

Acute effect of isometric exercise on autonomic parameters in obese and overweight sedentary adults

Efecto agudo de ejercicio isométrico sobre parámetros autonómicos en adultos sedentarios obesos y con sobrepeso

A. Espinoza-Salinas^{1*}, M. Bobadilla-Olivares¹, C. Millaqueo¹, M. Núñez¹, G. Oyarzun-Chicuy¹, J. Cano-Montoya², L. Peiret-Villacura¹, P. Pinto-Correa^{3,4}, G. Arenas-Sánchez¹

¹ Laboratorio de Análisis del Movimiento Humano, Escuela de Kinesiología, Universidad Santo Tomás, Santiago, Chile.

² Escuela de Kinesiología, Facultad de Odontología y Ciencias de la Rehabilitación, Universidad San Sebastián, Valdivia, Chile.

³ Universidad Mayor, Santiago, Chile.

⁴ Club Deportes Cobresal, Chile

* Correspondence: Alexis Espinoza-Salinas; alexisespinozasa@santotomas.cl

ABSTRACT

Introduction: Obesity is understood as a chronic inflammation associated with complications in the autonomic nervous system dysfunction related to cardiovascular diseases. And isometric exercise, represented by manual grip strength, favors the reduction of cardiovascular risk and autonomic imbalance. **Objective:** to describe the acute response of an isometric exercise (IE) compared to the effect of an aerobic exercise (AE), analyzing the autonomic parameters of heart rate variability (LF/HF), diastolic blood pressure (DBP), systolic blood pressure (SBP) and heart rate (HR) in obese and overweight people. **Methodology:** 20 participants were randomly distributed into 2 groups; those who performed an aerobic exercise session on a cycle ergometer for 15 min at 50 watts (n=10) and those who performed an IE session at 30% of maximal strength (n=10). Both were evaluated pre and post intervention, the variables were analyzed using the Mann-Whitney U statistical test with a significance level of $p < 0.05$. **Results:** IE produced statistically significant changes in SBP ($p = 0.001$), LH/HF ($p = 0.02$) and HR ($p = 0.018$), while DBP improved, but not significantly. **Conclusions:** an EI session generates a greater decrease than EA in HRV, HR and SBP variables.

KEYWORDS

Obesity; Isometric training; Aerobic training; Autonomic dysfunction; Blood pressure.

RESUMEN

Introducción: La obesidad es entendida como una inflamación crónica asociada a complicaciones en la disfunción del sistema nervioso autónomo relacionada con enfermedades cardiovasculares. Y el ejercicio isométrico, representado por la fuerza de presión manual, favorece la reducción del riesgo cardiovascular y al desequilibrio autonómico. **Objetivo:** describir la respuesta aguda de un ejercicio isométrico (EI) comparándolo con el efecto de un ejercicio aeróbico (EA), analizando los parámetros autonómicos de variabilidad de la frecuencia cardíaca (LF/HF), presión arterial diastólica (PAD), sistólica (PAS) y la frecuencia cardíaca (FC) en personas obesos y en sobrepeso. **Metodología:** 20 participantes fueron distribuidos al azar en 2 grupos; los que realizaron una sesión de ejercicio aeróbico en cicloergómetro durante 15 min a 50 watts (n=10) y los que realizaron una sesión de EI al 30% de la fuerza máxima. Ambos fueron evaluados pre y post intervención, se analizaron las variables mediante la prueba estadística U de Mann-Whitney con un nivel de significancia $p < 0,05$. **Resultados:** El EI produjo cambios estadísticamente significativos en PAS ($p = 0,001$), LH/HF ($p = 0,02$) y FC ($p = 0,01$), mientras que la PAD mejoró, pero no de forma significativa. **Conclusiones:** una sesión de EI, genera una mayor disminución que el EA en las variables de VFC, FC y PAS.

PALABRAS CLAVE

Obesidad; Entrenamiento isométrico; Entrenamiento aeróbico; Disfunción autonómica; Presión arterial.

1. INTRODUCCIÓN

La obesidad desde los últimos años se ha triplicado en todo el mundo, siendo predominante en adultos (WHO, 2022) y con una elevada prevalencia a nivel mundial, en donde actualmente se considera uno de los principales problemas sociales y de salud que enfrentar en el siglo XXI (Suárez Carmona et al., 2017). La obesidad no sólo se define como una acumulación anormal o excesiva de grasa sino que también como una inflamación crónica de origen multifactorial asociada a complicaciones de salud potencialmente graves como diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares y cáncer, las cuales son categorizadas como enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) caracterizadas por su larga duración, su progresividad e incurabilidad, siendo necesario requerir tratamiento y control por un número extenso e indeterminado de años (Lin & Li, 2021; Vázquez et al., 2018).

Dentro de las complicaciones provocada por la obesidad esta la disfunción del sistema nervioso autónomo, en donde existirá un predominio de la actividad simpática, reflejado en la valoración de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), herramienta que analiza el dominio a la frecuencia y tiempo los latidos del corazón en un determinado tiempo sobre la frecuencia del ritmo cardíaco (Saxton, Withers, et al., 2019; Strüven et al., 2021). Este desbalance autonómico pasa a formar parte del cuadro fisiopatológico que precede el desarrollo de algunas enfermedades cardiovasculares, las cuales constituyen a ser causantes de importantes morbimortalidades en la población general (Saxton, Clark, et al., 2019; Segovia et al., 2017).

En este marco han surgido intervenciones terapéuticas como el ejercicio físico, en donde se ha demostrado la existencia de una asociación positiva del ejercicio físico sobre los factores de riesgo, como también su efecto sobre la pérdida de peso, la composición corporal, la mejora de la condición física y mejor respuesta autonómica (Gronwald & Hoos, 2020; Su et al., 2019). De esa manera uno de los métodos de entrenamiento es el ejercicio isométrico (EI), representado por la fuerza de presión manual (FPM). Esta variable es utilizada como indicador de fuerza global, del estado nutricional, riesgo de mortalidad y un predictor del deterioro y/o cambio de funcionalidad de las personas (Mancilla et al., 2016). Este tipo de fuerza llamada fuerza de agarre no presenta un método estandarizado para ser valorado, pero existe un método eficaz para poder llevar a cabo su medición que es a través de un dinamómetro (Bobos et al., 2020), así mismo existen cierto desconocimiento acerca de las adaptaciones que genera el entrenamiento de la fuerza muscular como elemento que también favorezca y sea coadyuvante en la reducción del riesgo cardiovascular y al desequilibrio autonómico. (Gomes-Neto et al., 2017).

El objetivo de este estudio fue analizar la respuesta aguda de una intervención de fuerza isométrica y compararla con la respuesta de una sesión de ejercicio aeróbico en personas adultas con obesidad y sobrepeso analizando sus parámetros autonómicos y hemodinámicos.

2. MÉTODOS

2.1. Participantes

La muestra del estudio la conformaron por 20 hombres, de $23,3 \pm 3,5$ años, que presentaban obesidad y sobrepeso, 7 y 13 respectivamente. El nivel de obesidad fue determinado por el índice de masa corporal (IMC) ≥ 25 kg/m². Los participantes fueron reclutados por muestreo no probabilístico de conveniencia, se distribuyeron al azar en dos grupos, el grupo de ejercicio aeróbico (EA) (n=10) y el grupo de ejercicio isométrico (EI) (n=10) (Tabla 1).

Todos los participantes eran físicamente inactivos (< 300 o 150 min de actividad física de intensidad moderada o vigorosa respectivamente por semana) (Bull et al., 2020) determinados a través de la encuesta GPAQ (Min & Cayo, 2020). Los criterios de exclusión fueron: (i) que presenten hipertensión (PA) $\geq 130/85$ mmHg, (ii) que utilicen algún tipo de fármaco simpático adrenérgico (iii) presenten algún tipo de trauma osteotendinoso o muscular en miembro superior (iv) que presenten algún tipo de patología metabólica, ya sea diabetes, resistencia a la insulina y/o dislipidemia. Todos los participantes firmaron el consentimiento informado y siguieron las normas de la Declaración de Helsinki durante todo el estudio (Manzini, 2000).

2.2. Procedimiento

El estudio se realizó en el Laboratorio de Fisiología de la Universidad Santo Tomás (Santiago de Chile). Las variables de VFC que se consideraron fueron el coeficiente de LF/HF y frecuencia cardiaca (FC) las cuales se valoraron mediante un pulsómetro marca Polar, modelo H10. El protocolo de evaluación de la VFC fue de registros a corto plazo y estables de reposo, se posiciona sobre el proceso xifoides del esternón, y mediante una conexión de bluetooth se vincula con la aplicación de celular CardioMood HRV Expert. La presión arterial sistólica (PAS) y la presión arterial diastólica (PAD) se registró con un esfigmomanómetro aneroide marca Riester, modelo lf 1512 (Tabla 1). La fuerza isométrica manual máxima (IMM) se registró con un dinamómetro hidráulico marca JAMAR® Sammons Preston Inc según las Recomendaciones de Evaluación Clínica del ASHT's (Fess, 1992). El participante mediante un agarre manual del segmento dominante con el codo en posición de extensión ejecutó en 3 intentos de 5 segundos una acción muscular isométrica cada uno; una vez obtenidos los tres valores de fuerza se seleccionará el mejor intento para luego calcular el 30% del máximo obtenido. Todo el procedimiento se realizó entre las 8 y 12 horas.

2.3. Intervención

La fuerza IMM, se realizó una sesión única de EI con el dinamómetro al 30% de la fuerza máxima obtenida el día anterior. Se realizan 4 series de 2 minutos de prensión manual sostenida, entre cada serie existirá un descanso de 2 minutos. A su vez, el grupo que realizó el EA se desarrolló sobre un cicloergómetro marca Monark modelo 915E, a una intensidad constante de 50 watts durante 15 minutos. Ambos protocolos de intervención se realizaron 24 horas post evaluación, en horario de mañana. El post test fue valorado y monitorizado al minuto de finalizar la sesión de ejercicio.

2.4. Análisis estadístico

Todas las pruebas estadísticas serán desarrolladas utilizando el programa SPSS v20. Para la representación de los datos se utilizó la estadística descriptiva utilizando media y desviación estándar. Para comprobar los supuestos de normalidad se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y para la prueba de igualdad de varianzas de empleo la prueba de Levene. En las comparaciones de dos grupos donde no se cumple la normalidad o igualdad de varianza se empleó la prueba de U de Mann-Whitney. el tipo de análisis propuesto para comparar diferencias entre los resultados de las variables presión arterial, FC y VFC obtenidos en tiempo inicial, tiempo 1 (Al comenzar la sesión de entrenamiento) y tiempo 2 (Después de la sesión de entrenamiento) es un análisis de varianza de 2 factores de medidas repetidas donde los factores son grupos experimentales (control y obesos) y el otro factor es el tiempo de intervención (antes-después). Como pruebas a posteriori se emplea la prueba de HSD TUKEY para comparaciones pareadas. Se estableció la significancia con un $p < 0,001$.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 presenta los datos descriptivos de la población del estudio.

Tabla 1. Variables descriptivas de los grupos de intervención.

Variabes	EI (n=10) (Media ± DESV)	EA (n=10) (Media ± DESV)	Valor-p*	Tamaño del efecto
Edad (años)	22,8 ± 3,7	24 ± 3,6	<0,001	6,46
IMC (kg/m ²)	34,1 ± 2,9	28,1 ± 1,0	<0,001	6,46
LF/HF (nu)	1,7 ± 0,5	1,0 ± 0,5	<0,001	6,46
PAS (mm/Hg)	144,8 ± 13,4	144,8 ± 10,3	<0,001	6,46
PAD (mm/Hg)	64 ± 16,7	72,5 ± 23,6	<0,001	6,46
FC (lpm)	76,6 ± 5,3	69,8 ± 12,1	<0,001	6,46

EI (entrenamiento isométrico), EA (entrenamiento aeróbico), IMC (índice de masa corporal), LF/HF (coeficiente de LF a HF), PAS (presión arterial sistólica), PAD (presión arterial diastólica), FC (frecuencia cardíaca). valor-p (t-test o Mann-Whitney U-test según la normalidad y la homocedasticidad).

Los datos presentes en la Figura 1. A. especifica la comparación de las medias de los valores de la PAS ajustado por IMC y Medida Repetida (MR) entre EI y EA previo y posterior al MR. Se puede lograr apreciar una reducción de la PAS posterior al ejercicio isométrico en ambos grupos presentes, pero con una mayor reducción en los sujetos que se encuentran en situación de sobrepeso, cabe señalar que existen diferencias estadísticamente significativas con respecto a las MR ($F = 34,099$; $GL = 1$; $p =$

0,001), pero no existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto al IMC ($F= 1,266$; $GL=1$; $p= 0,298$), tabla 2.

En la Figura 1.B se especifican la comparación de las medias de los valores de PAD ajustado por IMC y MR (medidas repetitivas) entre los grupos EI y EA previo y posterior (MR) al ejercicio isométrico llevado a cabo con un handgrip; se puede lograr apreciar una mayor reducción de la PAD posterior al ejercicio isométrico en los sujetos que se encuentran en situación de obesidad y un leve aumento en la PAD posterior al ejercicio isométrico en los sujetos en situación de sobrepeso. A pesar de estas diferencias demostradas en los gráficos, no existe una diferencia estadísticamente significativa en ninguno de los dos casos (IMC $F= 0,284$; $GL=1$; $p=0,610$; MR $F= 0,159$; $GL=1$; $p=0,702$) Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la intervención sobre las variables.

Variables	EI (n=10)			EA (n=10)		
	Pre (Media \pm DESV)	Post (Media \pm DESV)	Valor-p*	Pre (Media \pm DESV)	Post (Media \pm DESV)	Valor-p*
LF/HF (nu)	1,7 \pm 0,5	1,6 \pm 0,3	<0,001	1,0 \pm 0,5	1,2 \pm 0,3	<0,001
PAS (mm/Hg)	144,8 \pm 13,4	138,2 \pm 9,7	<0,001	144,8 \pm 10,3	135 \pm 10,8	<0,001
PAD (mm/Hg)	64 \pm 16,7	66,8 \pm 12,8	<0,001	72,5 \pm 23,6	73,3 \pm 11,4	<0,001
FC (lpm)	76,6 \pm 5,3	73,8 \pm 3,4	<0,001	69,8 \pm 12,1	65,8 \pm 12,8	<0,001

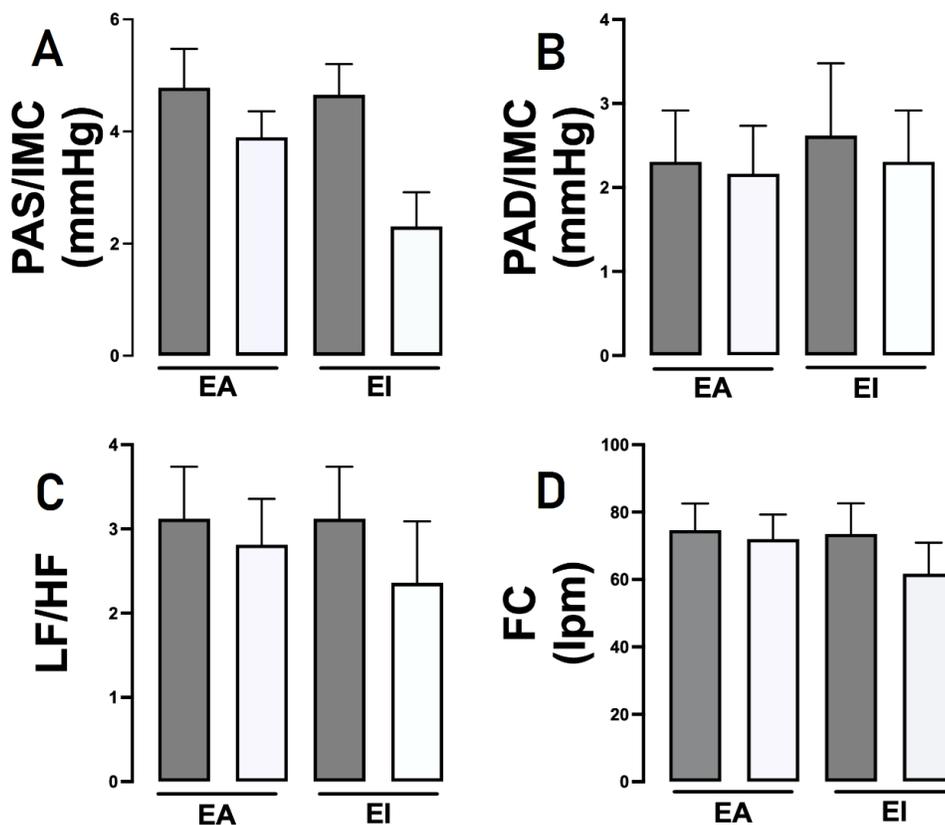
EI (ejercicio isométrico); EA (ejercicio aeróbico); IMC (índice de masa corporal); LF/HF (coeficiente de LF a HF); PAS (presión arterial sistólica); PAD (presión arterial diastólica); FC (frecuencia cardíaca). valor-p (t-test o Mann-Whitney U-test según la normalidad y la homocedasticidad).

En relación a la variable de VFC, en la Figura 1.C especifica la comparación de las medias de los valores de la variabilidad del ritmo cardíaco (LH/HF) ajustado por los grupos EI y EA previo y posterior al protocolo de entrenamiento; se puede lograr apreciar una reducción del balance autonómico posterior al ejercicio isométrico en ambos grupos presentes; cabe señalar que existen diferencias estadísticamente significativas con respecto a las MR ($F= 21,180$; $GL=1$; $p= 0,002$), pero no existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto al IMC ($F= 0,422$; $GL=1$; $p= 0,537$), Tabla 2.

En la Figura 1.D se especifica la comparación de las medias de los valores de FC ajustado por los grupos EI y EA previo y posterior al protocolo de entrenamiento; se puede lograr apreciar una

reducción de la FC posterior al ejercicio isométrico en ambos grupos presentes, en donde cabe señalar que existen diferencias estadísticamente significativas con respecto a las MR ($F=9,366$; $GL= 1$; $p=0,018$), pero no existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto al IMC ($F=0,292$; $GL= 1$; $p=0,606$), Tabla 2.

Figura 1. Comparación de las variables ajustadas por los grupos EI y EA.



*EI (ejercicio isométrico); EA (ejercicio aeróbico); IMC (índice de masa corporal); PAS (presión arterial sistólica); PAD (presión arterial diastólica); LF/HF (coeficiente de LF a HF); FC (frecuencia cardiaca). * Diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$); ns: sin diferencias significativas ($p > 0,05$)

A) comparación de las medias de los valores de la PAS ajustado por IMC ajustado por los grupos EI y EA previo y posterior al protocolo de entrenamiento. B) comparación de las medias de los valores de la PAD ajustado por IMC y por los grupos EI y EA previo y posterior al protocolo de entrenamiento. C) comparación de las medias de los valores de la LF/HF ajustado por los grupos EI y EA previo y posterior al protocolo de entrenamiento. D) comparación de las medias de los valores de la FC ajustado por los grupos EI y EA previo y posterior al protocolo de entrenamiento.

4. DISCUSIÓN

El objetivo del estudio fue analizar la respuesta aguda de una sesión de fuerza isométrica y compararla con la respuesta de una sesión de ejercicio aeróbico en personas con obesidad y sobrepeso analizando sus parámetros autonómicos y hemodinámicos.

En investigaciones realizadas bajo el mismo concepto de respuesta aguda frente a una intervención de ejercicio, la respuesta normotensora modulada por el ejercicio de fuerza isométrica en pequeños grupos musculares tal como es la fuerza de presión manual, la cual se ve determinada por una retirada de la actividad simpática lo que se traduce en una menor descarga hacia la musculatura lisa arteriolar (Badrov et al., 2013). Esto concuerda con los resultados presentados en este estudio, encontrando resultados estadísticamente significativos (diferencia de cambio PAS: $p = 0,001$, diferencia de cambio para LH/HF: $p = 0,02$; diferencia de cambio FC : $p = 0,018$) Tabla 2.

En esta línea se han reportado reducciones similares en la PAS ($-7 \pm 2,8$ mmHg) tras una sesión de ejercicio isométrico consistente en 10 ejercicios de 10 segundos de duración con descansos de 15 segundos entre ejercicios (Cano-Montoya et al., 2021). Los resultados de este estudio guardan relación con la investigación de Hugget (2004), quien realizó una comparación de la frecuencia cardíaca y el aumento de la presión arterial durante un protocolo de ejercicio excéntrico isocinético versus isométrico en veinte adultos mayores sanos (74 ± 5 años) quienes realizaron 3 series de 10 repeticiones (Huggett et al., 2004). Lo anterior se puede respaldar por el trabajo de Iellamo et al (2001), que sugiere que dicha respuesta aguda pudiese plantearse mediante la teoría del comando central la cual propone que la salida motora de la corteza cerebral durante el ejercicio isométrico interactúa con los núcleos autonómicos que regulan las respuestas cardiovasculares al ejercicio. Esto también apoyado tras una investigación en donde se determinó que el entrenamiento con mango isométrico reduce la presión arterial (Ray & Carrasco, 2000). Esto apoyado y explicado posiblemente por las adaptaciones vasculares periféricas, ya que el ejercicio isométrico provoca aumentos marcados en la liberación de actividad del nervio simpático muscular noradrenalina, así como también la sensibilidad vascular a la noradrenalina puede disminuir con el entrenamiento isométrico (Jpas et al., 2021).

Así mismo, otro posible mecanismo es la existencia de adaptaciones cardíacas, vasculares y adaptaciones del sistema nervioso autónomo, siendo estas dos últimas explicadas por una mayor liberación de óxido nítrico que evidencian la mejoría en la función endotelial, y una retirada simpática en la musculatura lisa arterial, lo que provocaría una disminución de la resistencia vascular periférica, provocando una vasodilatación en ambos casos respectivamente (Besnier et al., 2017; Farah, Andrade-Lima, et al., 2018). Así también está en evidencia en variadas investigaciones, que el ejercicio

isométrico puede mejorar la función endotelial, esto explicado debido a que el aumento de la exposición al estrés cortante en los vasos de todo el cuerpo por la respuesta presora durante el ejercicio de fuerza isométrica puede aumentar la producción de óxido nítrico sintasa y aumentar la liberación de óxido nítrico derivado del endotelio (Jpas et al., 2021). Asimismo, el efecto normotensor, podría estar explicado por un fenómeno relacionado con la función endotelial en la reducción de la resistencia vascular periférica, mediada por óxido nítrico y desechos metabólicos del ácido araquidónico (Walter Wray et al., 2011), lo que se traduce en la activación de mecanismos vasodilatadores después del entrenamiento.

En el caso de los resultados obtenidos al analizar la VFC, se puede observar en ambos grupos, una reducción del balance autonómico (LH/HF) posterior al ejercicio isométrico, sin embargo, no se demostró una diferencia significativa con respecto al IMC. Esta disminución de la VFC, podría explicarse por diversos estudios que concluyen que la contracción muscular isométrica resulta en un retiro de la actividad vagal así como con un alto influjo simpático, lo cual fue demostrado por Lee & cols., 2006, quienes llevaron a cabo un estudio en 17 sujetos sanos, con ejercicio consistente en contracciones musculares isométricas al 70 y 85% de su contracción máxima voluntaria, en donde concluyeron que el periodo post-ejercicio está marcado por alteraciones en los índices del control autonómico (Lee et al., 2006; Simões et al., 2010). Estos hallazgos de igual forma se pueden apoyar en otras investigaciones que consideran que la VFC frente a un ejercicio de fuerza isométrica está influenciada por la eferencia simpática a los músculos esqueléticos y al sistema vascular como una medida de la modulación simpática, cuando se expresa en unidades normalizadas, así como también determinada por los mecanismos de retroalimentación del reflejo barorreceptor (Drury et al., 2020; Shaffer & Ginsberg, 2017), en donde queda de manifiesto que el incremento de la frecuencia cardíaca con la contracción isométrica es inmediato y esta se debe a una disminución de la actividad vagal y a un incremento de la actividad simpática al nodo sinusal.

En el caso de los resultados obtenidos al analizar la FC, se muestra una disminución de esta, posterior a la intervención de ejercicio isométrico en ambos grupos estudiados, sin embargo, no se demostró una diferencia significativa con respecto al IMC en esta variable. Nuestros hallazgos se ven apoyados por la investigación realizada por Dos Santos (2015), donde resumen varios estudios publicados durante diez años con diferentes protocolos y diseños, sobre los ajustes cardíacos al ejercicio isométrico en donde concluyen que la modulación autonómica cardíaca durante el ejercicio se caracteriza, en un inicio, por una disminución de la actividad vagal, seguida de incremento de la modulación simpática, lo que se invierte durante la fase de recuperación (Dos Santos et col., 2015). Por otra parte, en una investigación realizada por Weippert (2013), en donde se comparó la respuesta

cardíaca al ejercicio dinámico y estático de tipo isométrico, se informaron que los resultados del análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco en el dominio del tiempo y la frecuencia cardíaca indican un aumento de la modulación parasimpática de la FC durante el ejercicio isométrico (Weippert et al., 2013).

A pesar de esta evidencia, los resultados del protocolo de intervención de fuerza isométrica muestran una tendencia a la disminución de la FC, pero estos no son estadísticamente significativos con respecto al IMC, lo que podría deberse a la pequeña cantidad de sujetos evaluados en nuestra investigación. Así mismo en una investigación realizada por Farah et al. (2017), se evidenció que el efecto agudo sobre los parámetros cardiovasculares del ejercicio no fue significativo y que el EI a largo plazo genera respuestas normopresoras con mayor significancia (Farah, Rodrigues, et al., 2018).

Entre las limitaciones del presente estudio radica en el tamaño de la muestra y la corta duración de la intervención. Otra limitación es la deficiencia de estudios que indiquen la respuesta aguda de una intervención de fuerza isométrica sobre parámetros autonómicos comparando a sujetos en condición de sobrepeso y obesos. Para futuros estudios en esta línea, se recomienda un programa de entrenamiento isométrico más prolongado observando adaptaciones más consistentes sobre la estabilidad de estas respuestas a este tipo de población.

5. CONCLUSIONES

Este estudio indica que una sesión de ejercicio de fuerza manual isométrica genera una mayor disminución en las variables VFC, FC y PAS, al compararlas con una sesión de ejercicio aeróbico en el grupo en el que se intervino con el EI.

6. REFERENCES

1. Badrov, M. B., Bartol, C. L., DiBartolomeo, M. A., Millar, P. J., McNevin, N. H., & McGowan, C. L. (2013). Effects of isometric handgrip training dose on resting blood pressure and resistance vessel endothelial function in normotensive women. *European Journal of Applied Physiology*, 113(8). <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2644-5>
2. Besnier, F., Labrunée, M., Pathak, A., Pavy-Le, T. A., Galès, C., Sénard, J. M., & Guiraud, T. (2017). Exercise training-induced modification in autonomic nervous system: An update for cardiac patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 60(1). <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.07.002>

3. Bobos, P., Nazari, G., Lu, Z., & MacDermid, J. C. (2020). Measurement Properties of the Hand Grip Strength Assessment: A Systematic Review with Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(3). <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.10.183>
4. Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., . . . Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal Sports Medicine*, 54(24), 1451-1462. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
5. Cano-Montoya, J., Mancilla-Ramirez, K., Cenzano, L., Velazques-Lledo, C., Pardo-Cutiño, D., Nuñez-Vergara, C., Álvarez, C. (2021). Efecto agudo de ejercicio isométrico sobre la presión arterial en adolescentes con sobrepeso y obesidad. *Journal of Sport and Health Research* 13, 51-64.
6. Dos Santos António, A. M., Cardoso, M. A., do Amaral, J. A. T., de Abreu, L. C., & Valenti, V. E. *Cardiac autonomic modulation adjustments in isometric exercise*. Medical Express.
7. Drury, R. L., Porges, S., Thayer, J., & Ginsberg, J. P. (2019). Heart rate variability, health and well-being: A systems perspective. *Frontiers in Public Health*, 323. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00323>
8. Farah, B. Q., Andrade-Lima, A., Germano-Soares, A. H., Christofaro, D. G. D., de Barros, M. V. G., do Prado, W. L., & Ritti-Dias, R. M. (2018). Physical Activity and Heart Rate Variability in Adolescents with Abdominal Obesity. *Pediatric Cardiology*, 39(3). <https://doi.org/10.1007/s00246-017-1775-6>
9. Farah, B. Q., Rodrigues, S. L. C., Silva, G. O., Pedrosa, R. P., Correia, M. A., Barros, M. V. G., Deminice, R., Marinello, P. C., Smart, N. A., Vianna, L. C., & Ritti-Dias, R. M. (2018). Supervised, but Not Home-Based, Isometric Training Improves Brachial and Central Blood Pressure in Medicated Hypertensive Patients: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00961>
10. Fess E. In: *Clinical assessment recommendations*. Grip strength. 2. Casanova JS, editor. Chicago: American Society of Hand Therapists; 1992. pp. 41–45.
11. Gomes-Neto, M., Durães, A. R., Hfcd, R., Neves, V. R., Martinez, B. P., & Carvalho, V. O. (2017). High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, 24(16). <https://doi.org/10.1177/2047487317728370>

12. Gronwald, T., & Hoos, O. (2020). Correlation properties of heart rate variability during endurance exercise: A systematic review. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 25(1). <https://doi.org/10.1111/anec.12697>
13. Huggett, D. L., Elliott, I. D., Overend, T. J., & Vandervoort, A. A. (2004). Comparison of heart-rate and blood-pressure increases during isokinetic eccentric versus isometric exercise in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 12(2). <https://doi.org/10.1123/japa.12.2.157>
14. Iellamo, F. (2001). Neural mechanisms of cardiovascular regulation during exercise. *Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical*, 90(1-2). [https://doi.org/10.1016/S1566-0702\(01\)00269-7](https://doi.org/10.1016/S1566-0702(01)00269-7)
15. Jpas, A., Bessa, M., Lopes, L. T. P., Gonçalves, A., Roever, L., & Zanetti, H. R. (2021). 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. *Hypertension Research: Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*, 44(9). <https://doi.org/10.1038/s41440-021-00681-7>
16. Lee, C. M., Ellis, D., & Daprile, D. M. (2006). Cardiac autonomic modulation following high-intensity static muscle contractions. *The American Journal of the Medical Sciences*, 332(1). <https://doi.org/10.1097/00000441-200607000-00002>
17. Lin, X., & Li, H. (2021). Obesity: Epidemiology, Pathophysiology, and Therapeutics. *Frontiers in Endocrinology*, 12, 706978. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.706978>
18. Mancilla S, E., Ramos F, S., & Morales B, P. (2016). Association between handgrip strength and functional performance in Chilean older people. *Revista médica de Chile*, 144(5), 598–603.
19. Manzini, J. L. (2000). Declaración de Helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta Bioethica*, 6(2). <https://doi.org/10.4067/s1726-569x2000000200010>
20. Min, L. W., & Cayo, H. R. G. (2020). Efectividad del cuestionario global e internacional de actividad física comparado con evaluaciones prácticas. *Revista cubana de investigaciones pesqueras*, 39(2). <http://www.revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/410>
21. Obesidad y sobrepeso. (2021). Retrieved December 2, 2022, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
22. Ray, C. A., & Carrasco, D. I. (2000). Isometric handgrip training reduces arterial pressure at rest without changes in sympathetic nerve activity. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 279(1). <https://doi.org/10.1152/ajpheart.2000.279.1.H245>

23. Saxton, S. N., Clark, B. J., Withers, S. B., Eringa, E. C., & Heagerty, A. M. (2019). Mechanistic Links Between Obesity, Diabetes, and Blood Pressure: Role of Perivascular Adipose Tissue. *Physiological Reviews*, 99(4). <https://doi.org/10.1152/physrev.00034.2018>
24. Saxton, S. N., Withers, S. B., & Heagerty, A. M. (2019). Emerging Roles of Sympathetic Nerves and Inflammation in Perivascular Adipose Tissue. *Cardiovascular Drugs and Therapy / Sponsored by the International Society of Cardiovascular Pharmacotherapy*, 33(2), 245–259.
25. Segovia, V., Manterola, C., González, M., & Rodríguez-Núñez, I. (2017). The exercise training restores the heart rate variability in heart failure patients. A systematic review. *Archivos de cardiología de México*, 87(4), 326–335.
26. Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
27. Simões, R. P., Mendes, R. G., Castello, V., Machado, H. G., Almeida, L. B., Baldissera, V., Catai, A. M., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2010). Heart-rate variability and blood-lactate threshold interaction during progressive resistance exercise in healthy older men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5). <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d2c0fe>
28. Strüven, A., Holzapfel, C., Stremmel, C., & Brunner, S. (2021). Obesity, Nutrition and Heart Rate Variability. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/ijms22084215>
29. Suárez Carmona, W., Sánchez Oliver, A., & González Jurado, J. (2017). Fisiopatología de la obesidad: Perspectiva actual. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(3), 226–233.
30. Su, L., Fu, J., Sun, S., Zhao, G., Cheng, W., Dou, C., & Quan, M. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS One*, 14(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210644>
31. Vázquez, J. R., Ramírez, J. C., Rojas, L. A., Romero, O. C., & Ledezma, J. C. R. (2018). La obesidad y su asociación con otras de las enfermedades crónicas no transmisibles. *Journal of Negative and No Positive Results: JONNPR*, 3(8), 627–642.
32. Walter Wray, D., Witman, M. A. H., Ives, S. J., McDaniel, J., Fjeldstad, A. S., Trinity, J. D., Conklin, J. D., Supiano, M. A., & Richardson, R. S. (2011). Progressive handgrip exercise: evidence of nitric oxide-dependent vasodilation and blood flow regulation in humans. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 300(3), H1101.
33. Weippert, M., Behrens, K., Rieger, A., Stoll, R., & Kreuzfeld, S. (2013). Heart rate variability and blood pressure during dynamic and static exercise at similar heart rate levels. *PloS One*, 8(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083690>

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization, E.-S.A., M.C and N.M.; methodology, E.-S.A. and A.-S.G.; formal analysis, O.G.; investigation, E.-S. A, M.C and N.M. and P.-V.L.; writing—original draft preparation, M.C, N.M. and E.-S.A.; writing—review and editing, P.-V.L., C.J., E.-S.A. and A.-S.G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

FUNDING

This research received no external funding.

COPYRIGHT

© Copyright 2022: Publication Service of the University of Murcia, Murcia, Spain.