



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

Miguel Angel Martínez Solarte

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de medicina, Departamento de Ciencias Fisiológicas
Bogotá, Colombia
2023

Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

Miguel Angel Martínez Solarte

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Fisiología

Director (a):

M.D. M.Sc. Ph. D. Farmacología

Oscar Armando García Vega

Línea de Investigación:

Fisiología del Ejercicio

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de medicina, Departamento de Ciencias Fisiológicas

Bogotá, Colombia

2023

A mi familia

Por enseñarme a vivir dejando huella, por alentarme en todo momento y lugar para sentir la cercanía a pesar de la distancia.

A mi compañera de aventuras

Por el apoyo incondicional en cada paso del camino.

A los amigos que cerca o lejos siempre estuvieron presentes.

Declaración de obra original

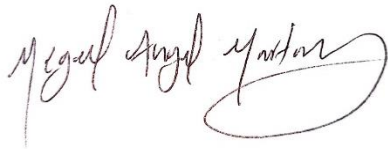
Yo Miguel Angel Martínez Solarte declaro que:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, diagramas, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Miguel Angel Martínez Solarte

Fecha 20/05/2023

Agradecimientos

A la fundación Juan Pablo Gutiérrez Cáceres, una entidad sin ánimo de lucro que apoya económicamente a jóvenes estudiantes para que puedan cumplir el sueño de estudiar un posgrado en Colombia. Gracias a su esfuerzo y dedicación, hoy otro Colombiano alcanza su meta.

Agradezco al equipo académico conformado por el director del presente trabajo: Ph. D. en Farmacología Oscar Armando García Vega quien dispuso su tiempo y experticia para que el proyecto cumpliera satisfactoriamente con los requerimientos de la comunidad académica; y al Nutricionista y candidato a Magister en Fisiología: Nicolas Farid Hamed Riveros por actuar como revisor asociado, garantizando el estricto cumplimiento del código de ética en la investigación.

Resumen

Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

La hipertensión arterial primaria o esencial es uno de los tipos de la enfermedad crónica de presión arterial elevada, referenciada como de origen heterogéneo y poligénico; sobre la cual ejercen efecto diversos factores adquiridos y ambientales.

Siguiendo el desarrollo metodológico Cochrane y los requerimientos de la declaración PRISMA, se realizó una revisión sistemática y metaanálisis cuantificando los efectos del ejercicio dinámico aeróbico y el ejercicio isométrico sobre la presión arterial en los adultos diagnosticados con hipertensión arterial primaria. Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados que investigaron el efecto de la intervención con ejercicio isométrico mayor a 3 semanas y dinámico aeróbico mayor a 6 semanas. 9 estudios fueron finalmente agrupados y sintetizados mediante el método estadístico inverso de varianza, con efecto de medida de diferencia media y un modelo de análisis para efectos aleatorios con intervalo de confianza del 95%.

8 semanas de exposición demostraron la reducción significativa de la presión arterial sistólica (PAS) con las dos exposiciones, a diferencia de la presión arterial diastólica (PAD) y la frecuencia cardiaca (FC) donde el efecto del ejercicio isométrico parece no ser sustancial. La relación del tiempo de exposición con el efecto, reveló que la PAS tiende a disminuir con intervenciones prolongadas de entrenamiento aeróbico, mientras la PAD actúa de manera contraria. Reducciones en la presión arterial media (PAM) y presión de pulso (PP) fueron identificadas luego de 10 semanas de entrenamiento isométrico, pero no pudieron ser contrastadas con el aeróbico debido a la baja disponibilidad de datos para agruparlos.

Se concluye que las dos intervenciones evidenciaron significancia estadística en la reducción de la presión arterial y que se esperan variaciones mayores inducidas por el ejercicio aeróbico, sin embargo, las características iniciales de los individuos juegan un papel importante en los resultados obtenidos y por ende en la relevancia clínica de las reducciones.

Palabras clave: hipertensión arterial, ejercicio aeróbico- ejercicio isométrico- riesgo cardiovascular.

Abstract

Effects of the dynamic aerobic exercise and the isometric exercise training on the Essential Hypertension treatment: systematic review and meta- analysis .

Primary or essential hypertension is one of the types of chronic high blood pressure, referred to as having a heterogeneous and polygenic origin, on which various factors have an effect.

Following the Cochrane methodological development and the requirements of the PRISMA statement, a systematic review and meta-analysis was conducted to quantify the effects of dynamic aerobic exercise and isometric exercise on blood pressure in adults diagnosed with primary hypertension. Randomized clinical trials investigating the effects of the intervention with isometric exercise lasting more than 3 weeks and aerobic exercise lasting more than 6 weeks were included. Nine studies were finally grouped and synthesized using the inverse variance statistical method, with a random effects analysis model.

Eight weeks of exposure demonstrated a significant reduction in systolic blood pressure (SBP) with both types of exercise, unlike diastolic blood pressure (DBP) and heart rate (HR) where the effect of isometric exercise appears to be unsubstantial. The relationship between exposure time and effect revealed that SBP tends to decrease with prolonged aerobic training interventions, while DBP acts in the opposite way. Reductions in mean arterial pressure (MAP) and pulse pressure (PP) were identified after 10 weeks of isometric training but could not be compared with aerobic exercise due to limited data availability for pooling.

It is concluded that both interventions showed statistical significance in reducing blood pressure, and greater variations are expected to be induced by aerobic exercise. However, the initial characteristics of the individuals play an important role in the obtained results and therefore in the clinical relevance of the reductions.

Keywords: Essential hypertension- Aerobic exercise- isometric exercise- cardiovascular risk

Contenido

	Pág.
1. Planteamiento del problema	3
2. Justificación.....	6
3. Objetivos	8
3.1 General.....	8
3.2 Específicos	8
4. Marco Teórico	9
4.1 La Hipertensión arterial.....	9
4.2 Riesgo cardiovascular.....	10
4.3 Tratamiento.....	11
4.3.1 Tratamiento no farmacológico	11
4.4 El ejercicio físico y su prescripción.....	13
4.4.1 Ejercicio Isométrico	13
4.4.2 Ejercicio dinámico aeróbico	14
5. Metodología.....	15
5.1 Criterios de inclusión.....	15
5.2 Criterios de exclusión:.....	15
5.3 Fuentes de información.....	16
5.4 Gestión de datos.....	18
5.4.1 Proceso de selección	18
5.4.2 Extracción de datos.....	22
5.5 Lista de datos	23
5.6 Análisis del Riesgo de sesgo	24
5.7 Síntesis de Datos.....	24
6. Resultados	26
6.1 Riesgo de Sesgo.....	26
6.2 Características demográficas.....	28
6.3 Características de las intervenciones.....	29
6.3.1 Ejercicio dinámico aeróbico	29
6.3.2 Ejercicio isométrico	30
6.4 Características de las mediciones.....	30
6.5 Cambios en la Presión Arterial de reposo	33
6.5.1 Cambios en la presión arterial sistólica (PAS)	33
6.5.2 Cambios en la presión arterial diastólica (PAD).....	36
6.5.3 Cambios en la Presión arterial media (PAM)	40

6.5.4	Cambios en la Presión de pulso (PP)	41
6.5.5	Cambios en la frecuencia cardiaca (FC)	43
7.	Discusión.....	45
7.1	Reducción de la presión arterial sistólica.....	45
7.2	Reducción de la presión arterial diastólica	47
7.3	Reducciones de las variables secundarias	49
7.4	Asociación de los hallazgos con las características de las intervenciones	50
7.5	Mecanismos asociados con las reducciones	52
7.5.1	Entrenamiento con ejercicio dinámico aeróbico.	52
7.5.2	Entrenamiento con ejercicio isométrico.....	53
8.	Conclusiones y recomendaciones.....	55
8.1	Limitaciones	56
9.	Bibliografía	60

Lista de figuras

	Pág.
Diagrama 1: Diagrama de flujo prisma.	19
Diagrama 2: Análisis de riesgo de sesgo.....	27
Diagrama 3: comparación en el cambio de la PAS del ejercicio isométrico y aeróbico...	34
Diagrama 4: reducción de la PAS en la semana 8 con ejercicio isométrico.....	35
Diagrama 5: reducción de la PAS por semanas con ejercicio aeróbico.....	36
Diagrama 6: comparación en cambio de la PAD con ejercicio isométrico y aeróbico	38
Diagrama 7: reducción de la PAD por semanas con ejercicio isométrico	39
Diagrama 8: reducción de la PAD por semanas con ejercicio aeróbico.....	40
Diagrama 9: reducción de la PAM con ejercicio isométrico	41
Diagrama 10: reducción de la PAM por semanas con ejercicio isométrico.....	41
Diagrama 11: cambio de la PP con ejercicio isométrico	42
Diagrama 12: reducción de la PP por semanas con ejercicio isométrico.....	43
Diagrama 13: comparación en cambio de la FC con ejercicio isométrico y aeróbico.....	44

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 : encabezados MESH para la pregunta PICO	16
Tabla 2: Revisión de calidad de los artículo	21
Tabla 3 características demográficas de los estudios.	28
Tabla 4: características de los estudios incluidos.....	31

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

ABREVIATURA	TÉRMINO
<i>PAS</i>	Presión arterial sistólica
<i>PAD</i>	Presión arterial diastólica
<i>PP</i>	Presión de pulso
<i>FC</i>	Frecuencia cardiaca
<i>VO2MAX</i>	Consume máximo de oxígeno
<i>FC MAX</i>	Frecuencia cardiaca máxima
<i>F MAX</i>	Fuerza máxima
<i>VOL</i>	Volumen
<i>MM HG</i>	Milímetros de mercurio
<i>HTA</i>	Hipertensión arterial
<i>LPM</i>	Latidos por minuto

Introducción

La Hipertensión arterial (HTA) primaria o esencial es uno de los tipos de la enfermedad crónica de presión arterial elevada, cuyo origen se relaciona en gran parte con factores de riesgo ambientales(1). Algunas revisiones han descrito la relación de los altos valores de presión arterial (PA) con el incremento del riesgo de enfermedad cardiovascular, razón por la cual el control de la presión se convierte en uno de los factores de riesgo modificables más significativos (1–4)

Existen variadas intervenciones de tipo no farmacológico que constituyen una aproximación importante al manejo y control de la enfermedad, entre ellas se destaca la pertinencia del incremento de actividad física con un plan estructurado; con las cuales se han alcanzado reducciones de entre 5 - 8 mm Hg en la presión arterial de individuos hipertensos (1).

Diversas revisiones han analizado los efectos y procesos fisiológicos que explican una cierta reducción en la presión arterial luego de intervenciones con ejercicio (5,6), sobre lo cual se debe reconocer que el entrenamiento aeróbico ha alcanzado un fuerte desarrollo frente a otras modalidades, constituyéndose como la recomendación tradicional en el manejo de la enfermedad. Por otra parte, la evidencia científica ha descrito el potencial del entrenamiento isométrico para generar reducciones significativas semejantes o mayores que la práctica aeróbica,(2,5,7) acarreado consigo la disminución de factores limitantes relativos al volumen de entrenamiento necesario, la indumentaria y el acompañamiento profesional requerido por un plan estructurado de ejercicio dinámico aeróbico; ofreciendo una opción asequible y de bajo costo para poblaciones específicas que no pueden cumplir los requerimientos tradicionales.

2 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

Al revisar la literatura se evidencia que las investigaciones relacionadas con ejercicio isométrico abordan muestras reducidas en comparación con las del abordaje aeróbico; y los estudios con bajo tamaño muestral pueden conllevar a afectar el poder estadístico de estas intervenciones(8). Por consiguiente, resultó pertinente revisar el valor de la modalidad de entrenamiento isométrico frente a las recomendaciones tradicionales de ejercicio aeróbico, diferenciando las características de frecuencia, intensidad y tiempo de las intervenciones para comparar sus efectos frente a las líneas de base de HTA, y su control(9). Esta revisión sistemática identificó estudios que evaluaron los efectos del ejercicio dinámico aeróbico en comparación con el ejercicio isométrico sobre la presión arterial en los adultos diagnosticados con hipertensión arterial primaria, valorando las diferencias del ejercicio en cuanto a las reducciones de la presión arterial.

Para el desarrollo de este estudio se realizó una búsqueda sistemática, estructurada, de ensayos clínicos aleatorizados que cumplieron con los criterios de inclusión que se encuentran más adelante en este documento, los cuales fueron revisados de manera estructurada para posteriormente realizar una compilación de resultados por medio un análisis tipo meta analítico de las intervenciones con ejercicio descritas en el cuerpo del trabajo. El desarrollo metodológico descrito en el apartado correspondiente siguió las recomendaciones del consenso PRISMA (Preferred Reporting Items for systematic review and meta-analysis protocols) (10).

1.Planteamiento del problema

La Hipertensión arterial (HTA) primaria o esencial es uno de los tipos de la enfermedad crónica de presión arterial elevada, cuyo origen se relaciona con factores de índole genético, ambientales y en algunos casos de origen secundario a comorbilidades específicas. Factores como una dieta desbalanceada, la inactividad física y una ingesta excesiva de alcohol son las acciones que, combinadas o por separado, se convierten en la causa subyacente de una gran proporción de los casos de hipertensión (1).

Consecuentemente, su control se convierte en uno de los factores modificables más significativos en la prevención de la enfermedad cardiovascular (2). En este sentido, algunas revisiones han descrito la relación de los altos niveles de presión arterial sistólica (PAS) y presión arterial diastólica (PAD) con el incremento del riesgo de enfermedad cardiovascular(3,4), donde un aumento en cifras de 20 mm Hg en PAS y 10 mm Hg en PAD, por encima de la línea usual de presión de 115 mm Hg (PAS) y 75 mm Hg (PAD) para edades entre 40- 69 años se han asociado con el doble de riesgo de sufrir un accidente cerebro vascular, enfermedad cardíaca o alguna otra enfermedad vascular (4).

Son múltiples las acciones encaminadas a la prevención y tratamiento de la enfermedad, las cuales se han descrito en guías de práctica clínica basadas en evidencia científica. De estas guías se derivan las recomendaciones de intervenciones farmacológicas, no farmacológicas, y sus combinaciones, en busca de cumplir metas de control y regulación de la presión arterial.

Es importante resaltar que las investigaciones encaminadas a identificar las tasas de no adherencia al manejo farmacológico con 1 o más medicamentos prescritos alcanzan

4 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

índices cercanos al 43- 45 %, representando el 83% de los casos de presión arterial no controlada(11–14).

Por otra parte, las intervenciones de tipo no farmacológico constituyen una aproximación importante al manejo y control de la enfermedad. En primera medida se reconoce la facultad preventiva que puede reducir el riesgo y evadir las consecuencias dañinas de la hipertensión, así como el aporte terapéutico en el manejo de la enfermedad en pacientes adultos con estadios avanzados (1).

La guía de práctica clínica del American College of Cardiology (1) ha descrito como recomendación de tipo 1: Fuerte, Junto con una clase de evidencia de tipo A: de alta calidad, que las intervenciones de tipo no farmacológico con la adopción de una dieta saludable y control del peso corporal, generan reducciones de entre 5 - 8 mm Hg en la presión arterial en individuos hipertensos cuando se asocia a planes estructurados de actividad física.

El ejercicio dinámico aeróbico y el ejercicio isométrico han sido ampliamente abordados en las investigaciones encaminadas a precisar sus aportes como parte del tratamiento de la HTA primaria. Diferentes autores describen efectos positivos en el control autonómico cardíaco (15) y adaptaciones favorables en la función endotelial (16) cuando se han realizado intervenciones con ejercicio aeróbico. Adicionalmente, posteriores a intervenciones con entrenamiento isométrico se ha demostrado una actividad atenuadora de la presión arterial similar a la del ejercicio aeróbico (5), con reducciones clínica y estadísticamente significativas en la PAS, PAD de reposo y en la presión arterial media(6,8). En este sentido, se encuentran similitudes entre los efectos de ambas intervenciones, a la vez que se discuten variaciones en las magnitudes reportadas en la literatura donde la comparación de metaanálisis indican mayores efectos en la reducción de la PAS asociados al ejercicio isométrico sobre el aeróbico, mientras que los resultados en la PAD no demuestran mayor variación entre las dos modalidades de entrenamiento(5,6).

Las recomendaciones alrededor de intervenciones con ejercicio aeróbico de al menos 90 a 150 minutos de entrenamiento semanal con intensidad del 75 % de la frecuencia cardiaca máxima comparadas con el ejercicio isométrico que refiere un método de corta duración con contracciones del 20 al 40% de la fuerza máxima de la extremidad realizadas 3 veces por semana (1); resaltan factores limitantes para su desarrollo, donde el tiempo dedicado, el volumen total de entrenamiento requerido, el acceso a escenarios con equipamiento apropiado o incluso la supervisión profesional, generan barreras de acceso al ejercicio aeróbico que recomiendan los expertos, siendo el ejercicio isométrico una alternativa viable con menores requerimientos en cuanto a instalaciones físicas y de dedicación de personal entrenado para dirigir la práctica. Por lo anterior, estudiar la recomendación de una modalidad de ejercicio sobre la otra modalidad o su combinación como tratamiento adjunto al manejo farmacológico de la HTA, fue necesaria para identificar las mejores posibilidades en la prescripción. Ante esto, surgió la pregunta de investigación que se enuncia a continuación: ¿Para los adultos diagnosticados con hipertensión arterial primaria es igual de efectivo el ejercicio isométrico que el ejercicio dinámico aeróbico para disminuir la presión arterial?

2. Justificación

La recomendación del ejercicio físico como tratamiento no farmacológico para la Hipertensión requiere amplia fundamentación fisiológica. Los efectos detallados sobre los mecanismos que integran el control y manejo de la presión arterial mencionados en diferentes investigaciones han cimentado las recomendaciones sobre su dosificación.

Por una parte, la práctica de ejercicio aeróbico, de baja- moderada intensidad y moderada duración parece inducir adaptaciones favorables en la función vasodilatadora dependiente del endotelio debido a una masiva activación muscular; mecanismo que se asocia a la reducción en el tono vascular periférico (16). De igual manera, la evidencia respalda su influencia positiva en el control autonómico cardiaco en adultos mayores(15,17) ;generando la reducción en la PAS y PAD (5) de la cual se resalta que la progresión en duración del entrenamiento demuestra una respuesta de mayor magnitud en la PAS mientras que la progresión en intensidad lo refleja en la PAD (18).

Entre tanto, el ejercicio isométrico ha surgido como alternativa terapéutica de gran potencial, siendo abordado en reiteradas revisiones donde se detalla el avance investigativo(2,7), del que se ha evidenciado relativa significancia como lo mencionan Cornelissen colaboradores en el año 2013(5), donde relacionan estudios sobre la intervención isométrica con datos desde 1992. Como resultado, se han asociado las reducciones en PAS y PAD en individuos hipertensos con diversos mecanismos fisiológicos. De este modo, en la regulación cardiaca autonómica, se han identificado posibles modulaciones vagales expresadas en el incremento del componente de alta frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardiaca en los individuos sometidos a entrenamiento isométrico; hallazgos que, de acuerdo a los autores, requieren profundizarse mediante la utilización de técnicas abordaje más sensibles, diferentes a los

tradicionales métodos lineales, para clarificar su comportamiento(2). Además, la Regulación del Tono simpático vasomotor mediado por la atenuación de la actividad vasoconstrictora simpática periférica se ha demostrado en estudios con 10 semanas de entrenamiento isométrico (2,19). Smart y colaboradores en el año 2019, reportó que existe dilatación de conductos arteriales locales dependientes de óxido nítrico (NO) en pacientes con Hipertensión, adaptación que no se observa en sujetos normo tensos expuestos a la misma intervención(2,8).

La evidencia expresada en las publicaciones científicas muestra una fuerte tendencia al desarrollo de ambas modalidades de ejercicio y sus combinaciones para prevenir o manejar la HTA, como intervenciones únicas o en asocio con el tratamiento farmacológico. Sin embargo, las investigaciones resultan limitadas ante la cantidad de ensayos clínicos de calidad a los que se puede acceder para realizar análisis y subanálisis de las variables necesarias para continuar precisando las características de los componentes del entrenamiento, buscando optimizar las capacidades reductoras de la presión arterial (17,18). Razón por la cual, resultó pertinente conducir una revisión sistemática con meta análisis, que evalúe las características de ambas intervenciones y sus efectos sobre la presión arterial en las diferentes líneas de base de los pacientes con HTA, contribuyendo con la precisión de las recomendaciones para grupos específicos y evidenciando el valor de la modalidad de entrenamiento isométrico frente a los protocolos del entrenamiento aeróbico (2) .

Para finalizar, es importante resaltar que, a pesar del creciente desarrollo de investigación relacionada con el ejercicio isométrico, el tamaño de las muestras de pacientes intervenidos sigue siendo pequeña comparada con los pacientes expuestos a intervenciones basadas en ejercicio aeróbico (8). Esta particularidad muestral reduce el poder estadístico; y como alternativa metodológica, el método meta analítico confiere una herramienta que mejora la potencia estadística mediante su agrupación (5) .

3. Objetivos

3.1 General

Conducir una revisión sistemática y metaanálisis cuantificando los efectos del ejercicio dinámico aeróbico y el ejercicio isométrico sobre la presión arterial en los adultos diagnosticados con hipertensión arterial primaria.

3.2 Específicos

- 1) Valorar las diferencias del ejercicio isométrico con respecto al aeróbico en los diferentes grados de Hipertensión Arterial.
- 2) Comparar las reducciones de la presión arterial del entrenamiento isométrico mayor a 3 semanas y el dinámico aeróbico mayor de 6 semanas.
- 3) Asociar las características de intensidad y frecuencia del entrenamiento con las mayores reducciones de presión arteria

4. Marco Teórico

4.1 La Hipertensión arterial

Es definida como el incremento sostenido de la presión arterial (20). Diversas guías de práctica clínica han asumido posturas alrededor de las líneas de base de la enfermedad. La propuestas por el American College of Cardiology (1) remiten una categorización basada en 3 estadios donde la normalidad en la línea de presión se encuentra por debajo de los 120 mm Hg en presión sistólica (PAS) y 80 mm Hg en la presión diastólica (PAD). De tal manera su variación se delimita así:

1: presión elevada: PAS: 120-129 mm Hg y PAD <80 mm Hg.

2: Hipertensión grado 1: PAS: 130-139 mm Hg y PAD 80-89 mm Hg.

3: Hipertensión grado 2: PAS: \geq 140 mm Hg y PAD \geq 90mm Hg.

Las recomendaciones de la guía definen la toma de los valores de la presión arterial así: la presión arterial sistólica es la informada por el primer sonido de Korotkoff, la presión arterial diastólica el quinto sonido de Korotkoff, la presión de pulso es la diferencia entre sistólica y diastólica y la presión arterial media es la suma entre diastólica y un tercio de la presión de pulso(1).

Respecto de su origen se conocen dos clasificaciones. La Hipertensión arterial primaria o esencial es la causa más frecuente y corresponde aproximadamente al 90-95 % de los casos; definida como un trastorno muy heterogéneo de base poligénica (20) sobre la cual ejercen efecto una serie de factores adquiridos o ambientales. Razón por la cual una dieta desbalanceada, la inactividad física y una ingesta excesiva de alcohol son las acciones que, combinadas o por separado, se convierten en la causa subyacente de una gran

proporción de los casos de hipertensión(1). El restante 5-10% de los pacientes hipertensos son atribuibles a la hipertensión arterial secundaria, cuya causa refiere una etiología corregible con trastornos que pueden ser frecuentes tales como la enfermedad renal parenquimatosa, enfermedad renovascular, o el hiperaldosteronismo primario; e infrecuentes como el feocromocitoma, síndrome de Cushing, entre otros (20).

4.2 Riesgo cardiovascular

Existe una correlación observada entre la elevación de los niveles de PAS y PAD con el incremento del riesgo de enfermedad cardiovascular; en este sentido, estudios prospectivos demuestran que el mismo aumenta de manera lineal desde niveles de PAS < 115 mm Hg hasta > 180 mm Hg y PAD desde <75 mm Hg hasta >105 mm Hg; advirtiendo que un incremento de 20 mm Hg en PAS y 10 mm Hg en PAD fueron asociados con el doble de riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares en un espectro desde los 30 hasta los 80 años, y un riesgo absoluto especialmente alto en pacientes mayores de 65 años(1).

Entre los variados factores de riesgo cardiovascular modificables entre adultos con hipertensión, existe una relación compleja e interdependiente; sin embargo, tratando algunos de estos se puede reducir la presión arterial, modificando la patología compartida, haciendo que disminuya la carga global de factor de riesgo (1).

Las recomendaciones en cuanto a las metas esperadas difieren en las guías de práctica clínica. Sin embargo, se encuentra que la recomendación de un control por debajo de 130/80 PAS/PAD respectivamente, puede ser razonable(1) aunque algunos pacientes pueden beneficiarse de una meta más estricta (PAS<120mm Hg); especialmente aquellos con alto riesgo cardiovascular. De igual manera, recomendaciones sugieren la pertinencia de mantener niveles PAS entre 130- 140 mm Hg en pacientes de edad avanzada; al mismo tiempo que el principio de mayor reducción de la presión arterial sigue advirtiendo ventajas, incluso en pacientes de la franja entre 60 a 80 años (20).

4.3 Tratamiento

Se describe el uso de tratamiento farmacológico y no farmacológico asociado a las diferentes líneas de base; donde es necesario cuantificar el criterio de riesgo cardiovascular previsto a 10 años a fin de establecer las metas de reducción. De igual manera se alerta que niveles de riesgo mayores al 10% son determinantes del inicio de tratamiento farmacológico; soportando con evidencia que el tratamiento médico antihipertensivo basado en el riesgo total de arterioesclerosis y enfermedad cardiovascular combinado con los niveles de alerta de presión arterial tiene más efectividad al prevenir eventos de enfermedad cardiovascular (1).

En ese sentido, el American College of Cardiology (1) define las líneas de acción con recomendación de tipo 1 y nivel de evidencia de clase B para cada categoría de HTA de la siguiente manera:

- 1) presión arterial elevada con PAS 120-129 mm Hg y PAD 80 mm Hg: se define el tratamiento no farmacológico y seguimiento de 3 a 6 meses.
- 2) HTA grado 1 con PAS 130-139 mm Hg y PAD 80-89 mm Hg con riesgo cardiovascular estimado a 10 años menor del 10 %: se define tratamiento no farmacológico con seguimiento de 3 a 6 meses.
- 3) HTA grado 1 con PAS 130-139 mm Hg y PAD 80-89 mm Hg con riesgo cardiovascular estimado a 10 años mayor de 10 %: se define tratamiento no farmacológico asociado a medicación con seguimiento a 1 mes.
- 4) HTA grado 2 PAS \geq 140 mm Hg y PAD \geq 90 mm HG se define tratamiento no farmacológico asociado a medicación con seguimiento a 1 mes.

En todo caso, el cumplimiento de las metas de reducción debe mantener su relación con el tratamiento; de no alcanzarse se recomienda la intensificación de la terapia

4.3.1 Tratamiento no farmacológico

Se denominan así las intervenciones que intentan modificar el estilo de vida de los pacientes, a fin de prevenir o retrasar la aparición de la HTA, reduciendo de igual manera

12 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

el riesgo cardiovascular (20). Pueden ser recomendadas como tratamiento principal o como asociadas a la medicación donde pueden optimizar el efecto antihipertensivo de los fármacos(20). De esta manera, la terapia no farmacológica sola, resulta ser efectiva en la prevención de la HTA en casos de presión arterial elevada y para el manejo de estadios más leves de la enfermedad (1).

La recomendación de tipo 1: Fuerte, Junto con una clase de evidencia de tipo A: de alta calidad provista por la guía de práctica clínica del American College of Cardiology(1) para las intervenciones de tipo no farmacológico refiere 6 líneas de acción que son claves en este tipo de aproximación:

- 1) Pérdida de peso en pacientes con sobrepeso u obesidad
- 2) Una dieta saludable para el corazón que facilite el control de peso
- 3) Reducción en el consumo de sodio
- 4) Suplementación de potasio
- 5) Incremento de la actividad física en un programa estructurado
- 6) Disminución del consumo de alcohol.
- 7)

Las intervenciones pueden ser suficientes para la prevención de HTA y alcanzar la meta de presión arterial en el manejo de pacientes en estadio 1, así como conformar el tratamiento integral en pacientes con estadio 2 (1).

En este sentido, el efecto reductor de la presión arterial asociado al incremento de actividad física ha sido demostrado en diversos estudios, detallando que intervenciones con ejercicio dinámico aeróbico con intensidad alta y baja; en método continuo o interválico, alcanzan reducciones aproximadas de 2 – 4 mm Hg en normotensos y de 5 a 8 mm Hg en hipertensos (1). De igual manera, reportes de intervenciones con ejercicio isométrico concluyen reducciones de 4 mm Hg y 5 mm Hg en normotensos e hipertensos respectivamente (1).

4.4 El ejercicio físico y su prescripción

Las recomendaciones entorno a la prescripción de ejercicio físico tienen variaciones respecto de las características específicas de la población. Dentro de esta organización, se describen los componentes esenciales del principio de prescripción de ejercicio FITT (21): frecuencia, intensidad, Tiempo y tipo.

En ese sentido, la frecuencia se entiende como el número de veces en que se repite el entrenamiento por semana; la intensidad como el nivel de fuerza o carga metabólica, el tiempo como la medición del ejercicio y el tipo como la modalidad de ejercicio practicada (21).

4.4.1 Ejercicio Isométrico

Una contracción isométrica o estática es definida como el incremento en tensión con cambio mínimo en la longitud del grupo muscular (2). Previamente, el ejercicio isométrico ha sido asociado con respuestas hipertensivas agudas; contrario a esto, se ha reconocido que puede representar una herramienta útil en el tratamiento no farmacológico de la HTA (5).

Se ubican dos modos de prescripción a tener en cuenta en el entrenamiento; los cuales se han descrito como uso unilateral de miembros superiores (Handgrip) y bilateral en ejercicio isométrico de piernas (2). Previos abordajes han descrito disminuciones de la presión arterial en ambas modalidades, sugiriendo que los efectos son independientes de la masa muscular involucrada; sin embargo, las diferencias en intensidad en los protocolos del entrenamiento han determinado las limitantes de comparación (2).

En ese sentido, se encuentra la recomendación de la modalidad unilateral (Handgrip) con frecuencia 3 sesiones por semana, tiempo de 4 series de 2 min a intensidad del 30-40 % de contracción máxima voluntaria, con descanso de 1 minuto entre estímulos (1) con duración mínima de 3 semanas para poder evidenciar efectos antihipertensivos (8).

4.4.2 Ejercicio dinámico aeróbico

Entrenamiento que envuelve grandes grupos musculares en actividades dinámicas repetitivas que resulta en incremento de la frecuencia cardiaca y mayor utilización energética (5). Estos ejercicios son usualmente de larga duración consistentes en caminata, ciclismo, natación, baile entre otras actividades que resultan placenteras y llevaderas en periodos extendidos (22). En concordancia, se encuentra que el entrenamiento de tipo aeróbico de moderada intensidad se ubica como la modalidad principal recomendada en el manejo de la HTA (18).

En este sentido, se describen dos tipos de entrenamiento asociados a la intervención conocidos como métodos continuos e interválicos con diferencias esenciales en sus componentes FITT. Ante esto, se detallan intensidades medias-vigorosas pero no máximas, calculadas sobre diversas metodologías tales como la frecuencia cardiaca máxima, porcentaje de reserva de la frecuencia cardiaca, escalas de percepción de esfuerzo; análisis indirecto de flujo espiratorio o medida directa del consumo máximo de oxígeno(22). De tal manera se encuentran variedad de protocolos aplicados, siendo la recomendación más fuerte el ejercicio continuo con volumen de volumen 30- 60 min día o 150 semana, intensidad moderada (60-70% de la frecuencia cardiaca de reserva) y frecuencia de 4 a 7 días (1) con una duración mínima 6 semanas (18).

5. Metodología

La revisión sistemática fue conducida siguiendo la metodología Cochrane siguiendo la referencia Preferred Reporting Items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA) (10). Todos los procesos aquí descritos se encuentran registrados como protocolo ante la plataforma internacional prospective register of systematic reviews (PROSPERO) con la identificación CRD42023388613.

5.1 Criterios de inclusión

Se definieron como criterios necesarios para la inclusión de los estudios: ser publicados en revistas de revisión, o albergados en repositorios de universidades; hasta enero 18 de 2023, en inglés o español, que contengan los elementos descritos a continuación:

1. Tipo de estudio ensayo controlado aleatorizado.
2. Intervención con ejercicio isométrico de mínimo 3 semanas de duración (8), unilateral o bilateral en miembros superiores o inferiores dirigido u en casa, o ejercicio dinámico aeróbico igual o mayor a 6 semanas de duración (18), sin ninguna combinación entre estos u otros métodos de entrenamiento.
3. Pacientes adultos (mínimo 18 años) diagnosticados con hipertensión arterial primaria o esencial sin tratamiento farmacológico o con tratamiento sostenido.
4. Reportar las líneas de base de Hipertensión arterial de la muestra.
5. Reportar mediciones de las variables antes y después de la intervención, además de presentar resultados claros y definidos entre grupo intervención vs control.
6. Medición de la presión arterial por método auscultatorio o herramienta digital validada, o método ambulatorio 24 h.

5.2 Criterios de exclusión:

1. Reporte de únicamente efectos agudos de la intervención.

16 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

2. Existencia de los siguientes antecedentes patológicos: diabetes, obesidad, enfermedad coronaria, síndrome metabólico.
3. Casos de hipertensión arterial resistente.

5.3 Fuentes de información.

Se realizó una búsqueda en las bases virtuales de PubMed, CINAHL, Medline (Ebsco), Cochrane, Redalyc, así como en Google académico (para identificar estudios desarrollados y que se encuentran en repositorios de bibliotecas universitarias que no han sido publicados), con fecha límite de enero de 2023, mediante la siguiente estrategia de búsqueda.

En concordancia con la metodología PICO (23) se definieron las partes que componen el sistema dando como resultado los siguientes elementos:

P: adultos diagnosticados con hipertensión arterial primaria o esencial.

I: ejercicio isométrico

C: ejercicio de resistencia aeróbica

O: disminución de la presión arterial.

Por consiguiente, se realizó la ampliación de conceptos relacionados con los elementos PICO, ubicando términos controlados para conceder uniformidad al vocabulario. Para tal caso se asignan encabezados de temas médicos (MESH headings) de Pubmed, construyendo tabla número 1

Tabla 1 : encabezados MESH para la pregunta PICO

Paciente problema interés	o de	Intervención	Comparación	Outcome- resultados
--	-----------------	---------------------	--------------------	--------------------------------

Adultos con hipertensión arterial primaria	Ejercicio isométrico	Ejercicio de resistencia aeróbica	Disminución de la presión arterial
Términos MESH			
Essential Hypertension	Isometric exercise training	Aerobic exercise training	Blood pressure control
Primary hypertension	Isometric resistance training	Endurance exercise	Resting Blood pressure
			Blood pressure reduction

Finalmente, se aplicó la búsqueda sensible con las combinaciones posibles de términos MESH arrojando los resultados que se reportan en el diagrama de flujo PRISMA (diagrama 1).

1. (((essential hypertension) OR (Primary hypertension)) AND(isometric exercise training) AND (aerobic exercise training) AND (Blood pressure reduction))
2. (((essential hypertension) OR (Primary hypertension)) AND(isometric exercise training) AND (aerobic exercise training) AND (resting blood pressure))
3. (((essential hypertension) OR (Primary hypertension)) AND(isometric exercise training) AND (aerobic exercise training) AND (Blood pressure control))
4. Hipertensión arterial OR hipertensión primaria AND ejercicio isométrico AND ejercicio aeróbico AND reducción de la presión arterial
5. Hipertensión arterial OR hipertensión primaria AND ejercicio isométrico AND ejercicio aeróbico AND presión arterial de reposo
6. Hipertensión arterial OR hipertensión primaria AND ejercicio isométrico AND ejercicio aeróbico AND control de la presión arterial

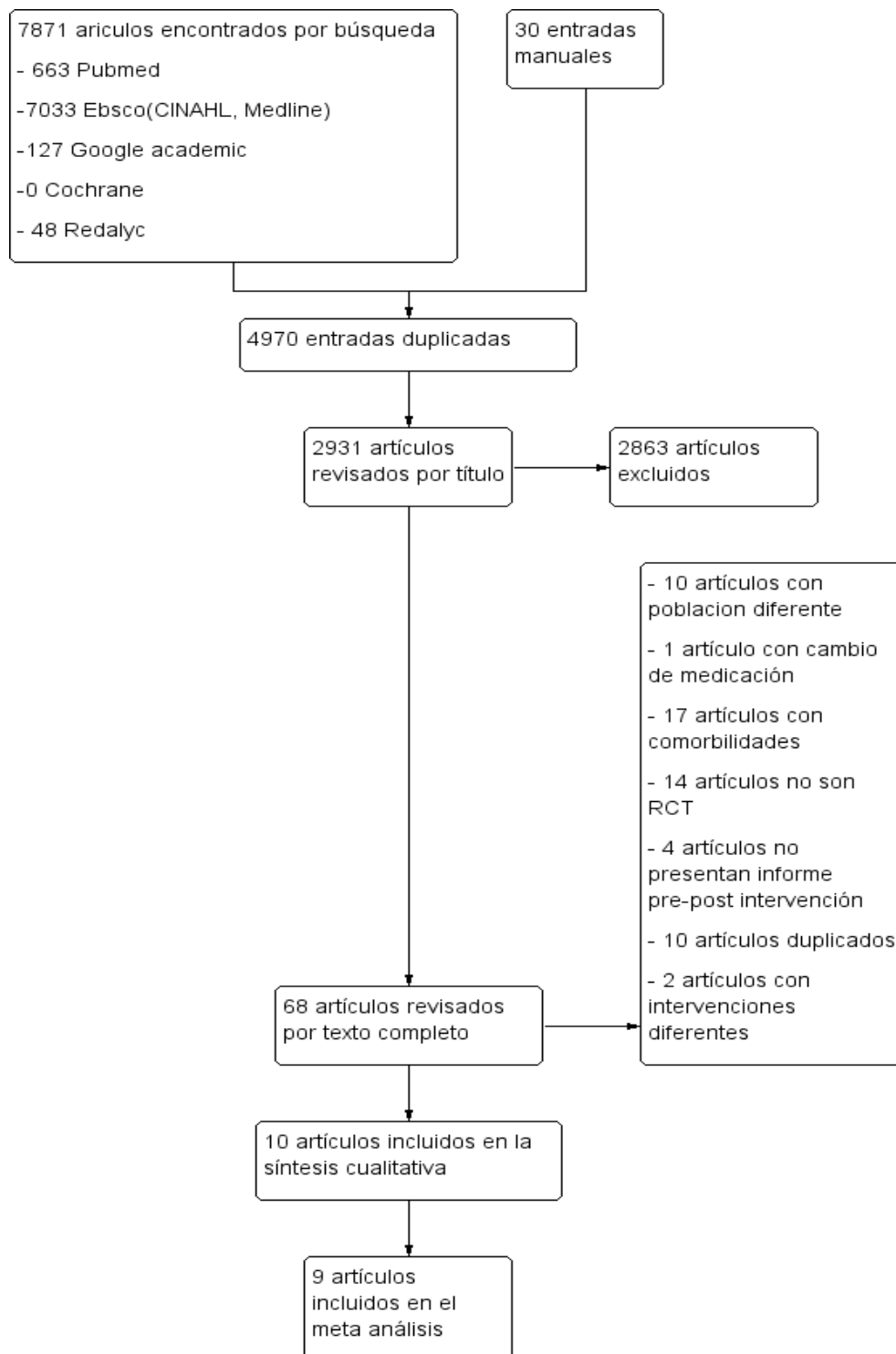
5.4 Gestión de datos

La información recolectada fue almacenada en carpetas separadas para cada base de datos consultada utilizando el software online Rayyan (24). En el mismo se ubicaron y descartaron los duplicados para dar paso al proceso de selección. Los registros bibliográficos y citas fueron manejados con el software zotero.

5.4.1 Proceso de selección

El proceso de Cribado se llevó a cabo por 2 revisores de manera independiente, accediendo a las carpetas online de Rayyan; cuando hubo desacuerdos entre los 2, un tercer evaluador independiente realizó un arbitraje para dirimir los conflictos. En primer momento por título y resumen, y seguido el cribado de texto completo; verificando la relevancia del estudio con la ubicación de los criterios de inclusión. 7981 artículos identificados mediante la herramienta de búsqueda y 30 entradas manuales ubicadas durante el proceso de redacción del protocolo; fueron ingresadas al sistema. 68 estudios fueron seleccionados para su revisión por texto completo y de estos, 9 fueron incluidos en el análisis cuantitativo. 1 estudio adicional cumplió con todos los criterios de inclusión, pero su forma de medición de la presión arterial por método ambulatorio de 24 horas no permitió su agrupación; razón por la cual solo se describen sus características en el apartado de resultados.

Solo fueron tenidos en cuenta los estudios que cumplieron en su totalidad con los criterios de inclusión y no evidenciaron presencia alguna de razones para su exclusión ya sea por reporte u omisión de información en la presentación de los resultados. Todos los antecedentes patológicos descritos en la metodología fueron excluidos; y los indicadores de obesidad fueron establecidos como índice de masa corporal ≥ 30 (25,26). Todos los desacuerdos entre los revisores fueron resueltos mediante discusión y eventualmente, los autores fueron contactados para clarificar situaciones, cuando la información publicada no fue suficiente para determinar la inelegibilidad de un estudio. Dichos procesos de selección y descarte se presentan en el diagrama de flujo PRISMA.

Diagrama 1: Diagrama de flujo prisma.

Los artículos definitivos fueron revisados mediante la escala de Calidad para ensayos clínicos PEDro (27–29); y se definió una valoración mínima de 6 puntos sobre un máximo de 11 para su inclusión (5). Los resultados se pueden encontrar en la tabla número 2.

De los criterios evaluados se destaca la ausencia de cegamientos en todos los artículos, para los sujetos en las intervenciones y los terapeutas administradores; sin embargo, se debe reconocer que, debido a la naturaleza de las exposiciones con ejercicio físico, resulta inviable esta garantía en algunos casos. Por otra parte, en los procesos de aleatorización de 7 de los 10 artículos revisados, no se informa completamente el mecanismo de ocultamiento, razón por la cual, no fue posible conceder la valoración positiva al criterio de ocultamiento de la asignación.

5.4.2 Extracción de datos

Se utilizó el formulario de extracción uniforme de datos diseñado para la revisión (Anexos 1 y 2) de manera independiente por los revisores. La información registrada contiene además de las características demográficas de la muestra; las líneas de base de Hipertensión arterial, las características del entrenamiento, y el método de recolección reportado (oficina o ambulatorio de 24 horas). Los datos de combinaciones entre diferentes modalidades de ejercicio no fueron tenidos en cuenta, en caso de presentarse comparaciones entre estos, solo se extrajo la muestra que cumplía con los criterios de inclusión y cuyos informes incluían como mínimo uno de los resultados de las variables primarias.

Los datos de los seguimientos adicionales a las muestras en diferentes semanas, propuestos por los autores en sus escritos, fueron extraídos solo si reportaban las medidas pre y post intervención en términos de medias y desviación estándar para los grupos exposición y control. Dicha información fue utilizada para discriminar las intervenciones de acuerdo con su duración.

Los datos recolectados para incorporar al meta-análisis fueron los cambios en la media y desviación estándar de las variables: presión arterial sistólica y diastólica, Presión arterial media, presión de pulso y frecuencia cardiaca de reposo, para grupo de intervención y control por método auscultatorio u automático validado. Se obtuvieron las medidas en mm Hg correspondientes a inicio y final de la intervención con sus respectivas desviaciones, para todos los estudios incluidos.

En los artículos que no reportaron un dato único del efecto final, este se obtuvo sustrayendo la media de Δ_2 post intervención en Δ_1 pre-intervención. A la negatividad de los valores se les entendió como reducciones en las líneas de base. El cambio en la desviación estándar pre-post intervención fue calculado mediante los criterios descritos en el manual Cochrane para variables continuas (30) utilizando la ecuación $SD\ change = \sqrt{SD^2\ baseline + SD^2\ final - (2 * Corr * SD\ baseline * SD\ final)}$; donde la correlación

imputada fue de 0,8, y se calculó a partir de uno de los estudios incluidos en el meta análisis. La información fue introducida por el autor principal en el software Review Manager (31) y presentada en valores estadísticos de media y desviación estándar.

5.5 Lista de datos

Las variables para las que se buscaron los datos se dividen de la siguiente manera:

Primarias

1. Presión arterial sistólica
2. presión arterial diastólica

Secundarias

1. Presión de pulso (PP)
2. Presión arterial media (PAM)
3. Frecuencia cardiaca de reposo (FC)

La información principal para cuantificar las reducciones de la presión arterial fue obtenida por las variables primarias. De igual manera se planearon 2 análisis en cada modalidad ejercicio:

El primero: la relación entre el grado de hipertensión y la reducción de la presión arterial obtenida en cada intervención. Segundo: la asociación de las características del entrenamiento, tales como intensidad, frecuencia, duración y progresión; con el grupo más representativo de reducciones. La intensidad de trabajo fue entendida como la medida en % de fuerza de contracción muscular, % frecuencia cardiaca de trabajo, o % de vO_2 ; y el volumen medido en minutos, días o frecuencia de práctica.

Los análisis subyacentes a las variables secundarias se desarrollaron en los mismos términos, asociando sus medias y desviaciones estándar a las intervenciones; informando mediante estadística las relaciones significativas ($P < 0,05$) e intervalo de confianza (CI). Para algunas de estas variables no se obtuvo suficiente información cuantitativa que

permitiera la agrupación por metaanálisis, por lo cual solo se realizó su descripción narrativa. De igual manera se concretaron los subanálisis a que hubo lugar respecto de las características demográficas de la muestra. Todos los análisis descritos se presentan en el apartado de resultados.

5.6 Análisis del Riesgo de sesgo

Se evaluó mediante las recomendaciones del capítulo 8 de manual de revisiones sistemáticas Cochrane (30), aplicando los 5 dominios de riesgo de sesgo correspondientes a el proceso de aleatorización, desviación de las intervenciones planteadas, falta de datos de resultados, medición de resultados de variables y selección de resultados para reporte. Mediante la herramienta RoB 2 de Cochrane (30,32) se obtuvo la escala de sesgo.

Los juzgamientos para cada dominio se expresaron con valores de bajo (color verde) y alto (color rojo). El riesgo incierto de sesgo (color amarillo) fue utilizado en ocasiones donde la información publicada no fue suficiente para determinar la ausencia o presencia de criterios que indican riesgo. La información detallada por artículo para cada uno de los dominios puede ser encontrada en el diagrama 2 en el apartado de resultados.

5.7 Síntesis de Datos

Se desarrolló siguiendo las recomendaciones del capítulo 9 del manual de revisiones sistemáticas de Cochrane (33). Mediante el uso de la metodología PICO para los estudios incluidos, se determinó su viabilidad de agrupación para síntesis estadística. Se realizó la codificación de características en los dominios de PICO examinando las intervenciones y contenido de información para cada estudio conformando la matriz de comparación. La información recolectada fue analizada para determinar los formatos de las mediciones; por lo cual se emplearon unidades de presión arterial en mm Hg y frecuencia cardiaca en latidos por minuto.

Los datos recolectados adecuados para síntesis cuantitativa fueron valorados por Heterogeneidad bajo los lineamientos del manual de revisiones Cochrane (30), donde un

porcentaje del 50% es entendido como sustancial y mayor del 75% como heterogeneidad considerable entre los resultados de la intervención. En el proceso estadístico se utilizó el método inverso de varianza para variables continuas, con efecto de medida de diferencia media y un modelo de análisis para efectos aleatorios con intervalo de confianza del 95%, recomendado para hallazgos con heterogeneidad considerable.

Se planeó realizar los análisis primarios sobre la reducción de la PAS y PAD para las intervenciones con respecto a la línea base de hipertensión arterial, el tiempo de duración de la intervención isométrica mayor a 3 semanas y el dinámico aeróbico mayor de 6 semanas, y las características del entrenamiento. Los subanálisis se plantearon con relación a las variables secundarias y características demográficas de la población. Por último, todos los gráficos y diagramas fueron obtenidas desde el software RevMan 5,4 (31)

6.Resultados

6.1 Riesgo de Sesgo

En el dominio 1, correspondiente al proceso de aleatorización, existe un riesgo bajo. Todos los artículos fueron aleatorizados; sin embargo, surgen algunas inquietudes respecto del ocultamiento de la asignación ya que 4 de los 10 artículos no presentan información que describa el proceso o la herramienta utilizada.

Los riesgos derivados del dominio número 2, correspondiente a la desviación de las intervenciones planteadas, refieren inquietudes en torno al conocimiento de la asignación a la intervención por parte de los participantes y los terapeutas administradores. Sin embargo, el mayor riesgo de sesgo fue obtenido del análisis utilizado para estimar el efecto de la asignación a la intervención ya que a pesar de describir claramente los modelos estadísticos aplicados a cada variable, conservando los participantes en su asignación inicial; cuando hubo pérdidas por resignación o incapacidad de continuar con el tratamiento, no se aplicó un análisis de intención de tratar. En general, los riesgos altos derivados del dominio pertenecen a estudios donde no se tienen resultados de todos los sujetos aleatorizados, y esas exclusiones superan el 5 % de la muestra.

El dominio 3, correspondiente a la falta de datos de resultados demuestra un riesgo bajo de sesgo, ya que en la mayoría de los estudios se encuentra el reporte de todos los participantes aleatorizados originalmente. Cuando este no fue el caso, la revisión de los textos evidenció que las pérdidas en la muestra fueron documentadas, y que estas no se relacionaron directamente con el estado de salud de los participantes al momento de desistir.

El dominio 4 que califica la medición de resultados de variables fue definido como de bajo riesgo, ya que todas las herramientas utilizadas fueron validadas, y la recolección de información se llevó a cabo manera igual para los grupos definidos en cada estudio, por personal cegado en su mayoría.

El dominio 5, que atiende la selección de resultados para reporte fue calificado como de riesgo incierto, debido a la imposibilidad de ubicar los protocolos y los planes de análisis estadísticos para la mayoría de los artículos; haciendo imposible la comparación entre los planteamientos iniciales y el resultado final publicado por los autores.

Diagrama 2: Análisis de riesgo de sesgo.

Study ID	Experimental	Comparator	Outcome	Weigh	D1	D2	D3	D4	D5	Overall
MOLMEN HANSEN et al. 2011	Aeróbico intervalico (85-90 % Vo2 max) y aeróbico continuo	control sin ejercicio	PAS, PAD, FC en ambulatoria 24 H	1	●	●	●	●	●	●
CHEN TSAI et al. 2002	Aeróbico continuo	control sin ejercicio	PAS, PAD, tomada en oficina auscultacion	1	●	●	●	●	●	●
TANABE et al 1989.	Aeróbico continuo 40-60 % del vo2 max	control sin ejercicio	PAS, PAD, PAM,; tomada en oficina	1	●	●	●	●	●	●
LAMINA 2011	Aeróbico intervalico y aeróbico continuo	control sin ejercicio	PAS, PAD tomada en oficina	1	●	●	●	●	●	●
FAULKNER 2005	Isometrico HG bilateral e Isometrico HG unilateral	control sin ejercicio	PAS,PAD,PAM,PP en oficina	1	●	●	●	●	●	●
DUNCAN et al 1985	aeróbico continuo caminata	control sin ejercicio	PAS,PAD en oficina	1	●	●	●	●	●	●
BADROV et al . 2013	Isometrico HG bilateral e n casa	control sin ejercicio	PAS,PAD,PAM,PP,F C en oficina	1	●	●	●	●	●	●
OKAMOTO et al 2019	isométrico HG bilateral	control sin ejercicio	PAS, PAD,PA, PP,FC en oficina	1	●	●	●	●	●	●
CHEN TSAI et al 2004	Aeróbico continuo	Control sin Ejercicio	PAS,PAD,FC en oficina	1	●	●	●	●	●	●
WONG et al 2018	Aeróbico natación continuo	Control sin ejercicio	PAS,PAD,FC en oficina	1	●	●	●	●	●	●

6.2 Características demográficas

10 estudios de 7 países fueron incluidos en la revisión, 7 de estos con intervención aeróbica (34–40) y 3 con intervención isométrica en miembros superiores (41–43). El total de la muestra fue de 825 participantes entre grupos control y exposición. 575 hombres y 352 mujeres cuyas edades oscilan entre los 21 hasta los 85 años.

La categorización de la hipertensión arterial de la presente investigación adoptó los criterios definidos por el American College of Cardiology (1); ubicando a todos los participantes como hipertensos grados 2, donde PAS: ≥ 140 mm Hg y PAD ≥ 90 mm Hg. No se ubicaron estudios en los que solamente se vinculara población con Hipertensión arterial grado 1 para efectuar subanálisis de estos. En cuanto al tratamiento, se encuentra que 50% de los estudios se enfocaron hacia población no medicada, mientras el otro 50 % reportó combinación de medicación y no medicación en sus muestras. En la tabla número 3 se pueden observar las características descritas.

Tabla 3 características demográficas de los estudios.

Características Demográficas							
Autor	Año	País	n total	Edad	Hombres	Mujeres	Grado de HTN y tratamiento
MOLMEN HANSEN et al. 2011(34)	2011	Noruega	72	52,0 ± 7,8	41	31	HTN grado 2. Se suspende medicación previo ingreso
CHEN TSAI et al. 2002 (35)	2002	Taiwán	23	48,3	12	11	HTN grado 2. No medicados

TANABE et al 1989 (37)	1989	Japón	31	49,5 ±1,8	15	16	HTN grado 2. Sin reporte medicación
LAMINA 2011 (38)	2011	Nigeria	357	50-70	357	0	HTN grado 2. Medicados
FAULKNER 2005 (41)	2005	Canadá	22	63,1 ±4	13	9	HTN grado 1 y 2. Medicados
DUNCAN et al 1985 (39)	1985	USA	56	30,4	56	0	HTN grado 2. No medicados/sedentarios
BADROV et al. 2013 (42)	2013	Canadá	24	63±9	13	11	HTN grado 1 y 2. Medicados y no medicados sedentarios
OKAMOTO 2019 (43)	2019	Japón	22	65±1 1	9	13	HTN grado 2. No medicados
CHEN TSAI et al. 2004 (36)	2004	Taiwán	102	48,8 ± 6.3	47	31	HTN grado 2. No medicados
WONG et al 2018 (40)	2018	Corea	100	74±4	0	100	HTN grado 2. No medicados sedentarios

6.3 Características de las intervenciones.

6.3.1 Ejercicio dinámico aeróbico

Fueron ubicados 6 protocolos de intervención con modalidad continua ejecutada a intensidades moderadas-bajas entre el 60 y 70 % de la frecuencia cardiaca máxima. Otro más evaluó la modalidad interválica, cuyas características incrementan la intensidad de trabajo del organismo hasta el 85 - 90% de la Fc max durante sesiones más cortas. Ambas

modalidades fueron diseñadas sobre actividades dinámicas en laboratorio con cicloergómetro, o al aire libre como caminata, carrera o natación. De igual manera, se encontró similitud en la frecuencia y volumen de práctica, ubicando 3 sesiones por semana, de 45 a 60 minutos cada una. Los resultados de la agrupación de este ítem se encuentran expuestos en el apartado 7.4.

6.3.2 Ejercicio isométrico

Se encontraron 3 protocolos similares, con la utilización de contracciones voluntarias en miembros superiores, controladas por dinamómetro digital, desarrolladas en laboratorio o en casa; ajustadas al 30 % de la fuerza máxima de la extremidad, con el codo en flexión de 90°. El ciclo se compone de 4 repeticiones de 2 minutos alternadas entre extremidades, separadas por un minuto de descanso, y su frecuencia de práctica es de 3 sesiones por semana. Se ubica la variación del protocolo con aplicación unilateral de contracciones, sin embargo, no se logra la comparación por metaanálisis para determinar sus diferencias estadísticas. Los resultados de la agrupación de este ítem se encuentran expuestos en el apartado 7.4.

6.4 Características de las mediciones

Para los 9 artículos incluidos en el metaanálisis se obtuvo la medición de la presión arterial de reposo en oficina, sobre la arteria braquial izquierda en posición sedente mediante el uso de técnica auscultatoria o herramientas digitales validadas. Las unidades reportadas fueron mm Hg para las variables presión arterial sistólica (PAS), presión arterial diastólica (PAD), así como para el cálculo de la presión arterial media (PAM) y presión de pulso (PP). Un estudio que no pudo ser agrupado para responder las preguntas del metaanálisis fue el de Hansen et. al. (34) donde reportan la medición de la presión arterial evaluada mediante el método ambulatorio de 24 horas. En este estudio se valoraron dos intervenciones con entrenamiento aeróbico de 12 semanas, por método interválico y método continuo de moderada intensidad. Los resultados mostraron una reducción de la presión arterial ambulatoria sistólica hasta -12 mm Hg ($p<0.001$) con el método interválico y -4.5 mm Hg ($p=0.05$) con el método continuo, así como de la diastólica -8.0 mm Hg ($p<0.001$) y -3.5 mm Hg ($p=0.02$) respectivamente. La tabla 4 presenta las características de los estudios mencionados.

Tabla 4: características de los estudios incluidos.

Estudio	Participantes					Características del ejercicio				Medición		RESULTADOS significativos en mmHg				
	grupos	n:			grado de HTN y tratamiento	Intervención	Dosisificación	tipo	PAS	PAD	PP	PAM	FC			
		inicial	final	H										M		
MOLMEN HANSEN et al. 2011	expo	31	25	15	10	HTN grado 2	intervalico caminata, carrera sobre banda X 3 días X 12 semanas	4 series x 4 min al 85-90% vo2 max con descanso de 3 min al 60-70 % fc max	24 h amb	-12	-8	-	-	-3,8		
	control	28	23	13	10	.Se suspende medicacion previo ingreso	moderada intensidad caminata, carrera sobre banda X 3 días X 12 semanas	60% vo2 max continuo		-4,5	-3,5	-	-	-		
CHEN TSAI et al. 2015	expo	15	12	7	5	HTN grado 2.NO medicados	aeróbico de moderada intensidad X 3 días X 8 y 12 semanas	50 min al 60- 75 % de fc max, continuo	oficina	-18	-10	-	-	-		
	control	13	11	5	6		control sin ejercicio	-		-	-	-	-	-		
. TANABE et al 1989.	expo	21	21	10	11	HTN grado 2. Sin reporte medicación	aerobico moderada intensidad X 3 días X 10 semanas	60 min al 40- 60 % vo2 max, continuo	oficina	-14,8	-6,6	-	-	-9,2		
	control	10	10	5	5		control sin ejercicio	-		-	-	-	-	-		
. LAMINA 2011	expo	162	140	140	140		intervalico en cicloergometro X3 días X 8 semanas	60 min al 60-79% fc max, descanso de 1:1 por cada 6 min	oficina	-15,7	-4,01	-	-	-		
	control	162	112	112	112	HTN grado 2.Medicados	continuo en cicloergometroX3 días X 8 semanas	60 min al 60-79% fc max,continuo		-13,94	-7,41	-	-	-		
FAULKNER 2005	expo	7	7	4	3	HTN grado 1 y 2.Medicados	control sin ejercicio	4 reps de 2 min alternadas; al 30% de F max con descanso de 2 min entre serie	oficina	-11	-	-	-	-7,5 -6,2		
	control	10	10	8	2		isometrico HG bilateral con cardiogrip X3 días X 8 semanas	% de F max con descanso de 4 min entre serie		-7,8	-	-	-	-3,7 -4,3		

32 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

Estudio	Participantes				Características del ejercicio			Medición	RESULTADOS significativos en mmHg				
	grupos	n:		grado de HTN y tratamiento	Intervención	Dosificación	tipo	PAS	PAD	PP	PAM	FC	
		inicial	final										H
DUNCAN et al. 1985	expo	44	44	44	aerobico, caminata y carrera X3 días X 16 semanas	60 min al 70-80 % Fc max, continuo	oficina	-	-7,1	-	-	-	
	control	12	12	12	control sin ejercicio	-	-	-	-	-	-	-	
BADROV et al. 2013	expo	12	12	6	isométrico HG bilateral en casa X3 días X 10 semanas	4 reps de 2 min alternadas; al 30% de F max con descanso de 1 min entre serie	oficina	-8	-5	-	-4	-	
	control	12	12	7	control sin ejercicio	-	-	-	-	-	-	-	
OKAMOTO et al. 2019	expo	11	11	5	isométrico HG bilateral en casa X5 días X 4 y 8 semanas	4 reps de 2 min alternadas; al 30% de F max con descanso de 1 min entre serie	oficina	-17	-	-11	-10	-	
	control	11	11	4	control sin ejercicio	-	-	-	-	-	-	-	
CHEN TSAI et al. 2004	expo	62	52	24	continuo jogging X3 días X 10 semanas	60 min al 60-70% de FC max, continuo	oficina	-13,1	-6,3	-	-	-	
	control	58	50	23	control sin ejercicio	-	-	-	-	-	-	-	
WONG et al. 2018	expo	52	52	52	natación instruida X3 días X 20 semanas	25a 45 min al 60-75% fc max, continuo	oficina	-11	-9	-	-	-7	
	control	48	48	48	control sin ejercicio	-	-	-	-	-	-	-	

Convenciones: grupos: exposición, control. Muestra inicial del estudio. muestra final del estudio. Fc Max: frecuencia cardiaca máxima. F Max: fuerza máxima. HTN: hipertensión arterial.

6.5 Cambios en la Presión Arterial de reposo

6.5.1 Cambios en la presión arterial sistólica (PAS)

Para este análisis se tomaron los estudios en los cuales existían intervenciones con ejercicio aeróbico frente a un grupo control de no ejercicio (6 investigaciones) y los estudios con ejercicio isométrico frente a grupo control sin ejercicio (3 investigaciones). Los estudios ubicados fueron con individuos diagnosticados con hipertensión grado 2 (no se encontraron investigaciones que permitieran la agrupación por metaanálisis para hipertensos grados 1).

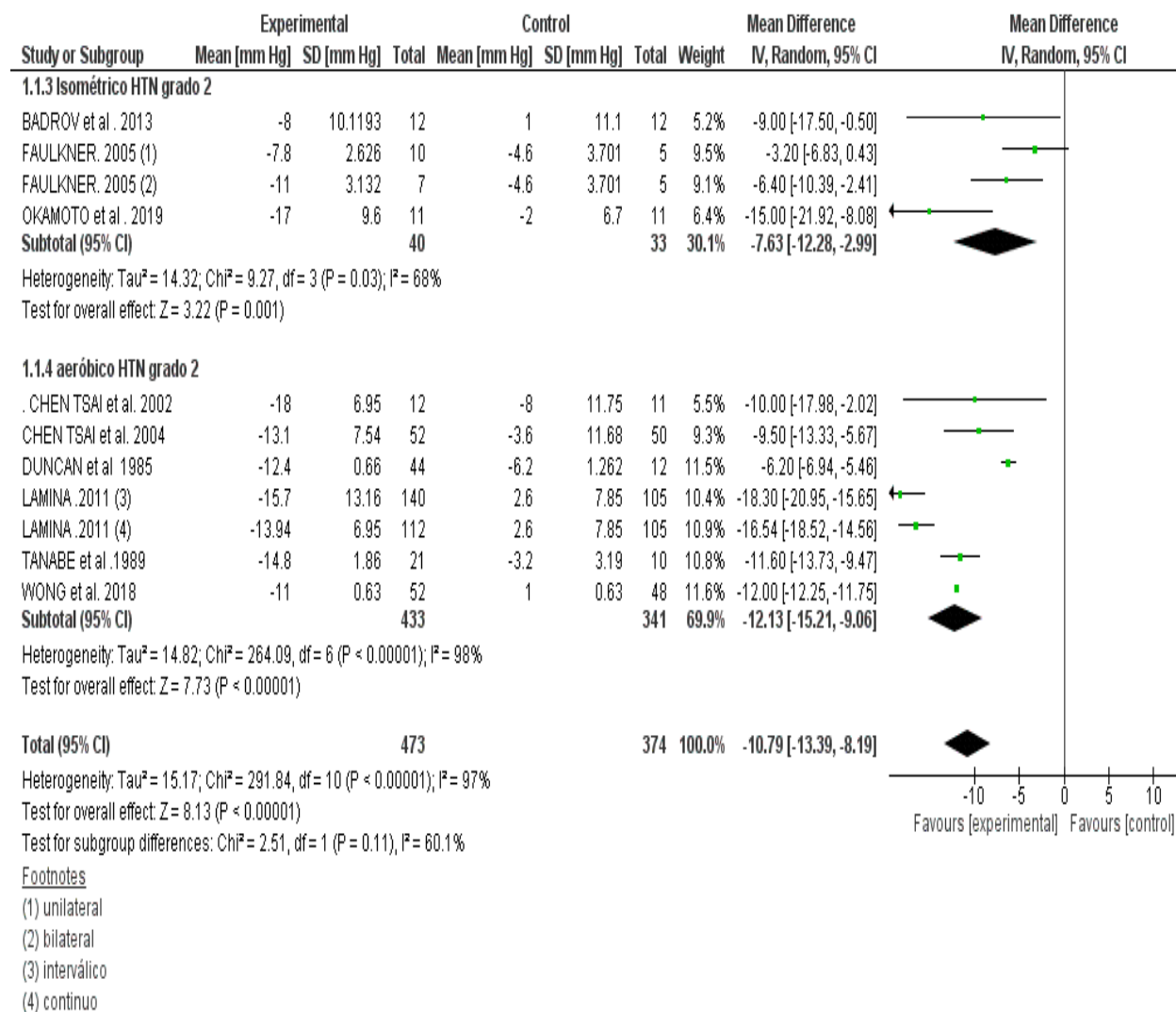
La heterogeneidad de los resultados fue considerable en ambos tipos de ejercicio; ($p < 0.05$, $I^2 = 68\%$ con entrenamiento isométrico y $p < 0.001$, $I^2 = 98\%$ en entrenamiento dinámico aeróbico), por lo cual se utilizó un modelo de efectos aleatorios en el análisis. Se evidenció una disminución de la PAS estadísticamente significativa en ambas intervenciones; siendo de $-7,63$ mm Hg, $p = 0,001$, CI 95 % $[-12.28; -2.99]$, y de -12.13 mm, $p < 0,001$, CI 95 % $[-14.21; -9.06]$; para ejercicio isométrico y aeróbico respectivamente.

En concordancia con los valores estadísticos arrojados por el metaanálisis, se puede inferir un efecto reductor de la presión arterial sistólica significativo para ambas intervenciones (tipos de ejercicio). De igual manera, se debe reconocer la tendencia hacia resultados más amplios favorecidos por el ejercicio aeróbico, así como su mayor heterogeneidad en los resultados. El efecto de las intervenciones sobre la presión arterial sistólica es presentado en el diagrama 3.

De los resultados del metaanálisis es importante resaltar que ambas intervenciones de tipos de ejercicio reducen la PAS de manera sustancial, cuando se hace una comparación entre las dos, para identificar la superioridad de una sobre la otra, no se encontró significancia estadística ($p = 0.11$), demostrando la similitud de ambas en la atenuación de la PAS.

34 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

Diagrama 3: comparación en el cambio de la PAS del ejercicio isométrico y aeróbico

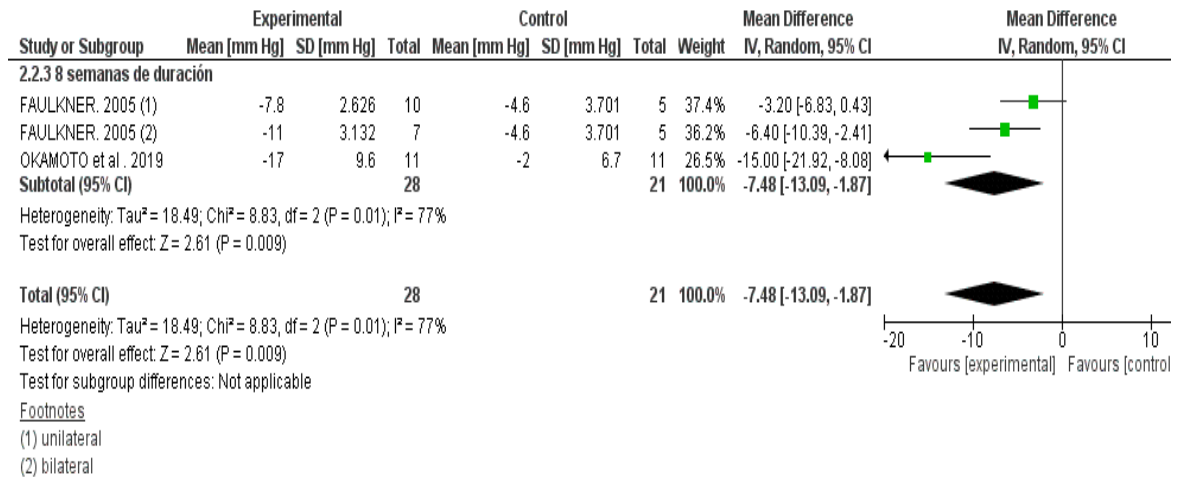


Por otra parte, se realizó el análisis tendiente a la identificación de cambios en la PAS por semanas, donde se pretendió comparar las reducciones obtenidas por ambas intervenciones en diferentes tiempos de seguimiento.

En cuanto al ejercicio isométrico, solo fue posible hacer la agrupación por metaanálisis correspondiente a intervenciones de 8 semanas. Del análisis estadístico se pudo concluir que existe una reducción significativa de la PAS (-7.48 mm Hg, $p < 0,001$, CI 95% [-13.09, -

1.87]), como se observa en el diagrama 4, la cual se nota menor en comparación con el resultado obtenido con el ejercicio aeróbico en el mismo periodo de tiempo (-15.75 mm Hg, $p < 0,001$, CI 95% [-19.35, -12.14]) representado en el diagrama 5.

Diagrama 4: reducción de la PAS en la semana 8 con ejercicio isométrico



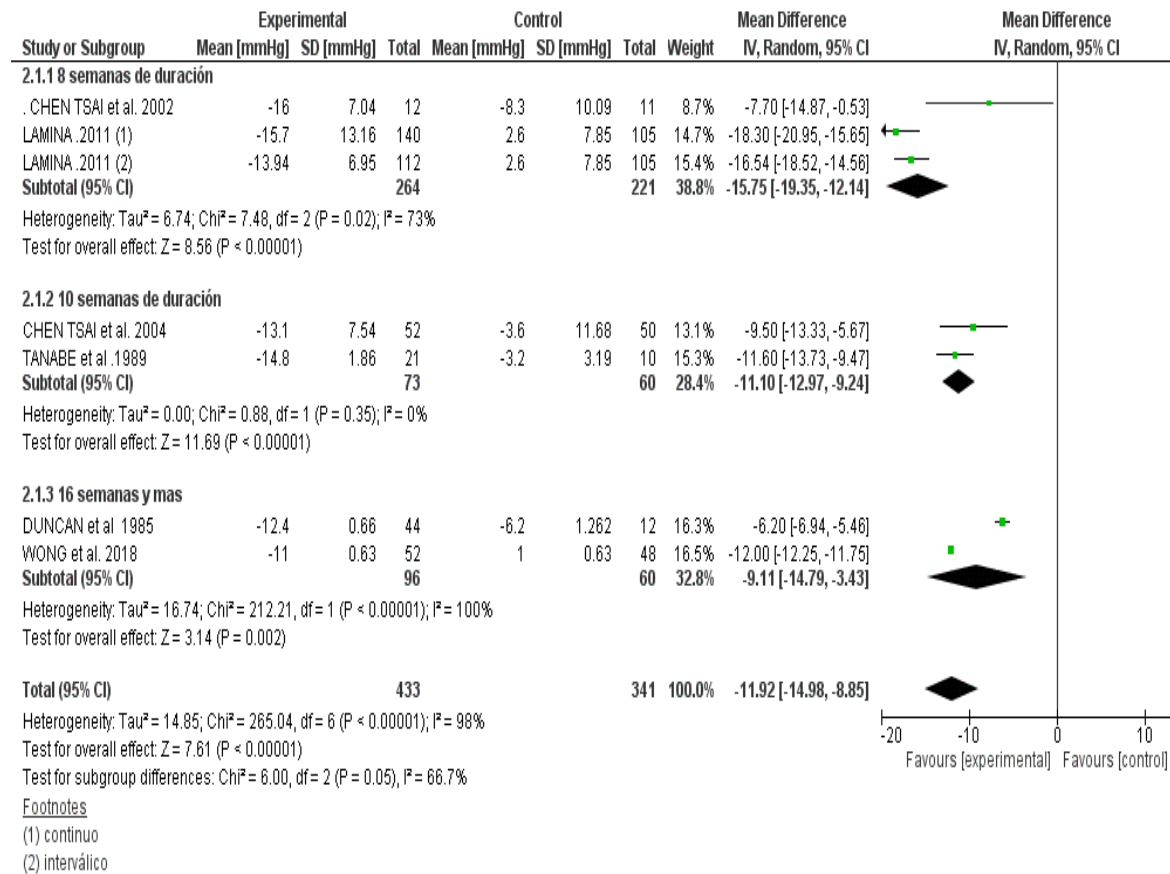
Para el análisis del comportamiento de la PAS frente a intervención con ejercicio aeróbico, se realizó la agrupación de estudios que presentan resultados obtenidos en 8, 10, 16 y más semanas, ilustrados en el diagrama 5, en la cual se puede observar la significancia estadística del efecto de la intervención en la reducción de la variable ($p < 0.0001$).

Con respecto a esto, se observó una tendencia a la disminución del efecto en exposiciones con mayor duración. En este sentido, se ubican los mayores resultados en la semana 8 (-15.75 mm Hg, $p < 0,001$, CI 95% [-19.35, -12.14]), los cuales decrecen en la semana 10 (-11.10 mm Hg, $p < 0.001$, CI 95% [-12.97, -9.24]) y continúan en esa tendencia hasta la semana 16 y más (-9.11 mm Hg, $p = 0.002$, CI 95% [-14.79, -3.43]). De los datos estadísticos revelados por el metaanálisis es importante resaltar que existen diferencias notorias en los resultados obtenidos en la reducción de la PAS con entrenamiento aeróbico de 8, 10, 16 y más semanas, evidenciando una $p = 0.05$; lo que demuestra que los efectos alcanzados por las diferentes exposiciones son heterogéneos, y que la si bien la significancia estadística

36 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

es concluyente para todos; las disminuciones en la PAS esperadas en el tiempo podrían variar.

Diagrama 5: reducción de la PAS por semanas con ejercicio aeróbico



6.5.2 Cambios en la presión arterial diastólica (PAD)

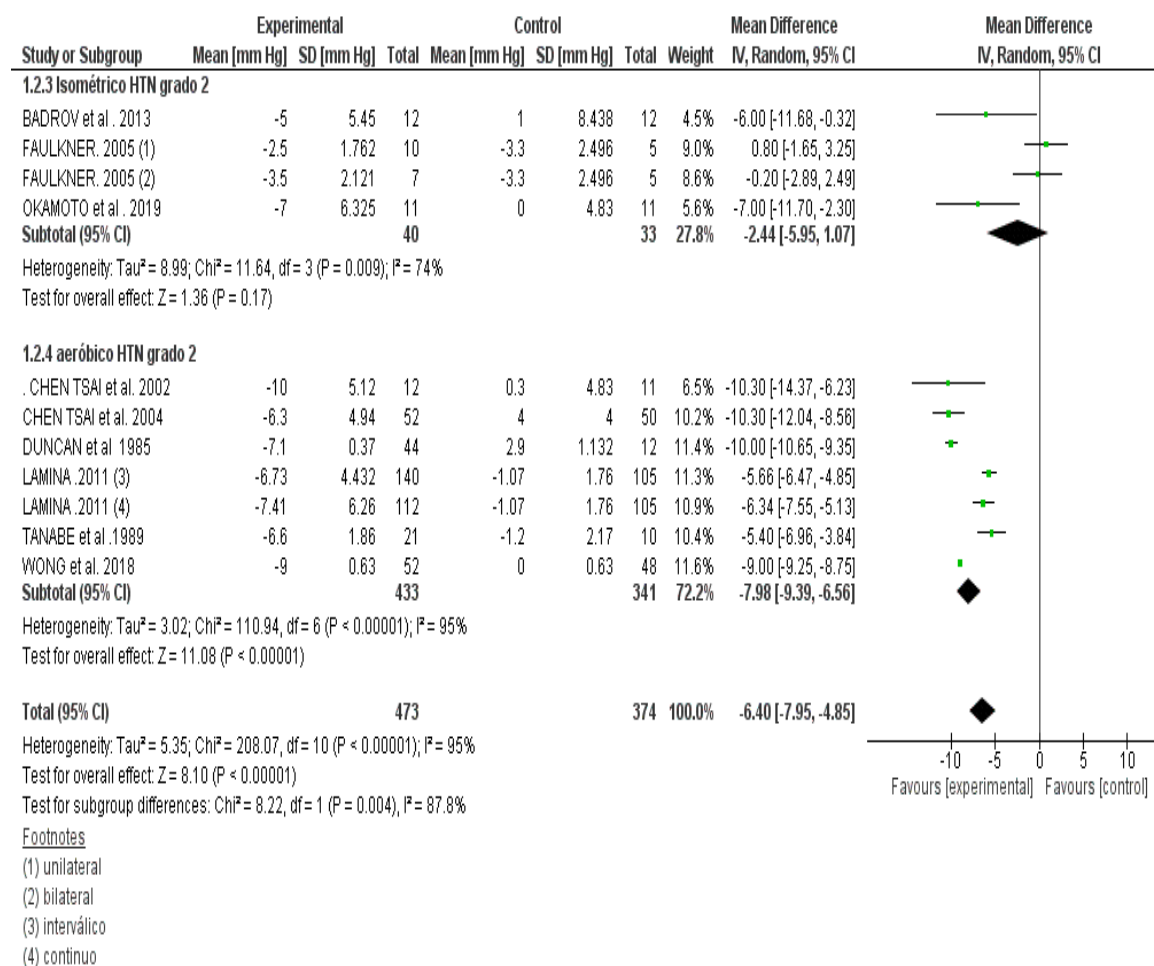
Se encuentra heterogeneidad considerable entre los 9 estudios incluidos en el metaanálisis, donde $p < 0,05$, $I^2 = 74\%$ y $p < 0,001$, $I^2 = 95\%$ para las intervenciones con ejercicio isométrico y aeróbico respectivamente.

La comparación entre las intervenciones arroja diferencias importantes en el efecto de reducción de la PAD. En concordancia con los valores estadísticos obtenidos, se infiere que solo fue significativa la reducción referenciada con ejercicio aeróbico (-7.98 mm Hg, $p < 0,001$, CI 95% [-9.39, -6.56]) en comparación con el isométrico (-2.44 mm Hg, $p = 0.17$, CI 95% [-5.95, 1.07]). Los datos se encuentran representados en el diagrama 6.

Es importante resaltar que, si bien ambas intervenciones reducen la PAD, solo los resultados obtenidos con la intervención aeróbica demuestran una disminución significativa, y al realizar la comparación de superioridad de las intervenciones, se encontró una $p = 0.004$, lo que demuestra la diferencia mencionada.

38 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

Diagrama 6: comparación en cambio de la PAD con ejercicio isométrico y aeróbico

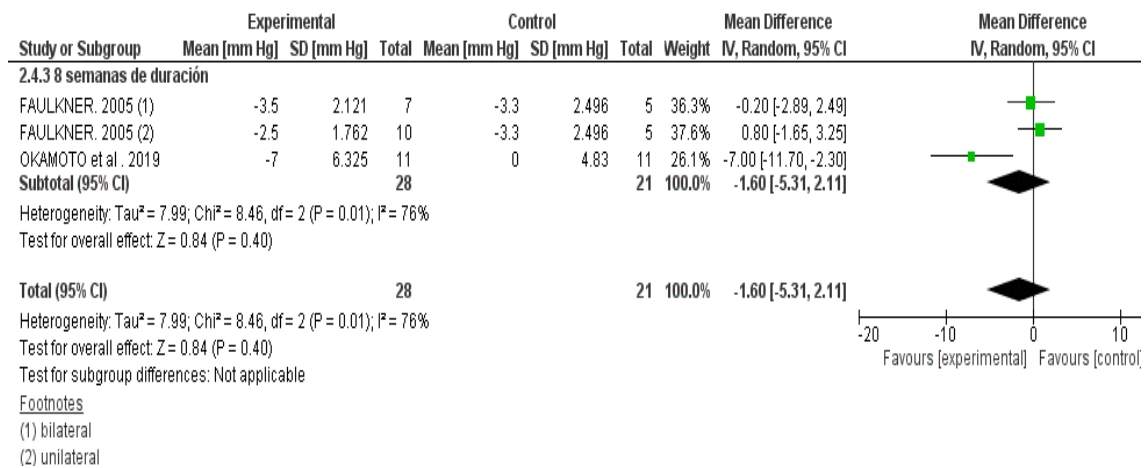


En el análisis de comportamiento de la variable en el tiempo se confirma la no significancia en la reducción de la PAD de -1.60 mm Hg ($p=0.40$, CI 95% [-5.31, 2.11]) con entrenamiento isométrico en 8 semanas, como se puede apreciar en el diagrama 7. Sin embargo se debe mencionar que la reducción total evidenciada aumenta hasta -2.44 mm Hg cuando se incluyen resultados correspondientes a 10 semanas de intervención; hecho que puede referir una posible insuficiencia en el estímulo que debería ser comprobada con estudios donde el umbral de exposición supere las 10 semanas referidas en el presente documento.

Por otra parte, con relación al ejercicio aeróbico, existen referencias importantes de heterogeneidad ($p < 0.001$) entre los efectos alcanzados por la intervención en el seguimiento hecho en diferentes semanas. La agrupación cuantitativa reveló que el efecto de atenuación en la PAD se mantiene significativo, pero tiende a incrementar levemente desde la semana 8 (- 6.03 mm HG, $p < 0.001$, CI 95% [-6.93,- 5.14]), hacia la semana 10 (- 7.83 mm HG, $p = 0.0001$, CI 95% [-12.64, -3.03]) al igual que en la semana 16 y más (-9.45, $p < 0.001$, CI 95% [-10.43, -8.48]); como se puede apreciar en el diagrama 8.

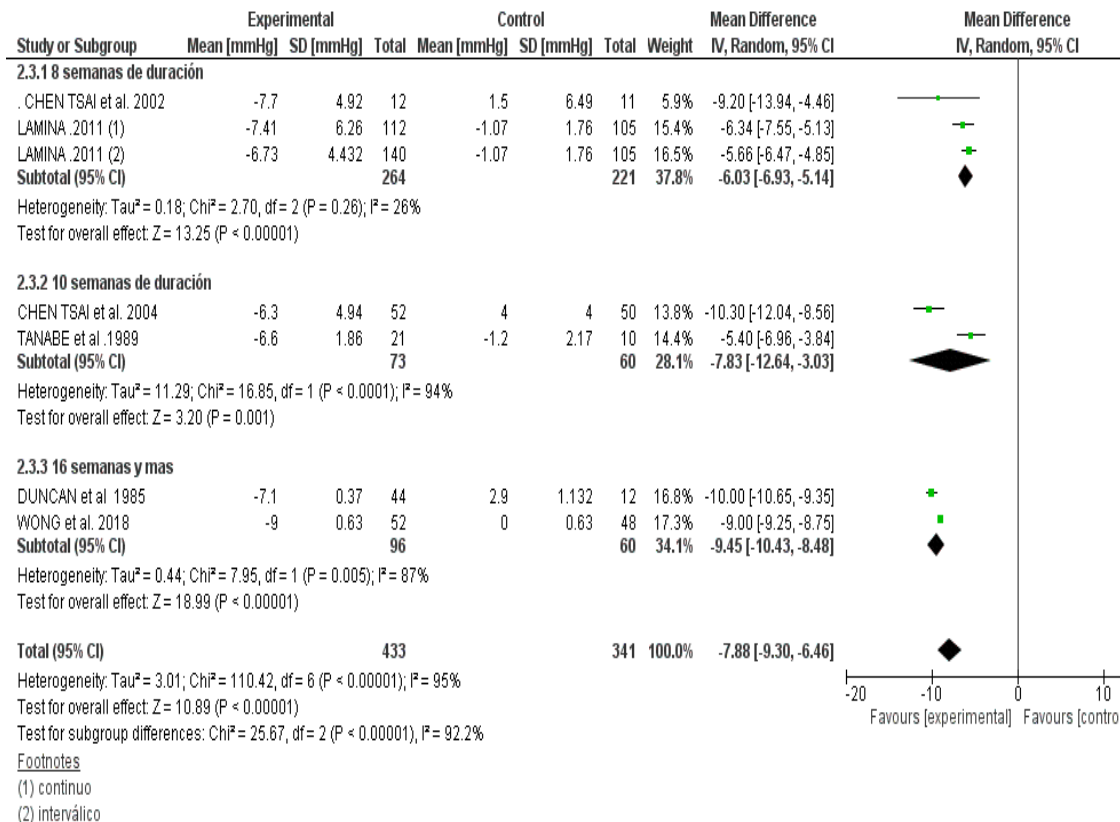
Los cambios evidenciados sugieren una relación entre el efecto del entrenamiento con ejercicio aeróbico sobre la reducción de la PAD y la duración en semanas de la exposición, donde las variaciones se notan superiores en intervenciones más largas.

Diagrama 7: reducción de la PAD por semanas con ejercicio isométrico



40 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

Diagrama 8: reducción de la PAD por semanas con ejercicio aeróbico.



6.5.3 Cambios en la Presión arterial media (PAM)

Se encontraron estudios que permitieron la agrupación por metaanálisis únicamente para la intervención con ejercicio isométrico (3 investigaciones), donde se evidenció un cambio significativo de la presión arterial media (PAM) de -4.02 mm Hg (p=0.03, CI 95% [-7.54, -0.50]) luego de intervenciones con 8 y 10 semanas de entrenamiento. Sin embargo, no se encuentra el mismo resultado al revisar la agrupación a las 8 semanas, donde no hay significancia estadística (-3.64 mm Hg, p> 0.05, CI [-7.70, 0.43]). De acuerdo con los valores arrojados por el metaanálisis, presentados en las diagramas 9 y 10; se puede inferir que 8 semanas de exposición con ejercicio isométrico no resultaron suficientes para inducir una reducción significativa en la PAM de los individuos; la cual si se observa cuando en la agrupación meta analítica se incluyen resultados procedentes de 10 semanas de intervención.

Diagrama 9: reducción de la PAM con ejercicio isométrico

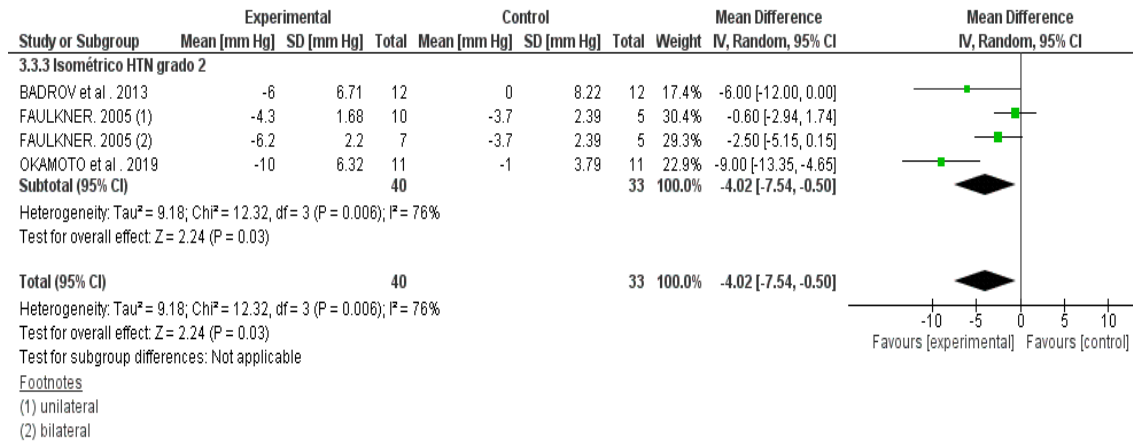
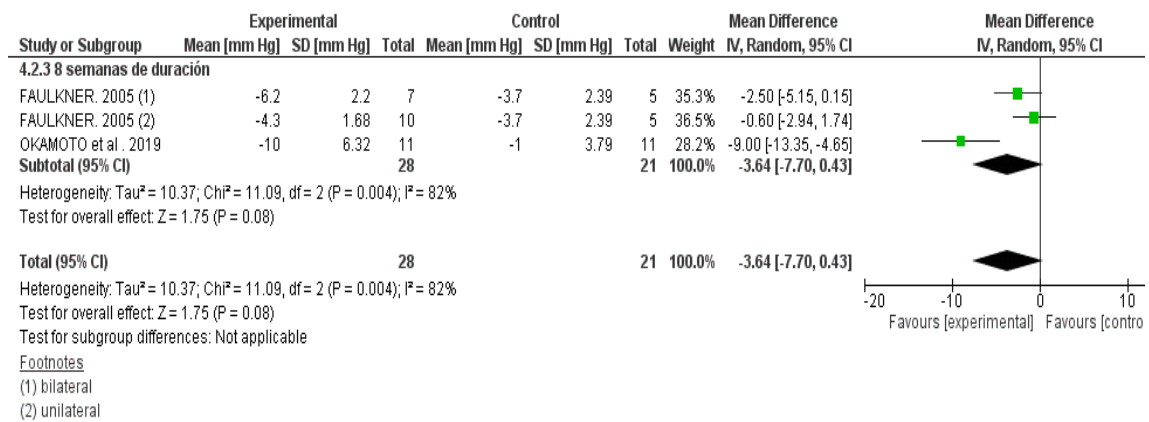


Diagrama 10: reducción de la PAM por semanas con ejercicio isométrico



6.5.4 Cambios en la Presión de pulso (PP)

Se realizó el análisis de la variable presión de pulso (PP), con la misma cantidad de estudios para la intervención con ejercicio isométrico de hasta 10 semanas (3 investigaciones). Como resultado se infiere una reducción estadísticamente significativa de -5.35 mm Hg (p<0.001 CI 95% [-7.55, -3.16]) con un indicador de heterogeneidad baja entre los estudios (I²=0%, p=0.67), expresado en el diagrama 11. Resultados similares son apreciados en el diagrama 12, donde se representa el comportamiento de la variable hacia la exposición de 8 semanas, y cuya reducción también es estadísticamente significativa (-

42 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

5.43 mm Hg, $p < 0.001$, CI 95% [-7.84, -3.01] con una tasa de heterogeneidad baja entre los estudios ($I^2 = 0\%$, $p = 0.46$).

De los resultados obtenidos en el metaanálisis es importante mencionar que, si bien los efectos de las intervenciones con ejercicio isométrico 8 semanas demuestran significancia estadística en la reducción de la PP; no es posible afirmar que las conclusiones sean las mismas para intervenciones de 10 o más semanas; debido que no hubo una disponibilidad suficiente de estudios que realizaran el seguimiento del efecto de la intervención en los diferentes tiempos; impidiendo la agrupación cuantitativa de datos para el metaanálisis.

Diagrama 11: cambio de la PP con ejercicio isométrico

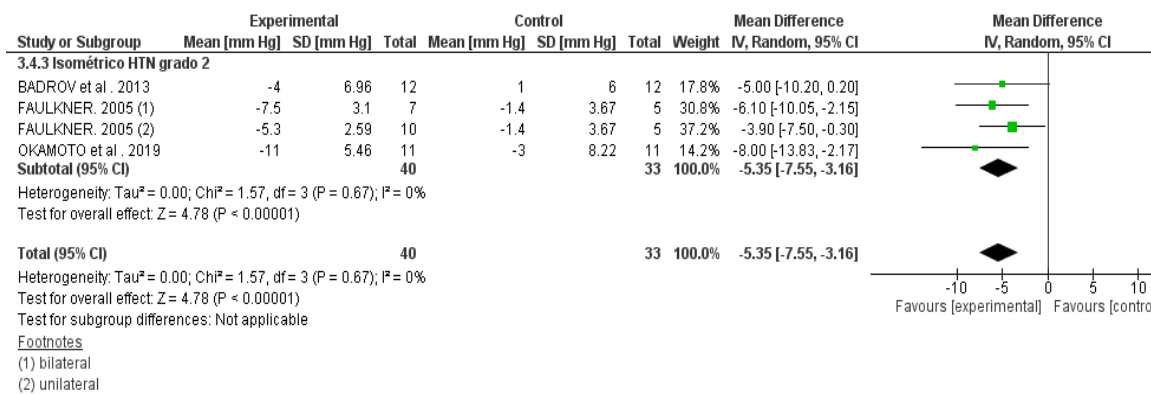
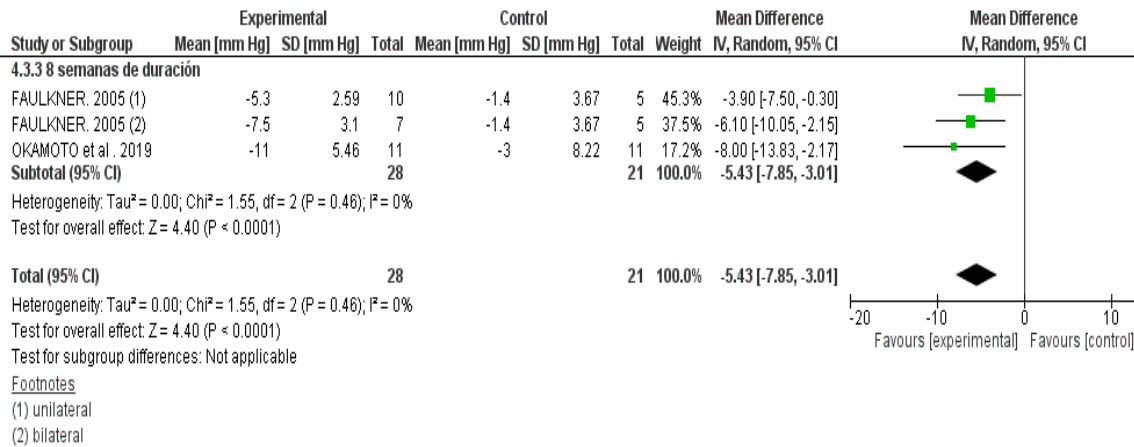


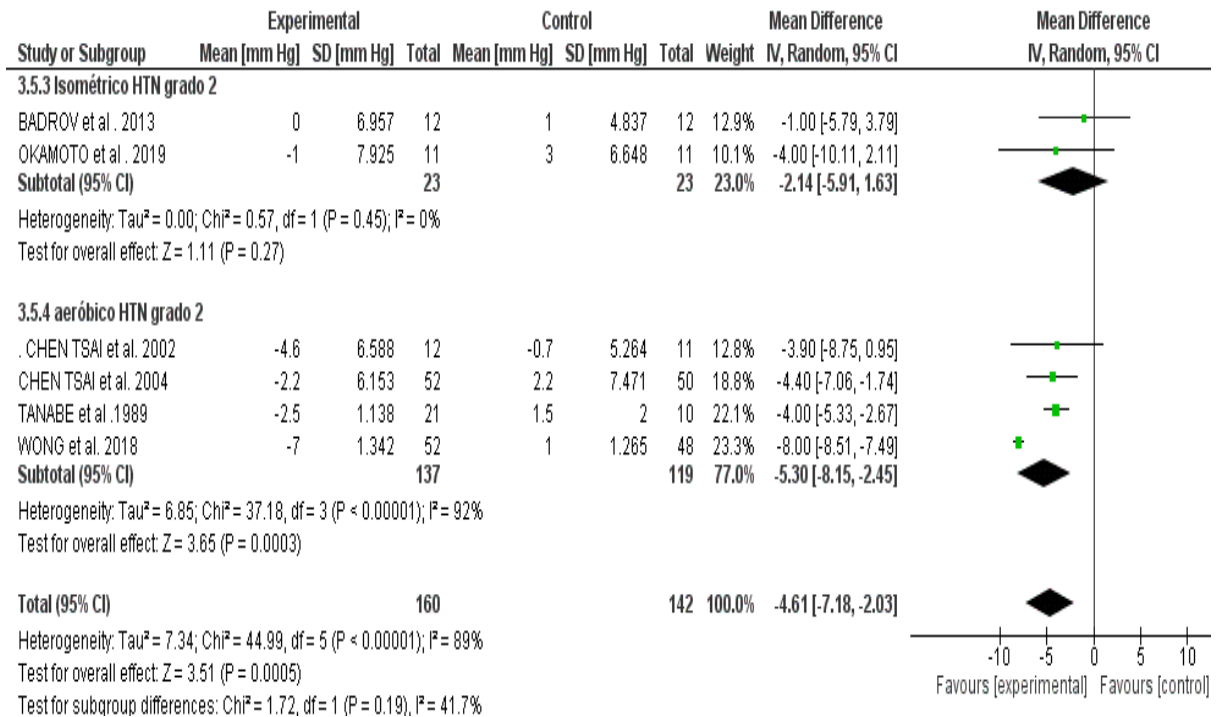
Diagrama 12: reducción de la PP por semanas con ejercicio isométrico

6.5.5 Cambios en la frecuencia cardiaca (FC)

Por último, se realizó la agrupación para la variable frecuencia cardiaca (FC) obteniendo la comparación entre las dos intervenciones. La exposición a ejercicio aeróbico, con una heterogeneidad considerable entre los estudios ($I^2=92\%$, $p<0.001$), evidenció reducciones estadísticamente significativas de la FC (-5.30 Lpm, $p<0.001$, CI 95 % [-8.15,-2.45]). En contraposición, la exposición a ejercicio isométrico no reportó reducciones con significancia estadística (-2.14 Lpm, $p=0.27$, CI 95% [-5.91, 1.63]); lo que sugiere la superioridad del entrenamiento aeróbico sobre el isométrico, en el efecto de la modulación cardiaca. Finalmente, la prueba de diferencia de subgrupos no demuestra disparidades sustanciales entre los resultados ($p=0.19$) sugiriendo que hay una posible similitud del entrenamiento aeróbico e isométrico en la tendencia a reducir la FC de los individuos expuestos; pero esta inferencia no puede ser contrastada o extrapolada, debido que no hay una disponibilidad suficiente de estudios que realicen seguimiento del efecto inducido por entrenamiento isométrico en la FC que permitan hacer comparaciones más sólidas. Los hallazgos descritos se encuentran representados en el diagrama 13.

44 Efectos del ejercicio dinámico aeróbico e isométrico en el tratamiento de la Hipertensión arterial primaria: Revisión sistemática y metaanálisis

Diagrama 13: comparación en cambio de la FC con ejercicio isométrico y aeróbico.



7. Discusión

De acuerdo con las recomendaciones de las guías de práctica clínica (1,20), el ejercicio físico se ha planteado como un mecanismo importante para la prevención y tratamiento de la hipertensión arterial. Estudios han mencionado que reducciones >2 mm Hg (6,18,44) representan cambios clínicamente relevantes; por lo cual, las precisiones respecto a sus alcances y características son esenciales para definir su prescripción. La presente revisión sistemática pretendió cuantificar los efectos del ejercicio dinámico aeróbico y el ejercicio isométrico sobre la presión arterial en los adultos diagnosticados con hipertensión arterial primaria. La comparación de las dos exposiciones permitió clarificar aspectos relevantes en la práctica, relacionados con los cambios en el comportamiento de las variables presión arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD), media (PAM), presión de pulso y frecuencia cardiaca; referenciados por diferentes estudios.

7.1 Reducción de la presión arterial sistólica

Los resultados generales de la investigación revelan la significancia estadística en la reducción de la PAS alcanzada por las dos exposiciones, siendo de $-7,63$ mm HG, $p=0,001$, CI 95 % $[-12,28; -2,99]$ para ejercicio isométrico y de $-12,13$ mm Hg, $p < 0,001$, CI 95 % $[-14,21; -9,06]$; para el ejercicio aeróbico. Una comparación semejante, entre diferentes intervenciones en el año 2013 (5), concluyó que el ejercicio dinámico aeróbico e isométrico logran disminuir la PAS de manera significativa. Además, sus hallazgos sugirieron a la intervención isométrica como la de mayor potencial de reducción ($-6,2$ mm Hg, CI 95% $[-10,3; -2,0]$). Contrario a esto, la presente investigación resalta que, luego de la agrupación meta analítica, fue posible evidenciar una atenuación más amplia en la PAS inducida por exposición a ejercicio aeróbico. Una posible razón para esta diferencia se remite a la cantidad de datos disponibles para el análisis estadístico, donde se reconoce que la presente investigación tuvo limitaciones para ubicar estudios que cumplieran los criterios de inclusión mínimos. De igual manera, la heterogeneidad en las condiciones

iniciales de presión arterial en los sujetos expuestos a intervenciones con ejercicio reportadas en la bibliografía previa difiere de la utilizada en el presente estudio; donde los datos obtenidos solo responden al grupo de hipertensos grado 2.

Los resultados encontrados suponen la importancia de ambas intervenciones en la reducción del riesgo cardiovascular, pues la disminución de 5 mm Hg en la PAS ha sido asociada con un 14 % menos de riesgo de mortalidad por accidente cerebrovascular y 9% menos por enfermedad coronaria (18,44). De tal manera, se puede inferir que las dos modalidades de prescripción del ejercicio sugieren un efecto sustancial en el tratamiento asociado al manejo no farmacológico en sujetos hipertensos grado 2.

Las condiciones iniciales de presión arterial de los pacientes son determinantes en la respuesta a exposición con ejercicio y superan la importancia de factores como modalidad de entrenamiento y edad (9). Estudios que evaluaron la efectividad de estas intervenciones (2,9,19) mencionan mayores beneficios en individuos con niveles más altos de presión arterial preentrenamiento. Resultados similares, presentados por Almeida et. al. (45), demuestran reducciones significativas de la PAS en pacientes medicados luego de exposición a ejercicio isométrico; sin embargo, hacen alusión al cuidado en la interpretación de sus resultados, ya que las reducciones inducidas tienden a ser menores en hipertensos con niveles de presión arterial controlada (9).

Con respecto a esto, los estudios incluidos en el análisis cuantitativo permitieron la inferencia de conclusiones para el grupo de hipertensos grado 2 (1). Para tal caso, se evidenció la significancia estadística ($p < 0.05$) del efecto en la reducción de la PAS de las dos intervenciones. Contrario a esto, los hallazgos de Hansen et. al. (46) mencionan que la exposición a ejercicio aeróbico favorece en gran medida a pacientes diagnosticados con hipertensión arterial, mientras que las reducciones con ejercicio isométrico demuestran su mayor efectividad en individuos con presión arterial normal y presión arterial elevada; no obstante, concluyen que siguen siendo necesarias más revisiones sistemáticas, con mayor

número de ensayos clínicos aleatorizados, para definir la priorización de las intervenciones en la línea de tratamiento.

EL cambio de la PAS relacionado con el tiempo de exposición a ejercicio, evidenció datos interesantes para las dos intervenciones. En primer lugar, de acuerdo con estudios previos (45,47), se infiere la significancia de 8 semanas entrenamiento con ejercicio isométrico en la atenuación de la presión arterial de los individuos (-7.48 mm Hg, $p < 0,001$). Sin embargo, las conclusiones de algunos ensayos clínicos amplían el espectro, evidenciando reducciones significativas a partir de 4 semanas (41,48), hasta 10 semanas de exposición (42); hecho que no pudo ser contrastado por agrupación estadística debido a la baja disponibilidad de estudios con datos de seguimiento reportados para 4 semanas o mayores a 10 semanas de exposición.

En segundo lugar, se observa la tendencia a la disminución del efecto del entrenamiento con ejercicio aeróbico sobre la PAS con el incremento en el tiempo de la intervención. Hallazgos similares fueron reportados por revisiones en el 2013 y 2022 (5,18) donde los mayores resultados fueron obtenidos por exposiciones menores a 12 semanas, y posteriormente se mantuvo la tendencia a la disminución del efecto. A pesar de parecer una relación contraintuitiva, se podría inferir que una práctica prolongada es propensa a realizarse con menor intensidad, o reducir la adherencia de los individuos con el tratamiento, lo que infiere directamente en el efecto total evidenciado (5).

7.2 Reducción de la presión arterial diastólica

El análisis estadístico refleja la significancia en la reducción obtenida mediante el entrenamiento aeróbico (-7.98 mm Hg, $p < 0,001$), coincidiendo con estudios previos donde cambios en la PAD de -5,2 mm Hg (5) y -4,7 mm Hg (46) se consideraron sustanciales. Parece existir un consenso entre los autores referente a esta intervención, y con resultados similares demuestran su efectividad en la disminución de la PAD en individuos hipertensos; evidenciando mayores efectos que los acreditados en el rango de presión arterial normal y elevada (46).

EL cambio de la PAD relacionado con el tiempo de exposición a ejercicio aeróbico demuestra una tendencia a incrementar levemente desde la semana 8 (- 6.03 mm HG, $p < 0.001$), hacia la semana 10 (-7.83 mm HG, $p = 0.0001$) al igual que en la semana 16 y más (-9.45, $p < 0.001$). Resultados semejantes se pueden observar en la revisión de Barcelos et. al.(18) donde la atenuación de la PAD parece aumentar desde la semana 12 hasta la 24 y posteriormente tiende a estabilizarse. Puede inferirse que existe una modulación de la respuesta en la PAD de acuerdo con el tiempo de exposición, y que al parecer, las intervenciones menores a 6 meses refieren los mejores resultados (5), sin embargo, con la información disponible en la presente investigación no es posible contrastar hallazgos que superen las 20 semanas de entrenamiento aeróbico.

Por otra parte, la intervención con ejercicio isométrico redujo la PAD en -2,44 mm Hg, sin alcanzar la significancia estadística ($p = 0.17$). Hecho que contrasta con los hallazgos de estudios donde la exposición de individuos hipertensos medicados (49) y controlados (45); a 8 y 10 semanas de entrenamiento, no generó cambios concluyentes. En comparación, revisiones más amplias, mencionaron que cambios de -3,93 mm Hg (44) y -3,29 mm Hg (8) en la PAD de individuos hipertensos, representan reducciones significativas. Frente a esto, se debe reconocer que dicha información proviene de estudios con agrupaciones cuantitativas más nutridas donde incluyen resultados de población con factores de riesgo adicionales, como enfermedades concomitantes; incluidas en las revisiones previas y excluidas en el presente estudio, hecho que añade una alta variabilidad inter individual de la respuesta a la intervención (2); y que podría generar variaciones estadísticas considerables que influyeron en las conclusiones finales de las investigaciones.

Es importante notar que el tiempo de intervención con ejercicio isométrico, incluido en el análisis cuantitativo no supera las 10 semanas, y que los cambios evidenciados en la variable también aumentan con el tiempo de exposición. En ese sentido, la agrupación cuantitativa para estudios de 8 semanas demostró una reducción de -1,60 mm Hg, mientras el cambio total con la inclusión de resultados de 10 semanas aumentó a -2,44 mm Hg de reducción en la PAD. Con esta razón, se infiere que un estímulo de mayor duración podría inducir cambios más amplios en individuos hipertensos. Por último, a pesar

de la no significancia estadística del efecto en la reducción de la variable, queda en discusión la relevancia clínica de la misma, debido que estudios previos han definido las reducciones >2 mm Hg como sustanciales, lo que podría referir la disminución de riesgo cardiovascular asociado a la hipertensión alcanzable por las 2 intervenciones (6).

7.3 Reducciones de las variables secundarias

La disponibilidad de estudios en la presente investigación solo permitió la agrupación estadística de los indicadores de la presión arterial media (PAM) y la presión de pulso (PP) para la intervención con ejercicio isométrico; demostrando reducciones significativas luego de 10 semanas de entrenamiento. La reducción de -4.02 mm Hg ($p=0.03$) en la PAM de los individuos hipertensos concuerda con revisiones previas (6,8), y a pesar de ser menor que los hallazgos mencionados por el ejercicio aeróbico (37,50), soporta la idea de que el efecto final es comparable entre las intervenciones (7), validando su inclusión como “potencial tratamiento no farmacológico en la reducción de la presión arterial” (1).

Por otra parte, el análisis de la PP demostró una reducción estadísticamente significativa de -5.35 mm Hg, ($p<0.001$) con una heterogeneidad baja entre los estudios ($I^2=0\%$, $p=0.67$). La importancia de este indicador en la definición del riesgo de enfermedad cardiovascular y de mortalidad fue descrita en los estudios de Blacher et.al y Stanley et.al., donde hacen referencia que el incremento de 10 mm Hg en la PP aumenta el riesgo de complicaciones cardiovasculares, aún por encima de los niveles identificados por la PAM y otras covariables (51,52). En este sentido, la descripción del componente pulsátil de la propagación de la onda de presión sanguínea (PP) dependiente de la eyección ventricular, la rigidez arterial y el tiempo de reflejo de la onda; podría ofrecer un lineamiento adicional para el manejo de la hipertensión arterial, que tradicionalmente ha reposado en la medición aislada de los dos puntos de inflexión de la onda de presión sanguínea representados por la PAS y la PAD (51). De tal manera, se puede inferir que el uso del entrenamiento isométrico en individuos hipertensos reduce la PP, haciéndolo elegible como tratamiento adicional para el manejo y control de la presión arterial.

Por último, el efecto de las intervenciones sobre la Frecuencia Cardiaca (FC) identificó una reducción significativa asociada a la exposición con ejercicio aeróbico de -5.30 Lpm,

($p < 0.001$) que coincide con el incremento de la modulación vagal atribuida a la modalidad de entrenamiento en previas investigaciones(2).

Contrario a esto, la intervención con ejercicio isométrico no evidenció reducciones sustanciales (-2.14 Lpm, $p=0.27$); lo que concuerda con revisiones (6,44), que han incluido el seguimiento de la FC en sus variables susceptibles de modificación con entrenamiento isométrico. En contraste, las conclusiones presentadas por Inder et.al. (7) revelan la reducción de -1,42 Lpm ($p=0,02$) en la FC de individuos hipertensos; hallazgos que se notan menores a los reportados en la presente investigación pero que alcanzaron un efecto estadísticamente significativo en su contexto específico. Las características anteriormente descritas refieren que, a pesar de que la mayoría de los datos no soportan la modulación de la FC con intervención isométrica, existen resultados que sugieren cambios en poblaciones específicas influenciadas por características pre entrenamiento (2); hecho que añade disparidad a la literatura publicada influyendo directamente en las conclusiones de la investigación secundaria(44).

7.4 Asociación de los hallazgos con las características de las intervenciones

La definición de los componentes FITT (21) de las intervenciones analizadas en el presente estudio coinciden con las recomendaciones emitidas por la guía de práctica clínica del American College of Cardiology (1) como parte del tratamiento no farmacológico referenciado en los diferentes grados de hipertensión arterial.

De acuerdo con Cornelissen et.al y Barcelos et.al (5,18), se confirma que la práctica de ejercicio aeróbico con frecuencia de 3 veces por semana en sesiones de 45 a 60 minutos, ejecutado a intensidades moderadas-bajas entre el 60 y 70 % de la frecuencia cardiaca máxima; parece ser el protocolo más utilizado en la modalidad continua del entrenamiento. Se identifica además el incremento en la intensidad de trabajo, hasta el 85 - 90% de la Fc max, en la modalidad interválica de la exposición, ejecutada generalmente durante sesiones más cortas. Frente a esto, se ubican hallazgos en revisiones previas que mencionan la similaridad de los resultados obtenidos con ambas modalidades (18)

diferenciando los mayores alcances en la reducción de la PAD y el aumento del Vo2 Max inducidos por el entrenamiento interválico de alta intensidad (53).

El tipo de actividad practicada parece no afectar sustancialmente los efectos de la intervención. De acuerdo con estudios previos, la prescripción de ejercicio en laboratorio con cicloergómetro, o al aire libre como caminata o carrera no evidencia diferencia estadística sobre los resultados finales; a diferencia de la natación donde existen pequeñas variaciones que favorecen mayores reducciones (18).

Por otra parte, la duración de la exposición parece tener una relación directa con la atenuación de la presión arterial, donde a partir de 8 semanas se encuentran valores estadística y clínicamente relevantes que se modulan con el tiempo. Se visualiza un comportamiento particular de las variables PAS y PAD que contrasta con hallazgos previos donde referencian una mayor efectividad inducida por las intervenciones menores a 24 semanas, asociando esta característica con posibles reducciones en la intensidad de la práctica por extenuación o la no adherencia de los individuos(5), no obstante, se debe poner en consideración la importancia de la continuidad del entrenamiento para mantener los cambios obtenidos; pues revisiones previas han detectado el retorno a las condiciones pre entrenamiento de los individuos luego de varias semanas de terminada la intervención con ejercicio físico (18).

En comparación, los protocolos de ejercicio Isométrico analizados en la presente investigación, refieren una frecuencia de práctica de 3 sesiones por semana con utilización de contracciones voluntarias en miembros superiores (Handgrip), controladas por dinamómetro digital. Estas pueden ser desarrolladas en laboratorio o en casa; y se ajustan al 30 % de la fuerza máxima de la extremidad, ejecutando 4 series con repeticiones de 2 minutos alternadas entre extremidades, separadas por un minuto de descanso. Hallazgos similares fueron ubicados en revisiones previas (2,44,45), donde además se menciona que reducciones en la intensidad de la contracción, por debajo del 30 % de la fuerza máxima en la extremidad, parecen disminuir el efecto inducido (2,6,45).

En cuanto a la modalidad de práctica, los estudios que han hecho comparaciones entre los efectos inducidos por entrenamiento isométrico de miembros superiores e inferiores, han considerado la significancia de ambas modalidades (8); sin embargo, mencionan que las reducciones más amplias fueron obtenidas con Handgrip (7). Frente a esto, la presente investigación no puede contrastar los hallazgos previos debido que no se localizaron datos suficientes que permitieran la diferenciación entre las dos modalidades de entrenamiento.

Por último, la evidencia actual sugiere que la identificación del efecto antihipertensivo de la intervención es poco probable en exposiciones menores a 3 semanas (8) y que 4 a 5 semanas son suficientes para detectar reducciones significativas en la presión arterial(2). La búsqueda de información arrojó investigaciones con protocolos entre 4 y 10 semanas de exposición; ubicando los efectos más amplios entre la semana 8 y 10 (2). La evidencia sugiere que existe una relación directamente proporcional entre tiempo de exposición y el efecto obtenido, donde exposiciones mayores a 8 semanas refieren atenuaciones más amplias de la PAS y PAM en individuos hipertensos (7). Sin embargo, contrario a la amplia disponibilidad de datos acerca del ejercicio aeróbico, son limitados los estudios que presentan resultados a largo plazo sobre los efectos inducidos por entrenamiento con ejercicio isométrico, lo que puede conllevar a omisiones en las consideraciones del mantenimiento de las modulaciones promovidas por la exposición(2).

7.5 Mecanismos asociados con las reducciones

El ejercicio físico ha sido referenciado como una práctica capaz de modificar diversos factores de riesgo de la hipertensión arterial gracias a su capacidad de influir en gran cantidad de mecanismos de control (22). Son numerosos los hallazgos descritos en la literatura y en su mayoría provienen de asociaciones de parámetros fisiológicos con el comportamiento de las variables PAS y PAD posteriores a la aplicación de protocolos de entrenamiento.

7.5.1 Entrenamiento con ejercicio dinámico aeróbico.

Del ejercicio aeróbico se debe reconocer que su mayor importancia radica en el mejoramiento de la eficiencia en la producción energética a partir de los diferentes

sustratos (22), hecho que resalta la inferencia directa en la disminución de otros factores de riesgo como la obesidad. Cornelissen et.al y Smart et.al coincidieron en sus estudios al afirmar que el índice de masa corporal de los individuos expuestos no tuvo relación directa con los cambios evidenciados en la PAS y la PAD (5,8); sin embargo, algunos autores llegaron a definir una relación importante entre las reducciones obtenidas en el perfil lipídico y la atenuación de la presión arterial de los individuos, posterior a intervenciones con ejercicio aeróbico (35); lo que podría referir una modulación sobre procesos endocrinos relacionados con el control de la presión arterial.

Los mecanismos neurogénicos también han sido asociados a la intervención con ejercicio aeróbico; el primero de ellos, describe que las modulaciones locales de metabolitos y vasodilatadores inducidas por el entrenamiento(2), generan un factor hipotensivo que permite el flujo sanguíneo hacia la musculatura activa, aumentando la perfusión tisular y el intercambio de O₂. Por este medio se puede explicar la caída de presión arterial aguda post ejercicio; y en conjunto con la modulación del ajuste simpático-vagal (35,36), y la reducción de la resistencia vascular periférica favorecida por el incremento en la expresión de factor de crecimiento endotelial; justifican las reducciones en la PAS y la PAD obtenidas con protocolos de entrenamiento a largo plazo (14).

El segundo factor refiere el aumento de la distensibilidad arterial como resultado de intervenciones crónicas a ejercicio aeróbico. Autores han descrito que, luego de la aplicación de un protocolo de entrenamiento de 20 semanas, se evidenció la disminución de la velocidad del flujo sanguíneo entre la carótida y la arteria radial; demostrando una reducción en la rigidez arterial de los miembros superiores. De igual manera, mencionan que la especificidad del entrenamiento es determinante en las modulaciones, y advierten que el efecto parece expresarse solamente en la musculatura ejercitada (40).

7.5.2 Entrenamiento con ejercicio isométrico

la explicación de los mecanismos de reducción de la presión arterial asociados a esta intervención también ha logrado descripciones amplias. El desarrollo de contracciones isométricas supone la oclusión temporal del músculo activo, generando la acumulación de metabolitos vasodilatadores en el área; la cual cesa durante los periodos de descanso. El

principio de hiperemia reactiva define una reducción de la resistencia arterial posterior a la oclusión, y este parece ser uno de los mecanismos de acción que conduce a las modulaciones en la presión arterial (22).

Autores concuerdan en sus hallazgos que la dilatación del endotelio dependiente de Óxido Nítrico, aumenta como respuesta a exposiciones crónicas con entrenamiento isométrico (44); sin embargo, estas reacciones solo parecen potenciarse en la musculatura local (2). Estos resultados concuerdan con el estudio de Cahu et.al., quienes analizaron la velocidad de flujo sanguíneo en miembros inferiores luego de un protocolo de 12 semanas de entrenamiento con Handgrip, concluyendo que existe una disminución de la rigidez arterial central que no se evidencia en las arterias periféricas; por lo cual el estímulo local sería necesario (54).

Por último, estudios mencionan la influencia del ejercicio isométrico sobre los índices de modulación autonómica de variabilidad de la frecuencia cardiaca expresados en los dominios de baja (LF) y alta frecuencia (HF). Se ha descrito que en pacientes hipertensos el componente LF del espectro se encuentra elevado, sugiriendo una mayor actividad nerviosa simpática. Los hallazgos de las investigaciones concluyen que es posible un aumento de la modulación vagal (LF) posterior a la intervención con ejercicio isométrico; hecho que disminuye la relación entre los componentes espectrales LF y HF y que puede ofrecer un efecto protector atenuador del riesgo cardiovascular asociado a la hipertensión arterial (2,19,44).

8. Conclusiones y recomendaciones

La revisión sistemática de la literatura permitió la valoración de las diferencias en los cambios de las variables primarias y secundarias propuestas en la metodología, para individuos hipertensos grado 2, este estudio nos permite concluir:

1). Se evidenció la similitud en el efecto estadísticamente significativo de las dos intervenciones sobre la reducción de la PAS, situación que no se observó en la PAD y la FC, donde el ejercicio isométrico parece no tener un efecto sustancial. Adicional a esto, se referencian cambios relevantes en la PAM y la PP inducidos por ejercicio isométrico, que no pudieron ser contrastados con el aeróbico debido a la baja disponibilidad de estos indicadores en ensayos clínicos aleatorizados.

2). Ocho semanas de intervención con ejercicio aeróbico fueron suficientes para evidenciar reducciones importantes en la PAS y la PAD de los individuos; adicionalmente, se identifica una tendencia a la variación del efecto mediado por el tiempo de exposición, que indicaría reducciones más pronunciadas en la PAS con protocolos menores a 20 semanas; hecho contrario a la respuesta de la PAD, donde su atenuación se incrementa con el paso del tiempo.

En contraste, se evidencian cambios significativos inducidos por ejercicio isométrico a partir de la cuarta semana, sin embargo, solo el efecto obtenido en la PAS a partir de las 8 semanas es similar al inducido mediante entrenamiento aeróbico. Por otra parte, se nota la tendencia al incremento de las reducciones en la PAD entre la semana 8 y 10, que sin llegar a ser estadísticamente significativas, sugieren la importancia de protocolos con mayor tiempo de duración para alcanzar disminuciones más amplias.

3). La asociación de los componentes FITT de la prescripción del ejercicio con los cambios en las variables PAS y PAD revelaron que la modalidad continua del entrenamiento aeróbico, ejecutada 3 veces por semana en sesiones de 45 a 60 min con una intensidad del 60 al 70% de la FC máxima, representa el protocolo de mayor aplicación entre los estudios. Adicional a esto, existe la modalidad interválica, que se ejecuta a intensidades más altas y refiere cambios significativos en las variables PAS y PAD, sin embargo, este hecho no pudo ser contrastado con la información obtenida en la presente investigación.

De igual manera, se confirma la relevancia del entrenamiento isométrico en miembro superior, practicado 3 veces por semana, con utilización de contracciones controladas por dinamómetro digital ajustadas al 30 % de la fuerza máxima de la extremidad, ejecutando 4 series con repeticiones de 2 minutos alternadas entre extremidades, separadas por un minuto de descanso.

4). Se debe mencionar que las variaciones significativas expresadas en esta revisión evidenciaron su mayor amplitud en intervenciones con entrenamiento aeróbico. De igual manera, los resultados concuerdan con estudios previos que analizaron el efecto de las intervenciones aeróbica e isométrica y referenciaron la relevancia clínica de reducciones entre 2 y 5 mm Hg en la PAS y la PAD; por lo cual se recomienda una interpretación cuidadosa de las afirmaciones aquí expuestas, para conferir la mayor efectividad posible a la intervención con ejercicio físico sobre la presión arterial de los individuos.

8.1 Limitaciones

Las limitaciones que enfrentó el estudio refieren principalmente la disponibilidad reducida de ensayos clínicos aleatorizados que incluyeran en su muestra individuos sin comorbilidades, ya que se sospechaba la influencia de factores como el índice de masa corporal elevado sobre los efectos de las intervenciones; hecho que ha sido abordado en revisiones previas sin evidenciar mayor relación de dependencia, pero que sigue siendo

una inferencia muy intuitiva dadas las reacciones fisiológicas que la obesidad induce en el organismo.

De igual manera, se debe mencionar que no fue posible la comparación de resultados entre los diferentes grados de hipertensión arterial definidos en el cuerpo del trabajo; y que, de acuerdo a los resultados de la literatura, podrían representar un factor adicional que interviene directamente en los efectos inducidos por las intervenciones con ejercicio físico. Pues se ha mencionado la asociación de mayores reducciones en la PAS y la PAD con mayores niveles de presión arterial de los individuos previo al entrenamiento; hecho que no pudo ser contrastado en la presente investigación. Adicional a esto, no se identificó una amplia disponibilidad de información que permitiera el análisis de la presión arterial ambulatoria en 24 horas como indicador del efecto de las intervenciones con ejercicio físico; evidenciando una línea de investigación futura que podría ofrecer una medida más representativa sobre los cambios en la presión arterial de los individuos hipertensos sometidos a este tipo de tratamiento no farmacológico.

Finalmente, la categorización de la hipertensión arterial adoptada en la presente revisión, que fue propuesta por la guía de práctica clínica del American College of Cardiology en 2018; tiene discrepancias con definiciones planteadas por las investigaciones incluidas en el metaanálisis (basadas en referencias previas como la del JNC7); debido a su novedosa reducción en los umbrales que definen los diferentes grados de hipertensión. Sin embargo, se debe reconocer que la atención oportuna de la alteración de la presión arterial representa oportunidades importantes en la reducción del riesgo cardiovascular asociado; y que el inicio del tratamiento en grados estadios inferiores de la enfermedad puede propiciar el uso de terapia no farmacológica como mecanismo de primera línea.

A. Anexo: características demográficas de los estudios

Características Demográficas						
Autor	Año	País	n total	Edad	Hombres	Mujeres

9. Bibliografía

1. Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, Casey DE, Collins KJ, Dennison Himmelfarb C, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA Guideline for the Prevention, Detection, Evaluation, and Management of High Blood Pressure in Adults. *J Am Coll Cardiol.* mayo de 2018;71(19):e127-248.
2. Millar PJ, McGowan CL, Cornelissen VA, Araujo CG, Swaine IL. Evidence for the Role of Isometric Exercise Training in Reducing Blood Pressure: Potential Mechanisms and Future Directions. *Sports Med.* marzo de 2014;44(3):345-56.
3. Rapsomaniki E, Timmis A, George J, Pujades-Rodriguez M, Shah AD, Denaxas S, et al. Blood pressure and incidence of twelve cardiovascular diseases: lifetime risks, healthy life-years lost, and age-specific associations in 1·25 million people. *The Lancet.* mayo de 2014;383(9932):1899-911.
4. Lewington S, Clarke R, Qizilbash N, Peto R, Collins R. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *The Lancet.* diciembre de 2002;360(9349):1903-13.
5. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 23 de enero de 2013;2(1):e004473.
6. López-Valenciano A, Ruiz-Pérez I, Ayala F, Sánchez-Meca J, Vera-García FJ. Updated systematic review and meta-analysis on the role of isometric resistance training for resting blood pressure management in adults. *J Hypertens.* julio de 2019;37(7):1320-33.
7. Inder JD, Carlson DJ, Dieberg G, McFarlane JR, Hess NC, Smart NA. Isometric exercise training for blood pressure management: a systematic review and meta-analysis to optimize benefit. *Hypertens Res.* febrero de 2016;39(2):88-94.
8. Smart NA, Way D, Carlson D, Millar P, McGowan C, Swaine I, et al. Effects of isometric resistance training on resting blood pressure: individual participant data meta-analysis. *J Hypertens.* octubre de 2019;37(10):1927-38.
9. Sardeli AV. Do baseline blood pressure and type of exercise influence level of reduction induced by training in hypertensive older adults? A meta-analysis of controlled trials. *Exp Gerontol.* 2020;4.

10. PRISMA-P Group, Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev.* diciembre de 2015;4(1):1.
11. Kulkarni S, Rao R, Goodman JDH, Connolly K, O'Shaughnessy KM. Nonadherence to antihypertensive medications amongst patients with uncontrolled hypertension: A retrospective study. *Medicine (Baltimore).* 9 de abril de 2021;100(14):e24654.
12. Abegaz TM, Shehab A, Gebreyohannes EA, Bhagavathula AS, Elnour AA. Nonadherence to antihypertensive drugs: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* enero de 2017;96(4):e5641.
13. Piedrahíta MCC, Olarte LMC, Rivas DC. ADHESIÓN AL TRATAMIENTO DE LA HIPERTENSIÓN ARTERIAL EN DOS MUNICIPIOS DE COLOMBIA. 2010-2011. *Hacia Promoc Salud.* 2013;17.
14. Souza ACC de, Borges JWP, Moreira TMM. Quality of life and treatment adherence in hypertensive patients: systematic review with meta-analysis. *Rev Saúde Pública* [Internet]. 2016 [citado 7 de noviembre de 2022];50(0). Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102016000100505&lng=en&tlng=en
15. Grässler B, Thielmann B, Böckelmann I, Hökelmann A. Effects of different exercise interventions on heart rate variability and cardiovascular health factors in older adults: a systematic review. *Eur Rev Aging Phys Act.* diciembre de 2021;18(1):24.
16. Pedralli ML, Eibel B, Waclawovsky G, Schaun MI, Nisa-Castro-Neto W, Umpierre D, et al. Effects of exercise training on endothelial function in individuals with hypertension: a systematic review with meta-analysis. *J Am Soc Hypertens.* diciembre de 2018;12(12):e65-75.
17. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA. Exercise and Hypertension: *Med Sci Sports Exerc.* marzo de 2004;36(3):533-53.
18. de Barcelos GT, Heberle I, Coneglian JC, Vieira BA, Delevatti RS, Gerage AM. Effects of Aerobic Training Progression on Blood Pressure in Individuals With Hypertension: A Systematic Review With Meta-Analysis and Meta-Regression. *Front Sports Act Living.* 17 de febrero de 2022;4:719063.
19. Taylor AC, McCartney N, Kamath MV, Wiley RL. Isometric Training Lowers Resting Blood Pressure and Modulates Autonomic Control: *Med Sci Sports Exerc.* febrero de 2003;35(2):251-6.
20. Gorostidi M, Gijón-Conde T, de la Sierra A, Rodilla E, Rubio E, Vinyoles E, et al. Guía práctica sobre el diagnóstico y tratamiento de la hipertensión arterial en España, 2022. Sociedad Española de Hipertensión - Liga Española para la Lucha contra la Hipertensión Arterial (SEH-LELHA). *Hipertens Riesgo Vasc.* octubre de 2022;39(4):174-94.

21. Pescatello LS, MacDonald HV, Lamberti L, Johnson BT. Exercise for Hypertension: A Prescription Update Integrating Existing Recommendations with Emerging Research. *Curr Hypertens Rep.* noviembre de 2015;17(11):87.
22. Moraes-Silva IC, Mostarda CT, Silva-Filho AC, Irigoyen MC. Hypertension and Exercise Training: Evidence from Clinical Studies. En: Xiao J, editor. *Exercise for Cardiovascular Disease Prevention and Treatment* [Internet]. Singapore: Springer Singapore; 2017 [citado 23 de enero de 2023]. p. 65-84. (*Advances in Experimental Medicine and Biology*; vol. 1000). Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-4304-8_5
23. Santos CM da C, Pimenta CA de M, Nobre MRC. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. *Rev Lat Am Enfermagem.* junio de 2007;15(3):508-11.
24. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan- a web and mobile app for systematic reviews.
25. World Health Organization. Waist circumference and waist-hip ratio : report of a WHO expert consultation, Geneva, 8-11 December 2008. 2011 [citado 18 de marzo de 2023]; Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44583>
26. Executive Summary. *Obes Res.* septiembre de 1998;6(S2):51S-179S.
27. Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C, Maher CG. Evidence for physiotherapy practice: A survey of the Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Aust J Physiother.* 2002;48(1):43-9.
28. Maher c, sherrington C, Herbert R, Moseley A, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical therapy* [Internet]. *Physical Therapy*; 2003. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12882612/>
29. de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother.* 2009;55(2):129-33.
30. Higgins J, Savović J, Page M, Elbers R, Sterne J. Chapter 8: Assessing risk of bias in a randomized trial [Internet]. In: Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.3 (updated February 2022).; 2022. Disponible en: www.training.cochrane.org/handbook.
31. Review Manager (RevMan). The cochrane collaboration; 2020.
32. Sterne J, Savović J, Page M, Elbers R, Blencowe N, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*; 2019.
33. McKenzie J, Brennan S, Ryan S, Thomson H, Jhonston R. Chapter 9: Summarizing study characteristics and preparing for synthesis [Internet]. In: Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA (editors). *Cochrane Handbook*

for Systematic Reviews of Interventions version 6.3 (updated February 2022); 2022. Disponible en: www.training.cochrane.org/handbook.

34. Molmen-Hansen HE, Stolen T, Tjonna AE, Aamot IL, Ekeberg IS, Tyldum GA, et al. Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *Eur J Prev Cardiol.* abril de 2012;19(2):151-60.
35. Tsai JC, Chang WY, Kao CC, Lu MS, Chen YJ, Chan P. BENEFICIAL EFFECT ON BLOOD PRESSURE AND LIPID PROFILE BY PROGRAMMED EXERCISE TRAINING IN TAIWANESE PATIENTS WITH MILD HYPERTENSION. *Clin Exp Hypertens.* enero de 2002;24(4):315-24.
36. Tsai J, Yang H, Wang W, Hsieh M, Chen P, Kao C, et al. The Beneficial Effect of Regular Endurance Exercise Training on Blood Pressure and Quality of Life in Patients with Hypertension. *Clin Exp Hypertens.* enero de 2004;26(3):255-65.
37. Tanabe Y, Urata H, Kiyonaga A, Ikeda M, Tanaka H, Shindo M, et al. Changes in Serum Concentrations of Taurine and Other Amino Acids in Clinical Antihypertensive Exercise Therapy. *Clin Exp Hypertens A.* enero de 1989;11(1):149-65.
38. Lamina S. Comparative Effect of Interval and Continuous Training Programs on Serum Uric Acid in Management of Hypertension: A Randomized Controlled Trial. *J Strength Cond Res.* marzo de 2011;25(3):719-26.
39. Duncan JJ, Farr JE, Hagan RD, Blair SN. The Effects of Aerobic Exercise on Plasma Catecholamines and Blood Pressure in Patients With Mild Essential Hypertension.
40. Wong A, Kwak YS, Scott SD, Pekas EJ, Son WM, Kim JS, et al. The effects of swimming training on arterial function, muscular strength, and cardiorespiratory capacity in postmenopausal women with stage 2 hypertension. *Menopause.* junio de 2019;26(6):653-8.
41. Faulkner MA. Effects of Isometric Handgrip Training on Resting Arterial Blood Pressure and Arterial Compliance in Medicated Hypertensive Individuals.
42. Badrov MB, Horton S, Millar PJ, McGowan CL. Cardiovascular stress reactivity tasks successfully predict the hypotensive response of isometric handgrip training in hypertensives: Isometric exercise and cardiovascular reactivity. *Psychophysiology.* abril de 2013;50(4):407-14.
43. Okamoto T, Hashimoto Y, Kobayashi R. Isometric handgrip training reduces blood pressure and wave reflections in East Asian, non-medicated, middle-aged and older adults: a randomized control trial. *Aging Clin Exp Res.* agosto de 2020;32(8):1485-91.
44. Jin YZ, Yan S, Yuan WX. Effect of isometric handgrip training on resting blood pressure in adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Sports Med Phys Fitness [Internet].* enero de 2017 [citado 5 de abril de 2023];57(1-2). Disponible en: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R40Y2017N01A0154>
45. Almeida JPA de S, Bessa M, Lopes LTP, Gonçalves A, Roever L, Zanetti HR. Isometric handgrip exercise training reduces resting systolic blood pressure but does

not interfere with diastolic blood pressure and heart rate variability in hypertensive subjects: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Hypertens Res.* septiembre de 2021;44(9):1205-12.

46. Hanssen H, Boardman H, Deiseroth A, Moholdt T, Simonenko M, Kränkel N, et al. Personalized exercise prescription in the prevention and treatment of arterial hypertension: a Consensus Document from the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and the ESC Council on Hypertension. *Eur J Prev Cardiol.* 19 de febrero de 2022;29(1):205-15.
47. McGowan CL, Visocchi A, Faulkner M, Verduyn R, Rakobowchuk M, Levy AS, et al. Isometric handgrip training improves local flow-mediated dilation in medicated hypertensives. *Eur J Appl Physiol.* 25 de enero de 2007;99(3):227-34.
48. Arenas G, Huerta A, Molina E, Gonzalez J, Espinoza A. Efecto del entrenamiento de fuerza prensil de intensidad ascendente sobre la presión arterial y la cinética de oxigenación muscular en personas mayores hipertensas tipo I. *Salud UIS [Internet].* 21 de octubre de 2020 [citado 5 de abril de 2023];52(4). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=343868237004>
49. Fecchio RY, de Sousa JCS, Oliveira-Silva L, da Silva Junior ND, Pio-Abreu A, da Silva GV, et al. Effects of dynamic, isometric and combined resistance training on blood pressure and its mechanisms in hypertensive men. *Hypertens Res.* abril de 2023;46(4):1031-43.
50. Cornelissen VA, Buys R, Smart NA. Endurance exercise beneficially affects ambulatory blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Hypertens.* abril de 2013;31(4):639-48.
51. Blacher J, Staessen JA, Girerd X, Gasowski J, Thijs L, Liu L, et al. Pulse Pressure Not Mean Pressure Determines Cardiovascular Risk in Older Hypertensive Patients. *ARCH INTERN MED.* 2000;160.
52. Franklin SS, Larson MG, Khan SA, Wong ND, Leip EP, Kannel WB, et al. Does the Relation of Blood Pressure to Coronary Heart Disease Risk Change With Aging?: The Framingham Heart Study. *Circulation.* 6 de marzo de 2001;103(9):1245-9.
53. Leal JM, Galliano LM, Del Vecchio FB. Effectiveness of High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Hypertensive Patients: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Curr Hypertens Rep.* marzo de 2020;22(3):26.
54. Cahu Rodrigues SL, Farah BQ, Silva G, Correia M, Pedrosa R, Vianna L, et al. Vascular effects of isometric handgrip training in hypertensives. *Clin Exp Hypertens.* 2 de enero de 2020;42(1):24-30. }}

