólica antes y después del entrenamiento en mujeres



5.2.2 Presión arterial diastólica

En cuanto a la Presión Arterial Diastólica, se determinó la media para cada sujeto en las diferentes modalidades de entrenamiento, realizándose este cálculo para cada intervalo temporal, lo que resultó en ocho mediciones por sesión de entrenamiento. Los datos recopilados se detallan a continuación.

Tabla 12

Evolución de la presión arterial diastólica en cada intervención experimental.

Dia de entrenamiento	PRE	POST 0'	POST 5'	POST 10'	POST 15'	POST 20'	POST 25'	POST 30'
Media día ejercicio isoinercial PAD (mmHg)	75± 6	78± 8	77± 8	76± 8	75± 10	77± 6	75± 9	77± 7
Media día control PAD (mmHg)	76± 5	77± 6	77± 7	77± 7	78± 8	78± 6	78± 5	79± 6
Valor P	0,639	0,523	0,943	0,881	0,243	0,459	0,294	0,354

Notas: antes del entrenamiento (PRE), Medidas tras el entrenamiento cada 5 minutos (POST 0, POST 5, POST 10, POST 15, POST 20, POST 25, POST 30)

Figura 9

Respuesta de la presión arterial diastólica a ambos entrenamientos

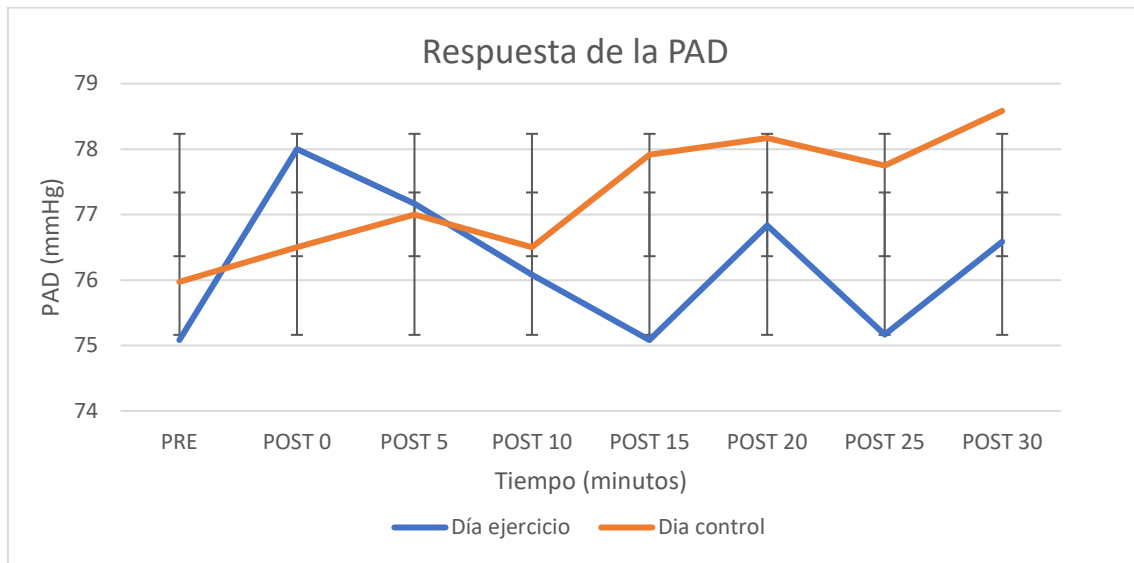
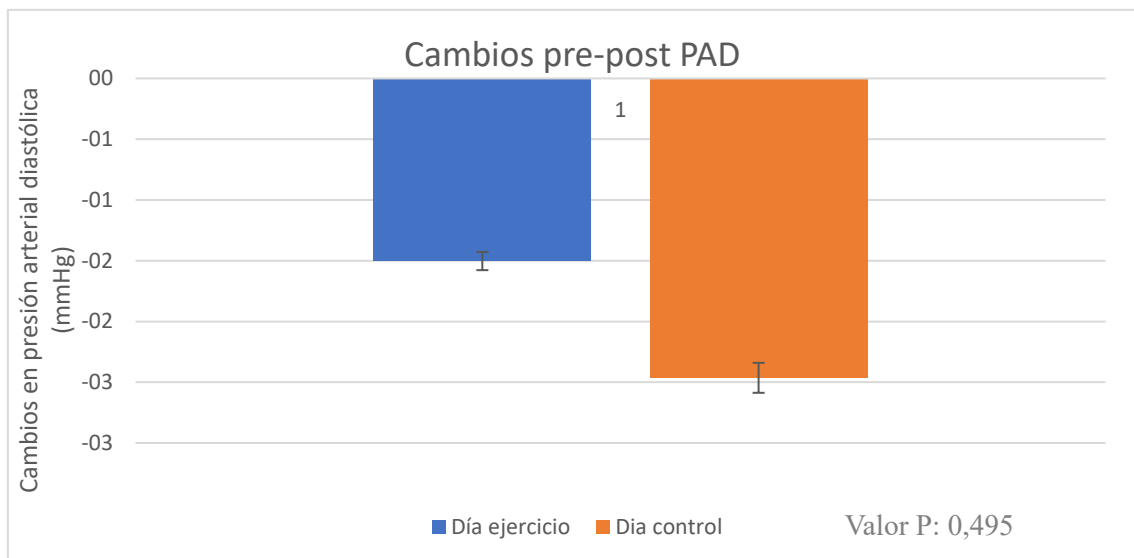


Figura 10

Media de cambios presión arterial diastólica antes y después del entrenamiento



5.2.2.1 Diferencias hombres y mujeres PAD

En cuanto a las diferencias en la PAD entre los distintos sexos los datos obtenidos son:

Hombres:

Tabla 13

Evolución de la presión arterial diastólica en cada intervención experimental. Hombres

Hombres								
	PRE	POST 0'	POST 5'	POST 10'	POST 15'	POST 20'	POST 25'	POST 30'
Media día ejercicio isoinercial PAD (mmHg)	77±7	80±9	79±11	77±9	77±11	76±8	75±10	78±10
Media día control PAD (mmHg)	80 ± 5	86 ± 7	88 ± 8	84 ± 7	94 ± 11	93 ± 9	84 ± 7	86± 7
Valor P	0,774	0,295	0,872	0,960	0,555	0,406	0,618	0,617

Figura 11

Respuesta de la PAD en hombres en ambos entrenamientos

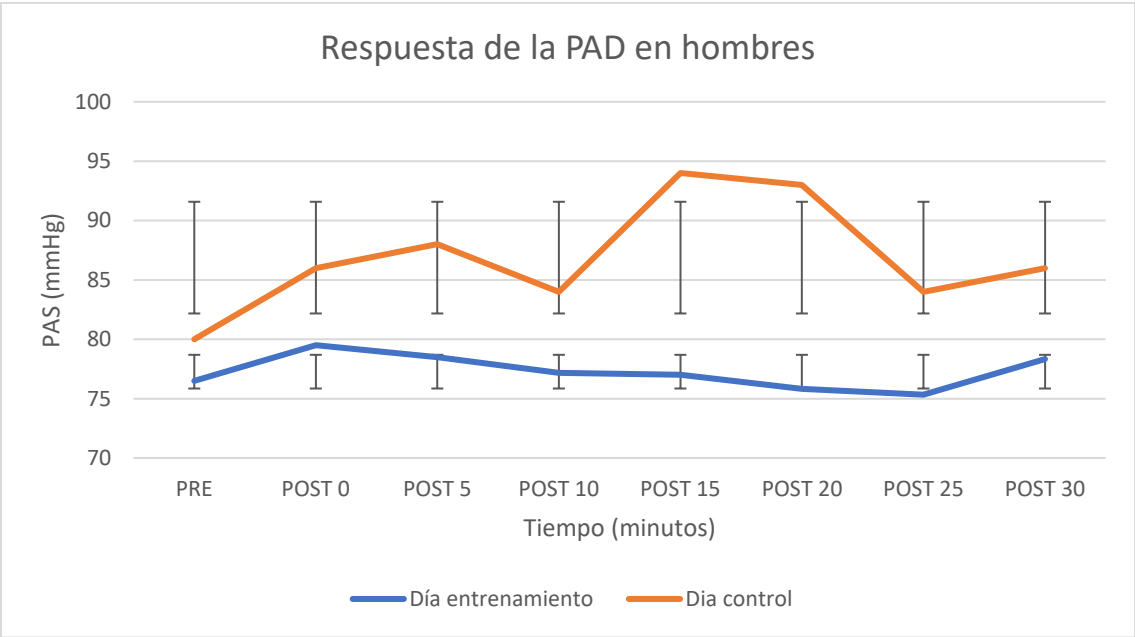
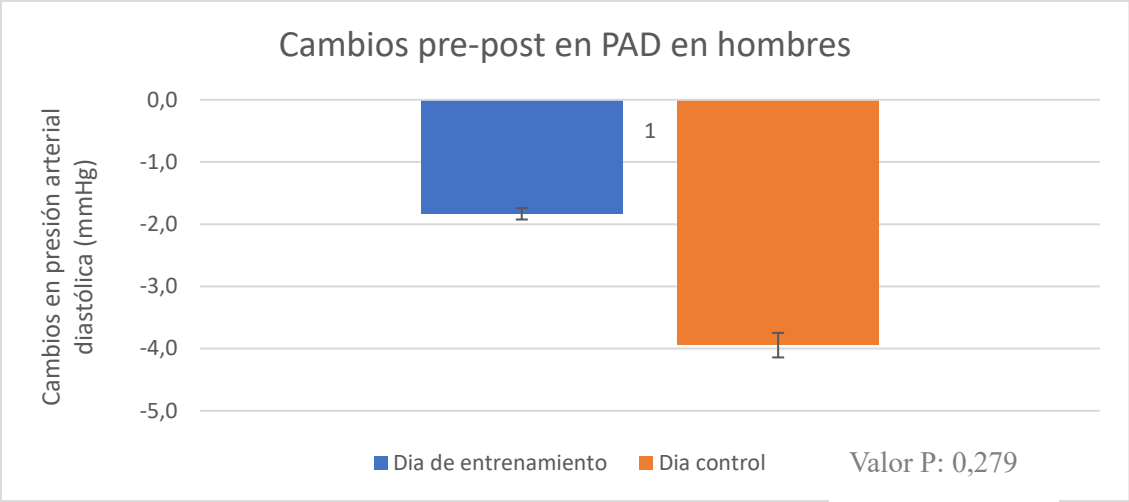


Figura 12

Media de cambios presión arterial diastólica antes y después del entrenamiento en hombres



Mujeres:

Tabla 14

Evolución de la presión arterial diastólica en cada intervención experimental. Mujeres

Mujeres								
	PRE	POST 0'	POST 5'	POST 10'	POST 15'	POST 20'	POST 25'	POST 30'
Media día ejercicio isoinercial PAD (mmHg)	74± 5	77± 8	76± 6	75± 7	73± 8	78± 5	75± 8	75± 5
Media día control PAD (mmHg)	76± 6	77± 5	76± 6	76± 6	77± 5	78± 3	79± 3	77± 5
Valor P	0,484	0,848	0,966	0,893	0,358	0,944	0,398	0,480

Figura 13

Respuesta de la PAD en mujeres en ambos entrenamientos

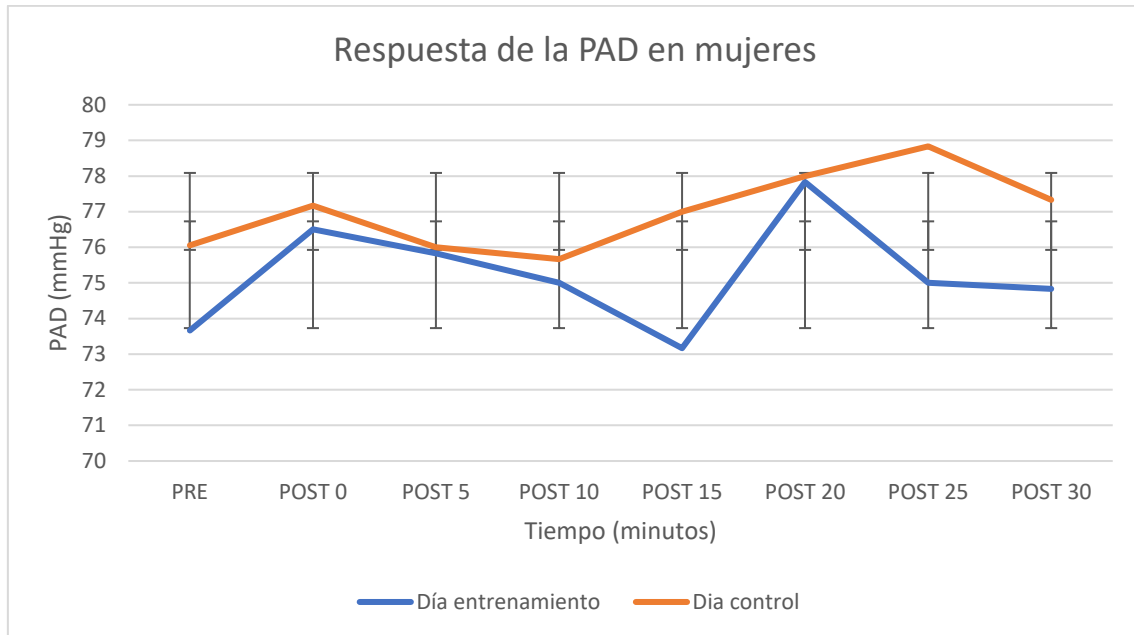
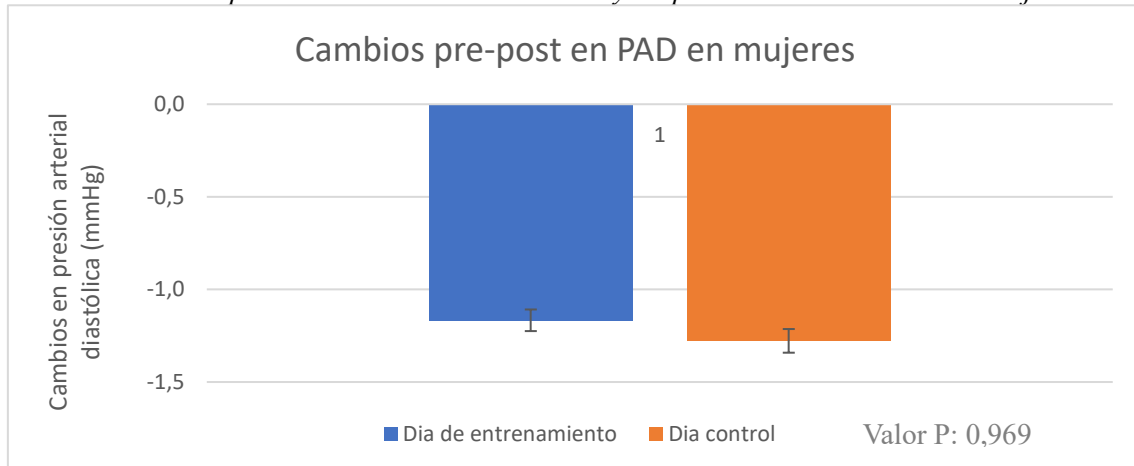


Figura 14

Media de cambios presión arterial diastólica antes y después del entrenamiento en mujeres



5.2.3 Frecuencia cardiaca

Respecto a la Frecuencia cardiaca (FC), se calculó la media, obteniendo ocho mediciones por sesión. Los datos recabados se presentan a continuación.

Tabla 15

Evolución de la frecuencia cardiaca en cada intervención experimental.

Día de entrenamiento	PRE	POST 0'	POST 5'	POST 10'	POST 15'	POST 20'	POST 25'	POST 30'
Media día ejercicio isoinercial FC (ppm)	73± 8	83± 13	76± 9	76± 10	74± 10	71± 11	72± 9	72± 10
Media día control FC (ppm)	75± 10	77± 13	75± 11	74± 10	74± 9	74± 10	74± 10	74± 9
Valor P	0,224	0,039	0,638	0,475	0,958	0,247	0,313	0,289

Notas: Medidas antes del entrenamiento (PRE), Medidas tras el entrenamiento cada 5 minutos (POST 0, POST 5, POST 10, POST 15, POST 20, POST 25, POST 30)

Figura 15

Media de cambios frecuencia cardiaca antes y después del entrenamiento

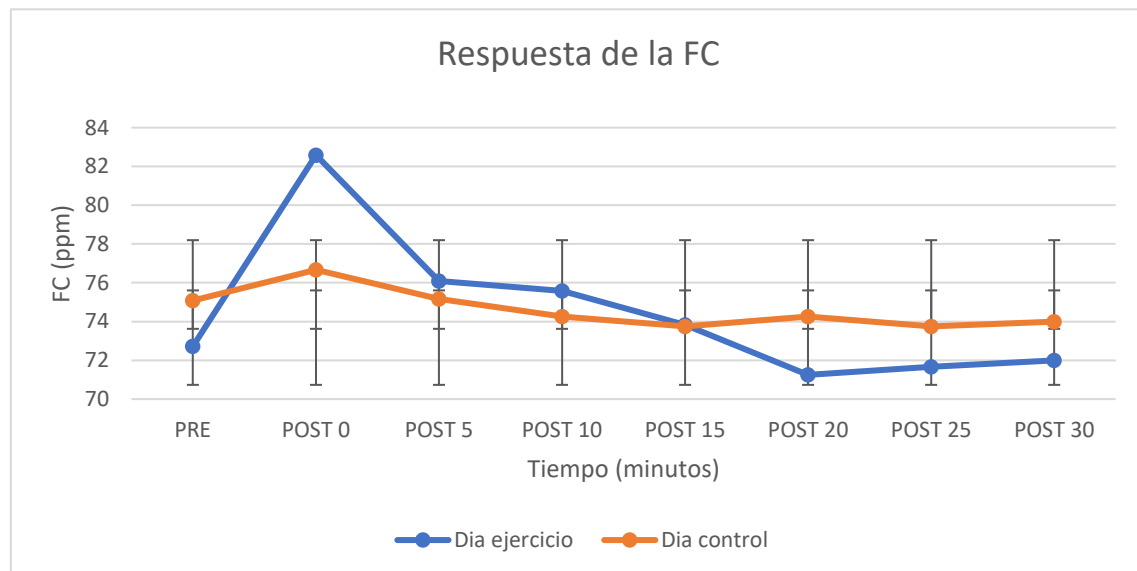
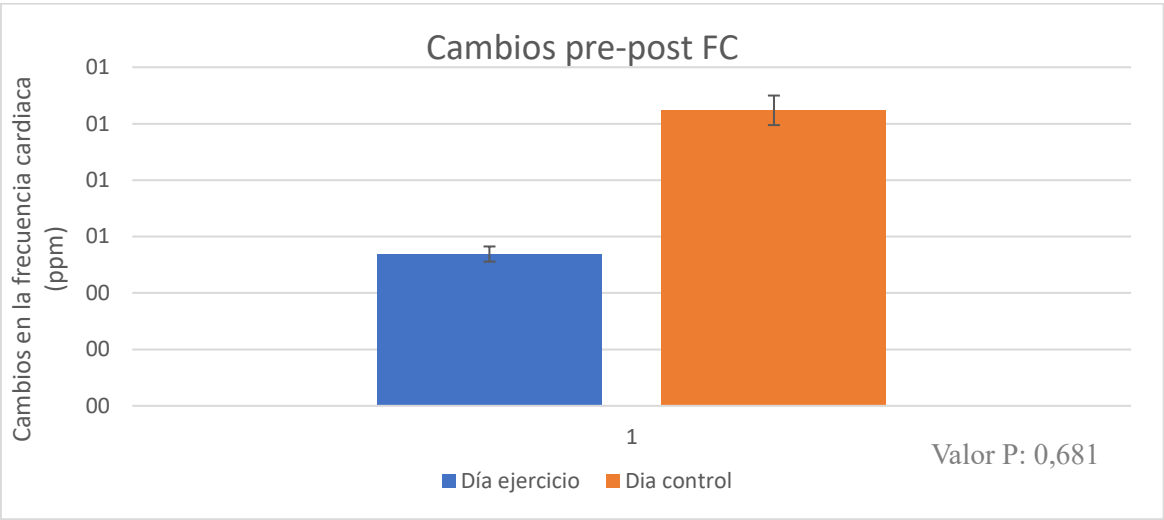


Figura 16

Media de cambios frecuencia cardiaca antes y después del entrenamiento



5.2.3.1 Diferencias hombres y mujeres FC

Los datos obtenidos sobre las diferencias en la frecuencia cardiaca (FC) entre sexos son los siguientes:

Hombres:

Tabla 16

Evolución de la frecuencia cardiaca en cada intervención experimental. Hombres

	Hombres							
	PRE	POST	POST	POST	POST	POST	POST	POST
		0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'
Media día ejercicio isoinercial FC (ppm)	69± 7	80± 15	71± 7	72± 12	69± 10	70± 8	68± 10	67± 9
Media día control FC (ppm)	71± 10	72± 13	72± 13	71± 10	70± 11	71± 11	71± 11	71± 10
Valor P	0,693	0,071	0,892	0,733	0,682	0,812	0,460	0,259

Figura 17

Media de cambios frecuencia cardiaca antes y después del entrenamiento en hombres

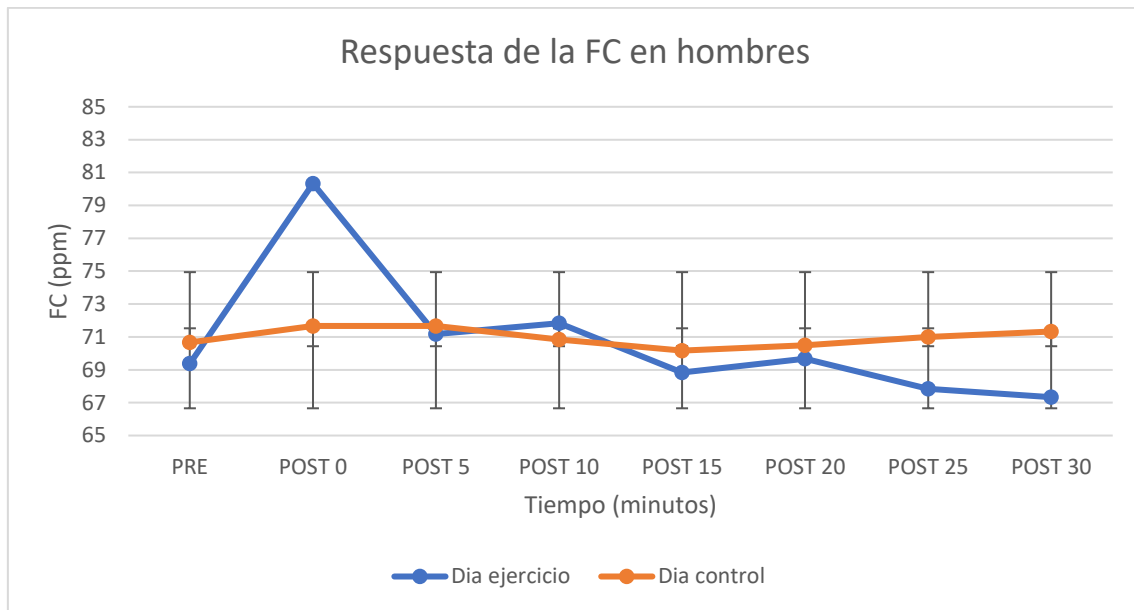
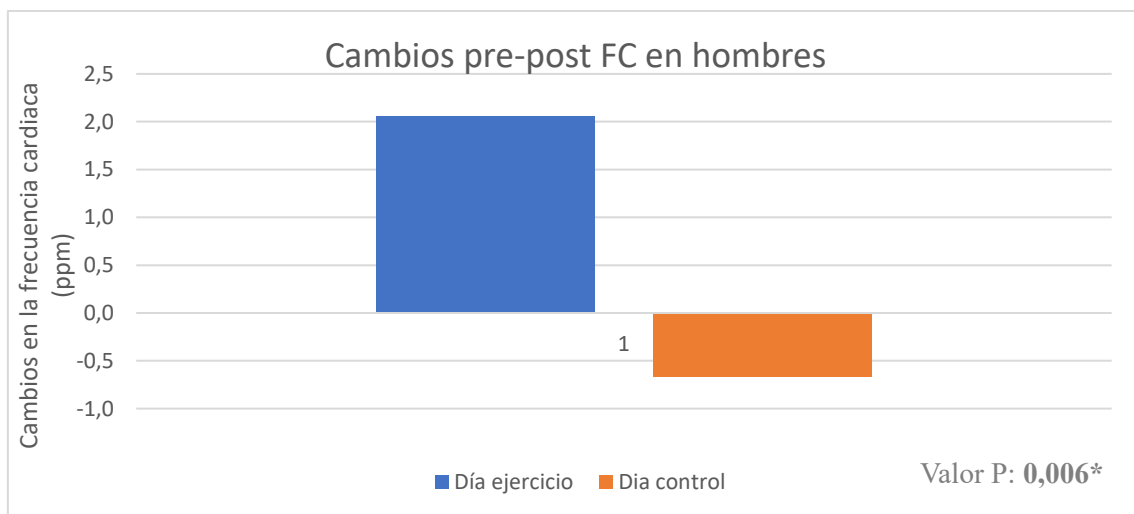


Figura 18

Media de cambios frecuencia cardiaca antes y después del entrenamiento en hombres



*Nota: *el valor es menor que 0,05 por lo que este dato estadísticamente es significativo*

Mujeres:

Tabla 17

Evolución de la frecuencia cardiaca en cada intervención experimental. Mujeres

Mujeres								
	PRE	POST 0'	POST 5'	POST 10'	POST 15'	POST 20'	POST 25'	POST 30'
Media día ejercicio isoinercial FC (ppm)	76± 7	85± 12	81± 8	79± 6	79± 7	73± 14	76± 7	77± 8
Media día control FC (ppm)	80± 8	82± 12	79± 8	78± 9	77± 7	78± 9	77± 8	77± 8
Valor P	0,184	0,378	0,225	0,544	0,017*	0,220	0,348	1,000

Nota: *el valor es menor que 0,05 por lo que este dato estadísticamente es significativo

Figura 19

Media de cambios frecuencia cardiaca antes y después del entrenamiento en mujeres

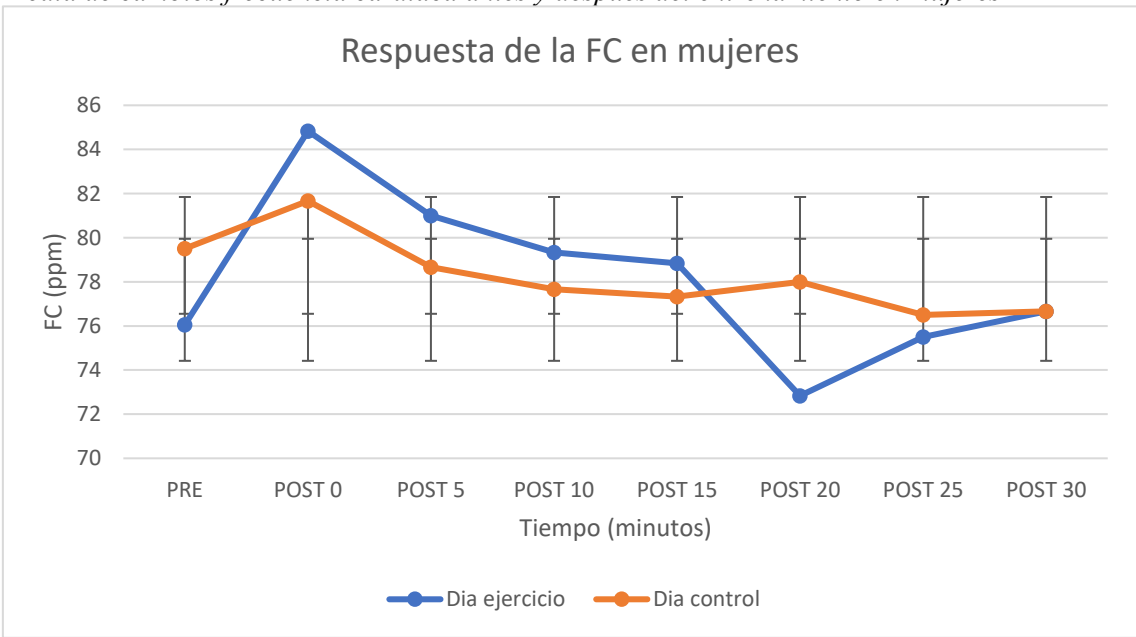
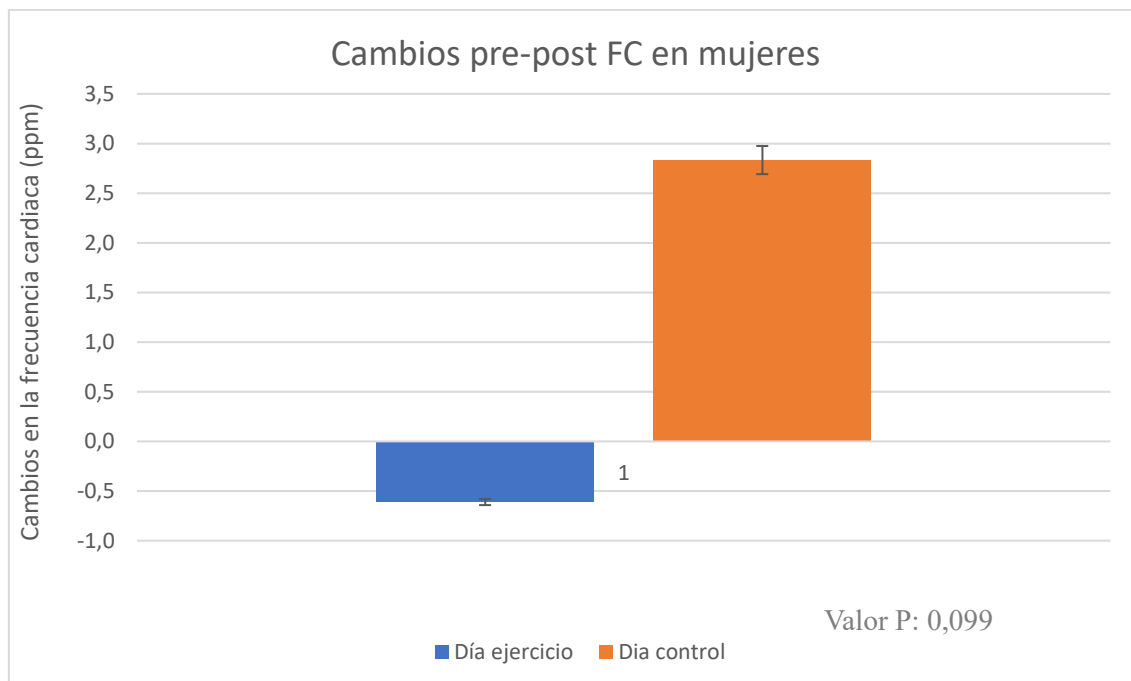


Figura 20

Media de cambios frecuencia cardiaca antes y después del entrenamiento en mujeres



6. Discusión

El presente estudio tenía como objetivo principal analizar los efectos de una sesión de entrenamiento de fuerza de componente excéntrico con sistemas isoinerciales sobre la respuesta aguda de la presión arterial en personas sanas. Los resultados obtenidos indican que no se observaron cambios estadísticamente significativos en la presión arterial sistólica y diastólica ni en la frecuencia cardíaca tras la sesión de ejercicio. Sin embargo, hubo una excepción notable: en la medición llamada POST 0, se encontró un dato con una significancia menor a 0,05. La medición POST 0 se refiere a la toma de datos inmediatamente después de concluir la sesión de ejercicio. Esta significancia observada podría deberse a una respuesta inmediata al ejercicio excéntrico, que puede incluir un aumento transitorio de la presión arterial y la frecuencia cardíaca como reacción al esfuerzo físico. Este tipo de respuesta aguda es común y refleja la activación del sistema nervioso simpático, que incrementa la frecuencia cardíaca y la presión arterial para satisfacer las demandas metabólicas del cuerpo durante el ejercicio. Sin embargo, esta respuesta no se mantuvo en las mediciones posteriores, lo que sugiere que cualquier efecto agudo del ejercicio excéntrico es temporal y no tiene un impacto duradero en la presión arterial o la frecuencia cardíaca en personas sanas.

Diversos estudios han examinado el impacto del entrenamiento de fuerza en la presión arterial y la frecuencia cardíaca, encontrando resultados mixtos. Por ejemplo, el estudio de (Wernbom et al., 2007) sugiere que el ejercicio excéntrico puede inducir adaptaciones beneficiosas en el sistema cardiovascular a largo plazo, pero los efectos agudos pueden ser menos pronunciados. Asimismo,

(Paschalis, V et al., 2011) encontraron que los ejercicios excéntricos pueden llevar a un incremento moderado de la presión arterial, aunque estos cambios suelen ser transitorios y no necesariamente clínicamente relevantes. Sin embargo, es importante destacar que nuestros resultados no mostraron un incremento significativo, lo que podría deberse a la especificidad del método isoinercial utilizado o a la composición de nuestra muestra.

Una posible explicación para la falta de cambios significativos en la presión arterial en nuestra muestra de personas sanas es el efecto suelo (floor effect). Este fenómeno ocurre cuando los valores de una variable medida se encuentran en el extremo inferior de la escala de medición y no pueden disminuir más, lo que limita la capacidad de detectar cambios o diferencias significativas. En individuos normotensos, la presión arterial ya se encuentra en niveles óptimos, lo que dificulta la generación de reducciones adicionales significativas a través del ejercicio.

El floor effect crea una "meseta" en los datos en el extremo inferior de la escala, impidiendo observar variaciones adicionales hacia abajo. Esto se debe a que, en una población con presión arterial ya baja, cualquier intervención para reducir aún más estos valores puede no mostrar cambios significativos, ya que la presión arterial no puede disminuir mucho más sin causar problemas de salud. Este fenómeno ha sido reportado en varios estudios como el de (Cohen & Flamenbaum, 1986) que discuten la dificultad de disminuir aún más la presión arterial en poblaciones normotensas debido a su ya bajo punto de partida. En el contexto de nuestro estudio, el floor effect puede haber limitado nuestra capacidad para detectar reducciones significativas en la presión arterial tras una sesión de entrenamiento excéntrico con sistemas isoinerciales. La presión arterial de estos individuos ya está en niveles óptimos, y cualquier disminución adicional no es fácilmente observable debido a los límites inferiores de la escala de medición. En general, la falta de significancia estadística en las otras mediciones ($p > 0,05$) sugiere que el entrenamiento excéntrico isoinercial no provoca alteraciones agudas importantes en los parámetros cardiovasculares evaluados en nuestra muestra de personas sanas. Esto es consistente con la idea de que, en individuos normotensos, la presión arterial ya se encuentra en niveles óptimos, y las intervenciones adicionales a corto plazo, como una sesión única de ejercicio excéntrico, no tienen un efecto significativo en reducirla aún más.

Diferencias por sexo

Una de las preguntas de investigación de este estudio fue explorar las diferencias en las respuestas cardiovasculares entre hombres y mujeres ante una sesión de ejercicio excéntrico. Aunque los resultados generales no mostraron diferencias significativas entre sexos, se encontraron datos significativos en los hombres en las mediciones Pre y Post 30 minutos. Esta significancia podría ser atribuida a que los hombres tienen una mayor masa muscular y posiblemente una respuesta cardiovascular más pronunciada al ejercicio excéntrico, lo que se refleja en estos puntos

temporales específicos. En otras mediciones, estas diferencias no fueron significativas posiblemente debido a la variabilidad individual y a que las respuestas hemodinámicas podrían estabilizarse rápidamente tras el ejercicio. Investigaciones anteriores han sugerido que puede haber diferencias en la respuesta cardiovascular al ejercicio entre hombres y mujeres.

Según (Lovelace, D., et al., 2019) encontró que las mujeres pueden experimentar respuestas hemodinámicas diferentes en comparación con los hombres, posiblemente debido a diferencias en la composición corporal y las respuestas hormonales. También (Carter, J. R., et al., 2001) observó que las mujeres tienden a tener una menor respuesta de la presión arterial durante el ejercicio en comparación con los hombres, lo cual podría explicar la falta de diferencias significativas en nuestro estudio.

7. Conclusiones

En conclusión, este estudio no encontró que el entrenamiento de fuerza con componente excéntrico con sistemas isoinerciales genere reducciones significativas en la presión arterial ni en la frecuencia cardíaca en personas sanas. En cuanto a las diferencias entre ambos sexos tampoco se ha observado ninguna diferencia entre hombres y mujeres.

Estos hallazgos sugieren que este tipo de entrenamiento puede ser seguro desde una perspectiva cardiovascular para personas sanas. Sin embargo, la falta de cambios significativos destaca la necesidad de estudios adicionales en población hipertensa para comprobar los efectos reales de este tipo de ejercicio.

8. Aplicaciones prácticas

Aunque los resultados no mostraron cambios significativos, es importante considerar que el entrenamiento excéntrico con sistemas isoinerciales sigue siendo una herramienta valiosa en el ámbito del acondicionamiento físico y la rehabilitación. La falta de cambios agudos significativos en la presión arterial y la frecuencia cardíaca puede sugerir que este tipo de ejercicio es seguro para personas sanas, al menos en términos de no provocar aumentos agudos peligrosos en estas variables.

9. Limitaciones del estudio

Este estudio presenta varias limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, la muestra del estudio fue relativamente pequeña, lo que puede haber limitado la capacidad de detectar cambios significativos. Además, el estudio se centró en una única sesión de entrenamiento, por lo que no se pueden concluir los efectos a largo plazo del entrenamiento excéntrico con sistemas isoinerciales. Otro punto importante es que este estudio no se realizó en población hipertensa, lo que limita la generalización de los resultados a este grupo específico. Futuras investigaciones deberían considerar diseños con un mayor número de participantes, múltiples sesiones de

entrenamiento para evaluar los efectos a corto y largo plazo, y enfocarse en poblaciones hipertensas. Además, el estímulo de la carga de la sesión de entrenamiento debería ser mayor para evaluar su impacto de manera más precisa.

10. Futuras líneas de investigación

Para mejorar la comprensión de los efectos del entrenamiento excéntrico con sistemas isoinerciales sobre la respuesta cardiovascular, futuras investigaciones podrían explorar los siguientes aspectos:

- Evaluar los efectos de múltiples sesiones de entrenamiento para observar posibles adaptaciones a largo plazo.
- Incluir una muestra más amplia y diversa, con participantes de diferentes edades y niveles de condición física.
- Investigar otros marcadores de salud cardiovascular, como la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la función endotelial.
- Analizar en mayor profundidad las diferencias por sexo, quizás controlando variables adicionales como el ciclo menstrual en mujeres.

11. Referencias Bibliográficas

- A global brief on hypertension: Silent killer, global public health crisis: World Health Day* 2013. (s. f.). Recuperado 12 de junio de 2024, de <https://www.who.int/publications-detail-redirect/a-global-brief-on-hypertension-silent-killer-global-public-health-crisis-world-health-day-2013>
- Banegas Banegas, J. R. (2005). Epidemiología de la hipertensión arterial en España. Situación actual y perspectivas. *Hipertensión*, 22(9), 353-362. [https://doi.org/10.1016/S0212-8241\(05\)71587-5](https://doi.org/10.1016/S0212-8241(05)71587-5)
- Barrera, R. (2017). Cuestionario Internacional de actividad física (IPAQ). *Revista Enfermería del Trabajo*, 7(2), 49-54.
- Brito, L. C., Fecchio, R. Y., Peçanha, T., Andrade-Lima, A., Halliwill, J. R., & Forjaz, C. L. M. (2018). Postexercise hypotension as a clinical tool: A “single brick” in the wall. *Journal of the American Society of Hypertension*, 12(12), e59-e64. <https://doi.org/10.1016/j.jash.2018.10.006>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.10.030>
- Carpio-Rivera, E., Moncada-Jiménez, J., Salazar-Rojas, W., & Solera-Herrera, A. (2016a). Acute Effects of Exercise on Blood Pressure: A Meta-Analytic Investigation. *Arquivos Brasileiros De Cardiologia*, 106(5), 422-433. <https://doi.org/10.5935/abc.20160064>
- Carpio-Rivera, E., Moncada-Jiménez, J., Salazar-Rojas, W., & Solera-Herrera, A. (2016b). Acute Effects of Exercise on Blood Pressure: A Meta-Analytic Investigation. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 106(5), 422-433. <https://doi.org/10.5935/abc.20160064>
- 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. <https://doi.org/10.1177/2047487316664147>

- Chobanian, A. V., Bakris, G. L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo, J. L., Jones, D. W., Materson, B. J., Oparil, S., Wright, J. T., Roccella, E. J., Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. National Heart, Lung, and Blood Institute, & National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. (2003). Seventh report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 42(6), 1206-1252.
<https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000107251.49515.c2>
- Cohen, N., & Flamenbaum, W. (1986). Obesity and hypertension. Demonstration of a “floor effect”. *The American Journal of Medicine*, 80(2), 177-181.
[https://doi.org/10.1016/0002-9343\(86\)90006-9](https://doi.org/10.1016/0002-9343(86)90006-9)
- Dubey, R. K., Oparil, S., Imthurn, B., & Jackson, E. K. (2002). Sex hormones and hypertension. *Cardiovascular Research*.
- Ettehad, D., Emdin, C. A., Kiran, A., Anderson, S. G., Callender, T., Emberson, J., Chalmers, J., Rodgers, A., & Rahimi, K. (2016). Blood pressure lowering for prevention of cardiovascular disease and death: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet*, 387(10022), 957-967. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01225-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01225-8)
- Figueiredo, T., Rhea, M. R., Peterson, M., Miranda, H., Bentes, C. M., Machado de Ribeiro dos Reis, V., & Simão, R. (2015). Influence of Number of Sets on Blood Pressure and Heart Rate Variability After a Strength Training Session. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1556. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000774>
- Forjaz, C. L., Tinucci, T., Ortega, K. C., Santaella, D. F., Mion, D., & Negrão, C. E. (2000). Factors affecting post-exercise hypotension in normotensive and hypertensive humans. *Blood Pressure Monitoring*, 5(5-6), 255-262. <https://doi.org/10.1097/00126097-200010000-00002>
- Goessler, K. F., Cornelissen, V. A., de Oliveira, E. M., de F Mota, G., & Polito, M. D. (2015). ACE polymorphisms and the acute response of blood pressure to a walk in medicated

- hypertensive patients. *Journal of the Renin-Angiotensin-Aldosterone System: JRAAS*, 16(4), 720-729. <https://doi.org/10.1177/1470320315600086>
- Gómez González, D. (2016). *Entrenamiento excéntrico con flywheel: Mecanismos isoinerciales, rendimiento, prevención de lesiones y rehabilitación en pacientes con derrame cerebral = Flywheel eccentric training: Isoinertial mechanics, performance, injury prevention and rehabilitation in stroke patients*. <https://buleria.unileon.es/handle/10612/6486>
- Halliwill, J. R., Buck, T. M., Lacewell, A. N., & Romero, S. A. (2013). Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: What happens after we exercise? *Experimental Physiology*, 98(1), 7-18. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2011.058065>
- Kelley, G. A., & Kelley, K. S. (2000). Progressive resistance exercise and resting blood pressure: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 35(3), 838-843. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.35.3.838>
- Kenney, M. J., & Seals, D. R. (1993). Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 22(5), 653-664. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.22.5.653>
- Le, V.-V., Mitiku, T., Sungar, G., Myers, J., & Froelicher, V. (2008). The blood pressure response to dynamic exercise testing: A systematic review. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 51(2), 135-160. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2008.07.001>
- Lewington, S., Clarke, R., Qizilbash, N., Peto, R., Collins, R., & Prospective Studies Collaboration. (2002). Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: A meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet (London, England)*, 360(9349), 1903-1913. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(02\)11911-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(02)11911-8)
- Mancia et al. - 2023—2023 ESH Guidelines for the management of arterial.pdf. (s. f.).
- Mancia, G., Kreutz, R., Brunström, M., Burnier, M., Grassi, G., Januszewicz, A., Muiesan, M. L., Tsioufis, K., Agabiti-Rosei, E., Algharably, E. A. E., Azizi, M., Benetos, A., Borghi, C., Hitij, J. B., Cifkova, R., Coca, A., Cornelissen, V., Cruickshank, J. K., Cunha, P. G., ... Kjeldsen, S. E. (2023). 2023 ESH Guidelines for the management of arterial

- hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *Journal of Hypertension*, 41(12), 1874-2071. <https://doi.org/10.1097/HJH.00000000000003480>
- Mancia, G., Laurent, S., Agabiti-Rosei, E., Ambrosioni, E., Burnier, M., Caulfield, M. J., Cifkova, R., Clément, D., Coca, A., Dominiczak, A., Erdine, S., Fagard, R., Farsang, C., Grassi, G., Haller, H., Heagerty, A., Kjeldsen, S. E., Kiowski, W., Mallion, J. M., ... Zanchetti, A. (2009). Reappraisal of European guidelines on hypertension management: A European Society of Hypertension Task Force document. *Blood Pressure*, 18(6), 308-347. <https://doi.org/10.3109/08037050903450468>
- Pazoki, R., Dehghan, A., Evangelou, E., Warren, H., Gao, H., Caulfield, M., Elliott, P., & Tzoulaki, I. (2018). Genetic Predisposition to High Blood Pressure and Lifestyle Factors: Associations With Midlife Blood Pressure Levels and Cardiovascular Events. *Circulation*, 137(7), 653-661. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.117.030898>
- Pereira, M., Lunet, N., Azevedo, A., & Barros, H. (2009). Differences in prevalence, awareness, treatment and control of hypertension between developing and developed countries. *Journal of Hypertension*, 27(5), 963-975. <https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e3283282f65>
- Pescatello, L. S., Franklin, B. A., Fagard, R., Farquhar, W. B., Kelley, G. A., Ray, C. A., & American College of Sports Medicine. (2004). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 533-553. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000115224.88514.3a>
- Pescatello, L. S., MacDonald, H. V., Lamberti, L., & Johnson, B. T. (2015). Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research. *Current Hypertension Reports*, 17(11), 87. <https://doi.org/10.1007/s11906-015-0600-y>
- Pescatello, L. S., Wu, Y., Gao, S., Livingston, J., Sheppard, B. B., & Chen, M.-H. (2021). Do the combined blood pressure effects of exercise and antihypertensive medications add

- up to the sum of their parts? A systematic meta-review. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 7(1), e000895. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2020-000895>
- Raya-González, J., Castillo, D., de Keijzer, K. L., & Beato, M. (2021). The effect of a weekly flywheel resistance training session on elite U-16 soccer players' physical performance during the competitive season. A randomized controlled trial. *Research in Sports Medicine (Print)*, 29(6), 571-585. <https://doi.org/10.1080/15438627.2020.1870978>
- Rezk, C. C., Marrache, R. C. B., Tinucci, T., Mion, D., & Forjaz, C. L. M. (2006). Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: Influence of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 98(1), 105-112. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0257-y>
- Saco-Ledo, G., Valenzuela, P. L., Ramírez-Jiménez, M., Morales, J. S., Castillo-García, A., Blumenthal, J. A., Ruilope, L. M., & Lucia, A. (2021). Acute Aerobic Exercise Induces Short-Term Reductions in Ambulatory Blood Pressure in Patients With Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Hypertension*, 78(6), 1844-1858. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.121.18099>
- Schultz, M. G., La Gerche, A., & Sharman, J. E. (2017). Blood Pressure Response to Exercise and Cardiovascular Disease. *Current Hypertension Reports*, 19(11), 89. <https://doi.org/10.1007/s11906-017-0787-1>
- Son, J. S., Choi, S., Kim, K., Kim, S. M., Choi, D., Lee, G., Jeong, S.-M., Park, S. Y., Kim, Y.-Y., Yun, J.-M., & Park, S. M. (2018). Association of Blood Pressure Classification in Korean Young Adults According to the 2017 American College of Cardiology/American Heart Association Guidelines With Subsequent Cardiovascular Disease Events. *JAMA*, 320(17), 1783. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.16501>
- Spiering, W., Burnier, M., Clement, D. L., Coca, A., de Simone, Dominiczak, A., Kahan, T., Mahfoud, F., Redon, J., Ruilope, L., Zanchetti, A., Kerins, M., Kjeldsen, E., Kreutz, R., Laurent, S., Lip, G. Y. H., McManus, R., Narkiewicz, K., Ruschitzka, F., ... Desormais, I. (2018). 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Journal of Hypertension*, 36(10).

- Sundström, J., Neovius, M., Tynelius, P., & Rasmussen, F. (2011). Association of blood pressure in late adolescence with subsequent mortality: Cohort study of Swedish male conscripts. *The BMJ*, 342, d643. <https://doi.org/10.1136/bmj.d643>
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(3), 225-264. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00004>
- World Health Organization. (2011). *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. <https://iris.who.int/handle/10665/44579>
- Zhou, B., Carrillo-Larco, R. M., Danaei, G., Riley, L. M., Paciorek, C. J., Stevens, G. A., Gregg, E. W., Bennett, J. E., Solomon, B., Singleton, R. K., Sophia, M. K., Iurilli, M. L., Lhoste, V. P., Cowan, M. J., Savin, S., Woodward, M., Balanova, Y., Cifkova, R., Damasceno, A., ... Ezzati, M. (2021). Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: A pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants. *The Lancet*, 398(10304), 957-980. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01330-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01330-1)
- Zhou, B., Perel, P., Mensah, G. A., & Ezzati, M. (2021). Global epidemiology, health burden and effective interventions for elevated blood pressure and hypertension. *Nature Reviews Cardiology*, 18(11), 785-802. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00559-8>