

Efecto del entrenamiento de fuerza prensil de intensidad ascendente sobre la presión arterial y la cinética de oxigenación muscular en personas mayores hipertensas tipo 1

Effect of hand grip strength training of ascending intensity on blood pressure and muscle oxygenation kinetics in elderly people with hypertension type 1

Giovanny Arenas-Sánchez^{1,3}; Antonio Huerta-Armijo¹; Edgardo Molina-Sotomayor²;
José González-Jurado⁴; Alexis Espinoza-Salinas⁵

Forma de citar: Arenas-Sánchez G, Huerta-Armijo A, Molina-Sotomayor E, González-Jurado J, Espinoza-Salinas 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 1. Salud UIS. 2020; 52(4).

Resumen

Introducción: la hipertensión arterial presenta una alta prevalencia y es un factor de riesgo importante para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, las cuales afectan mayormente a personas mayores (PM). Como estrategia terapéutica el entrenamiento isométrico de fuerza prensil (EIFP) ha demostrado resultados efectivos en la respuesta hipotensora. Sin embargo, el comportamiento fisiológico de la oxigenación muscular durante y posterior al entrenamiento sigue siendo inespecífica. **Objetivo:** analizar los efectos de un protocolo de entrenamiento isométrico de fuerza prensil de intensidad ascendente comparado con un protocolo de entrenamiento isométrico de fuerza prensil al 30% de la contracción máxima voluntaria (CMV) sobre la presión arterial y la cinética de oxigenación muscular en personas mayores hipertensas tipo 1. **Materiales y métodos:** estudio cuasi-experimental con grupo control en 50 personas mayores físicamente activas (hombres 20 y 30 mujeres) hipertensos tipo 1 farmacológicamente controlados, pertenecientes a la YMCA Santiago, edad promedio 69,6 (\pm 1,18) años. Muestreo intencional, no probabilístico y aleatorio, considerando criterios de inclusión y exclusión. Se realizó un entrenamiento isométrico de intensidad ascendente (10%, 20%, 30% CMV) de fuerza prensil durante 4 semanas, en un grupo experimental (GE; n: 25), contrastado con un entrenamiento isométrico de fuerza prensil (30 % CMV) grupo control (GC; n: 25). Se valoraron las siguientes variables hemodinámicas y antropométricas: frecuencia cardiaca (FC), presión arterial

1. Universidad Mayor. Santiago, Chile.

2. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Santiago, Chile.

3. Centro de Ejercicio Adaptado, CEA- YMCA. Santiago, Chile.

4. Universidad Pablo de Olavide. Sevilla, España.

5. Universidad Santo Tomás. Santiago, Chile.

Correspondencia: Alexis Espinoza-Salinas. Dirección: Ejercito 146, Santiago - Chile. Teléfono: +569-93222850. Correo electrónico: alexisespinozasa@santotomas.cl

(PA), oxigenación muscular (OM %), e índice de masa corporal (IMC), analizando los cambios previos y posterior al entrenamiento. **Resultados:** el análisis estadístico se realizó mediante la prueba de U de Mann-Whitney. En ambos grupos posterior a la intervención disminuyó de manera significativa la presión arterial sistólica (PAS) (GC: $123,6 \pm 2,42$ a $114,6 \pm 2,36$ $p = 0,01^*$ y GE: $128,1 \pm 1,56$ a $111,4 \pm 2,31$ $p < 0,00^*$ mmHg) y FC ($70,84 \pm 1,92$ a $64,08 \pm 1,87$ $p = 0,01^*$ y $69,72 \pm 2,01$ a $64 \pm 1,98$ $p = 0,04^*$ lpm) respectivamente. El mayor cambio de oxigenación muscular (OM) se observa sólo en el GE ($57,68 \pm 1,34$ a $64,56 \pm 1,05$ $p = 0,00^*$ OM%). **Conclusión:** el entrenamiento isométrico de fuerza prensil de intensidad ascendente es un método valioso y mejor tolerado en personas mayores para disminuir de manera aguda la PA y mejorar el porcentaje de oxigenación muscular posterior al ejercicio. En cuanto al uso de los sensores de espectroscopía del infrarrojo cercano (NIRS) Moxy, podrían desempeñar un papel importante en la mejora del conocimiento científico respecto del metabolismo oxidativo del músculo. No obstante se requieren evaluaciones futuras para determinar los límites basales de oxigenación muscular.

Palabras clave: Entrenamiento; Ejercicio físico; Fisiología; Tecnología.

Abstract

Introduction: high blood pressure has a high prevalence and is an important risk factor for the development of cardiovascular diseases, which mostly affect the elderly (PM). As a therapeutic strategy, the isometric hand grip strength training has demonstrated effective results in the hypotensive response. However, the physiological behavior of muscle oxygenation during and after exercise remains unspecified. **Objective:** analyze the effects of an isometric training protocol for hand grip strength of ascending intensity compared to an isometric training protocol for hand grip strength at 30% of the maximum voluntary contraction on blood pressure and muscle oxygenation kinetics in hypertensive elderly people type 1. **Materials and methods:** quasi-experimental study with a control group in 50 physically active elderly people (men 20 and 30 women) pharmacologically controlled type 1 hypertensive, belonging to the YMCA Santiago, average age $69.6 (\pm 1.18)$. Intentional, non-probabilistic and random sampling, considering inclusion and exclusion criteria. An ascending intensity training (10%, 20%, 30% of the maximum voluntary contraction CMV) of hand grip strength was performed for 4 weeks, on an experimental group (GE; n: 25), contrasted with an isometric training (30% CMV) control group (GC; n: 25). The following hemodynamic and anthropometric variables were assessed: heart rate (HR), blood pressure (BP), muscle oxygenation (OM%), weight, height and body mass index (BMI), analyzing the changes before and after training. **Results:** statistical analysis was performed using the Mann-Whitney U test. In both groups after the intervention, systolic blood pressure (SBP) decreased significantly (GC: 123.6 ± 2.42 to 114.6 ± 2.36 $p = 0.01$ and GE: $128.1 \pm 1,56$ to 111.4 ± 2.31 $p < 0.00$ mmHg) and FC (70.84 ± 1.92 to 64.08 ± 1.87 $p = 0.01$ and 69.72 ± 2.01 to 64 ± 1.98 $p = 0.04$ bpm) respectively. The greatest change in muscle oxygenation (OM) is observed only in the GE (57.68 ± 1.34 to 64.56 ± 1.05 $p = 0.00$ OM%). **Conclusion:** isometric training protocol for hand grip strength of ascending intensity is a valuable and better tolerated method in older people to decrease BP and improve the percentage of post-exercise muscle oxygenation. Regarding the use of Moxy near infrared spectroscopy (NIRS) sensors, they could play an important role in improving scientific knowledge regarding oxidative muscle metabolism. However, future evaluations are required to determine baseline muscle oxygenation limits.

Keywords: Training; Physical exercise; Physiology; Technology.

Introducción

Las enfermedades cardiometabólicas pertenecen al grupo de las enfermedades crónicas no transmisibles y afectan principalmente a personas mayores (PM), existiendo un incremento en la población joven y adulto joven¹. Desde el 2005 al 2015 las cifras han incrementado en un 17%, siendo la hipertensión arterial (HTA) la de mayor prevalencia con un 15,7% en personas entre 15 y 64 años de edad y del 64,3%

en personas de 65 años y más¹. Esto se traduce en un aumento de los costos económicos asociados a la atención médica y farmacológica².

Las pautas de tratamiento europeas y norteamericanas para la prevención primaria y secundaria de la hipertensión, recomiendan modificaciones no farmacológicas del estilo de vida como la primera línea de tratamiento, que incluye de forma directa al aumento de los niveles de actividad física³, sin

embargo, la óptima prescripción de ejercicio sigue sin estar clara⁴. Diversos autores han evidenciado en la actualidad que el entrenamiento isométrico de fuerza prensil (EIFP) puede provocar reducciones de la PA mayores que las observadas con ejercicios aeróbicos y de resistencia dinámicos⁵⁻¹⁰.

A pesar de los diferentes estudios y evidencia científica, aún existen dudas sobre los mecanismos fisiológicos responsables de la disminución de los niveles de PA en reposo después del EIFP^{11,12}. Este método de ejercicio se caracteriza por una acción muscular isométrica que se vincula a una reducción del flujo sanguíneo en la musculatura activa, en esta línea resulta interesante observar el comportamiento de la oxigenación muscular (OM) como mecanismo asociado a la respuesta hipotensora. Una herramienta para valorar la oxigenación es la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS, por sus siglas en inglés) MOXY, que es un método de medición telemétrico no invasivo capaz de proporcionar información funcional valiosa sobre el metabolismo oxidativo del músculo esquelético in vivo durante el entrenamiento, midiendo directamente la absorción dependiente de oxígeno de la hemoglobina (Hb) en los vasos sanguíneos de microcirculación (es decir, arteriolas, capilares y vénulas) y mioglobina (Mb) en el citoplasma muscular¹³. El objetivo de esta investigación es evaluar los efectos de un protocolo de EIFP de intensidad ascendente comparado con un protocolo de EIFP al 30% de la CMV sobre la presión arterial y la cinética de oxigenación muscular en personas mayores hipertensas tipo I.

Materiales y métodos

Se utilizó una muestra intencionada pertenecientes al centro de ejercicio adaptado (CEA) de la YMCA en Santiago de Chile de 50 adultos de 69,6 (\pm 1,18) años, siendo 20 hombres y 30 mujeres hipertensas tipo 1, considerados por su médico como farmacológicamente controlados, convocados a través del director del centro. Como criterios de inclusión se consideró: i) adultos mayores (\geq 60 años), físicamente activos y que participaran 6 meses o más ininterrumpidos en programas de ejercicios multicomponentes (que incluyen ejercicio de fuerza, aeróbico, flexibilidad y coordinación), con un volumen de actividad física \geq 180 min/semana (GPAQ versión 2.0). Los criterios de exclusión fueron: i) sujetos con farmacoterapia cronotrópica positiva o negativa; ii) fumadores; iii) con enfermedades cardíacas diagnosticadas; iv) traumatismos o lesiones de extremidades superiores que impidieran realizar fuerza prensil.

Tabla 1. Valores promedios y desviaciones estándar de las características antropométricas de los individuos.

Variable	Grupo Control Media \pm SD	Grupo Experimental Media \pm SD
Edad (años)	67,56 \pm 1,4	70,56 \pm 1,8
Peso (kg)	68,3 \pm 2,3	70,88 \pm 2,6
Talla (m)	1,599 \pm 0,0	1,584 \pm 0,0
IMC (kg/m ²)	27,41 \pm 0,9	28,12 \pm 0,8
Circunferencia cintura (cm)	101,2 \pm 2,4	94,96 \pm 2,3

Tabla 1. kg: kilogramos; m: metros; IMC: Índice de Masa Corporal.

Equipos y procedimiento de intervención

El estudio se realizó en el CEA, Santiago. Se utilizó un dinamómetro digital de mano marca CAMRY modelo EH101, esfigmomanómetro anerode Tycos, monitor de oxígeno muscular (MOXY). Todos los sujetos se mantuvieron en sus respectivos programas de ejercicios durante un mes y 3 veces a la semana. La evaluación inicial consistió en valorar las características antropométricas y la CMV de la fuerza prensil (FP) en la extremidad dominante, desde la posición sedente con la espalda recta y apoyada al respaldo de la silla y alineada correctamente. La posición del miembro superior se fijó de acuerdo a los siguientes lineamientos: el hombro abducido y rotado neutralmente, el codo flexionado a 90°, el antebrazo en posición neutra y la muñeca entre 0° y 30 grados de extensión y entre 0° y 15° de desviación ulnar. En ninguno de los casos el brazo fue apoyado en superficie alguna. El dinamómetro fue presentado en posición vertical, y paralelo al antebrazo¹⁴. Se completaron 3 intentos máximos (debiendo mantener el máximo esfuerzo durante tres segundos) con 1 minuto de descanso entre intentos, de las cuales se consideró la media¹⁴. Se registró FC, PA y OM en condición de reposo en los dos grupos. Se controló la correcta hidratación según las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (\sim 5–7 mL·kg⁻¹ de peso corporal). Y se evitó el consumo de estimulantes de la FC.

El total de participantes fue dividido de forma aleatoria en dos grupos de 25, agrupados en un GC y un GE respectivamente. Cada grupo realizó un total de 12 sesiones, con una frecuencia de 3 veces por semana durante un mes. El GC realizó el protocolo de EIFP a una intensidad del 30% de la CMV y el GE realizó EIFP de intensidad ascendente 10, 20 y 30% de la CMV. Las evaluaciones hemodinámicas (FC, PA, OM) se realizaron en cada sesión para llevar un control de cada participante (**Figura 1**).

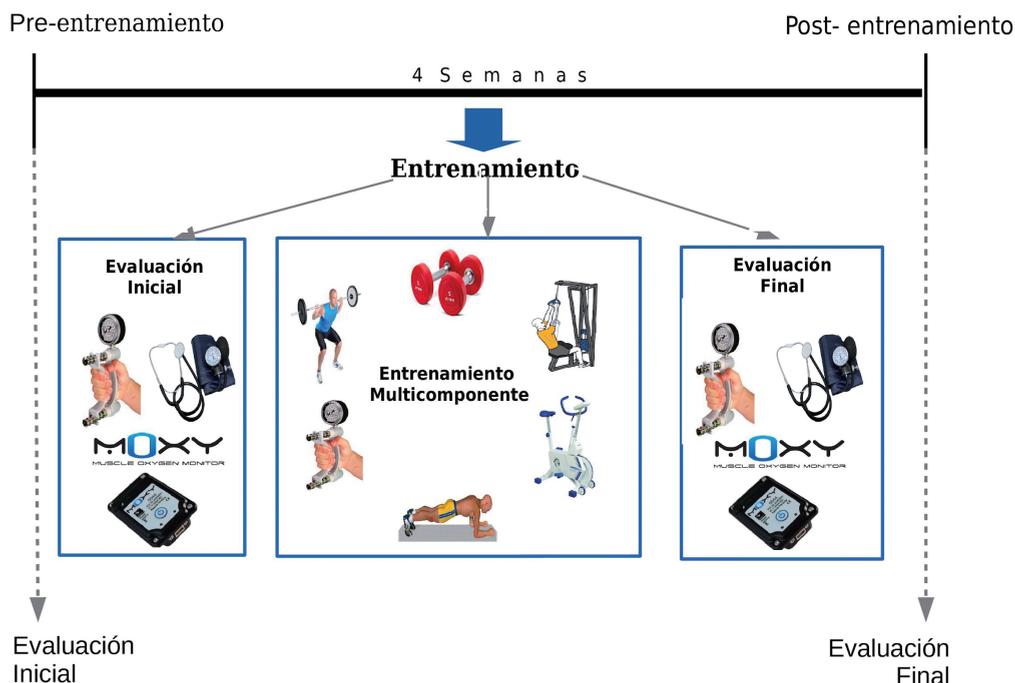


Figura 1. Diseño experimental usado en la investigación.

Con las mediciones anteriores se procedió a instalar el dispositivo NIRS-MOXY en el tercio medio de la cara anterior del antebrazo del hemicuerpo dominante. El dispositivo debe ser instalado y sellado en sus bordes con cinta adhesiva para evitar la filtración de luz ambiental y que pueda interferir en la medición. Luego se comenzó el protocolo de ejercicio con el dinamómetro con su mano dominante, y se solicitó a los sujetos que realicen el EIFP a la intensidad asignada en cada grupo, la posición del entrenamiento fue la misma con la que se determinó la CMV. Se asignaron las siguientes intensidades y repeticiones de entrenamiento:

GE: Cada participante realizó 2 series ascendentes (10-20-30 de la CMV), cada una incluye 2 repeticiones. En cada repetición el sujeto debe mantener la intensidad constante durante 2 minutos, respetando una pausa de 60 segundos entre cada repetición.

GC: Los participantes realizaron 4 repeticiones a una intensidad del 30% de la CMV, durante 2 minutos con un intervalo de recuperación de 1 minuto.

Los dos grupos tuvieron una retroalimentación visual de la intensidad subjetiva del ejercicio (escala de Borg modificada), como del tiempo durante el cual deberán realizar el ejercicio, sumado a esto tuvieron una estimulación verbal motivacional por parte de los investigadores.

Análisis estadístico

Para evaluar las diferencias entre los grupos se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene previo a la aplicación de la prueba t de Student. En los casos en que no se cumplieron los supuestos de normalidad o igualdad de varianzas se utilizó la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney¹⁵. Las comparaciones se realizaron utilizando las variables, PA, OM y CMV. Todos los análisis estadísticos fueron desarrollados utilizando el programa SPSS v20 (IBM 2011), con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

Resultados

Variables hemodinámicas y antropométricas:

Los datos de los 50 adultos se presentan en la **Tabla 2**. No se observaron diferencias en el peso corporal, presión arterial diastólica y CMV entre los grupos previo y posterior a la intervención. En cambio los valores de PAS disminuyeron de manera significativa (**Figura 2 A y B**). El mayor cambio de OM y percepción de esfuerzo se observó solo en el GE (**Figuras 2 D y 3 B**).

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

Tabla 2. Efectos del programa de entrenamiento isométrico de prensión manual para el grupo control y experimental en las variables hemodinámicas y contracción máxima voluntaria.

Variable	Grupo Control				Grupo Experimental			
	Pre	Post	% de cambio	Valor p (P < 0.05)	Pre	Post	% de cambio	Valor p (P < 0.05)
PAS(mmHg)	123,6±2,42	114,6±2,36	-9±3,384	0,0106 *	128,1±1,56	111,4±2,31	16,72±2,79	<0,0001 *
PAD(mmHg)	73,4±2,39	68,2±2,03	-5,2±3,14	0,1046ns	72,6±2,50	70,2±2,49	-2,4±3,531	0,4999 ns
FC (lpm)	70,84±1,92	64,08±1,87	-6,76±2,68	0,0153 *	69,72±2,01	64±1,98	-5,72±2,82	0,0488 *
OM (%)	58,68±1,67	60,76±1,70	2,08±2,39	0,3885ns	57,68±1,34	64,56±1,05	6,88±1,71	0,0002 *
PSE (Borg)		6,4±0,23				3,64±0,23	-2,76±0,32	<0,0001*
CMV (kg)	21,71±1,40	23,85±2,66	2,146±3,01	0,4802ns	21,64±1,44	24,28±2,64	2,648±3,01	0,3836 ns

Los datos se expresan por medio ± SD. PAS (presión arterial sistólica); PAD (presión arterial diastólica); FC (frecuencia cardíaca); CMV (contracción máxima voluntaria); OM (oxigenación muscular) * diferencia significativa entre el entrenamiento previo y posterior (valor *p <0,05).

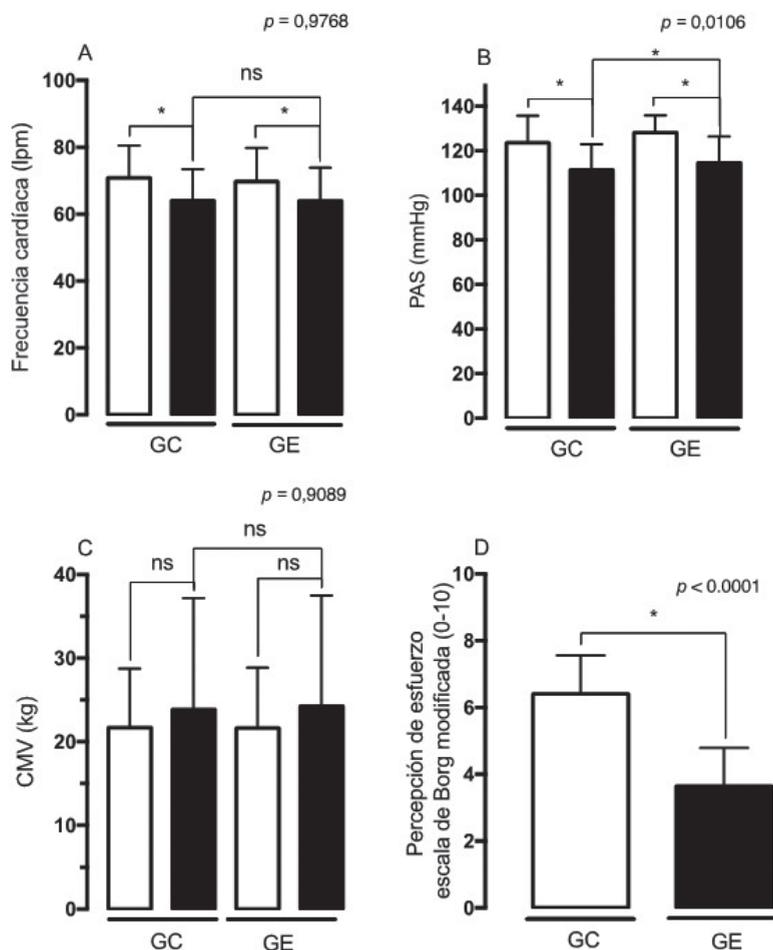


Figura 2. Efecto del entrenamiento isométrico de fuerza prensil en grupo control y experimental.

Los valores absolutos antes (barras blancas) y después (barras negras) de 4 semanas de entrenamiento GC (grupo control 30% CMV), GE (grupo de entrenamiento ascendente). **A** y **B** evidencian los cambios en frecuencia

cardíaca y presión arterial sistólica respectivamente para ambos grupos y **D** muestran los cambios en la contracción máxima voluntaria (CMV) y percepción del esfuerzo. Promedios y desviación estándar; *p<0,05.

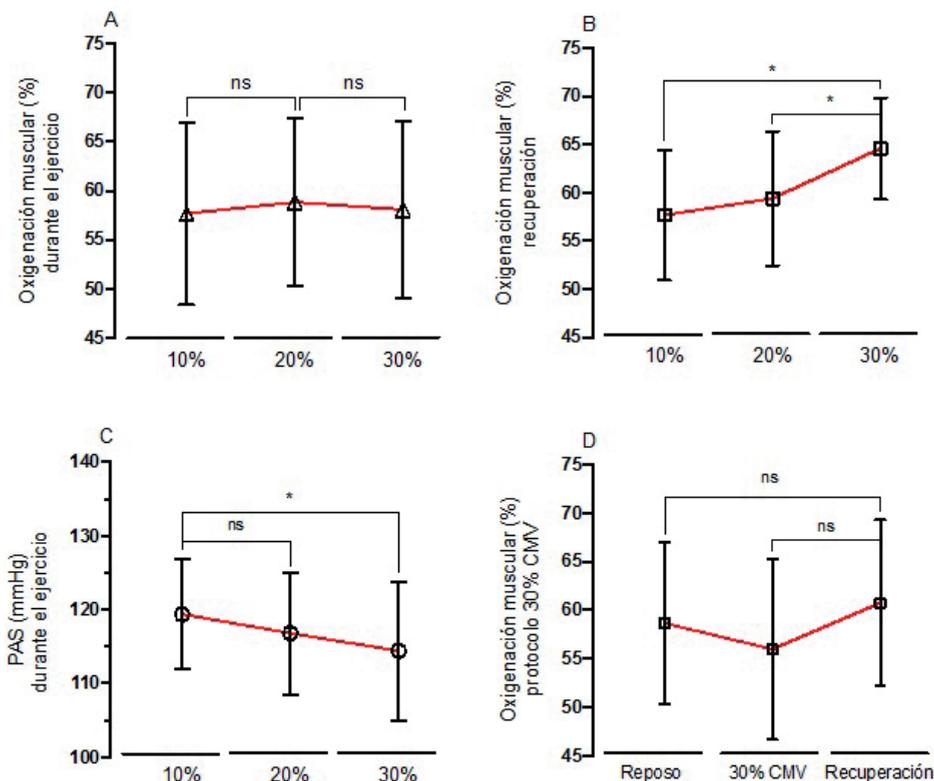


Figura 3. Comportamiento agudo de la oxigenación muscular y presión arterial sistólica en grupo control v/s experimental. **A** y **B** evidencian los cambios en porcentaje de oxigenación muscular durante el protocolo ascendente y en fase de recuperación de 1 minuto. **C** y **D** muestran los cambios de la presión arterial sistólica durante el protocolo ascendente y el porcentaje de oxigenación muscular al 30% CMV y fase de recuperación de 1 minuto.

Discusión

El propósito de este estudio fue analizar el efecto de cuatro semanas de entrenamiento isométrico de fuerza prensil de intensidad ascendente sobre la presión arterial y la cinética de oxigenación muscular monitoreados por espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS-MOXY) en personas mayores hipertensas tipo I. Los resultados indican que cuatro semanas de EIFP de intensidad ascendente fueron suficientes para causar una reducción aguda significativa de la PAS, FC y OM con los siguientes deltas de cambios en porcentajes previos y posterior a la intervención ($\Delta -16,72 \pm 2,79$), FC ($\Delta -5,72 \pm 2,82$) y OM ($\Delta 6,88 \pm 1,71$). Sin embargo, no hubo cambios significativos en la PAD. Se han informado reducciones similares en la PAS en estudios previos después de este tipo de entrenamiento isométrico^{8,10,16-19}. Notay, et al y Zhang, et al., reportaron reducciones de la PAS de 10,0, 15,4 y 12,5 mmHg, respectivamente, después de 8 semanas de entrenamiento isométrico de fuerza prensil en 132 participantes jóvenes. Franke, et al., 2000 y Sargent, et al. no encontraron cambios significativos en la PAD en reposo^{20,21}. La alta variabilidad observada en la magnitud de los cambios de la PA en reposo después

de la intervención de entrenamiento puede estar asociada de manera directa a los cambios ocurridos en la PAS de los participantes.

Otros estudios han sugerido que las reducciones inducidas por el EIFP en la PA pueden estar asociadas con cambios en la función autonómica, el gasto cardíaco, la función barorreceptora y/o las alteraciones en la distensibilidad arterial²²⁻²⁴. Howden y Fisher, 2002 indicaron que los mecanismos asociados con la hipotensión después del entrenamiento es una combinación de aumento de la vasodilatación debido a la inhibición presináptica de los nervios vasoconstrictores y la activación elevada del receptor de histamina. Las disminuciones medidas centralmente se deben a la “retirada” del sistema nervioso simpático y el restablecimiento inducido aferente muscular del barorreflejo²⁵. Estos mecanismos alterarían tanto el gasto cardíaco como la resistencia vascular periférica^{26,27}. Solo un estudio previo que incorporó EIFP mostró una reducción de la FC en reposo²⁸. Millar, et al. también reportaron cambios en el control neurocardíaco después de un solo episodio de EIFP que podría estar asociado con un aumento de la actividad parasimpática¹².

En cuanto a la tecnología NIRS-MOXY al inicio de la contracción muscular, las señales de saturación de oxígeno muscular se elevan inmediatamente a un estado estable 55-57%, lo que es consistente con la observación de Chung, et al.²⁹. Con el aumento de la intensidad de la contracción, las señales de NIRS muestran que MbO₂ (mioglobina oxigenada) desatura más²⁹. Con 30% de CMV, la fracción de saturación muscular alcanza un 51%. Dado que el consumo de oxígeno muscular (MVO₂) debería aumentar proporcionalmente con EIFP, los resultados indican que a medida que MVO₂ aumenta con la intensidad de la contracción, el nivel celular de oxígeno disminuye (**Figura 3-D**). Sin embargo, destaca el potencial de medir la rápida captación de oxígeno posterior a una acción muscular (**Figura 3-B**). No obstante un análisis adecuado debe determinar la contribución de las características alteradas del tejido entre la isquemia y la postisquemia, ya que los cambios repentinos de contracción muscular modularán la intensidad de la señal NIRS-MOXY³⁰.

Limitaciones

Las principales limitación se deben a la poca evidencia científica de estudios similares que respalden el uso de sensores de oxigenación muscular en personas mayores. Otro punto importante es homogeneizar la muestra de individuos sometidos al estudio en igualdad de sexo, IMC, perímetro y pliegue del antebrazo, ya que la espectroscopia de infrarrojo cercano se ve afectada por el panículo adiposo.

Conclusión

Cuatro semanas de EIFP de intensidad ascendente, fueron suficientes para causar una reducción aguda significativa en la PAS, FC y aumento de la OM durante la fase de recuperación.

El uso de NIRS-MOXY puede ser una herramienta interesante para valorar la oxigenación aguda de los tejidos musculares. Para futuras investigaciones, se debe realizar una evaluación adicional para determinar los tiempos de entrenamiento y establecer los límites en porcentajes de oxigenación muscular.

Consideraciones éticas

Todos los participantes firmaron el consentimiento informado. Los procedimientos fueron aprobados por el comité de ética de la Universidad Santo Tomás.

Conflicto de interés

Los autores declaramos no tener conflictos de intereses.

Referencias

1. Castañeda-Porras O, Segura O, Parra A. Prevalence of chronic non-transmissible diseases in Trinidad-Casanare. *Rev Méd Risaralda*. 2018; 24(1): 38-42.
2. Salinas Rebolledo E, Chiaravalloti Neto F, Escobar Meza MT, Giatti LL. Variación espacial de la cobertura del tratamiento de hipertensión arterial, en el municipio de Santiago de Chile. *Salud colectiva*. 2018; 14(1): 5-17. doi: <https://doi.org/10.18294/sc.2018.1181>.
3. Giuseppe M, Fagard R, Narkiewicz K, Redón J, Zanchetti A, Böhm M, et al. "2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: The task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J Hipertens*. 2013; 31(7): 1281-1357. doi: [10.1097/01.hjh.0000431740.32696](https://doi.org/10.1097/01.hjh.0000431740.32696)
4. Carlson D, Dieberg G, Hess N, Millar P, Smart N. Isometric exercise training for blood pressure management: A systematic review and meta-analysis. *Mayo Clin Proc*. 2014; 89(3): 327-334. doi: [10.1016/j.mayocp.2013.10.030](https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.10.030)
5. Owen A, Wiles J, Swaine I. Effect of isometric exercise on resting blood pressure: a meta analysis. *J Hum Hypertens*. 2010; 24(12): 796-800. doi: [10.1038/jhh.2010.13](https://doi.org/10.1038/jhh.2010.13)
6. Jarvis S, VanGundy T, Galbreath M. Sex differences in the modulation of vasomotor sympathetic outflow during static handgrip exercise in healthy young humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2011; 301(1): R193-R200. doi: [10.1152/ajpregu.00562.2010](https://doi.org/10.1152/ajpregu.00562.2010)
7. Cornelissen V, Buys R, Smart N. Endurance exercise beneficially affects ambulatory blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Hypertens*. 2013; 31(4): 639-648. doi: [10.1097/HJH.0b013e32835ca964](https://doi.org/10.1097/HJH.0b013e32835ca964)
8. McGowan C, Proctor D, Swaine I, Brook R, Jackson E, Levy P. Isometric handgrip as an adjunct for blood pressure control: a primer for clinicians. *Curr Hypertens Rep*. 2017; 19(6): 51. doi: [10.1007/s11906-017-0748-8](https://doi.org/10.1007/s11906-017-0748-8)
9. Notay K, Lee J, Incognito A, Seed J, Arthurs A, Millar P. Muscle strength influences pressor responses to static handgrip in men and women. *Med Sci Sports Exerc*. 2018; 50(4): 778-784. doi: [10.1249/MSS.0000000000001485](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001485)

10. Zhang X, Lingling H, Xin P, Yixian X, Xinyu B, Junxuan H, et al. Association of handgrip strength with hypertension among middle-aged and elderly people in Southern China: A cross-sectional study. *Clin Experimental Hypertens*. 2020; 42 (2): 190 - 196. doi: 10.1080/10641963.2019.1601206
11. Millar P, McGowan C, Cornelissen V, Araujo C, Swaine I. Evidence for the role of isometric exercise training in reducing blood pressure: potential mechanisms and future directions. *Sports Med*. 2014; 44(3): 345-356. doi: 10.1007/s40279-013-0118-x
12. Millar P, MacDonald M, Bray S, McCartney N. Isometric handgrip exercise improves acute neurocardiac regulation. *Eur J Appl Physiol*. 2009; 107(5): 509-515. doi: 10.1007/s00421-009-1142-2
13. Ferrari M, Muthalib M, Quaresima V. The use of near-infrared spectroscopy in understanding skeletal muscle physiology: recent developments. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*. 2011; 369(1955): 4577-4590. doi:10.1098/rsta.2011.0230
14. Kuzala E, Vargo M. The relationship between elbow position and grip strength. *Am J Occup Ther*. 1992; 46(6): 509-512. doi:10.5014/ajot.46.6.509
15. Hernández S, Carlos F, Pilar B. Selección de la muestra. *Metodología de la Investigación* 6. 2014; 170-191.
16. Taylor A, McCartney N, Kamath M, Wiley R. Isometric training lowers resting blood pressure and modulates autonomic control. *Med Sci Sports Exerc*. 2003; 35(2): 251-256. doi:10.1249/01.MSS.0000048725.15026.B5
17. Millar P, Bray S, MacDonald M, McCartney N. The hypotensive effects of isometric handgrip training using an inexpensive spring handgrip training device. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2008; 28(3): 203-207. doi: 10.1097/01.HCR.0000320073.66223.a7
18. Notay K, Lee J, Incognito A, Seed J, Arthurs A, Millar P. Muscle strength influences pressor responses to static handgrip in men and women. *Med Sci Sports Exerc*. 2018; 50(4): 778-784. doi: 10.1249/MSS.0000000000001485
19. Franke W, Boettger C, McLean S. Effects of varying central command and muscle mass on the cardiovascular responses to isometric exercise. *Clin Physiol*. 2000; 20(5): 380-387. doi:10.1046/j.1365-2281.2000.00273
20. Sargent C, Scroop G. Response: defining exercise capacity, exercise performance, and a sedentary lifestyle. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34: 1692-1693. doi: 10.1097/00005768-200210000-00024
21. Wiley R, Dunn C, Cox R, Hueppchen N, Scott M. Isometric exercise training lowers resting blood pressure. *Med Sci Sports Exerc*. 1992; 24(7): 749-754.
22. Taylor J, Hand G, Johnson D, Seals D. Sympathoadrenal-circulatory regulation during sustained isometric exercise in young and older men. *Am J Physiol*. 1991; 261(5 Pt 2): R1061-R1069. doi: 10.1152/ajpregu.1991.261.5.R1061
23. Hess T, Ennis G. Assessment of adult age differences in task engagement: The utility of systolic blood pressure. *Motiv Emot*. 2014; 38(6): 844-854. doi: 10.1007/s11031-014-9433-2
24. Halliwill J, Buck T, Laceywell A, Romero S. Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise?. *Exp Physiol*. 2013; 98(1): 7-18. doi: 10.1113/expphysiol.2011.058065
25. Howden R, Lightfoot J, Brown S, Swaine I. The effects of isometric exercise training on resting blood pressure and orthostatic tolerance in humans. *Exp Physiol*. 2002; 87(4): 507-515. doi: 10.1111/j.1469-445x.2002.tb00064.x
26. Fisher W, White M. Training-induced adaptations in the central command and peripheral reflex components of the pressor response to isometric exercise of the human triceps surae. *J Physiol*. 1999; 621-628. doi:10.1111/j.1469-7793.1999.00621.x
27. Vianna L, Ricardo D, Araújo C. Training-related changes in the R-R interval at the onset of passive movements in humans. *Braz J Med Biol Res*. 2008; 41(9): 825-832. doi: 10.1590/s0100-879x2008000900014
28. Baross A, Wiles J, Swaine I. Effects of the intensity of leg isometric training on the vasculature of trained and untrained limbs and resting blood pressure in middle-aged men. *Int J Vasc Med*. 2012; 2012: 964697. doi: 10.1155/2012/964697
29. Chung Y, Molé P, Sailasuta N, Tran T, Hurd R, Jue T. Control of respiration and bioenergetics during muscle contraction. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2005; 288(3): C730-C738. doi:10.1152/ajpcell.00138.2004
30. Molé P, Chung Y, Tran T, Sailasuta N, Hurd R, Jue T. Myoglobin desaturation with exercise intensity in human gastrocnemius muscle. *Am J Physiol*. 1999; 277(1): R173-R180. doi:10.1152/ajpregu.1999.277.1.R173