



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos

Effects of isometric training with and without blood flow restriction on handgrip strength in adults

Julià Segura-Montagut¹; Pau Cecilia-Gallego¹; Gerson Garrosa-Martín¹; Luis Miguel Fernández-Galván¹⁻²⁻³

¹Escuela Universitaria de la Salud y del Deporte (EUSES), Universidad Rovira i Virgili, Amposta, España.

²Universidad Europea de Madrid, Departamento de la Escuela Universitaria del Real Madrid, Facultad de Medicina, Salud y Deporte, Madrid, España.

³Universidad Jaime I, Departamento de Educación y Didácticas Específicas, Castellón, España.

*Autor de correspondencia: Julià Segura Montagut julia.segura@alumni.urv.cat

Calendario editorial: Artículo recibido el 02/03/2026 Aceptado: 21/05/2026 Publicado: 01/07/2026

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Para citar este artículo, utilice la siguiente referencia:

Segura-Montagut, J.; Cecilia-Gallego, P.; Garrosa-Martín, G.; Fernández-Galván, L.M. (2026). Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. *Sportis Sci J*, 12 (3), 1-19 <https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Contribución del autor: Ambos autores participaron en todo el proceso de la investigación y redacción de este manuscrito.

Financiación: Este trabajo no ha recibido financiación.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Consentimiento informado participantes del estudio: Todos los participantes firmaron un consentimiento informado.



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Resumen

La fuerza de prensión manual es un marcador de salud y rendimiento, con asociaciones prospectivas con mortalidad. El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (RFS) permite inducir adaptaciones con bajo estrés mecánico, sin embargo, su efecto añadido en tareas isométricas de mano/antebrazo es incierto y puede depender de la prescripción de la carga. El objetivo del estudio fue evaluar los efectos de un programa isométrico de seis semanas con y sin RFS sobre la fuerza de prensión manual. Se llevó a cabo un ensayo clínico de 6 semanas (3 sesiones/semana) en 18 varones físicamente activos con edades entre los 20 a 40 años, asignados a entrenamiento con RFS (n=10) y sin RFS (n=8). Se mantuvieron constantes el volumen y el esfuerzo entre grupos. La variable dependiente fue la fuerza de presión máxima (dinamometría). Los datos se analizaron mediante modelos lineales mixtos con efectos de grupo, tiempo y su interacción. Los resultados mostraron que ambos grupos mejoraron tras la intervención, sin evidencia de beneficio adicional con RFS (grupo $\times$ tiempo no significativo; diferencia en diferencias = 0,56 kgf, IC95% -2,09 a 3,21). Aunque el grupo con RFS mostró valores absolutos superiores en Pre y Post-intervención (diferencia en Post-intervención 8,07 kgf; IC95% 0,12-16,02), las trayectorias de cambio fueron paralelas. El efecto de la mano fue pequeño (~1,9 kgf) y no significativo, sin interacciones. Conclusión: en varones activos, un programa isométrico de seis semanas mejora la prensión manual, pero añadir RFS no proporciona una ganancia adicional con la prescripción de ejercicio empleada.

Palabras clave: resistencia vascular; relación dosis-respuesta; fuerza muscular; estrés metabólico; ejercicio.

Abstract

Handgrip strength is a marker of health and performance, with prospective associations with mortality. Blood Flow Restriction (BFR) training allows for the induction of adaptations with low mechanical stress; however, its added effect on isometric hand/forearm tasks is uncertain and may depend on load prescription. The study's objective was to evaluate the effects of a six-week isometric program with and without BFR on handgrip strength. A 6-week clinical trial (3 sessions/week) was conducted in 18 physically active males aged 20 to 40 years, assigned to training with BFR (n=10) and without BFR (n=8). Volume and effort were kept constant between groups. The dependent variable was maximal grip strength (dynamometry). Data were analysed using mixed linear models with group, time, and their interaction effects. The results showed that both groups improved after the intervention, with no evidence of additional benefit with BFR (group $\times$ time not significant; difference in differences = 0.56 kgf, 95% CI -2.09 to 3.21). Although the BFR group showed higher absolute values at Pre and Post-intervention (difference in Post-intervention 8.07 kgf; 95% CI 0.12-16.02), the change trajectories were parallel. The hand effect was small (~1.9 kgf) and not significant, with no interactions. Conclusion: In active males, a six-week isometric program improves handgrip, but adding BFR does not provide an additional gain with the exercise prescription used.

Keywords: vascular resistance; dose-response relationship; muscle strength; metabolic stress; exercise.



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Introducción

Una menor fuerza muscular, cuantificada por la fuerza de prensión manual (FPM), se asocia con un mayor riesgo de mortalidad (Díaz-Cortés et al., 2024; Hughes et al., 2017). En el estudio PURE (Leong et al., 2015), cada disminución de 5 kg en la FPM se vinculó con un 16% más de mortalidad por todas las causas; siendo esta un predictor más fuerte de mortalidad total y cardiovascular que la presión arterial sistólica. De forma general, la fuerza muscular representa una cualidad física fundamental, no sólo para el rendimiento deportivo, sino también como pilar de la salud a lo largo de la vida (Suchomel et al., 2018; Zhuang et al., 2020). Su preservación y desarrollo se asocian con una menor incidencia de enfermedades crónicas y una mayor longevidad (Artero et al., 2012; Volaklis et al., 2015). En este marco, la FPM destaca como indicador fiable de la fuerza muscular general y como marcador predictor de salud, incluida la funcionalidad en la edad avanzada, con implicaciones directas para el entrenamiento y la rehabilitación (Cronin et al., 2017; McGrath et al., 2022).

En este contexto, diferentes estrategias de entrenamiento han sido propuestas para optimizar el desarrollo de la fuerza muscular. Una de las más estudiadas en los últimos años es el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (RFS), que consiste en aplicar una presión externa, a nivel proximal del miembro entrenado (brazo o muslo), con el fin de restringir parcialmente el retorno venoso durante el ejercicio, manteniendo un flujo arterial reducido (Dech et al., 2022; Takarada et al., 2000). Bajo estas condiciones de hipoxia y alto estrés metabólico, se ha observado un mayor reclutamiento de unidades motoras y señalización anabólica, lo que explica que cargas bajas ($\approx 20\text{--}50\%$ 1RM) o contracciones isométricas con RFS puedan inducir mejoras de fuerza e hipertrofia, siendo en ocasiones comparables a protocolos de alta carga (Hughes et al., 2017), aunque esta equivalencia no es consistente en toda la literatura (Muñoz et al., 2022; Wortman et al., 2021). Su aplicación en la musculatura del antebrazo y la mano, directamente implicada en la FPM, es factible y ha sido explorada (Hughes et al., 2017; Wortman et al., 2021). Dado que la eficacia y la seguridad dependen del estímulo aplicado, se aconseja individualizar la presión respecto al porcentaje de la presión de RFS determinada para cada miembro y estandarizar el reporte de parámetros y eventos adversos (Hughes et al., 2017).



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

En comparación con el entrenamiento tradicional, la carga alta (~70% 1RM) siguen siendo el estándar para maximizar la fuerza, mientras que las cargas bajas (~30-50 % 1RM) realizadas muy cerca o hasta el fallo pueden lograr una hipertrofia similar tras varias semanas (Hughes et al., 2017). No obstante, los mayores incrementos de fuerza se han observado con cargas elevadas (Hughes et al., 2017; Wortman et al., 2021). En este contexto, añadir RFS a cargas bajas parece producir ganancias significativas de fuerza e hipertrofia con menor estrés articular, lo que ha impulsado su adopción en rehabilitación musculoesquelética (por ejemplo, posquirúrgica o en artrosis) (Hughes et al., 2017; Wortman et al., 2021) pero también en deportistas: en atletas sanos, en los que se han observado mejoras significativas de fuerza en ~78% de los estudios, incrementos de tamaño muscular en ~50% y mejoras en marcadores de rendimiento en ~75% (Wortman et al., 2021). Sin embargo, los mecanismos propuestos (isquemia/hipoxia, estrés metabólico, señalización anabólica, aumento de reclutamiento de fibras rápidas) siguen siendo, en gran medida, hipotéticos y requieren una identificación pragmática y específica (Hughes et al., 2017) y persisten incertidumbres sobre su implementación óptima, especialmente en atletas bien entrenados y en tareas específicas como la prensión manual (Wortman et al., 2021).

El objetivo de este estudio fue valorar los efectos de un programa isométrico de seis semanas con RFS, aplicado a la musculatura implicada en la FPM en adultos físicamente activos de 20–40 años, comparándolo con un programa isométrico equivalente sin RFS, manteniendo constantes el volumen y el esfuerzo. Nuestra hipótesis fue que la ganancia de FPM de pre- a post-intervención será mayor con RFS que en el grupo sin RFS. Los resultados podrían ofrecer a entrenadores y clínicos una opción de bajo estrés mecánico cuando no sean viables cargas altas (dolor, retorno temprano, congestión competitiva) y pautas básicas de individualización y monitorización (ajuste de presión, control del esfuerzo, tolerabilidad).

Materiales y Métodos

Diseño del estudio

Se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado y comparativo de dos grupos (RFS vs. sin RFS), con una intervención de seis semanas y tres sesiones semanales. Las



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

evaluaciones se realizaron en semana 0 (pre-) y semana 6 (post-intervención) para comparar los cambios pre- a post-intervención entre grupos. La asignación al azar (1:1) se realizó a nivel individual; no fue posible el cegamiento de participantes ni del evaluador debido a la naturaleza de la intervención. El consentimiento informado fue obligatorio, y los participantes debían proporcionar formularios de consentimiento firmados por ellos mismos. Se garantizó la confidencialidad y el tratamiento anónimo de los datos, de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Participantes

Se reclutaron inicialmente 21 voluntarios varones de la población de Amposta (España). Tres participantes abandonaron por motivos personales o lesiones no relacionadas, por lo que la muestra final analizada fue de 18 hombres con edades comprendidas entre los 20 a 40 años. En la tabla 1 se muestran los criterios de inclusión.

Tabla 1. Criterios de inclusión definidos

Tener más de 3 años de experiencia en el entrenamiento de fuerza.
No tener lesiones que impidan al participante seguir el protocolo del estudio.
Tener al menos 18 años.
Estar en condiciones de asistir a todas las sesiones de formación del protocolo.

Los participantes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: un grupo RFS (n=10) y un grupo sin RFS (n=8). Las características antropométricas basales de los participantes se presentan en la Tabla 2. El análisis principal se planificó mediante modelo lineal mixto (MLM), para evaluar la interacción grupo $\times$ tiempo en la FPM. Dado que G*Power no incluye el MLM, el cálculo a priori se realizó con la aproximación ANOVA de medidas repetidas: within-between interaction (2 grupos $\times$ 2 mediciones). Asumimos $\alpha=0,05$, $1-\beta=0,80$, correlación pre-post $\rho=0,70$ y un tamaño de efecto esperado moderado-alto ($f=0,28$), obteniéndose un tamaño requerido de $N=18$ (≈ 9 por grupo).



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Tabla 2. Características antropométricas basales de los participantes

	Grupo RFS (n = 10)	Grupo sin RFS (n = 8)
Edad (años)	26,10 ± 5,45	23,50 ± 2,20
Estatura (cm)	176,70 ± 5,06	172,63 ± 3,25
Masa corporal (kg)	80,16 ± 9,66	72,53 ± 8,34
IMC (kg/m ²)	25,59 ± 2,65	24,28 ± 2,51
Años de experiencia	8,80 ± 2,15	5,25 ± 1,75

Nota. RFS; restricción del flujo sanguíneo.

Procedimiento Experimental

Se realizó una sesión de familiarización con el dinamómetro y con el protocolo isométrico. A continuación, se efectuaron dos evaluaciones: pre- (semana 1) y post-intervención (semana 8). Las sesiones de entrenamiento se desarrollaron tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) durante las seis semanas comprendidas entre las dos intervenciones, en una franja horaria mantenida por cada participante. Se indicó evitar ejercicio intenso de miembro superior en las 24–48 h previas y no ingerir cafeína/alcohol en las 24 h previas a las evaluaciones. Todas las sesiones fueron supervisadas por el investigador y un doctor en Ciencias de la Actividad Física y la Salud, que verificaron la técnica, el tiempo bajo tensión con metrónomo/cronómetro y registró la adherencia (% de sesiones completadas) y eventos adversos (clasificados como leve/moderado/grave y su relación con la intervención).

Intervención

Calentamiento (ambos grupos). Movilidad de muñeca, codo y hombro (~5 min) seguida de 2–3 contracciones submáximas de prensión (30–50% del esfuerzo; 3–5 s) para estandarizar la activación previa.

Protocolo común de entrenamiento (ambos grupos). Ejercicios isométricos orientados a la musculatura intrínseca y extrínseca de la mano y el antebrazo. Cada sesión incluyó los tres ejercicios en el orden indicado; descanso de 10 s entre repeticiones y 30 s entre ejercicios. La progresión se aplicó desde la semana 4 (↑ duración de las repeticiones en plancha con puños y suspensión).



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

- Semanas 1–3
 - *Empuje de pared*: 10 series $\times$ 5 s isométricos 100% contracción voluntaria máxima (CVM).
 - *Plancha de brazos con los puños*: 5 series $\times$ 20 s.
 - *Suspensión en barra*: 5 series $\times$ 20 s.
- Semanas 4–6
 - *Empuje de pared*: 10 series $\times$ 5 s isométricos 100% CVM.
 - *Plancha de brazos con los puños*: 5 series $\times$ 30 s.
 - *Suspensión en barra*: 5 series $\times$ 30 s.

La intensidad del esfuerzo se monitorizó con la escala Borg CR-10 (Borg, 1998) para estandarizar el estado de esfuerzo/fatiga previa a las mediciones y asegurar condiciones consistentes entre sesiones, registrada al finalizar la última serie de cada ejercicio; se buscó una zona objetivo de 6–8/10 para asegurar estímulo suficiente sin comprometer la técnica.

Grupo RFS: se empleó una banda elástica comercial (Nyamba, 5 kg) aplicada circunferencialmente en la porción más proximal del miembro superior (antebrazo proximal), siendo un instrumento válido para producir RFS (Passos et al., 2024). La dosificación se estandarizó en función de la circunferencia del segmento: tras medir la circunferencia en reposo, se marcó la banda para lograr una RFS del 25% en semanas 1–3 y del 30% en semanas 4–6 ($\text{longitud objetivo} = 0,75 \times C$ y $0,70 \times C$, respectivamente) en la primera vuelta; la segunda vuelta se usó solo para fijación sin añadir tensión. Como control perceptivo complementario, se registró la “perceived tightness” 0–10 buscando 6–7/10 (la escala se usó solo como verificación, dado su limitado acuerdo entre sesiones (Bell et al., 2019)). Tras cada colocación se comprobó la perfusión distal (relleno capilar < 2 s, coloración y sensibilidad normales) y se retiró la banda entre ejercicios; la sesión se detuvo ante cualquier signo de intolerancia. Esta dosificación basada en circunferencia está alineada con propuestas metodológicas recientes para RFS (10–30% del perímetro) y evita depender exclusivamente de la percepción de ajuste (Aniceto & Da Silva Leandro, 2022).

Grupo sin RFS: mismo protocolo, sin banda elástica.



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Procedimientos de medición

La FPM se evaluó con un dinamómetro Takei Hand Grip (Takei, Japón), un instrumento con validez y fiabilidad demostradas frente a dispositivos de referencia (Trajković et al., 2024). Los participantes realizaron tres contracciones isométricas máximas por mano, con descanso estandarizado (~60–120 s); se registró el mejor valor en kilogramos de fuerza (kgf). La prueba se efectuó antes y después de la intervención (semana 1 y semana 8). La postura se estandarizó; cuando el objetivo es la mayor comparabilidad clínica se recomienda la posición ASHT (sentado, codo 90°, muñeca neutra). Se deben medir ambas manos, el sujeto debe estar sentado, utilizando la misma silla para cada medición. La muñeca debe estar en una extensión de 15 a 30 grados y con una desviación cubital de 0 a 15 grados. Se sugiere la segunda posición del mango para la calibración, aunque algunos protocolos recomiendan ajustarla para mayor comodidad (Farmer et al., 2019).

Análisis estadístico

Se comprobó la normalidad con la prueba de Kolmogorov–Smirnov y la inspección de gráficos Q–Q de los residuos; cuando fue necesario, la variable dependiente se transformó (p. ej., log o $\sqrt{}$) para estabilizar la varianza y aproximar la normalidad (Field, 2017). El efecto de la intervención se evaluó mediante MLM con Grupo (RFS vs. sin RFS), Tiempo (pre-, post-intervención) y su interacción grupo $\times$ tiempo como efectos fijos, e intercepto aleatorio por sujeto para modelar la dependencia intraindividual (West et al., 2014). La selección de modelo se realizó mediante pruebas de razón de verosimilitudes entre modelos anidados, estimando por ML al comparar efectos fijos y por REML al evaluar la estructura aleatoria; el modelo final se informó estimado con REML (Kuznetsova et al., 2017). Ante interacción significativa, se calcularon efectos simples (comparaciones entre grupos en cada tiempo y cambios intra-grupo), con ajuste de p por Holm–Bonferroni. Los resultados se presentan como medias marginales estimadas (EMM) con EE o IC95%, y tamaños del efecto (SMD; d de Hedges) con la siguiente interpretación: <0,2 trivial; 0,2–0,6 pequeño; 0,6–1,2 moderado; 1,2–2,0 grande; >2,0 muy grande (Hopkins et al., 2009). El nivel de significación fue $\alpha = 0,05$. Los análisis se realizaron en JASP (versión 0.18.3.0) (módulo Linear Mixed Models).



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Resultados

Se analizaron 72 observaciones de FPM (18 participantes $\times$ 2 momentos $\times$ 2 manos). La Tabla 3 presenta los descriptivos de la FPM en kgf por grupo, momento y mano, junto con el cambio intrasujeto (Δ post-pre). Descriptivamente, ambos grupos aumentaron la FPM en ambas manos tras seis semanas. El grupo con RFS presentó valores superiores al sin RFS tanto en pre- como en post-intervención. La magnitud del cambio fue similar en la mano izquierda y mayor en el grupo con RFS en la mano derecha.

Tabla 3. Fuerza de prensión manual (kgf) por grupo, momento y mano. Valores expresados como media $\pm$ DE; Δ post-pre = cambio intrasujeto. RFS ($n=10$); Sin RFS ($n=8$).

Grupo	pre-intervención mano derecha	pre-intervención mano izquierda	post-intervención mano derecha	post-intervención mano izquierda	Δ post-pre mano derecha	Δ post-pre mano izquierda
RFS	51,50 $\pm$ 8,12	49,71 $\pm$ 7,76	54,74 $\pm$ 8,05	52,85 $\pm$ 7,66 0	3,24 $\pm$ 0,86	3,14 $\pm$ 0,88
Sin RFS	44,04 $\pm$ 6,61	42,16 $\pm$ 9,31	46,25 $\pm$ 6,84	45,21 $\pm$ 9,23	2,21 $\pm$ 0,94	3,05 $\pm$ 1,33

Nota. RFS; restricción del flujo sanguíneo. Δ calculado por participante y mano como $\Delta_i = \text{post}_i - \text{pre}_i$; DE del Δ es la desviación estándar de esos cambios individuales.

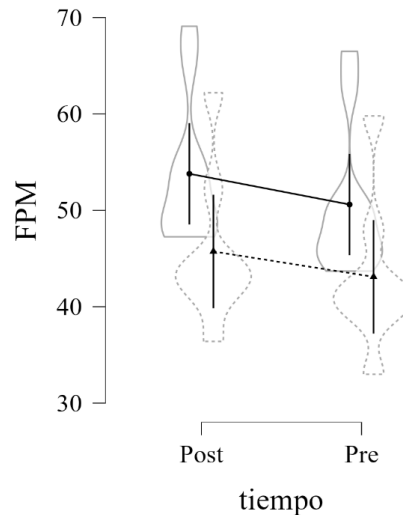
Se ajustó un MLM con efectos fijos de grupo (RFS vs. Sin RFS) y tiempo (pre- vs. post-intervención) e intercepto aleatorio por participante (ID), estimado por REML y corrección de Satterthwaite para los grados de libertad. Se observó un efecto de tiempo significativo, ($F(1, 15,5) = 32,15$; $p < ,001$); y un efecto de grupo próximo a la significación, ($F(1,16) = 4,43$; $p = ,051$). No se detectó interacción grupo $\times$ tiempo, ($F(1,5,2) = 0,30$; $p = ,589$), lo que implica ausencia de ganancia adicional atribuible a la RFS en el cambio pre- a post-intervención. En estimación puntual, la diferencia-en-diferencias (RFS-Sin RFS) fue 0,56 kgf ($EE \approx 1,03$; $p \approx ,586$).



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Figura 1. Medias marginales estimadas (EMM $\pm$ IC95%) de la FPM (kgf) por grupo y momento (ambas manos).



Las medias marginales estimadas (EMM) de FPM (kgf) para ambas manos fueron: *RFS pre-* (línea continua) = 50,61 [45,80-55,41] y *post-intervención* = 53,80 [48,92-58,67]; *Sin RFS (línea discontinua) pre-* = 43,10 [37,65-48,56] y *post-intervención* = 45,73 [40,28-51,19] (Tabla 4). La Figura 1 ilustra el aumento general de pre- a post-intervención en ambos grupos y el paralelismo de las pendientes, compatible con la ausencia de interacción.

Tabla 4. Medias marginales estimadas (EMM) de FPM (kgf) por grupo $\times$ tiempo e intervalos de confianza del 95% (IC95%).

Grupo	Tiempo	EMM	EE	IC95% Inferior	IC95% Superior
RFS	post	53,80	2,49	48,92	58,67
Sin RFS	post	45,73	2,78	40,28	51,19
RFS	pre	50,61	2,49	45,80	55,45
Sin RFS	pre	43,10	2,78	37,65	48,56

Nota. RFS; restricción del flujo sanguíneo.

La diferencia entre grupos en post- fue de 8,07 kgf ($EE = 3,73$; $IC95\% 0,12$ a $16,02$; $p = ,042$). En pre-, la diferencia fue de 7,51 kgf ($EE = 3,78$; $IC95\% -0,55$ a $15,57$; $p = ,061$). La estimación de diferencias-en-diferencias fue 0,56 kgf ($EE = 1,03$; $IC95\% -2,09$ a $3,21$; $p = ,586$), coherente con la no significación de la interacción.

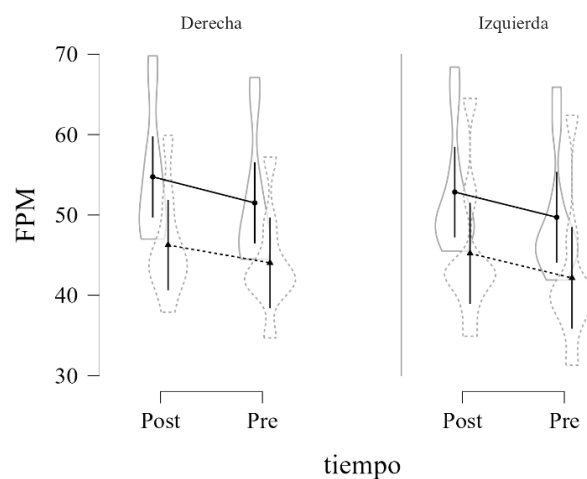


Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Se repitió el análisis MLM que incluyó el factor mano (derecha/izquierda) y todas las interacciones, manteniendo un intercepto aleatorio por participante, estimado por REML y correcciones de Satterthwaite. Se observó un efecto principal de tiempo significativo (post- > pre-; $p < ,001$), y un efecto de grupo próximo a la significación ($p \approx ,05$). El efecto de mano fue pequeño (derecha = 1,9 kg por encima de izquierda; $p \approx ,060$) y no alcanzó significación. No se detectaron interacciones significativas entre grupo x tiempo, grupo x mano, tiempo x mano, ni la interacción triple (todas $p > ,05$). Las EMM por grupo $\times$ tiempo $\times$ mano mostraron el mismo patrón observado en el modelo principal: mejoras similares pre-post en ambos grupos y en ambas manos, sin evidencia de un efecto adicional atribuible a la RFS (ver Figura 2).

Figura 2. Medias marginales estimadas (EMM $\pm$ IC95%) de la fuerza de prensión manual (kgf) por grupo (RFS: línea continua; Sin RFS: línea discontinua), momento (pre-, post-) y mano (paneles).



Discusión

El objetivo del estudio fue comparar los efectos de un programa isométrico con y sin RFS en la FPM. Los principales hallazgos mostraron que ambos grupos mejoraron tras seis semanas de intervención, pero el grupo con RFS no produjo una ganancia adicional frente al sin RFS. Aunque el grupo RFS mostró valores absolutos superiores en pre- y post-intervención, ello refleja diferencias basales y no un efecto específico de la RFS sobre la mejora. El efecto de la mano fue pequeño y no modificó las conclusiones.



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

En conjunto, estos resultados no confirman la hipótesis de superioridad de la RFS para incrementar la FPM en este contexto.

Ambos grupos aumentaron la FPM tras seis semanas, un patrón coherente con las adaptaciones tempranas esperables de un programa isométrico supervisado, una mejora de la coordinación intra/intermuscular y mayor eficiencia neural, a lo que en protocolos con RFS se añade el estímulo de estrés metabólico bajo hipoxia local, capaz de potenciar la respuesta pese a cargas bajas (Hughes et al., 2017). Esta combinación de vías (tensión mecánica + estrés metabólico) está descrita como mecanismo plausible de la ganancia de fuerza y masa muscular con RFS, sin requerir cargas altas (Pearson & Hussain, 2015). A nivel de evidencia científica, revisiones y meta-análisis muestran que el entrenamiento con RFS sí incrementa la fuerza respecto a su equivalente a baja carga sin RFS en contextos clínicos, aunque en términos de fuerza máxima suele quedar por debajo de cargas altas; aun así, ambos enfoques (con y sin RFS) producen mejoras significativas con frecuencias y duraciones comparables a las de nuestro estudio, lo que refuerza que el efecto de tiempo observado es consistente con la literatura (Hughes et al., 2017; Pearson & Hussain, 2015).

Aunque el grupo RFS presentó medias absolutas superiores al sin RFS tanto en pre como en post-intervención, este patrón refleja un desbalance basal a favor de RFS más que un efecto específico de la RFS: al modelar grupo $\times$ tiempo con intercepto aleatorio por participante, la diferencia-en-diferencias resultó pequeña y no significativa, de modo que “estar más alto en Post” no implica una ganancia adicional por RFS. Esta lectura es coherente con la literatura disponible: la RFS suele superar a la baja carga sin ésta en contextos clínicos, pero en términos de fuerza máxima no iguala a altas cargas y su ventaja depende de la especificidad del test (dinámico vs. isométrico) y de la prescripción de la carga, lo que puede atenuar diferencias cuando se analizan cambios pre a post-intervención en tareas isométricas como la FPM (Lixandrão et al., 2018). Además, los mecanismos atribuidos a la RFS (p. ej., estrés metabólico bajo hipoxia local) no garantizan una ventaja en la fuerza frente a un isométrico bien progresado en sujetos ya activos si la tensión mecánica y la frecuencia del estímulo son similares entre grupos (Pearson & Hussain, 2015). Por último, la dosificación usada (pRFS mediante porcentaje de perímetro con banda elástica) es metodológicamente plausible, pero la guía actual



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

recomienda individualizar por %AOP (arterial occlusion pressure) para reducir infradosis/sobredosificación interindividual; esta falta de individualización puede diluir un posible efecto diferencial de la RFS (Patterson et al., 2019). En contraste con nuestros resultados, una revisión sistemática en miembro inferior halló que RFS más electroestimulación neuromuscular, pueden mejorar la fuerza del cuádriceps y mitigar la pérdida de masa durante inmovilización, aunque con mayor fatiga y protocolos heterogéneos (Carbajo-Mateos et al., 2025). En conjunto, nuestras diferencias absolutas entre grupos en post-intervención deben interpretarse como nivel, no como efecto adicional, y el análisis ajustado respalda la ausencia de superioridad de la RFS en la ganancia de FPM en este protocolo.

Varios factores metodológicos pueden haber atenuado un posible efecto diferencial: (i) dosis/duración (6 semanas de isométricos), suficiente para mejoras neurales en ambos grupos; (ii) población activa, con menor margen relativo que poblaciones clínicas donde la RFS muestra efectos moderados frente a baja carga; (iii) prescripción de presión basada en perímetro con banda elástica (pRFS), cuando la guía metodológica recomienda individualizar por %AOP ($\approx 40\text{--}80\%$) y considerar ancho/material del manguito para estandarizar el estímulo hemodinámico; la falta de individualización puede conducir a infra/sobredosificación y diluir diferencias; y (iv) la propia naturaleza isométrica del entrenamiento/medición, donde el mayor aporte de la RFS, estrés metabólico bajo hipoxia, no siempre se traduce en ventajas sobre la tensión mecánica cuando el volumen y el esfuerzo están equiparados (Hughes et al., 2017; Patterson et al., 2019). En conjunto, estos elementos pueden explicar por qué la RFS no aportó una mejora adicional en este protocolo concreto, pese a su utilidad demostrada en otros escenarios con prescripciones más estandarizadas y en poblaciones con mayor potencial de respuesta.

En nuestro análisis, la mano derecha fue, en promedio, $\approx 1,9$ kg más fuerte que la izquierda, un efecto pequeño y no significativo, y sin interacciones con grupo o tiempo; es decir, la mejora pre- a post-intervención fue paralela en ambas manos. Este patrón es esperable cuando el estímulo de entrenamiento es simétrico y de naturaleza isométrica, donde las ganancias tempranas dependen en gran medida de adaptaciones neurales y de la coordinación más que de cambios estructurales asimétricos, por lo que no cabría



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

anticipar una ventaja adicional de una mano sobre la otra bajo un mismo protocolo y esfuerzo percibido (Hughes et al., 2017; Lixandrão et al., 2018).

Estas vías de adaptación (tensión mecánica + estrés metabólico en el caso de RFS) están bien descritas como mecanismos primarios y aditivos, pero no implican per se efectos laterales diferenciales cuando el estímulo se iguala entre lados (Pearson & Hussain, 2015). Además, la evidencia sobre RFS muestra mejoras en fuerza isométrica comparables a otros modos de prueba cuando se aplica correctamente (lo que respalda la idoneidad de la FPM como desenlace), sin que se haya establecido un patrón consistente de asimetría por dominancia bajo RFS en protocolos equilibrados (Patterson et al., 2019). Finalmente, la literatura meta-analítica subraya que la especificidad del test (dinámico vs. isométrico) y la prescripción del estímulo pueden modular la magnitud de la fuerza observada, pero no aportan evidencia de un efecto sistemático por mano en este contexto; en nuestro estudio, al estar volumen y esfuerzo equiparados y sin interacciones mano $\times$ grupo $\times$ tiempo, la interpretación coherente es la ausencia de modulación lateral relevante de la respuesta al programa (Lixandrão et al., 2018).

Este estudio presenta varias limitaciones. El tamaño de la muestra fue reducido y ésta incluyó solo varones físicamente activos, lo que limita la generalización. No hubo cegamiento de participantes ni de evaluadores, con el consiguiente riesgo de sesgo de desempeño/medición. Existió desbalance basal a favor del grupo RFS; aunque el modelo lineal mixto (grupo $\times$ tiempo) lo aborda analíticamente, persiste cierta incertidumbre sobre efectos pequeños. La duración (6 semanas) puede haber sido insuficiente para divergencias más marcadas. La dosificación de la RFS se realizó con banda elástica (pRFS por perímetro), un proxy que no garantiza la individualización por %AOP, pudiendo inducir infra/sobredosificación interindividual. No se evaluaron otros desenlaces de interés (p. ej., hipertrofia, función, dolor). Aunque se instruyó a los participantes para controlar actividad externa y evitar cafeína/alcohol en ventanas previas, no puede descartarse variabilidad residual en estas exposiciones.

Entre las fortalezas destacan el diseño aleatorizado con grupos paralelos y supervisión sistemática de las sesiones, la estandarización del calentamiento y de los ejercicios, la familiarización previa con el dinamómetro, y el registro de adherencia y eventos adversos. Analíticamente, se empleó un MLM con corrección de Satterthwaite,



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

reportando EMM e IC95%, lo que mejora la transparencia y la interpretabilidad de los efectos. El control del volumen y del esfuerzo percibido entre grupos refuerza la comparación específica del componente de RFS.

Futuros ensayos deberían incluir muestras mayores y poblaciones diversas (mujeres, pacientes clínicos), duraciones y dosis alternativas, e individualización instrumental de la presión (%AOP) con control de ancho/material del manguito. Es pertinente comparar tareas dinámicas vs. isométricas y ampliar desenlaces (p. ej., hipertrofia, función, dolor). Sería valioso explorar moderadores (nivel inicial, dominancia, tolerabilidad) y respondedores, así como estrategias de cegamiento del evaluador y pre-registro del análisis.

En cuanto a las implicaciones prácticas, en contextos de bajo estrés mecánico (dolor, retorno temprano, congestión competitiva), un programa isométrico como el aplicado mejora la FPM en seis semanas. Bajo la dosificación utilizada, añadir RFS no mostró una ventaja adicional sobre el mismo protocolo sin RFS. En la práctica, se recomienda estandarizar el esfuerzo con CR-10, asegurar técnica y tiempos con supervisión, y, si se emplea RFS, individualizar la presión cuando sea posible, verificar perfusión distal y monitorizar tolerabilidad. Cabe añadir que una mejor comprensión de los mecanismos mencionados permitirá desarrollar programas de entrenamiento óptimos que maximicen las adaptaciones morfológicas. Estos enfoques podrían aplicarse en diversos ámbitos clínicos, de rehabilitación y deportivos.

Conclusiones

Un programa isométrico de seis semanas mejora la FPM, pero no se evidenció superioridad de la RFS frente a un protocolo equivalente sin RFS bajo esta dosificación. El enfoque es factible y bien tolerado; se necesitan estudios con mayor potencia e individualización por %AOP para precisar si existen efectos adicionales pequeños de la RFS en este contexto.



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Referencias

- Andy Field. Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics: North American Edition 5th Edición. 2017.
- Aniceto, R. R., & Da Silva Leandro, L. (2022). Practical Blood Flow Restriction Training: New Methodological Directions for Practice and Research. *Sports Medicine - Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00475-2>
- Artero, E. G., Lee, D., Lavie, C. J., España-Romero, V., Sui, X., Church, T. S., & Blair, S. N. (2012). Effects of Muscular Strength on Cardiovascular Risk Factors and Prognosis. *Journal Of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 32(6), 351-358. <https://doi.org/10.1097/hcr.0b013e3182642688>
- Bell, Z. W., Dankel, S. J., Spitz, R. W., Chatakondi, R. N., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2019). The Perceived Tightness Scale Does Not Provide Reliable Estimates of Blood Flow Restriction Pressure. *Journal Of Sport Rehabilitation*, 29(4), 516-518. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0439>
- Borg, G. (1998). Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Human Kinetics Publishers.
- Carbajo-Mateos, S., Justo-Cousiño, L. A., & Santiago-Pescador, S. (2025). Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática. *Sportis Scientific Journal Of School Sport Physical Education And Psychomotricity*, 11(3), 1-26. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>
- Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A., & McMaster, D. T. (2017). A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. *The Journal Of Strength And Conditioning Research*, 31(11), 3187-3217. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002149>
- Dech, S., Bittmann, F. N., & Schaefer, L. V. (2022). Muscle oxygenation and time to task failure of submaximal holding and pulling isometric muscle actions and influence of intermittent voluntary muscle twitches. *BMC Sports Science Medicine And Rehabilitation*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00447-9>
- Díaz-Cortés, J. C., Hernández-Beltrán, V., Solano-Ruiz, L. F., Cepeda-Hernández, J. A., Méndez-Castro, G. E., Becerra-Patiño, B. A., & Gamonales, J. M. (2024). Decrease in muscle shortening and effect on strength and speed in adolescent



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

soccer players (u-13). *Sportis Scientific Journal Of School Sport Physical Education And Psychomotricity*, 10(3), 735-761.
<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10779>

De Oliveira, G. B., Fernandes, L. V., Amaral, T. F., Vasques, A. C. J., & Corona, L. P. (2025). Validity and reliability of Gripwise digital dynamometer in the assessment of handgrip strength in older adults. *Frontiers In Aging*, 6.
<https://doi.org/10.3389/fragi.2025.1560097>

Farmer, R. E., Mathur, R., Schmidt, A. F., Bhaskaran, K., Fatemifar, G., Eastwood, S. V., Finan, C., Denaxas, S., Smeeth, L., & Chaturvedi, N. (2019). Associations Between Measures of Sarcopenic Obesity and Risk of Cardiovascular Disease and Mortality: A Cohort Study and Mendelian Randomization Analysis Using the UK Biobank. *Journal Of The American Heart Association*, 8(13).
<https://doi.org/10.1161/jaha.118.011638>

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 41(1), 3-12.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31818cb278>

Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British Journal Of Sports Medicine*, 51(13), 1003-1011.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>

Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal Of Statistical Software*, 82(13).
<https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>

Leong, D. P., Teo, K. K., Rangarajan, S., Lopez-Jaramillo, P., Avezum, A., Orlandini, A., Seron, P., Ahmed, S. H., Rosengren, A., Kelishadi, R., Rahman, O., Swaminathan, S., Iqbal, R., Gupta, R., Lear, S. A., Oguz, A., Yusuf, K., Zatonka, K., Chifamba, J., . . . Yusuf, S. (2015). Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *The Lancet*, 386(9990), 266-273. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(14\)62000-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(14)62000-6)



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., Damas, F., Libardi, C. A., & Roschel, H. (2018). Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 361-378. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y>
- McGrath, R., Cawthon, P., Clark, B., Fielding, R., Lang, J., & Tomkinson, G. (2022). Recommendations for Reducing Heterogeneity in Handgrip Strength Protocols. *The Journal Of Frailty & Aging*. <https://doi.org/10.14283/jfa.2022.21>
- Muñoz, V. M. V., Amat, P. V., & Villa-González, E. (2022). Efectos del Entrenamiento de Fuerza Pediátrico sobre parámetros de salud en niños: una revisión sistemática. *Sportis Scientific Journal Of School Sport Physical Education And Psychomotricity*, 8(2), 283-308. <https://doi.org/10.17979/sportis.2022.8.2.8955>
- Passos, G. A., De Matos, L., Amorim, S., De Oliveira, R., Fernandes, R., & Laurentino, G. (2024). The Comparison of Brachial Artery Parameters between the Clinical Cuff, Pneumatic Controlled Air Band (KAATSU), and Elastic Band during Blood Flow Restriction at the same Perceived Tightness. *Journal Of Sports Medicine and Therapy*, 9(2), 015-021. <https://doi.org/10.29328/journal.jsmt.1001076>
- 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. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sports Medicine*, 45(2), 187-200. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal Of Applied Physiology*, 88(6), 2097-2106. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2097>



Artículo original. Efectos del entrenamiento isométrico con y sin restricción del flujo sanguíneo sobre la fuerza de prensión manual en adultos. Vol. 12, n.º 3; p. 1-19, Julio 2026.

<https://doi.org/10.55040/nr72pm02>

Trajković, N., Rančić, D., Ilić, T., Herodek, R., Korobeynikov, G., & Pekas, D. (2024).

Measuring handgrip strength in school children: inter-instrument reliability between Takei and Jamar. *Scientific Reports*, 14(1).

<https://doi.org/10.1038/s41598-024-51368-1>

Volaklis, K. A., Halle, M., & Meisinger, C. (2015). Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. *European Journal of Internal Medicine*, 26(5), 303-310. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2015.04.013>

West, B. T., Welch, K. B., & Galecki, A. T. (2014). Linear Mixed Models: A Practical Guide Using Statistical Software (2nd ed.). Chapman & Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/b17198>

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>

Zhuang, C., Zhang, F., Li, W., Wang, K., Xu, H., Song, C., Guo, Z., & Shi, H. (2020). Associations of low handgrip strength with cancer mortality: a multicentre observational study. *Journal of Cachexia Sarcopenia And Muscle*, 11(6), 1476-1486. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12614>