

TRABAJO FIN DE GRADO

EFFECTOS DE DIFERENTES PROGRAMAS DE EJERCICIO FÍSICO AERÓBICO EN LAS RESPUESTAS CRONOTRÓPICAS EN PERSONAS ADULTAS CON SOBREPESO/OBESIDAD E HIPERTENSIÓN PRIMARIA

AUTOR/A Estébanez Vivar, Lara
DIRECTOR/A Maldonado Martín, Sara

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

CURSO ACADÉMICO 2017/2018

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Hipertensión arterial.....	2
1.2. Sobrepeso y obesidad.....	3
1.3 Obesidad/sobrepeso e hipertensión.....	7
1.4 Sistema nervioso autónomo.....	8
1.4.1 Respuesta cronotrópica.....	9
1.5 Tratamiento para la HTA.....	11
2. JUSTIFICACIÓN.....	14
3. HIPÓTESIS.....	14
4. OBJETIVOS.....	15
5. MÉTODOS.....	15
5.1 Diseño del estudio.....	15
5.2 Criterios de selección de los participantes.....	15
5.3 Mediciones.....	16
5.4 Intervención.....	17
5.5 Análisis estadístico.....	18
6. RESULTADOS.....	18
7. DISCUSIÓN.....	20
8. FORTALEZAS Y LIMITACIONES.....	23
9. ESTUDIOS FUTUROS.....	23
10. CONCLUSIONES.....	23
11. REFERENCIAS.....	24

RESUMEN

Antecedentes: Las personas con hipertensión arterial (HTA) y sobrepeso/obesidad suelen presentar una respuesta cronotrópica (RC) alterada. Una alteración en los valores de frecuencia cardiaca (FC), unida a unos hábitos sedentarios, puede suponer el aumento del riesgo de enfermedad cardiovascular, mortalidad y morbilidad.

Objetivos: Analizar el efecto que provoca el ejercicio físico aeróbico a nivel cronotrópico (FC basal, en esfuerzo y post-ejercicio físico) en personas con sobrepeso/obesidad e HTA.

Métodos: Se realizó el análisis a 225 personas del estudio EXERDIET-HTA. Todas las pruebas se realizaron antes y después de 16 semanas de intervención. La FC basal se obtuvo durante 24 horas con un monitor ambulatorio de presión arterial. Realizaron una prueba de esfuerzo pico en cicloergómetro para determinar la RC en esfuerzo y recuperación. Los participantes se dividieron de forma aleatoria a un grupo atención control (GAC) y grupo ejercicio físico (GEF) (2 días/semana).

Resultados: Antes de comenzar la intervención GAC presentó valores medios inferiores en TAS ($P=0,008$) y TAD ($P=0,04$) en comparación con GEF. Después de la intervención, se observaron descensos ($P<0,001$) en la FC reposo y FC submáxima tanto en GAC (6% y 5%, respectivamente) como en GEF (8% y 9%, respectivamente). El GEF, además, presentó incrementos respecto al inicio en la FC pico (2%, $P<0,01$) y FC reserva (9%, $P<0,001$). Se observaron descensos superiores ($P=0,025$) del GEF (9%) con respecto al GAC (5%) en relación a la FC submáxima, e incrementos superiores ($P=0,034$) del GEF (9%) con respecto al GAC que no presentó cambios significativos ($P>0,05$) en relación a la FC de reserva.

Conclusiones: El tratamiento no farmacológico con actividad física altera de forma favorable las propiedades de regulación de la RC en personas con sobrepeso/obesidad e HTA con valores más bajos de FC de reposo y submáxima al esfuerzo físico. El ejercicio físico estructurado y programado de más alta intensidad consigue mejoras superiores que un programa de actividad física no supervisado en la capacidad para incrementar la FC pico al esfuerzo y la FC de reserva.

Palabras clave: Hipertensión, obesidad, ejercicio físico, respuesta cronotrópica.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Hipertensión arterial

La tensión arterial o presión arterial (PA) es la fuerza que ejerce la sangre contra las paredes de los vasos sanguíneos a su paso, al ser bombeada por el corazón. Cuanto mayor sea la PA, mayor fuerza deberá ejercer el corazón para bombear la sangre (OMS, 2015). La PA se expresa en dos números, el primero hace referencia a la presión arterial sistólica (PAS), que es la presión que ejerce la sangre sobre las paredes de los vasos cuando el corazón se contrae, y el segundo a la presión arterial diastólica (PAD), la presión que ejerce la sangre cuando el corazón se relaja (American Heart Association, 2017). Cuando esta presión supera los valores 130/80mmHg es cuando hablamos de hipertensión arterial (HTA) (Tabla 1) (Whelton et al., 2017).

Tabla 1: Categoría de PA en adultos.

PA Categoría	PAS		PAD
Normal	<120 mm Hg	y	<80 mm Hg
Elevada	120-129 mm Hg	y	<80 mm Hg
Hipertensión			
Etapa 1	130-139 mm Hg	o	80–89 mm Hg
Etapa 2	≥ 140 mm Hg	o	≥90 mm Hg

PA: Presión arterial; PAS: Presión arterial sistólica; PAD: Presión arterial diastólica.

Nota: Recuperado de Whelton et al., 2017, pág 22.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la HTA o presión arterial elevada es un trastorno en el que los vasos sanguíneos tienen una PA persistentemente alta, lo que puede dañarlos. La HTA, además de ser una enfermedad por sí misma, es el principal factor de riesgo cardiovascular y tiene gran influencia en el desarrollo de la cardiopatía isquémica. Se trata de una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el mundo (García et al., 2008). En torno al 50% de las personas mayores de 60 años padecen de esta condición (Moraga, 2008).

Cuando comienzan a observarse cambios en los valores de PA, es necesario seguir un control, para tratar de evitar la HTA. Es lo que se conoce como prehipertensión. No se trata de una enfermedad, sino que es el concepto que se emplea para detectar a aquellos individuos que presentan mayor riesgo de desarrollo de la HTA (Chobanian et al., 2003).

Entre los factores de riesgo que favorecen la HTA se encuentran: exceso de masa corporal, exceso de sodio en la dieta, actividad física reducida, consumo inadecuado de fruta, verduras y potasio y el consumo de alcohol (Chobanian et al., 2003).

A medida que las personas se hacen mayores, son más las que se ven afectadas por la HTA. El principal responsable del aumento de la incidencia y prevalencia de la HTA con la edad es el aumento de la PAS debido al envejecimiento. Existe un mayor riesgo en individuos entre 40 y 89 años. Por cada aumento de 20 mmHg de PAS o 10 mmHg de PAD, se duplica la tasa de mortalidad tanto por accidente cerebrovascular como enfermedad isquémica del corazón. Cuanto mayor sea el valor de la PA, mayor será la probabilidad de sufrir un ataque de corazón, infarto de miocardio, apoplejía y enfermedad renal (Chobanian et al., 2003).

La PAS aumenta a lo largo de toda la vida. En cambio, la PAD se eleva aproximadamente hasta los 50 años, tiende a nivelarse durante los siguientes 10 años y posteriormente puede mantenerse o descender. Después de los 50 años, la PAS es la principal causa de HTA. Por lo que se puede decir que antes de los 50 años la PAD es un factor de riesgo cardiovascular importante, y después de los 50 años la PAS lo es más (Chobanian et al., 2003).

1.2. Sobrepeso y obesidad

El sobrepeso y la obesidad se definen como una acumulación excesiva o anormal de grasa que puede ser perjudicial para la salud de las personas. Cuando a la HTA se le suma el problema del sobrepeso u obesidad, el riesgo para la salud se ve agravado (OMS, 2017).

La obesidad es uno de los trastornos metabólicos y nutricionales más antiguos que existen. Se trata de una enfermedad crónica que se produce por la

interacción del genotipo y el medio ambiente. Los cambios en el estilo de vida que se han ido experimentando en los últimos años favorecen el sedentarismo y por tanto, existe un desequilibrio entre las calorías ingeridas y las quemadas. Este desequilibrio hace que se produzca un aumento de masa corporal importante y con ello, una mayor acumulación de los depósitos de grasa. Aunque en los últimos años los hábitos están cambiando, seguimos observando gran cantidad de población con este problema. La obesidad es un factor de riesgo para el desarrollo de otras patologías como son: HTA, diabetes mellitus, trastornos endocrinos, trastornos pulmonares, enfermedades biliares y enfermedades cardiovasculares, además del aumento de las probabilidades de padecer un cáncer (Daza, 2002). Puede deberse a diferentes factores o a la interrelación entre estos: factores biológicos (genes, proteínas reguladoras, fármacos, procesos de envejecimiento, enfermedades endocrinas, hipotálamo-hipofisario), factores sociales (acceso a alimentos, bienestar económico, valores sociales, desarrollo poblacional, transporte y tabaquismo) y factores psicosociales (cultura, educación, responsabilidad, satisfacción laboral y entorno familiar) (Hernández-Jiménez, 2004).

Aunque las causas más frecuentes a las que se atribuye el problema de la obesidad son a una combinación de la reducción de la práctica de actividad física y a la sobrealimentación (DeMarco et al, 2014).

Cuando una persona, debido a la ingesta de calorías, aumenta de manera considerable el número y tamaño de las células grasas, desarrollará la obesidad. Si después queremos bajar de masa corporal, el tamaño de las células grasas disminuirá pero el número no, de manera que resultará más complicado mantener la masa corporal deseada (Daza, 2002).

Existen diferentes métodos para determinar el nivel de adiposidad de las personas. El índice de masa corporal (IMC) se ha empleado a lo largo de los años y se calcula dividiendo la masa corporal (kg) entre la altura (m^2) (Tabla 2) (Sánchez-castillo et al., 2004).

Tabla 2. Clasificación de sobrepeso y obesidad de la OMS de acuerdo al IMC.

Clasificación	IMC	Riesgo
Bajo peso	<18.5	Bajo
Normal	18.5-24.9	Promedio
Sobrepeso	≥25	
Pre-Obesos	25.0 – 29.9	Aumentado
Obesidad I	30.0 – 34.9	Moderado
Obesidad II	35.0 – 39.9	Grave
Obesidad III	≥ 40	

IMC: Índice de masa corporal

Nota: Recuperado de (Sánchez-castillo et al., 2004, pág 7).

Pero el IMC ha sido criticado porque no establece una correcta diferenciación entre la masa magra y la masa grasa, ni tampoco determina la distribución de la adiposidad. Algo tan importante como que la grasa abdominal, ubicada en la zona superior del cuerpo, se relaciona con los factores de riesgo (HTA o diabetes, entre otras) (Rosales Ricardo, 2012).

El Índice Cintura Cadera (ICC) es otro de los métodos que también ha sido cuestionado debido a que acumulación de grasa en la zona de las caderas varía mucho y puede conllevar errores. Si se produce un aumento simultaneo de la obesidad en cintura y cadera, la razón permanece constante sin considerar un posible aumento del riesgo. En cambio, la circunferencia de la cintura (CC) es uno de los métodos más aceptados a nivel mundial. Este parámetro ha tenido gran importancia a la hora de definir el síndrome metabólico (conjunto de factores de riesgo). La CC puede ser utilizado por si sola para mostrar factores de riesgo metabólicos. Diferentes estudios han mostrado que la adiposidad central medida por el CC es un muy buen predictor de enfermedades cardiovasculares (Tabla 3) (Rosales Ricardo, 2012).

Tabla 3: Puntos de corte de la circunferencia de la cintura (CC).

Medición (cm)	Estado nutricional	Riesgo de comorbilidad
Hasta 80	Normal	Sin riesgo
De 80 a 88	Pre obesidad abdominal	Riesgo incrementado
Más de 88	Obesidad abdominal	Alto riesgo

Nota: Recuperado de (Rosales Ricardo, 2012, pág. 1806).

La bioimpedancia es otra de las técnicas aceptadas para estimar la composición corporal gracias a su fácil uso y a que puede aplicarse en diferentes personas independientemente de la edad y la forma corporal. A través de la bioimpedancia se determina la cantidad de grasa, agua y composición mineral corporal. Sus valores considerados criterios de obesidad son: el porcentaje de grasa corporal $\geq 20,8\%$ en hombre y $\geq 35\%$ en mujeres. A pesar de ello, hay que tener cuidado ya que en algunas ocasiones los errores en la determinación de la grasa pueden ser importantes en función del equipo utilizado, la hidratación de la persona y la distribución de la grasa. Este método puede sobrestimar la cantidad de grasa de las personas delgadas y subestimar la de las obesas (Villatoro-villar, 2015).

En función de la distribución de la grasa corporal, existen dos tipos de personas: androide o tipo masculino, quienes la presentan en la parte superior del cuerpo, y ginecoide o tipo femenino, quienes la presentan en la parte inferior del cuerpo (Daza, 2002). Una proporción alta de grasa, en tronco o en abdomen, está asociada a diferentes enfermedades como son la resistencia a la insulina, hiperinsulinemia, diabetes, tolerancia a la glucosa disminuida, perfil lipídico plasmático aterogénico y presión arterial elevada (Daza, 2002).

Los adultos jóvenes de entre 20 y 45 años que presentan obesidad tienen una probabilidad seis veces mayor de desarrollar HTA que aquellas personas de la misma edad con masa corporal normal. Además, las personas con localización de la grasa tipo androide, tienen más riesgo de desarrollar la HTA (Daza, 2002).

1.3 Obesidad/sobrepeso e hipertensión

En los últimos 50 años se ha observado un aumento de enfermedades como son la HTA, diabetes mellitus, obesidad y enfermedad arterial coronaria (Challa & Uppaluri, 2018).

La combinación de la obesidad/sobrepeso con la HTA supone un mayor riesgo de morbilidad y mortalidad relacionada con las enfermedades cardiovasculares. Entre estas enfermedades destacan: enfermedad coronaria del corazón, insuficiencia cardíaca, muerte súbita, enfermedad renal crónica y accidente cerebro vascular. Además, es importante destacar que la obesidad supone un aumento del riesgo de HTA resistente al tratamiento (DeMarco et al, 2014).

La HTA es una de las complicaciones más frecuentes que se encuentran en las personas con obesidad. El 30% de las personas hipertensas son obesas. Dentro de las recomendaciones acerca de los cambios en el estilo de vida dadas a las personas hipertensas se encuentra la pérdida de masa corporal, ya que presenta en efecto positivo para la reducción de los valores de PA (Mertens & Van Gaal, 2000).

El problema de la HTA en personas con obesidad es debido a la interacción entre la dieta, genética, epigenética y los factores ambientales. Se produce una resistencia a la insulina sistémica y una disfunción del sistema nervioso simpático y el sistema renina-angiotensina-aldosterona. También son importantes los cambios que se producen en el riñón (DeMarco et al, 2014).

Por cada incremento del 5% en la ganancia de masa corporal se estima un aumento del 20-30% del riesgo de desarrollar HTA (DeMarco et al, 2014). En hombres, por cada 10% de aumento de masa corporal se produce una elevación de la PA en 6,5mmHg (Daza, 2002). En mujeres con obesidad, una pérdida de masa corporal de entre 6-10kg puede reducir hasta un 26% el riesgo de desarrollar HTA. Además, las investigaciones indican que un aumento del índice cintura-cadera (ICC) también está asociado con un mayor riesgo de desarrollar HTA. Por otro lado, cuando el padre y la madre presentan obesidad parece que también existe un mayor riesgo de descendencia en la edad adulta temprana de desarrollar ambos problemas (DeMarco et al, 2014).

1.4 Sistema nervioso autónomo

El sistema nervioso autónomo (SNA) es el encargado de regular la PA tanto en reposo, como durante el ejercicio. El SNA es un componente del sistema nervioso formado por un conjunto de neuronas y vías nerviosas encargado de controlar los diferentes sistemas viscerales involuntarios del organismo. Se encarga de mantener la homeostasis corporal y de las respuestas de adaptación del organismo a los cambios externos e internos del medioambiente. Entre sus funciones se encuentran, el control de la PA y la frecuencia cardíaca (FC) entre otras (Navarro, 2002; Silva, 2017).

El SNA se divide en Sistema nervioso simpático (SNS) o adrenérgico, Sistema nervioso parasimpático (SNP) o colinérgico y Sistema nervioso entérico. El SNS y el SNP actúan normalmente de forma antagonista de manera que el efecto final depende del balance que haya entre los dos (Silva, 2017).

La noradrenalina es el neurotransmisor principal del SNS y la acetilcolina el del SNP (Silva, 2017). El SNS es el encargado de activar a la persona para una situación de defensa ante una circunstancia de peligro real o potencial. Su activación masiva va a producir un conjunto de reacciones denominadas respuesta de alarma, entre las que destacan el aumento de la PA y la FC o respuesta cronotrópica (RC) positiva. El SNP actúa en situaciones específicas o para promover una función visceral concreta. Entre sus respuestas se encuentra la disminución de la FC o RC negativa para evitar un exceso de actividad (Navarro, 2002; Silva, 2017).

A través del ejercicio físico se producen una serie de adaptaciones neurohormonales llevadas a cabo por el SNS. Una de las posibles vías a través de la cual se produce una reducción en las resistencias periféricas posterior al entrenamiento puede ser la disminución de la norepinefrina en el espacio sináptico. La reducción de la TA post-ejercicio también puede estar asociada con la actividad simpática renal (Moraga, 2008).

La FC está regulada por el efecto cronotrópico positivo de la noradrenalina y la epinefrina y al mismo tiempo por el efecto cronotrópico negativo parasimpático sobre el nodo sinusal (Grassi et al., 2016).

Hay estudios que hablan de la existencia en personas normotensas de una reducción en la renina y angiotensina II gracias al ejercicio físico, lo que podría reducir la PA. Sin embargo, en personas hipertensas no se han observado resultados consistentes (Moraga, 2008).

Se ha asociado la obesidad con la activación del SNS en diferentes tejidos, como son el corazón, los riñones y el músculo esquelético. Las personas obesas aumentan su actividad simpática renal en comparación con las personas sanas por una elevación de los niveles de norepinefrina renales. Las personas con obesidad y normotensas suprimen la actividad del SNS cardiaco, mientras que aquellos con obesidad e hipertensos la han elevado. Por lo tanto, se puede decir que un aumento de la actividad del SNS renal y cardiaco está relacionado con el desarrollo de la HTA en las personas con obesidad (DeMarco et al, 2014).

1.4.1 Respuesta cronotrópica

La RC se define como la capacidad del corazón para aumentar su ritmo acorde al incremento de la demanda metabólica del cuerpo durante la realización de ejercicio. Cuando la persona no es capaz de llegar a un cierto nivel se denomina incompetencia cronotrópica (Jin et al., 2017). La incompetencia cronotrópica es la incapacidad del corazón para aumentar su ritmo en concordancia con el incremento de la actividad o la demanda. Es común que se de en personas con enfermedades cardiovasculares. La incompetencia cronotrópica causa intolerancia al ejercicio provocando un deterioro en la calidad de vida de las personas y además, es un importante indicador de eventos cardiovasculares y mortalidad en general (Brubaker & Kitzman, 2011).

El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) es la máxima cantidad de oxígeno que el organismo es capaz de absorber, transportar y utilizar por unidad de tiempo (Jiménez & Gallardo, 2013). Durante la práctica de ejercicio aeróbico en personas sanas, se produce un aumento del VO_2 aproximadamente de 4 veces. Esto es debido a un aumento de la FC, volumen sistólico y de la diferencia arterio-venosa de oxígeno. Por ello, se puede decir que el incremento de la FC es el factor más fuerte para la contribución de la capacidad de realizar ejercicio aeróbico sostenido (Brubaker & Kitzman, 2011).

Las personas con diabetes e HTA suelen presentar una FC de recuperación más alta y una FC pico e IC más bajos que las personas sanas (Gondoni et al., 2009).

La FC se encuentra regulada por la interacción de la actividad simpática y parasimpática y se presenta alterada en las personas obesas. La causa del incremento inicial de la FC durante el ejercicio es la inhibición parasimpática, seguida del aumento del tono simpático y que continúa aumentando aún más durante el ejercicio físico (Gondoni et al., 2009). El aumento de la FC en reposo se relaciona con un aumento de enfermedades isquémica del corazón, muerte súbita y mortalidad. Así, cuando la FC en reposo es ≥ 70 lpm se relaciona con un mayor riesgo de muerte en personas que padecen de enfermedad artero coronaria estable y disfunción ventricular izquierda (Brubaker & Kitzman, 2011).

La existencia de un desequilibrio entre la actividad simpática y parasimpática observados a través de la respuesta de la FC en reposo, durante y después del ejercicio, se relaciona con mayor riesgo de eventos cardiovasculares y muerte súbita (Brubaker & Kitzman, 2011).

Durante el ejercicio físico se produce un aumento de la actividad simpática y una disminución del tono vagal provocando un aumento de la FC, el volumen sistólico y la contractibilidad miocárdica para satisfacer las demandas de energía de los músculos que trabajan (Javorka et al., 2002). Los niveles de epinefrina y norepinefrina aumentan más en las personas delgadas que en las obesas, lo cual indica que existe una reducción de la respuesta del SNS al esfuerzo en las personas obesas (Gondoni et al., 2009).

Tras la práctica de ejercicio físico se produce una disminución de la actividad simpática y un aumento del tono parasimpático para provocar una rápida disminución de la FC (Brubaker & Kitzman, 2011). La FC de recuperación está principalmente relacionada con el incremento del tono vagal que tiene lugar inmediatamente después de la finalización del ejercicio físico (Gondoni et al., 2009). Por ello, la velocidad y magnitud de recuperación post-esfuerzo, se ha relacionado con el nivel del tono parasimpático (Brubaker & Kitzman, 2011). Una caída retardada de la FC después del esfuerzo físico está asociada con enfermedad arterio-coronaria y riesgo de muerte (Michaelides et al., 2013). Por ejemplo, cuando

con una recuperación activa (caminar lento o bici sin carga) en el primer minuto la FC no baja al menos 18 lpm se dice que existe un mayor riesgo de mortalidad. Los deportistas entrenados suelen presentar una caída de la FC durante el primer minuto de entre 30-50 lpm (Brubaker & Kitzman, 2011).

Tanto la FC de reposo como la respuesta de la FC al ejercicio son indicadores importantes del estado de salud de las personas. Una alta FC de reposo supone un gran indicador de muerte y probabilidad de desarrollo de enfermedad cardiovascular en los pacientes que presentan cardiopatía isquémica. Además, la FC de recuperación post ejercicio ha sido considerada un importante predictor de la mortalidad (Gondoni et al., 2009).

La imposibilidad de alcanzar una FC pico, una inadecuada FC submáxima o la inestabilidad de la FC durante el esfuerzo son ejemplos de alteraciones en la RC (Brubaker & Kitzman, 2011). Sin embargo, en personas sanas un aumento excesivo de la FC, así como un índice cronotrópico bajo durante la práctica de ejercicio físico son claros predictores de muerte súbita (Gondoni et al., 2009).

Por lo tanto, se puede decir que la obesidad modifica el comportamiento de la FC durante el ejercicio y que la alteración de la respuesta de la FC tiene efecto sobre la capacidad de ejercicio. Es muy importante tener en cuenta todos aquellos medicamentos que toman las personas, con alguna patología como las mencionadas, ya que también pueden influir sobre la respuesta de la FC al ejercicio (Gondoni et al., 2009).

1.5 Tratamiento para la HTA

Una vez diagnosticada la HTA o el riesgo de padecerla, existen dos tipos de medidas para tratarla o prevenir su desarrollo: farmacológicas y no farmacológicas (García et al., 2008).

El tratamiento no farmacológico consiste en una serie de medidas relacionadas con cambios en el estilo de vida que se pueden tomar para prevenir o reducir la hipertensión. Dentro de estas modificaciones se encuentran: reducción de la masa corporal, adopción de la dieta DASH: Dietary approaches to stop hypertension, reducción del sodio en la dieta, práctica de actividad física y moderación en el consumo de alcohol (Chobanian et al., 2003).

Entre estos cambios, se debe destacar la dieta DASH, ya que estudios anteriores han demostrado que tiene una gran eficacia en la reducción de la PAS y PAD. Además, favorece la mejora de la salud y calidad de vida, ayuda a prevenir las enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico y la diabetes. Su adherencia y combinación con el ejercicio físico tendrá unos beneficios aún mayores (Saneei et al., 2014).

Otra de las ventajas que presenta la dieta DASH es que ayuda a reducir los niveles de glucosa, triglicéridos, LDL (lipoproteínas de baja densidad) y la resistencia a la insulina. Además supone una herramienta importante para el control de la masa corporal (Challa & Uppaluri, 2018).

Una práctica sistemática de ejercicio físico presentará beneficios tales como: mejora de la calidad de vida, funcional y psicológica, disminución de las complicaciones y el riesgo cardiovascular y una evolución más larga de la enfermedad (García et al, 2008). El ejercicio físico se recomienda como una terapia para mejorar el estilo y calidad de vida de las personas con HTA y sobrepeso/obesidad (Rodríguez, 2012).

Las recomendaciones de ejercicio físico han sido diseñadas de forma sistemática e individualizada en función de la frecuencia, intensidad, tiempo y tipo de ejercicio (principio FITT) (Valle et al., 2015; Rodríguez, 2012):

- Tipo de actividad: El tipo de ejercicio más recomendado para estas personas es el trabajo aeróbico que implica grandes grupos musculares como caminar, nadar, ciclismo, etc. Y el trabajo de fuerza se recomienda como actividad complementaria al ejercicio aeróbico. También se trabajarán grandes grupos musculares para que se produzca un mayor gasto calórico.
- Frecuencia: Se recomienda realizar ejercicio aeróbico 3-5 días a la semana o si es posible todos los días y combinarlo con trabajo de fuerza 2-3 días a la semana de forma alterna.
- Intensidad: Realizar ejercicio aeróbico a una intensidad moderada, entre el 50-70% del VO_{2max} . En cuanto al trabajo de fuerza se recomienda realizar 8-

10 tipos diferentes de ejercicio que impliquen grandes grupos musculares y con cargas del 50-70% de 1RM.

- Duración: La duración de las sesiones deberá ser entre 45-60 minutos o tres sesiones de 10-20 minutos.

La combinación de ejercicio físico, disminución de la ingesta calórica y cambios en el comportamiento, han supuesto una disminución de la PAS en reposo y del pico de ejercicio de la PAD. Además, favorecen la pérdida de masa corporal que se puede lograr por un aumento del gasto calórico o por una reducción de la ingesta de energía. Esto supone un efecto positivo sobre los factores de riesgo cardiovasculares en las personas obesas e hipertensas. También se han observado cambios en cuanto a la resistencia a la insulina, los trastornos lipídicos, en el sistema hemostático y fibrinolítico. Supone una mejora de la salud psicológica y la calidad de vida en general (Mertens & Van Gaal, 2000).

Las personas que presentan PA ligeras o moderadamente elevadas, serán quienes mayores beneficios obtengan de las medidas no farmacológicas. Tras la realización de un programa de ejercicio aeróbico con personas con HTA, se han visto beneficios en diferentes parámetros: pérdida de masa corporal, disminución de la PA basal y submáxima, disminución de la FC basal y submáxima, mejora del VO_{2max} y mejora del control metabólico (disminución de la glucemia en ayunas, del colesterol total, triglicéridos y creatina y elevación de la lipoproteína de alta densidad (HDL) (García et al., 2008).

En los casos de personas con HTA leve o moderada, los beneficios son similares a los de la medicación, con la excepción de que el ejercicio puede mejorar otros factores de riesgo mientras que la medicación puede empeorarlos (García et al., 2008; Whelton et al., 2017).

Existen diferentes investigaciones en las que se ha asociado al ejercicio aeróbico una reducción de 4,9/3,7mmHg en la PA en personas hipertensas, independientemente de la frecuencia o intensidad del ejercicio, de manera que cualquier método de entrenamiento es efectivo (Moraga, 2008).

El ejercicio físico produce diferentes efectos sobre las personas hipertensas relacionados con la disfunción diastólica del ventrículo izquierdo, endotelio y vasodilatación e hipertensión y rigidez arterial (Moraga, 2008).

Las personas hipertensas sufren de una disminución del llenado ventricular izquierdo en la fase de diástole y posteriormente se produce una disminución en la contracción del ventrículo izquierdo. A través del ejercicio físico se ha observado que se puede lograr una mejoría en esta alteración. El ejercicio físico también hace que se produzca un aumento del flujo sanguíneo a los músculos de manera que favorece a la vasorelajación y vasodilatación (Moraga, 2008).

2. JUSTIFICACIÓN

La bibliografía científica indica que la FC es un importante indicador del estado de salud de las personas. Las personas con sobrepeso/obesidad e HTA suelen tener los valores de FC alterados y una capacidad física reducida. A través de la práctica de ejercicio físico regular y combinado con una dieta adecuada se puede mejorar la calidad de vida de estas personas y disminuir el riesgo de desarrollar ECV y mortalidad.

En la actualidad no existen investigaciones acerca del efecto que produce el ejercicio físico aeróbico en la RC de las personas con sobrepeso/obesidad e HTA.

3. HIPÓTESIS

Las personas hipertensas con sobrepeso u obesidad suelen llevar un estilo de vida sedentario y una alimentación inadecuada. A este estilo de vida sedentario y poco saludable se le relaciona con una RC alterada, presentando valores de FC basal elevados y la incapacidad de alcanzar valores altos en la FC máx. La hipótesis principal de este trabajo es que gracias a los diferentes programas de ejercicio físico aeróbico se conseguirá una mejora en la RC, presentando mejores resultados el grupo ejercicio físico (GEF) supervisado en relación con el grupo atención control (GAC).

4. OBJETIVOS

Objetivo principal

Analizar el efecto que provoca el ejercicio físico aeróbico a nivel cronotrópico (FC basal, en esfuerzo y post-ejercicio físico) en personas con sobrepeso/obesidad e HTA.

Objetivos secundarios

- Conocer las mejoras obtenidas tras la intervención intragrupos.
- Analizar las diferencias obtenidas tras la intervención entre grupos.

5. MÉTODOS (Maldonado-Martín et al., 2016)

5.1 Diseño del estudio

Los datos analizados en este trabajo pertenecen al estudio EXERDIET-HTA llevado a cabo en la Facultad de Educación y Deporte-Sección Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en Vitoria-Gasteiz. El Comité de Ética de la UPV/EHU, CEISH/279/2014) y el Comité de Ética de Investigación Clínica del Hospital Universitario Araba (2015-030) aprobaron el diseño del estudio, los protocolos y el procedimiento de consentimiento informado.

Todos los participantes otorgaron su consentimiento informado por escrito. A continuación, se les realizaron una serie de mediciones iniciales y fueron asignados al azar a uno de los cuatro grupos de intervención (16 semanas). Todas las valoraciones de seguimiento (post intervención) se llevaron a cabo en el mismo laboratorio y por los mismos investigadores del inicio.

5.2 Criterios de selección de los participantes

El estudio EXERDIET-HTA incluye 225 participantes con HTA y sobrepeso u obesidad reclutados de los servicios de cardiología del médico especialista y de los medios locales. Tras finalizar con el proceso de consentimiento informado, los participantes fueron valorados con mediciones antropométricas (estatura, masa corporal, cintura y cadera) y fueron seleccionados para la inclusión si se clasifican como sobrepeso u obesidad. Del mismo modo, el comportamiento sedentario fue determinado a través del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) para asegurar el cumplimiento personal con “Recomendaciones mundiales sobre AF para

la salud” por la OMS. Por otro lado, todos los participantes fueron evaluados con un electrocardiograma de 12 derivaciones (ECG) con el fin de detectar una hipertrofia ventricular izquierda o cualquier otro predictor de evento cardiovascular. Cuando era necesario un diagnóstico más sensible el cardiólogo solicitaba una ecocardiografía. Los participantes que tomaban medicación con betabloqueantes fueron elegidos solo si el tratamiento permitía una prueba cardiopulmonar máxima al inicio del estudio. Los participantes sin diagnóstico de HTA fueron evaluados con el monitoreo ambulatorio de presión arterial (MAPA) para poder confirmar el estado de HTA por el cardiólogo. Los criterios de inclusión y exclusión para el estudio de EXERDIET-HTA ya fueron previamente publicados (Maldonado-Martín et al., 2016).

5.3 Mediciones

Presión sanguínea

La monitorización ambulatoria de la TA fue realizada con un oscilométrico MAPA 6100 grabadora (Welch Allyn, Nueva York, EE.UU.). Se siguieron las recomendaciones del informe de las directrices ESH/ESC para asegurar la mejor metodología. El dispositivo midió la TA a intervalos de 30 minutos durante el día y de 60 minutos durante la noche. Para ello, los participantes debían indicar previamente su hora típica de dormir y despertar y así se definirían los momentos para la evaluación.

Los datos recogidos en el MAPA se descargaron con la presencia del participante con el objetivo de corregir cualquier cambio que hubiese en las horas. Los datos recogidos fueron aceptados si se obtenían al menos el 75% de las grabaciones. Los valores utilizados para el análisis eran la TAS y TAD medias.

Capacidad física

Para valorar la capacidad física se realizó una prueba de esfuerzo cardiopulmonar (CPET).

Se llevó a cabo en posición vertical en un cicloergómetro Lode Excalibur Sport con freno electromagnético (Groningen, Países Bajos). El protocolo de la prueba comenzó con 40 W con incrementos graduales de 10W cada minuto hasta el agotamiento con la monitorización continua de ECG. La prueba no fue precedida por ningún tipo de calentamiento, y los participantes debían mantener al menos 70 rpm.

Durante la prueba, los participantes eran animados verbalmente por el técnico de laboratorio y médico. El análisis de gases se llevó a cabo utilizando un sistema disponible comercialmente (SS Ergo CardMedi-suave, Bélgica Ref. USM001 V1.0) que fue calibrado antes de cada prueba con una mezcla de gases estándar de concentración y volumen conocido. Los datos fueron medidos de forma continua durante el ejercicio cada 60 segundos. El logro de esfuerzo pico verdadero fue supuesto en presencia de dos o más de los siguientes criterios: 1) la fatiga voluntaria (>18 en la escala de Borg), 2) la relación de intercambio respiratorio pico ($VCO_2/VO_2 \geq 1,1$), 3) el logro de >85% de la edad predicha de FC_{max} (220-edad), y 4) la ausencia de incrementos de VO_2 y/o FC con nuevos aumentos en la tasa de trabajo.

Una vez finalizadas las pruebas de medición, se recogieron y determinaron a través de los cálculos correspondientes los valores de las diferentes variables de FC a analizar (Tabla 4).

Tabla 4. Medio de obtención de las variables de FC analizadas.

Variable	Prueba	Cálculo
FC Reposo (lpm)	MAPA	Valor medio del día
FC Submáx (lpm)	5' 80W CPET	Medición directa
FC Pico (lpm)	CPET	Valor pico de la prueba directa
FC Reserva (lpm)	CPET y MAPA	$FC \text{ Reserva} = FC \text{ Pico} - FC \text{ Reposo}$
FC Rec min 1 (lpm)	Min. 1 Rec CPET	Medición directa
FC Rec (lpm)	CPET	$FC \text{ Rec} = FC \text{ Pico} - FC \text{ Rec min 1}$

FC: Frecuencia cardíaca; Rec: Recuperación; Min: Minuto; CPET: Prueba de esfuerzo cardiopulmonar; MAPA: Monitoreo ambulatorio de presión arterial.

5.4 Intervención

Después de la realización de las diferentes pruebas, se calcularon los diferentes rangos de intensidad de entrenamiento (R1-LIGERO, R2-MODERADO, R3-ALTO) teniendo en cuenta las FC correspondientes a los umbrales ventilatorios individuales. Todos los procedimientos para el diseño de las intensidades han sido previamente publicados (Maldonado-Martín et al., 2016). Los participantes fueron asignados de forma aleatoria a uno de los cuatro grupos de intervención, grupo atención control (GAC) y tres grupos de ejercicio físico aeróbico supervisado (GEF). Tanto la información de los grupos de intervención como el diseño de las

intensidades de ejercicio físico en cada uno de ellos ha sido presentado y desarrollado en publicaciones anteriores (Gorostegi-Anduaga et al., 2018; Maldonado-Martín et al., 2016).

En nuestro caso, para la realización del análisis no establecimos diferencias entre los grupos de ejercicio físico supervisado, sino que se agruparon los tres GEF en uno y se realizó una comparativa entre GAC y GEF.

5.5 Análisis estadístico

Se calcularon los valores descriptivos de cada una de las variables. Dichos valores se muestran como media \pm desviación estándar (DS).

Una prueba t-Student para muestras relacionadas se utilizó para ver las diferencias entre las mediciones pre-intervención (T0) y post-intervención (T1) de cada una de las variables de estudio. Para analizar las diferencias entre los grupos (GAC vs GEF) se realizó una prueba t-Student para muestras independientes. Para calcular dicha diferencia en T1 se utilizó el delta de cambio entre T0 vs T1.

Para el análisis estadístico se utilizó la versión 24.0 del programa IBM® SPSS- Statistics©. Las diferencias fueron consideradas estadísticamente significativas cuando $P < 0,05$.

6. RESULTADOS

Constituyeron la muestra final un total de 225 participantes de los cuales 61 fueron asignados al GAC y 164 al GEF. La superioridad de participantes en el GEF es debida a la subdivisión de este en otros tres subgrupos, como se ha indicado anteriormente, y que se ha tenido en cuenta como un único grupo.

Tabla 5. Datos de la población de estudio antes de la intervención (T0). Valores son Media \pm DS.

	Todos n=225	Grupo Atención control (GAC) n=61	Grupo ejercicio físico (GEF) n=164	$P_{GAC-GEF}$
Edad (años)	54,0 \pm 8,1	53,4 \pm 8,4	54,3 \pm 8,1	0,5
IMC (kg/m ²)	32,0 \pm 4,2	32,1 \pm 4,3	32,0 \pm 4,1	0,8
TAS media (mmHg)	135,2 \pm 12,3	138,8 \pm 13,3	133,9 \pm 11,7	0,008*
TAD media (mmHg)	77,8 \pm 8,3	79,7 \pm 8,4	77,1 \pm 8,2	0,04*
FC Reposo (lpm)	71,5 \pm 10,4	69,7 \pm 9,3	72,2 \pm 10,7	0,1
FC Submax (lpm)	127,2 \pm 17,8	123,9 \pm 18,3	128,4 \pm 17,5	0,1
FC Pico (lpm)	153,6 \pm 16,5	151,3 \pm 17,6	154,5 \pm 16,1	0,2
FC Reserva (lpm)	82,1 \pm 17,7	81,6 \pm 20,7	82,3 \pm 16,6	0,8
FC Rec min 1 (lpm)	126,7 \pm 18,7	125,0 \pm 18,3	127,4 \pm 18,9	0,4
FC Rec (lpm)	26,9 \pm 10,9	26,3 \pm 8,8	27,1 \pm 11,6	0,6

IMC: Índice de Masa Corporal; TAS: Tensión arterial sistólica; TAD: Tensión arterial diastólica; FC: Frecuencia Cardíaca; Rec: Recuperación. $P^* < 0,05$ diferencias entre GAC y GEF.

En la Tabla 5 se presentan los datos registrados antes de la intervención. Se presentaron diferencias significativas entre GEF y GAC en la TAS media ($P=0,008$) y la TAD media ($P=0,04$) con valores inferiores en el GEF. En el resto de variables no se observaron diferencias significativas entre GAD y GEF.

Tabla 6. Datos de la población de estudio antes (T0) y después de la intervención (T1). Valores son Media \pm DS.

	GAC n=52		P_{T0-T1}	GEF n=157		P_{T0-T1}	$P_{GAC-GEF}$
	T0	T1		T0	T1		
FC Reposo (lpm)	69,3 \pm 9,5	65,1 \pm 9,2	<0,001[#]	72,2 \pm 10,9	66,4 \pm 9,8	<0,001[#]	0,2
FC Submáx (lpm)	124,7 \pm 19,0	118,2 \pm 16,3	<0,001[#]	127,9 \pm 17,1	116,6 \pm 16,3	<0,001[#]	0,025*
FC Pico (lpm)	152,7 \pm 17,9	151,9 \pm 16,3	0,7	154,5 \pm 15,7	157,0 \pm 14,4	0,01[#]	0,1
FC Reserva (lpm)	83,4 \pm 21,0	86,8 \pm 18,7	0,1	82,3 \pm 16,4	90,6 \pm 13,9	<0,001[#]	0,034*
FC Rec min 1 (lpm)	126,3 \pm 18,7	125,5 \pm 15,4	0,7	127,3 \pm 18,6	129,2 \pm 16,8	0,1	0,3
FC Rec (lpm)	26,4 \pm 9,1	26,4 \pm 8,6	0,97	27,1 \pm 11,7	27,9 \pm 9,0	0,4	0,7

FC: Frecuencia cardíaca; Rec: Recuperación. $*P < 0,05$ diferencias entre GAC y GEF. $\#P < 0,05$ diferencias entre T0 y T1.

En la Tabla 6, se presentan los resultados de comparativa después de 16 semanas de intervención. Se observaron descensos ($P < 0,001$) en la FC reposo y FC submáxima tanto en GAC (6% y 5%, respectivamente) como en GEF (8% y; 9%, respectivamente). El GEF, además, presentó cambios significativos con incrementos respecto al inicio en la FC pico (2%, $P < 0,01$) y FC reserva (9%, $P < 0,001$).

Al comparar la diferencia de cambio post intervención entre GEF y GAC, se observaron descensos superiores ($P=0,025$) del GEF (9%) con respecto al GAC (5%) en relación a la FC submáxima, e incrementos superiores ($P=0,034$) del GEF (9%) con respecto al GAC que no presento cambios significativos en relación a la FC de reserva.

7. DISCUSIÓN

A través de este trabajo se ha realizado un análisis para conocer los efectos que provoca el ejercicio físico aeróbico en la RC de personas adultas con sobrepeso/obesidad e HTA y hábitos sedentarios, así como las mejoras obtenidas tras la intervención en GAC y GEF y sus diferencias.

Los resultados principales de este estudio son: 1) todos los participantes han reducido de forma significativa la FC de reposo y submáxima, 2) sólo el GEF consiguió además descensos en la FC pico y de reserva, 3) el GEF presentó mejoras superiores con respecto al GAC con valores inferiores de FC submáxima y superiores de FC de reserva. Todos los resultados nos indican que el ejercicio supervisado conseguiría un mejor efecto cronotrópico.

Tras analizar nuestros resultados y compararlos con otros estudios que se han realizado en personas con diferentes patologías se ha observado que los cambios que se han producido son similares. Se realizó un estudio en personas con DM2 comparando un grupo de ejercicio con un grupo control. Los resultados fueron que el grupo ejercicio consiguió disminuir la masa corporal, la FC reposo, e incrementó la FC de reserva y FC de recuperación, provocando finalmente una mejora de su capacidad de ejercicio. En cambio, en el grupo control no se observaron diferencias significativas. Por lo que se demostró que a través del entrenamiento se puede mejorar la insuficiencia cronotrópica. Se ha relacionado la FC de recuperación con la isquemia miocárdica en personas con DM2. Y una recuperación anormal de FC va a ocasionar una disminución de su capacidad de ejercicio (Jin et al., 2017).

La FC de reposo y la FC pico son importantes indicadores de riesgo de ECV, mortalidad y morbilidad, por lo que con una baja FC pico y alta FC de reposo y recuperación existe mayor riesgo de desarrollar enfermedades coronarias y

cardiovasculares (Molmen-Hansen et al., 2012). Las personas que presentan estos valores suelen tener un IMC alto, menor condición cardiorrespiratoria y mayor riesgo cardiovascular (Prasad et al., 2014). A través de diferentes estudios que se han realizado en los últimos años, se ha observado que el ejercicio físico provoca una serie de cambios importantes sobre la RC que mejoran la calidad de vida de las personas. Genera una serie de adaptaciones cardiovasculares con beneficios directos para la población, entre las que se encuentra la FC. Disminuye la FC de reposo y submáxima gracias al aumento del tono parasimpático y el descenso del tono simpático. Hay una mayor eficiencia del corazón-mayor contractibilidad, aumenta el volumen sistólico, en cada latido se bombea más sangre y así el corazón puede latir más despacio (Sanhueza & Mascayano, 2006). Algunos estudios han encontrado beneficios en la rehabilitación a través del entrenamiento individualizado en personas con HTA, DM2 o enfermedad coronaria, en la disfunción del SNA cardiaco y una mayor mejora de la función del SNP que del SNS durante la práctica de ejercicio (Jin et al., 2017). En un estudio en personas con hipertensión pulmonar intervenidas a través de programas de ejercicio se observó una disminución de la FC de reposo. Tanto el entrenamiento aeróbico interválico como el continuo han mostrado ser una buena terapia para estas personas (Cancino, 2016) y además han logrado adaptaciones fisiológicas importantes en la insuficiencia cardíaca (Márquez et al., 2013). Además de la importancia del ejercicio físico aeróbico regular de intensidad moderada, la literatura científica ha mostrado el impacto positivo que provoca dicho entrenamiento junto con el de fuerza a intensidades bajas en la disminución de la FC de reposo y en la TA (Arévalo & García, 2007).

Personas con diabetes y/o HTA suelen tener unos valores inferiores de FC pico y de recuperación que personas sanas. Se ha demostrado que la obesidad provoca una respuesta alterada de la FC al ejercicio provocándoles una reducción en la capacidad de ejercicio (Gondoni et al., 2009). Un aumento del gasto cardiaco máximo ha sido relacionado con un aumento de la FC pico (Márquez et al., 2013). Así, los participantes del presente estudio presentan sobrepeso/obesidad y al lograr un incremento de la FC pico en el GEF aumentarán el gasto calórico, ayudándoles en la pérdida de masa corporal y así reducir la HTA (Arévalo & García, 2007). Una respuesta alterada de la FC en el ejercicio físico, conocida como IC, también se ha dado en el caso de enfermedades coronarias, considerándose un predictor de

mortalidad . Se ha observado que las personas que no son capaces de alcanzar una FC pico elevada o que presentan una baja FC durante el ejercicio físico tienen más probabilidades de sufrir un evento coronario que aquellas con una respuesta normal. Uno de los indicadores más importantes de la FC en el ejercicio es la edad, de forma que la FC pico va disminuyendo con el paso de los años. Cuanto más mayor nos hacemos, la probabilidad de desarrollar algún tipo de enfermedad aumenta. Con el entrenamiento es posible incrementar la FC en el ejercicio físico mejorando la fuerza contráctil del corazón y con ello un mejor funcionamiento del SNS (Peña, 2004).

Una FC de reserva alta, relacionada con el descenso de los valores de reposo e incremento de los pico, se ha relacionado con un menor riesgo de desarrollar HTA (Prasad et al., 2014). Teniendo en cuenta estos factores es importante destacar los resultados obtenidos en el estudio ya que muestran las mejoras que genera la el ejercicio físico estructurado y programado siguiendo los principios FITT sobre la FC y así prevenir o reducir el riesgo de desarrollar HTA y mejorar la calidad de vida de las personas.

En personas con hipertensión pulmonar, con el ejercicio aeróbico interválico de alta intensidad han logrado una mejora en la capacidad aeróbica, la FC de recuperación y la función cardíaca (Molmen-Hansen et al., 2012). En el caso de las personas con insuficiencia cardíaca suelen tener una recuperación más lenta tras el ejercicio y gracias al entrenamiento se han observado mejoras en la FC de reposo, recuperación y submáxima (Márquez et al., 2013). En la Insuficiencia cardiaca, la caída de la FC en los 30 segundos a 1 minuto después del ejercicio se encuentra disminuida, al contrario ocurre en los atletas, quienes son capaces de recuperar mucho en poco tiempo y esto se ha relacionado con una rápida activación del tono vagal, es decir, un mejor funcionamiento del SNP. En personas con patología cardiovascular más severa la FC de recuperación es mucho menor (Peña, 2004). En nuestro caso, los participantes del estudio presentan factores de riesgo cardiovascular pero no patología severa. Por ello, podría ser necesario un efecto a más largo plazo para observar adaptaciones superiores.

8. FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Este estudio presenta como punto fuerte la novedad, al no existir estudios anteriores sobre la respuesta cronotrópica en personas con sobrepeso/obesidad e hipertensión, se trata del primero en realizarse en este ámbito y pudiendo servir nuestros resultados como referencia para futuros estudios.

Por otro lado, la limitación principal a destacar es la existencia de una gran diferencia de participantes entre los grupos GAC y GEF, contando el GAC con menor número de participantes, donde lo ideal serían dos grupos con la misma muestra.

9. ESTUDIOS FUTUROS

Sería interesante realizar estudios futuros donde se analicen las diferencias en las respuestas cronotrópicas entre mujeres y hombres y por otro lado teniendo en cuenta la edad, diferenciando entre personas mayores y de mediana edad.

10. CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados del presente estudio indican que el tratamiento no farmacológico con actividad física altera de forma favorable las propiedades de regulación de la RC en personas con sobrepeso/obesidad e HTA con valores más bajos de FC de reposo y submáxima al esfuerzo físico. El ejercicio físico estructurado y programado de más alta intensidad consigue mejoras superiores que un programa de actividad física no supervisado en la capacidad para incrementar la FC pico al esfuerzo y la FC de reserva

11. REFERENCIAS

- American Heart Association. (2017). ¿Qué es la presión arterial alta? American Heart Association. Retrieved from http://www.heart.org/idc/groups/heart-public/@wcm/@hcm/documents/downloadable/ucm_316246.pdf
- Arévalo Cárdenas, M., & García Cardona, C. G. (2007). Respuesta aguda de presión arterial, frecuencia cardiaca y percepción del esfuerzo en hipertensos. *Revista Ciencias de La Salud*, 5(1), 53–66.
- Brubaker, P. H., & Kitzman, D. W. (2011). Chronotropic incompetence: Causes, consequences, and management. *Circulation*, 123(9), 1010-1020. 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.940577 [doi]
- Cancino, J. (2016). Beneficios del ejercicio en pacientes con hipertensión pulmonar : Revisión bibliográfica Benefits of exercise in patients with Pulmonary Artery Hypertension : a review. *Revista Chilena de Cardiología*, 35, 56–64.
- Challa, H. J., & Uppaluri, K. R. (2018). DASH diet (dietary approaches to stop hypertension). *Statpearls* (). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing LLC.NBK482514 [bookaccession]
- Chobanian, A. V., Bakris, G. L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo, J. L., Jr, . . . National High Blood Pressure Education Program Coordinating Committee. (2003). Seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure. *Hypertension (Dallas, Tex.: 1979)*, 42(6), 1206-1252. 10.1161/01.HYP.0000107251.49515.c2 [doi]
- Daza, C. H. (2002). La obesidad: un desorden metabólico de alto riesgo para la salud. *Colombia Médica*, 33(2), 72–80. Retrieved from <http://colombiamedica.univalle.edu.co/index.php/comedica/article/view/224>
- DeMarco, Vicente G; Aroor, Annayya R; James R, S. (2014). La fisiopatología de la hipertensión en pacientes con obesidad Vicente. *English Journal*, 337(6100), 1–28. doi:10.1007/s00280-013-2283-x.El

- García Delgado, J. A., Pérez Coronel, P. L., Chí Arcia, J., Martínez Torrez, J., & Pedroso Morales, I. (2008). Efectos terapéuticos del ejercicio físico en la hipertensión arterial. *Revista Cubana de Medicina*, 47(3), 0–0.
- Gondoni, L. A., Titon, A. M., Nibbio, F., Augello, G., Caetani, G., & Liuzzi, A. (2009). Heart rate behavior during an exercise stress test in obese patients. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases : NMCD*, 19(3), 170-176.
10.1016/j.numecd.2008.07.001 [doi]
- Gorostegi-Anduaga, I., Corres, P., MartinezAguirre-Betolaza, A., Pérez-Asenjo, J., Aispuru, G. R., Fryer, S. M., & Maldonado-Martín, S. (2018). Effects of different aerobic exercise programmes with nutritional intervention in sedentary adults with overweight/obesity and hypertension: EXERDIET-HTA study. *European Journal of Preventive Cardiology*, 25(4), 343–353.
doi:10.1177/2047487317749956
- Grassi, G., Mark, A., & Esler, M. (2016). Response by grassi et al to letter regarding article, "the sympathetic nervous system alterations in human hypertension". *Circulation Research*, 119(3), e35-6.
10.1161/CIRCRESAHA.116.309261 [doi]
- Hernández-Jiménez, S. (2004). Fisiopatología de la obesidad. *Gaceta Médica de México*, 140(SUPPL. 2), 27–32.
- Javorka, M., Zila, I., Balharek, T., & Javorka, K. (2002). Heart rate recovery after exercise: Relations to heart rate variability and complexity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research = Revista Brasileira De Pesquisas Medicas e Biologicas*, 35(8), 991-1000. doi:S0100-879X2002000800018 [pii]
- Jiménez Leenz, H., & Gallardo Sarmiento, A. (2013). Determinación del máximo consumo de VO₂ mediante el test de Rockport en mujeres adultas obesas. *EFDeportes.com, Revista Digital*.
- Jin, L., Min, G., Wei, C., Min, H., & Jie, Z. (2017). Exercise training on chronotropic response and exercise capacity in patients with type 2 diabetes

mellitus. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 13(3), 899-904.
doi:10.3892/etm.2017.4084 [doi]

Maldonado-Martín, S., Gorostegi-Anduaga, I., R Aispuru, G., Illera-Villas, M., Jurio-Iriarte, B., Francisco-Terreros, S., & Pérez-Asenjo, J. (2016). Effects of different aerobic exercise programs with nutritional intervention in primary hypertensive and Overweight/Obese adults: EXERDIET-HTA controlled trial. *Journal of Clinical Trials*

Márquez, J., Suárez, G., & Márquez, J. (2013). Beneficios del ejercicio en la insuficiencia cardíaca. *Revista Chilena de Cardiología*, 32(1), 58–65.
doi:10.4067/S0718-85602013000100009

Mertens, I. L., & Van Gaal, L. F. (2000). Overweight, obesity, and blood pressure: The effects of modest weight reduction. *Obesity Research*, 8(3), 270-278.
10.1038/oby.2000.32 [doi]

Michaelides, A. P., Liakos, C. I., Vyssoulis, G. P., Chatzistamatiou, E. I., Markou, M. I., Tzamouris, V., & Stefanadis, C. I. (2013). The interplay of exercise heart rate and blood pressure as a predictor of coronary artery disease and arterial hypertension. *Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.)*, 15(3), 162-170. doi:10.1111/jch.12035 [doi]

Molmen-Hansen, H. E., Stolen, T., Tjonna, A. E., Aamot, I. L., Ekeberg, I. S., Tyldum, G. A., . . . Stoylen, A. (2012). Aerobic interval training reduces blood pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *European Journal of Preventive Cardiology*, 19(2), 151-160. doi:10.1177/1741826711400512 [doi]

Moraga Rojas, C. (2008). Prescripción de ejercicio en pacientes con hipertensión arterial, (1), 19–23.

Navarro, X. (2002). Fisiología Del Sistema Nervioso Autónomo. Uncpba, 2(January 2002). Retrieved from
<http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/FisiologiaSistemasNerviososyMuscular/images/2014/SistemaNerviosoAutonomo.pdf>

- OMS. (2017). Obesity-and-Overweight @ Www.Who.Int. Retrieved from <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- OMS. (2015). Preguntas y respuestas sobre la hipertensión. Retrieved from <http://www.who.int/features/qa/82/es/>
- Peña Escalona, I. Z. (2004). Evaluación del comportamiento cronotrópico inmediato después del ejercicio como un predictor de eventos cardiovasculares en pacientes con cardiopatía isquémica.
- Prasad, V. K., Hand, G. A., Sui, X., Shrestha, D., Lee, D. C., Lavie, C. J., Blair, S. N. (2014). Association of exercise heart rate response and incidence of hypertension in men. *Mayo Clinic Proceedings*, 89(8), 1101-1107. doi:10.1016/j.mayocp.2014.04.022 [doi]
- Rodríguez, M. (2012). La actividad física en la prevención de la hipertensión arterial. *Revista de Las Sedes Regionales*, XIII(26), 142–156.
- Rosales Ricardo, Y. (2012). Antropometría en el diagnóstico de pacientes obesos; una revisión. *Nutrición Hospitalaria*, 27(6), 1803–1809. doi:10.3305/nh.2012.27.6.6044
- Sánchez-castillo, C. P., Pichardo-ontiveros, E., & López-r, P. (2004). *Artemisa*, 140(2), 3–20.
- Saneei, P., Salehi-Abargouei, A., Esmailzadeh, A., & Azadbakht, L. (2014). Influence of dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet on blood pressure: A systematic review and meta-analysis on randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases : NMCD*, 24(12), 1253-1261. doi:10.1016/j.numecd.2014.06.008 [doi]
- Sanhueza V, S., & Mascayano M, M. (2006). Impacto del Ejercicio en el Adulto Mayor Hipertenso. Servicio Medicina Física Y Rehabilitación, HCUCh., 11-17, 1–11. Retrieved from https://www.redclinica.cl/Portals/0/Users/014/14/14/impacto_ejercicio_adulto_mayor_hipertenso.pdf

- Silva Costa Gomes, T. (2017). Sistema nervioso autónomo. Retrieved from https://slidedoc.es/philosophy-of-the-money.html?utm_source=sistema-nervioso-autonomo-dra-teresa-silva-costa-gomes-hospital-mar-barcelona-pdf
- Valle, M. del, Manonelles, P., Teresa, C. de, Franco, L., & Luengo, E. (2015). Prescripción de ejercicio físico en la prevención y tratamiento de la hipertensión arterial. Documento de Consenso de la Sociedad Española de Medicina del Deporte (SEMED-FEMEDE). *Archivos de Medicina Del Deporte*, 281–314.
- Villatoro-villar, M. M. C. M. (2015). Correlación del índice de masa corporal y el porcentaje de grasa corporal en la evaluación del sobrepeso y la obesidad. *Sanid Milit Mex*, 69, 568–578.
- Whelton, P. K., Carey, R. M., Aronow, W. S., Casey, D. E., Jr, Collins, K. J., Dennison Himmelfarb, C., . . . Wright, J. T., Jr. (2017). 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: A report of the american college of Cardiology/American heart association task force on clinical practice guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, S0735-1097(17)41519-1 [pii]