



Effect of training with vascular occlusion on muscle power in the bench press exercise in trained adults

Efecto del entrenamiento con oclusión vascular sobre la potencia muscular en el ejercicio de press banca en adultos entrenados

Giovanny Arenas-Sánchez^{1*}, Braulio Mamani-Tapia¹, Eduardo Inostroza-Téllez¹, Luis Peiret-Villacura¹, Claudio Farias-Valenzuela², Javier Orellana-Montini³, Alexis Espinoza-Salinas¹

¹ Universidad Santo Tomás. Santiago, Chile.

² Instituto del Deporte, Universidad de Las Américas, Santiago, Chile.

³ Universidad Mayor. Santiago, Chile.

* Correspondence: Giovanny Arenas -Sánchez; Garenas2@santotomas.cl

ABSTRACT

Introduction: Blood Flow Restriction Training (BFRT), combines exercise and partial blood flow reduction with positive effects on the development of muscle hypertrophy. However, there is still a marked inconsistency in the effects it generates on the development of muscle power. **Objective:** This study aims to analyze the effect of upper extremity vascular occlusion training on muscle power in trained adults. **Methods:** Quasi-experimental study with control group in 12 subjects, mean age 28 (\pm 1.3) years. Purposive, non-probabilistic sampling. Divided into two groups; i) intervened group, which performed an BFRT protocol at 30% of 1 repetition maximum (1RM); ii) traditional training group, performed training at 70% of 1RM. Each group performed 12 bench press training sessions. **Results:** BFRT increased mean power ($p = 0.01$); concentric power ($p = 0.04$) and eccentric power ($p = 0.01$). **Discussion:** El EOv mostró mejoras en potencia muscular, lo que se condice por lo reportado en la literatura en otras poblaciones. Se debe considerar que la presión de oclusión debe ser adaptada para cada participante para evitar riesgos en la salud. **Conclusion:** 12 sessions of low-load muscular strength training with vascular occlusion improve the muscular power of the upper extremities in the bench press exercise in a sample of trained adults.

Arenas-Sánchez et al.

KEYWORDS

Blood flow restriction training; strength training; muscle power; muscle hypoxia; muscle hypertrophy; metabolic stress; blood flow restriction; KAATSU training.

RESUMEN

Introducción: El entrenamiento con oclusión vascular (EOV), combina ejercicio y reducción parcial del flujo sanguíneo con efectos positivos sobre el desarrollo de la hipertrofia muscular. Sin embargo, sigue habiendo una marcada inconsistencia en los efectos que genera sobre el desarrollo de la potencia muscular. **Objetivo:** Analizar el efecto del entrenamiento de oclusión vascular en la potencia muscular extremidades superiores de adultos entrenados. **Métodos:** Estudio cuasi-experimental la muestra la conformaron 12 sujetos, edad promedio 28 (\pm 1,3) años. Muestreo intencional, no probabilístico. Divididos en dos grupos; i) grupo intervenido (n=6), que realizó un protocolo de EOV al 30% de 1 repetición máxima (1RM); ii) grupo entrenamiento tradicional (n=6), realizó un entrenamiento al 70% de 1RM. Cada grupo realizó 12 sesiones de entrenamiento de press de banca. **Resultados:** El EOV, aumentó la potencia media ($p = 0,01$); concéntrica ($p = 0,04$) y excéntrica ($p = 0,01$). **Conclusión:** 12 sesiones de entrenamiento de fuerza muscular de baja carga con oclusión vascular mejoran de la potencia muscular de las extremidades superiores en el ejercicio de press banca en una muestra de adultos entrenados.

PALABRAS CLAVE

Entrenamiento con oclusión vascular; entrenamiento de fuerza; potencia muscular; hipoxia muscular; hipertrofia muscular; estrés metabólico; restricción de flujo sanguíneo; entrenamiento KAATSU.

1. INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de la potencia muscular (PM) en poblaciones adultas es de importancia para la preservación de la capacidad funcional y fuerza muscular (Orssatto et al., 2020; Reid & Fielding, 2012). La potencia muscular es considerada un marcador de salud independiente de la fuerza muscular (Zymbal et al., 2022), la cual establece relaciones inversas con la probabilidad de desarrollar enfermedades cardiometabólicas (Fogelholm, 2010; Reid & Fielding, 2012;). Por lo anteriormente mencionado se han adoptado diferentes metodologías de entrenamiento para el desarrollo de la PM.

Arenas-Sánchez et al.

Cuya finalidad es otorgar un mayor protagonismo al sistema neuromuscular para el máximo desarrollo de tensión en el menor periodo de tiempo (Cormie, McGuigan & Newton, 2011)

Por lo tanto, metodologías basadas en entrenamientos tradicionales puede ser efectivas en el desarrollo de la PM (Wortman et al., 2021) sin embargo, la evidencia científica sugiere que también se pueden lograr adaptaciones al entrenamiento por medio de la adición de isquemia a los músculos activos, siendo un potente estimulante para la adaptación y la función muscular (de Queiros et al., 2021). De esa manera se presenta el entrenamiento con oclusión vascular (EOV) el cual funciona ocluyendo el flujo venoso, pero permitiendo un flujo arterial parcial con un manguito inflado manual o neumáticamente en el lugar más proximal de las extremidades durante el ejercicio físico (Linero & Choi, 2021). Esta técnica, la que conjuntamente a las contracciones musculares repetitivas, logra disminuir el flujo sanguíneo venoso, cuyo efecto se traduce en la acumulación de sangre en los capilares de las extremidades ocluidas, debido al aumento de la presión intramuscular por debajo del manguito (Pettersson et al., 2019). El EOV reporta beneficios terapéuticos, con incrementos masa muscular y fuerza de los sujetos que buscan mejorar su rendimiento, como también, en la recuperación de lesiones en etapas iniciales (Reina-Ruiz et al., 2022) y se logran mejores adaptaciones donde el estímulo del ejercicio de resistencia parece proporcionar las ganancias musculares más sustanciales cuando se combina con la EOV (Wortman et al., 2021).

Cuando el manguito se infla, se produce una compresión mecánica vascular gradual, lo que da lugar a una restricción parcial del flujo sanguíneo arterial, impidiendo completamente el retorno venoso. Según Kacin et al. (2015) la compresión vascular proximal al músculo esquelético provoca un suministro inadecuado de oxígeno en el tejido muscular, la cual puede estar influenciada por la presión aplicada. Además, la disminución del flujo sanguíneo venoso provoca la acumulación de sangre en los capilares de las extremidades ocluidas, lo que a menudo se refleja en un eritema visible.

En el EOV los músculos activos encuentran un estado de isquemia que generan un mayor estrés metabólico (Vanwye, Weatherholt & Mikesky, 2017), el cual aumenta la inflamación de las células musculares, activando las vías anabólicas intracelulares y reclutando las fibras de contracción rápida (Yasuda et al., 2006), que se cree que participan en las adaptaciones musculares que tributan en el desarrollo de la PM (de Queiros et al., 2021), Es necesario reconocer que las adaptaciones al EOV depende de varios factores tales como: la presión de oclusión parcial o completa; el tipo de oclusión continua o intermitente; la intensidad del ejercicio, baja, moderada o alta y el volumen de EOV (Vanwye, Weatherholt & Mikesky, 2017). Los factores anteriormente descritos y relacionados al EOV,

Arenas-Sánchez et al.

favorecen las adaptaciones anatómicas y funcionales del músculo esquelético, sin embargo, la literatura no es clara en declarar los efectos que se obtienen con la EOv en la PM. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue analizar los efectos del entrenamiento de fuerza muscular de baja carga con oclusión vascular en extremidades superiores sobre la potencia muscular en adultos jóvenes entrenados.

2. MÉTODOS

La presente investigación es de tipo analítica con un diseño cuasi experimental. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia de 12 sujetos adultos jóvenes hombres entrenados edad promedio ($28,4 \pm 1,4$ años), pertenecientes al centro de CrossFit Forza de la Región Metropolitana, Santiago de Chile. El total de participantes fue dividido en dos grupos seleccionados de forma aleatoria, grupo EOv ($n=6$) y entrenamiento tradicional ($n=6$). El grupo EOv, que realizó un protocolo de entrenamiento de baja carga (30-40% de 1RM) con oclusión vascular, mientras que el grupo entrenamiento tradicional, fue sometido a un entrenamiento de alta carga (70-80% 1RM). Este estudio se realizó durante la pandemia del COVID-19 entre los meses de mayo y agosto del año 2021 (donde se mantuvieron en todo momento los protocolos de manejo y prevención en gimnasios abiertos al público (Gobierno de Chile, 2021). Se consideraron como criterios de inclusión: i) adultos jóvenes sin enfermedades crónicas no transmisibles diagnosticadas entre los 24 a los 32 años; ii) físicamente activos; iii) ≥ 3 meses ininterrumpidos en sus programas de ejercicios, iv) volumen de actividad física ≥ 180 min/semana (cuestionario GPAQ). Contrariamente, los criterios de exclusión fueron los siguientes; i) usuarios que utilicen ayudas ergogénicas; ii) fumadores; iii) diagnóstico de enfermedades cardiometabólicas; iv) diagnóstico de alteraciones neurológicas y/o alteraciones musculoesqueléticas de extremidades superiores y v) presencia de enfermedades vasculares periféricas. Los participantes accedieron voluntariamente y firmaron un consentimiento informado que respeta los principios éticos de la declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013).

2.1. Procedimiento

La duración total de la intervención tuvo una extensión de cuatro semanas. Esta contempló como fase uno, evaluaciones iniciales, como fase la intervención con dos planes distintos de entrenamiento y la fase tres fue una reevaluación con las mismas pruebas utilizadas en la fase uno. Las evaluaciones iniciales consideraron el registro de medidas antropométricas tales como: Índice de Masa Corporal (IMC) y los perímetros de brazo contraído, relajado y cintura. También se registraron parámetros hemodinámicos basales como la Frecuencia Cardíaca (FC), Presión Arterial (PA) y la

Arenas-Sánchez et al.

Presión Oclusiva Arterial (POA). Para determinar los niveles de actividad física de los participantes se utilizó el Cuestionario Global de Actividad Física, GPAQ (Cleland et al., 2014).

Tabla 1. Características antropométricas y hemodinámicas de los participantes.

Variables	Grupo EOJ (n=6)	Grupo ET (n=6)	Diferencia entre grupos
Peso (kg)	74,3 ± 2,7	74,5 ± 0,7	0,2 ± 2,8
Talla (cm)	171 ± 3,4	173,2 ± 1,3	2,2 ± 3,7
IMC (kg/m ²)	25,46 ± 1,0	24,84 ± 0,3	-0,62 ± 1,1
P. Brazo Relajado (cm)	32,3 ± 0,8	33,2 ± 0,8	0,9 ± 1,2
P. Brazo Contraído (cm)	36 ± 0,9	35,8 ± 0,8	-0,2 ± 1,2
P. Cintura (cm)	83,8 ± 3,1	84,6 ± 2,5	0,8 ± 4,0
PAS (mm/Hg)	122 ± 4,1	116,6 ± 1,6	-5,4 ± 4,4
PAD (mm/Hg)	76,2 ± 2,6	76,8 ± 1,5	0,6 ± 3,0
FC (lat/min)	67,6 ± 2,7	72,8 ± 2,2	5,2 ± 3,5
60% POA (lpm)	88,8 ± 4,4	-	-
100% POA (lpm)	148 ± 7,3	-	-

Los datos son presentados como media y desviación estándar. Kg: kilogramos; cm: centímetros; IMC: Índice de Masa Corporal; PAS: Presión Arterial Sistólica; PAD: Presión Arterial Diastólica; FC: Frecuencia Cardíaca; PAO: Presión de Oclusión Arterial.

En paralelo a lo descrito anteriormente, la evaluación de la PM se realizó en el primer y último día de la primera y cuarta semana del plan de intervención. La FC y PA fueron evaluados y controlados en cada sesión. Además, se controló la correcta hidratación según las recomendaciones del Colegio Americano de Medicina del Deporte (Sawka et al., 2007).

Figura 1. Diseño Experimental.



El grupo de entrenamiento con oclusión vascular (Grupo EOV) realizó un protocolo de entrenamiento con oclusión vascular con sobrecarga (30-40% 1RM) y el grupo entrenamiento tradicional (Grupo ET), realizó un entrenamiento con sobrecarga (70-80% 1RM). La duración del programa en ambos grupos fue de 12 sesiones.

Instrumentos y Protocolos de Evaluaciones Iniciales y Finales

Se realizó un registro en reposo de la FC, desde la posición sedente durante cinco minutos, mediante un cardiotacómetro (Polar ® V800), además se valoró la PA con un esfigmomanómetro aneroide (Tycos ® Mobile Serie 767). Posteriormente se procedió a la medición de la potencia por medio de un encoder de transducción lineal (CLTP, Chronojump Boscosystem ®, Barcelona, España) y en sincronía con el software Chronojump Software versión 1.9. Mientras que la fuerza muscular fue evaluada por medio de la prueba de una repetición máxima (1 RM) aplicando el protocolo de Bosquet (2010). Ambas medidas fueron empleadas en el ejercicio de press banca.

2.2 Intervención

Programas de Entrenamiento: En el Grupo Entrenamiento con Oclusión Vascular (EOV) para generar la restricción del flujo sanguíneo se midió de presión arterial (mmHg) con un manguito neumático de tres pulgadas de ancho (7,62 cm) (BodyPro, Kinemax®) ubicado en las extremidades superiores en la zona proximal del brazo, a tres dedos debajo del pliegue axilar y a una presión entre el 50 - 60 % de la Presión Oclusiva Arterial (POA), calculadas con un esfigmomanómetro aneroide (Tycos ®, Serie 767) y doppler vascular 8 MHz aplicado en la arteria radial del brazo izquierdo. El

Arenas-Sánchez et al.

grupo realizó un protocolo de EOJ con sobrecarga, con intensidades entre 30 – 40 % de 1RM, acorde a las directrices metodológicas, aplicación y seguridad recomendada por Patterson et al. (2019). Por su parte, el Grupo Entrenamiento Tradicional (ET) ejecutó un protocolo con sobrecarga de intensidades entre el 70 - 80 % de 1RM sin EOJ. Cada grupo de entrenamiento realizó 12 sesiones de entrenamiento de press de banca (Tabla 2).

2.3. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS ® (versión 25.0). Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la distribución de datos. La estadística descriptiva es presentada como media y desviación estándar. Las comparaciones pre y post de la potencia media, concéntrica y excéntrica posterior a las 12 sesiones de entrenamiento de los programas EOJ y ET se utilizó la prueba de T-Student para muestras relacionadas (paramétrica) o Wilcoxon (no paramétrica) de acuerdo con el resultado de la prueba de normalidad. También, se establecieron comparaciones entre los grupos EOJ y ET en la potencia media, concéntrica y excéntrica, a través de la prueba de T-Student para muestras independientes (paramétrica) o U. de Mann Whitney (no paramétrica). Para todos los análisis se utilizó el nivel de significancia < al 5%.

Tabla 2. Protocolos de EOY y ET de 12 sesiones con sobrecarga para el ejercicio de press banca.

Componentes	Grupo EOY (n=6)	Grupo ET (n=6)
Día/semana	Lunes - miércoles – viernes	
Métodos de entrenamiento	Metodología de aplicación EOY (Patterson et al., 2019)	Método de repeticiones II (Badillo & Gorostiaga, 1995)
Capacidades físicas	Fuerza-resistencia	Fuerza sub-máxima
Medición pre y post intervención	Test carga-velocidad para medir la potencia muscular utilizando encoder de transductor lineal y software chronojump (v1.9)	
Pautas	Presión o nivel de oclusión: 50-60% POA.	N.A
	Tipo de restricción: continuo	N.A
Calentamiento 10 minutos	Movimientos y estiramientos dinámicos de grandes grupos musculares y multiarticulares para favorecer el rendimiento y disminuir el riesgo de lesión (Mcmillian et al., 2006)	
Protocolo de entrenamiento	Volumen: 4 series.	Volumen: 4 series.
	Repeticiones por serie: (75 reps) - 30/15/15/15.	Repeticiones por serie: 6-12/6-12/6-12/6-12.
	Densidad: 30 seg a 1 min. (descanso inter-serie).	Densidad: 2-5 min. (descanso inter-serie).
	Intensidad (%1rm): 30-40%.	Intensidad (%1rm): 70-80%.
	Tiempo: 1:2 seg. (concéntrico y excéntrico).	Tiempo: 1:2 seg. (concéntrico y excéntrico).

N.A: no aplica.

3. RESULTADOS

En ambos grupos EOV y ET se registró el aumento en la potencia media, concéntrica y excéntrica en comparación a sus valores de referencias pre y post intervención a un programa de sobrecarga de 12 sesiones para el ejercicio de press banca.

El grupo EOV aumento la potencia media en un 25,70%, concéntrica en 31,60% y excéntrica en 24,17%. Mientras que el grupo ET obtuvo mejoras de un 21,16, 24,60 y 18,51 % en la potencia media, concéntrica y excéntrica respectivamente.

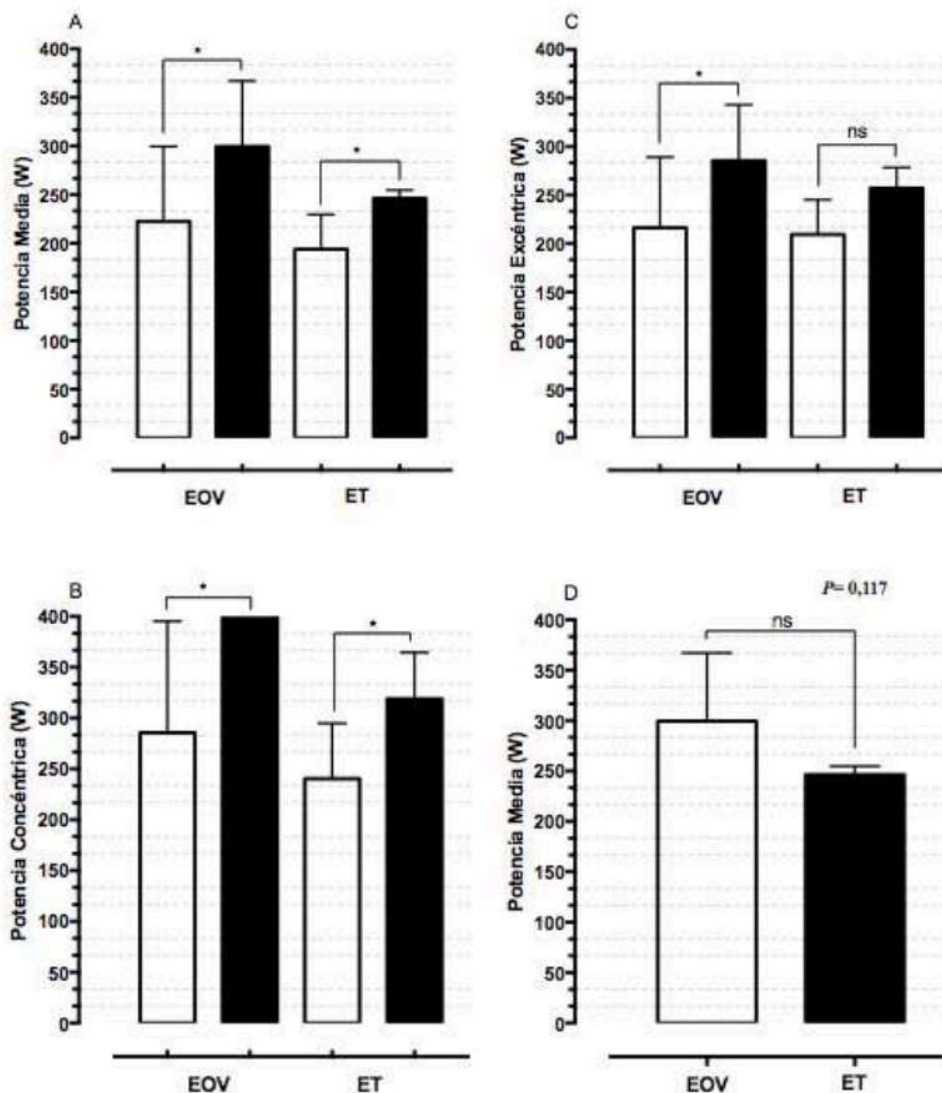
Tabla 3. Características pre y post la aplicación de programas de entrenamiento con sobrecarga con oclusión vascular y tradicional en la potencia de press banca.

Variables	Grupo EOV (n=6)				Grupo ET (n=6)			
	Pre	Post	Diferencia entre medias	(Δ%)	Pre	Post	Diferencia entre medias	(Δ%)
Potencia Media (W)	222,6 ± 34,4	299,6 ± 30,1	76,96 ± 45,7	↑ 25,70	194,1 ± 15,9	246,2 ± 3,81	52,14 ± 16,4	↑ 21,16
Potencia Concéntrica (W)	285,6 ± 49,0	417,6 ± 37,7	132 ± 61,8	↑ 31,60	240,4 ± 24,4	319 ± 20,4	78,6 ± 31,8	↑ 24,60
Potencia Excéntrica (W)	216,4 ± 32,5	285,4 ± 25,8	69 ± 41,5	↑ 24,17	209,6 ± 16	257,2 ± 9,5	47,6 ± 18,6	↑ 18,51

Los datos se expresan por medio ± SD. W: watts; ↑: aumento; Δ%: delta porcentual.

Los valores absolutos pre (barras blancas) y post (barras negras) de 4 semanas de entrenamiento en press banca. Grupo EOV y Grupo ET. **A, B y C** evidencian los cambios significativos en la potencia media (W) ($p= 0,014^*$); concéntrica (W) ($p= 0,040^*$) y excéntrica (W) ($p= 0,012^*$). **D** no se establecen diferencias significativas en la potencia media al comprar EOV y ET ($p= 0,117$). *Valor de significancia $p < 0,05$.

Figura 2. Efecto de 12 sesiones de EOv y ET en la potencia media, excéntrica y concéntrica en el ejercicio de press banca



W: watts; ns: no significativo; * valor $p < 0,05$.

4. DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue analizar los efectos del entrenamiento de fuerza muscular de baja carga con oclusión vascular en extremidades superiores sobre la potencia muscular en el ejercicio de press banca en adultos jóvenes entrenados. Los resultados demostraron que un programa de entrenamiento de 12 sesiones con oclusión vascular de baja carga mejoró la potencia media,

Arenas-Sánchez et al.

concéntrica y excéntrica. Por su parte que un programa de entrenamiento tradicional con la misma duración y con una carga mayor, también mejoró la potencia media y concéntrica.

El EOV demostró mejorar potencia media (W) ($\Delta 76,96 \pm 45,7$); potencia concéntrica (W) ($\Delta 132 \pm 61,8$) y potencia excéntrica (W) ($\Delta 69 \pm 41,5$), TABLA 4, como también es descrito en el estudio de Cook et al. 2014, que mostraron que el EOV generó cambios en la PM durante la ejecución de una sentadilla (168 ± 105 vs 68 ± 50 W). De forma similar, se han descrito por Gepfert et al. (2020) mejoras en potencia máxima ($p = 0,03$) y potencia media ($p = 0,04$), en la ejecución de sentadilla trasera, luego de un protocolo de entrenamiento de 12 sesiones de EOV.

Por otra parte, en condiciones regulares, la activación de las fibras musculares tipo II (FT) es crucial para lograr una respuesta hipertrófica. El reclutamiento de fibras musculares típicamente sigue el "principio de tamaño" o de Henneman (Parodi, 2017) en el que las unidades motoras más grandes, que contienen principalmente fibras FT, se reclutan progresivamente a medida que aumenta la carga de entrenamiento para la generación de un mayor torque muscular (Vopat et al., 2020). De esa manera en nuestro estudio se puede observar aumentos en la frecuencia de disparo de las unidades motoras y la amplitud de los picos en consonancia con un mayor reclutamiento de las unidades motoras FT (Tegtbur et al., 2020). Estos resultados pueden ser atribuibles a la fatiga muscular, que puede alterar la activación de la unidad motora y el reclutamiento secuencial de las fibras musculares según lo dicta el principio de tamaño (Yasuda et al, 2006; Takarada et al., 2000)

Estudios recientes (Fan et al., 2023; Anderson et al., 2022) muestran la seguridad del entrenamiento con oclusión con beneficios en procesos de rehabilitación e hipertrofia muscular. La metodología propuesta por Patterson et al. (2019), no genero ninguna complicación o efecto adverso en ninguno de los participantes. La adaptación acorde a las características de cada participante referida a la oclusión vascular confirió una estrategia para el cuidado de la salud general, y así evitar, el riesgo asociado a la coagulación sanguínea (Nakajima et al., 2007; Patterson et al., 2019) y alcanzar los beneficios asociados al desarrollo de hipertrofia muscular (Wilkinson et al., 2019) y potencia muscular (Bradley et al., 2023).

El estudio de Bradley et al. (2023) que utilizo un programa de entrenamiento de 4 semanas reporto mejorar en un 12,5% en la potencia muscular en el grupo que realizó EOV en comparación al grupo control en una muestra de 15 adultos. Los resultados de nuestro estudio son similares al estudio anterior, y al parecer una temporalidad de 4 semanas con entrenamiento EOV, serían suficientes para

Arenas-Sánchez et al.

mejorar la PM. Por lo tanto, el entrenamiento de fuerza muscular de baja carga con oclusión vascular resultó ser efectivo y se sugiere como alternativa para mejorar la PM en adultos jóvenes entrenados.

Otro potencial beneficio tendría relación con el reintegro deportivo, donde se lo asociaría a un menor riesgo de lesión al ser los sujetos sometidos a cargas más bajas lo que implica un menor estrés para el tejido miotendinoso y el sistema nervioso central, pero manteniendo capacidades de adaptación similares a las logradas con el entrenamiento tradicional (Lineo & Choi, 2021).

En la misma línea anterior, Hedt et al. (2022) establecen que el entrenamiento con oclusión podría beneficiar a la musculatura proximal al estímulo oclusivo, pudiendo considerarse esta adaptación como estímulo adicional para su uso en diferentes deportes en la recuperación de lesiones asociadas la práctica.

Las limitaciones del presente estudio radican en el tipo de selección de la muestra, bajo tamaño muestral, no consideró los cambios en la composición corporal, solo fue aplicado en hombres y la aplicación solo se realizó empleando el ejercicio de press banca.

A pesar de lo anterior, y entre las fortalezas del estudio es posible destacar, el uso de esta metodología en la PM, dado que la mayoría de las investigaciones disponibles en la literatura utilizan el EOv para la hipertrofia muscular, por sobre la potencia y función muscular.

5. CONCLUSIONES

El entrenamiento de fuerza muscular de baja carga con oclusión vascular en extremidades superiores puede mejorar el desarrollo de la PM en el ejercicio de press banca en adultos jóvenes entrenados, posiblemente permitiendo mayores ganancias durante entrenamientos de cargas bajas que podrían ser beneficiosas durante entrenamientos de cargas altas, en temporadas competitivas o en un entorno de rehabilitación. El EOv puede ser utilizado como un método alternativo y seguro de entrenamiento para mejorar el desarrollo de la PM en personas sanas, aunque serán necesarios estudios adicionales que expliquen los mecanismos fisiológicos detrás de estas posibles adaptaciones.

6. REFERENCIAS

1. Anderson, K. D., Rask, D. M. G., Bates, T. J., & Nuelle, J. A. V. (2022). Overall Safety and Risks Associated with Blood Flow Restriction Therapy: A Literature Review. *Military medicine*, 187(9-10), 1059–1064. <https://doi.org/10.1093/milmed/usac055>
2. Bosquet, L., Porta-Benache, J., & Blais, J. (2010). Validity of a Commercial Linear Encoder to Estimate Bench Press 1 RM from the Force-Velocity Relationship. *Journal of sports science & medicine*, 9(3), 459–463.
3. Bradley, K. M., Bunn, J. A., Feito, Y., & Myers, B. J. (2023). Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscle Size, Power, and $\dot{V}O_{2\max}$ in Active Adults. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 8(1), e000219.
4. Cleland, C. L., Hunter, R. F., Kee, F., Cupples, M. E., Sallis, J. F., & Tully, M. A. (2014). Validity of the global physical activity questionnaire (GPAQ) in assessing levels and change in moderate-vigorous physical activity and sedentary behaviour. *BMC public health*, 14, 1255. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-1255>
5. Cook, C. J., Kilduff, L. P., & Beaven, C. M. (2014). Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 166–172. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0018>
6. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
7. de Queiros, V. S., Dos Santos, Í. K., Almeida-Neto, P. F., Dantas, M., de França, I. M., Vieira, W. H. B., Neto, G. R., Dantas, P. M. S., & Cabral, B. G. A. T. (2021). Effect of resistance training with blood flow restriction on muscle damage markers in adults: A systematic review. *PloS one*, 16(6), e0253521. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253521>
8. Fan, Y., Bai, D., Cheng, C., & Tian, G. (2023). The effectiveness and safety of blood flow restriction training for the post-operation treatment of distal radius fracture. *Annals of medicine*, 55(2), 2240329. <https://doi.org/10.1080/07853890.2023.2240329>
9. Fogelholm, M. Physical activity, fitness and fatness: relations to mortality, morbidity and disease risk factors. A systematic review. *Obes Rev.* 2010 Mar;11(3):202–21. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00653.x>
10. Gepfert, M., Krzysztofik, M., Kostrzewa, M., Jarosz, J., Trybulski, R., Zajac, A., & Wilk, M. (2020). The Acute Impact of External Compression on Back Squat Performance in Competitive Athletes. *International journal of environmental research and public health*, 17(13), 4674. <https://doi.org/10.3390/ijerph17134674>
11. Gobierno de Chile (2021). *Protocolo de manejo y prevención ante COVID-19 en gimnasios abiertos al público*. https://cdn.digital.gob.cl/public_files/Campa%C3%B1as/Corona-Virus/documentos/paso-a-paso/Protocolo-gimnasios.pdf
12. Hedt, C., McCulloch, P. C., Harris, J. D., & Lambert, B. S. (2022). Blood Flow Restriction Enhances Rehabilitation and Return to Sport: The Paradox of Proximal Performance. *Arthroscopy, sports medicine, and rehabilitation*, 4(1), e51–e63. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.09.024>

13. Hong, S., Chang, Y., Jung, H. S., Yun, K. E., Shin, H., & Ryu, S. (2017). Relative muscle mass and the risk of incident type 2 diabetes: A cohort study. *PloS one*, *12*(11), e0188650. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188650>
14. Kacin, A., Rosenblatt, B., Žargi, T. G., & Biswas, A. (2015). Safety considerations with blood flow restricted resistance training. *Annales Kinesiologiae*, *6*(1), 3-26.
15. Linero, C., & Choi, S. J. (2021). Effect of blood flow restriction during low-intensity resistance training on bone markers and physical functions in postmenopausal women. *Journal of exercise science and fitness*, *19*(1), 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2020.09.001>
16. Orssatto, L. B. R., Bezerra, E. S., Shield, A. J., & Trajano, G. S. (2020). Is power training effective to produce muscle hypertrophy in older adults? A systematic review and meta-analysis. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, *45*(9), 1031–1040. <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0021>
17. Parodi Feye, A. S. (2017). Análisis crítico de la Ley de Henneman. *Educación Física y Ciencia*, *19*(2), 00-00.
18. Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., Nielsen, J. L., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C., Martin-Hernandez, J., & Loenneke, J. (2019). Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in physiology*, *10*, 533. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
19. Reid, K. F., & Fielding, R. A. (2012). Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise and sport sciences reviews*, *40*(1), 4–12. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31823b5f13>
20. Reina-Ruiz, Á. J., Galán-Mercant, A., Molina-Torres, G., Merchán-Baeza, J. A., Romero-Galisteo, R. P., & González-Sánchez, M. (2022). Effect of Blood Flow Restriction on Functional, Physiological and Structural Variables of Muscle in Patients with Chronic Pathologies: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, *19*(3), 1160. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031160>
21. Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine and science in sports and exercise*, *39*(2), 377-390.
22. Tegtbur, U., Haufe, S., & Busse, M. W. (2020). Anwendung und Effekte des „blood flow restriction training“ [Application and effects of blood flow restriction training]. *Der Unfallchirurg*, *123*(3), 170–175. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00774-x>
23. Vanwyke, W. R., Weatherholt, A. M., & Mikesky, A. E. (2017). Blood Flow Restriction Training: Implementation into Clinical Practice. *International journal of exercise science*, *10*(5), 649–654.
24. Vopat, B. G., Vopat, L. M., Bechtold, M. M., & Hodge, K. A. (2020). Blood Flow Restriction Therapy: Where We Are and Where We Are Going. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *28*(12), e493–e500. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-19-00347>
25. Wilkinson, B. G., Donnenwerth, J. J., & Peterson, A. R. (2019). Use of Blood Flow Restriction Training for Postoperative Rehabilitation. *Current sports medicine reports*, *18*(6), 224–228. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000604>

Arenas-Sánchez et al.

26. World Medical Association (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, *310*(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
27. Wortman, R. J., Brown, S. M., Savage-Elliott, I., Finley, Z. J., & Mulcahey, M. K. (2021). Blood Flow Restriction Training for Athletes: A Systematic Review. *The American journal of sports medicine*, *49*(7), 1938–1944. <https://doi.org/10.1177/0363546520964454>
28. Yasuda, T., Fujita, T., Miyagi, Y., Kubota, Y., Sato, Y., Nakajima, T., Bembem, M.G., & Abe, T. (2006). Electromyographic responses of arm and chest muscle during bench press exercise with and without KAATSU. *International Journal of Kaatsu Training Research*, *2*, 15-18.
29. Zymbal, V., Carrasco, L., Sañudo, B., Luís, D., & Baptista, F. (2022). Mediating effect of muscle power on the relationship of physical activity with physical fitness and physical function in older women. *Experimental Gerontology*, *158*, 111660. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2021.111660>

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization, A.-S.G., M.C and N.M.; methodology, A.-S.G. and M.-T.B.; formal analysis, P.V.; investigation, A.-S. G, 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 I.-T.V. 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 2023: Publication Service of the University of Murcia, Murcia, Spain.