



Comparación de la hipertrofia muscular en bíceps, cuádriceps y pantorrillas mediante dos ejercicios: un estudio piloto con diseño intra-sujeto

Comparison of muscle hypertrophy in biceps, quadriceps and calves using two exercises: a pilot study with a within-subjects design

Autores

Horacio Enrique Guardado Martínez ¹
 Perla-Zukey Hernández-Gutiérrez ²
 Felipe Valenzuela Jurado ³
 Pedro Quintana Arroyo ⁴
 Mariana Cossio Ponce de León ⁵

¹⁻⁵ Universidad Autónoma de Chihuahua (México)

Autor de correspondencia:
 Perla-Zukey Hernández-Gutiérrez
retosfeadef@gmail.com

Recibido: 04-04-26
 Aceptado: 06-05-26

Cómo citar en APA

Guardado Martínez, H. E., Hernández Gutiérrez, P. Z., Valenzuela Jurado, F., Quintana Arroyo, P., & Cossio Ponce de León, M. (2026). Comparación de la hipertrofia muscular en bíceps, cuádriceps y pantorrillas mediante dos ejercicios: un estudio piloto con diseño intra-sujeto. *Retos*, 80, 1348-1358. <https://doi.org/10.47197/retos.v81.119173>

Resumen

Introducción: La selección de ejercicios es una variable relevante en el entrenamiento de fuerza orientado a la hipertrofia muscular; sin embargo, la evidencia comparativa entre los distintos gestos motores aún es limitada.

Objetivo: Analizar el efecto de la selección de ejercicios sobre la hipertrofia muscular en bíceps braquial, cuádriceps femoral y tríceps sural (pantorrilla) mediante un diseño intra-sujeto.

Método: Estudio piloto con diseño cuasiexperimental longitudinal intra-sujeto, sin grupo control, con mediciones pre y post intervención. Participaron siete hombres (20-30 años) sin experiencia reciente en entrenamiento de fuerza. Durante 8 semanas realizaron un programa al 70-85% del 1RM, ejecutando dos ejercicios por cada grupo muscular, asignados de forma aleatoria por segmento corporal. La hipertrofia se estimó mediante el área muscular (AM), utilizando antropometría ISAK.

Resultados: Se observaron incrementos descriptivos en el área muscular tras la intervención. Los cambios porcentuales mostraron tendencias variables entre ejercicios: bíceps (2% en curl predicador vs. -1% en curl en polea), cuádriceps (5% en extensión de pierna y prensa) y tríceps sural (3% en elevación de talones de pie vs. 1% en elevación en costurera). No se observaron cambios estadísticamente significativos en las comparaciones pre-post de los ejercicios evaluados ($p > 0.05$).

Conclusión: Bajo las condiciones evaluadas en este estudio piloto, los ejercicios analizados mostraron respuestas hipertroóficas de magnitud comparable. Sin embargo, debido al reducido tamaño muestral y al uso de medidas antropométricas indirectas, estos hallazgos deben considerarse preliminares y requieren confirmación mediante investigaciones con muestras más amplias y métodos de evaluación más precisos.

Palabras clave

Antropometría; entrenamiento de fuerza; hipertrofia muscular; selección de ejercicios.

Abstract

Introduction: Exercise selection is a relevant variable in strength training aimed at promoting muscle hypertrophy; however, comparative evidence regarding the effects of different movement patterns remains limited.

Objective: To compare the effects of two different exercises on muscle hypertrophy of the biceps brachii, quadriceps femoris, and triceps surae using a within-subject design.

Method: A pilot study with a longitudinal, within-subject quasi-experimental design, without a control group, was conducted using pre- and post-intervention measurements. Seven men aged 20–30 years with no recent resistance training experience participated. Over an 8-week period, participants followed a training program at 70–85% of one-repetition maximum (1RM), performing two exercises for each muscle group, randomly assigned to each limb within each muscle group. Muscle hypertrophy was estimated through muscle area (MA) using ISAK anthropometric procedures.

Results: Descriptive increases in muscle area were observed following the intervention. Percentage changes showed variable trends across exercises: biceps (2% in preacher curls vs. -1% in cable curls), quadriceps (5% in both leg extension and leg press exercises), and triceps surae (3% in standing calf raises vs. 1% in seated calf raises). No statistically significant pre-post differences were observed for any of the exercises evaluated ($p > 0.05$).

Conclusion: Under the conditions evaluated in this pilot study, the exercises analyzed elicited hypertrophic responses of similar magnitude. However, due to the small sample size and the use of indirect anthropometric measurements, these findings should be considered preliminary and require confirmation in studies with larger samples and more precise assessment techniques.

Keywords

Anthropometry; exercise selection; muscle hypertrophy; strength training.

Introducción

El sistema muscular desempeña un papel fundamental en la salud, el rendimiento físico y la funcionalidad del organismo, contribuyendo tanto a la locomoción como al equilibrio metabólico y estructural (Vargas-Pacheco y Correa-López, 2022). En este sentido, el entrenamiento de fuerza constituye el principal medio para inducir adaptaciones estructurales en el músculo, siendo ampliamente utilizado en contextos deportivos, recreativos y de salud (Zúñiga et al., 2022). En los gimnasios, el uso de máquinas e implementos permite la ejecución de ejercicios orientados al desarrollo de la masa muscular, lo que plantea la interrogante sobre la eficacia de cada ejercicio.

La hipertrofia muscular está condicionada por múltiples variables del entrenamiento, entre las que destacan el volumen, la intensidad, la frecuencia, el tiempo bajo tensión y la selección de ejercicios (Ihsan et al., 2023). Tradicionalmente, la intensidad ha sido descrita mediante el porcentaje de una repetición máxima (%1RM); sin embargo, la evidencia actual indica que este concepto debe entenderse de forma multidimensional, incorporando variables como la proximidad al fallo muscular, el carácter de esfuerzo, la velocidad de ejecución y la pérdida de velocidad durante la serie, en cuanto al volumen este se define, como el número de series por repeticiones por carga; ambas variables se relacionan de forma inversa: cuando el volumen sube, la intensidad baja, y viceversa, esa relación afecta directamente a las adaptaciones musculares (Helms, 2016; Sheppard y Triplett, 2017). En este contexto, el método de repeticiones controladas trabaja con intensidades entre el 50 % y el 85 % del 1RM y aplica sobrecarga progresiva, por lo tanto, estas variables han demostrado un estímulo mecánico y metabólico aplicado al músculo, factores estrechamente relacionados con las adaptaciones hipertróficas (Thibaudeau, 2007).

Asimismo, se ha observado que diferentes combinaciones de carga y repeticiones pueden generar incrementos similares de la masa muscular siempre que el esfuerzo realizado sea elevado y las series se ejecuten próximas al fallo muscular, por lo cual la programación del entrenamiento orientado a la hipertrofia requiere considerar no solo la carga utilizada, sino también la magnitud del esfuerzo realizado y la forma en que se distribuye a lo largo de las sesiones de entrenamiento (Schoenfeld et al., 2017).

Aunque existe evidencia sólida acerca de la influencia del volumen, la intensidad y la proximidad al fallo sobre la hipertrofia muscular, continúa existiendo incertidumbre respecto al papel específico de la selección de ejercicios cuando estas variables son controladas. La mayoría de las investigaciones recientes han comprobado ejercicios que difieren en la longitud muscular alcanzada, el rango de movimiento o el perfil de la resistencia; sin embargo, son escasos los estudios que analizan si ejercicios comúnmente utilizados en gimnasios pueden producir respuestas hipertróficas diferentes cuando se igualan las principales variables de entrenamiento. Esta limitación dificulta la toma de decisiones basada en evidencia para entrenadores y practicantes que deben seleccionar ejercicios dentro de contextos reales de entrenamiento. Ya que, en la práctica, la gente elige los ejercicios por la disponibilidad del equipamiento, por la preferencia de la persona o por la experiencia del entrenador y no por la evidencia (Kompf et al., 2022; Bezerra et al., 2021; Marcos-Pardo et al., 2024). No obstante, diversas investigaciones afirman que el ángulo de ejecución, la longitud muscular y el patrón de activación neuromuscular influyen en la magnitud y distribución de la hipertrofia (Wolf et al., 2026; Strey et al., 2026; Zabaleta-Korta et al., 2023).

Desde una perspectiva funcional, los diferentes grupos musculares presentan características estructurales y mecánicas que condicionan su respuesta al entrenamiento. El bíceps braquial participa en la flexión del codo y la supinación del antebrazo, con variaciones en su activación según la posición del brazo; el cuádriceps femoral interviene en la extensión de la rodilla mediante la acción coordinada de sus distintas cabezas; mientras que el tríceps sural, conformado por los músculos gastrocnemio medial, gastrocnemio lateral y sóleo, es el principal responsable de la flexión plantar del tobillo. La activación relativa de estos músculos puede variar en función de la posición de la rodilla durante la ejecución de los ejercicios (Tortora y Derrickson, 2018; Latarjet y Liard, 2019; Arampatzis et al., 2006).

La evidencia reciente ha mostrado que la selección de ejercicios puede influir en la magnitud y distribución regional de la hipertrofia muscular. Estudios realizados por Maeo et al. (2021), Zabaleta-Korta et al. (2021) y Kinoshita et al. (2023) sugieren que variables biomecánicas asociadas al ejercicio, como la longitud muscular alcanzada, el rango de movimiento y la posición articular, pueden modificar las adaptaciones hipertróficas obtenidas tras un programa de entrenamiento. En particular, los ejercicios realizados en longitudes musculares más extensas parecen favorecer mayores incrementos de masa muscular en determinados grupos musculares.



Por ello, persiste la incertidumbre respecto a si ejercicios frecuentemente empleados para un mismo grupo muscular pueden producir diferencias relevantes en la hipertrofia cuando variables fundamentales como el volumen, la intensidad y la frecuencia de entrenamiento son controladas. Esta limitación dificulta la toma de decisiones basada en evidencia sobre la selección de ejercicios dentro de programas de entrenamiento orientados al desarrollo muscular.

En consecuencia, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de la selección de ejercicios sobre la hipertrofia muscular en bíceps braquial, cuádriceps femoral y tríceps sural (pantorrilla) mediante un diseño intra-sujeto, con el fin de aportar evidencia aplicable a contextos reales de entrenamiento de fuerza.

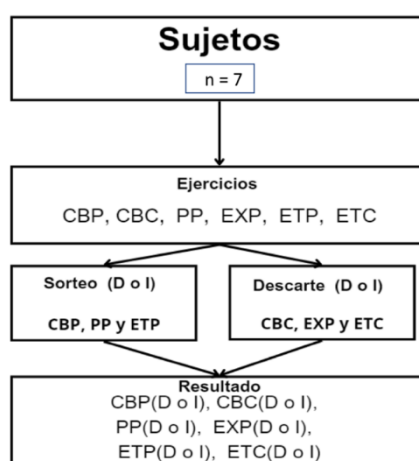
Método

Se llevó a cabo un estudio piloto con diseño cuasi experimental longitudinal con medidas repetidas, bajo un enfoque intra-sujeto. Los participantes en la investigación actuaron como su propio control, lo que permitió reducir la variabilidad interindividual y aumentar la sensibilidad para detectar cambios en la hipertrofia muscular.

La asignación de los ejercicios se realizó mediante un procedimiento de aleatorización simple. Para ello, se utilizaron tres sistemas de selección aleatoria independientes, correspondientes a cada grupo muscular evaluado: bíceps (curl de bíceps en predicador [CBP] vs. curl de bíceps con cable [CBC]), cuádriceps (prensa [PP] vs. extensión de pierna [EXP]) y pantorrillas (elevación de talones de pie [ETP] vs. elevación de talones en máquina [ETC]). En cada caso, el ejercicio asignado al azar se aplicó al lado derecho, mientras que el ejercicio alternativo se asignó al lado izquierdo.

Este procedimiento permitió realizar comparaciones directas intra-sujeto entre ejercicios para cada grupo muscular, controlando posibles diferencias individuales en la respuesta al entrenamiento. La distribución de los ejercicios se presenta en las Figuras 1 y 2.

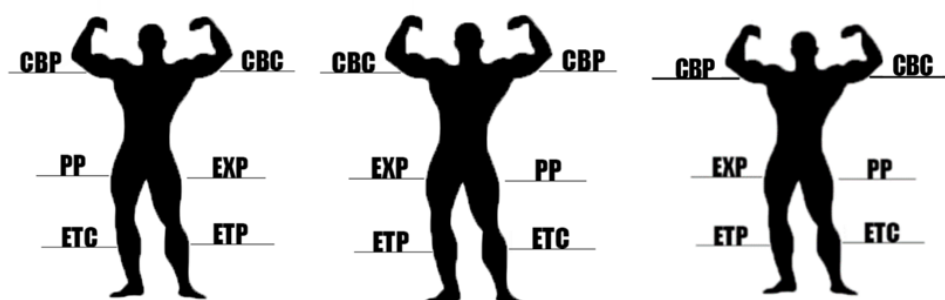
Figura 1. Asignación de ejercicios para miembro torácico y pélvico.



Fuente: elaboración original.

Nota: se describe el significado de las abreviaturas donde Curl de Bíceps Predicador es CBP, Curl de Bíceps en Cruz es CBC, Prensa es PP, Extensión de Pierna es EXP, Elevación de Talones de Pie es ETP, Elevación de Talones en Costurera es ETC, ejecución lado derecho es D y por último ejecución lado izquierdo es I.

Figura 2. Asignación aleatoria de ejercicios para miembro torácico y pélvico.



Fuente: elaboración original.

Una vez realizada la aleatorización, cada participante mantuvo la misma asignación de ejercicios durante las ocho semanas de intervención. De esta manera, la extremidad que fue asignada al ejercicio correspondiente continuó ejecutándolo durante todo el protocolo, evitando cambios que pudieran introducir variabilidad en la respuesta hipertrófica.

Participantes

La muestra estuvo conformada por siete hombres jóvenes ($n = 7$), con una edad media de 24.3 ± 3.2 años, masa corporal de 80.4 ± 19.13 kg, estatura de 174 ± 0.07 cm e índice de masa corporal 26.2 ± 4.47 kg/m^2 , seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Todos los participantes eran aparentemente sanos, físicamente activos y sin experiencia sistemática en entrenamiento de fuerza durante al menos los seis meses previos al estudio. Asimismo, se registró la lateralidad dominante de cada participante para controlar posibles diferencias funcionales entre extremidades.

Los criterios de inclusión fueron: a) ser hombres jóvenes adultos; b) no presentar lesiones musculoesqueléticas; c) no haber realizado entrenamiento sistemático de fuerza en los meses previos; d) contar con disponibilidad para participar en el programa de intervención. Se excluyeron aquellos sujetos que presentaran alguna condición médica o lesión que limitara la ejecución de los ejercicios programados.

El tamaño de la muestra es consistente con el carácter exploratorio del estudio piloto, cuyo propósito fue analizar la viabilidad del diseño y el comportamiento preliminar de las variables de estudio, sin pretensión de generalización.

Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio y firmaron un consentimiento informado conforme a los principios éticos para la investigación con seres humanos. El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Enfermería y Nutrición de la Universidad Autónoma de Chihuahua (Acta No. 2024-2009; aprobación CEI-FEN-UACH-2024-2009), garantizando la confidencialidad y el bienestar de los participantes.

Procedimiento

Evaluación inicial (pretest)

Previo a la intervención, se realizó una valoración antropométrica bilateral siguiendo los estándares de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (International Society for the Advancement of Kinanthropometry [ISAK]). Las mediciones fueron realizadas por un evaluador certificado ISAK, garantizando la calidad y estandarización del proceso. Asimismo, se consideró el control del error técnico de medición (TEM) como indicador de precisión en las evaluaciones antropométricas.

Se registraron las siguientes variables: perímetro de brazo flexionado y tensionado, pliegue de tríceps, perímetro de muslo medio, pliegue de muslo, perímetro de pantorrilla máxima y pliegue de pantorrilla.

A partir de estas mediciones se estimó el área muscular (AM) en cm^2 mediante las siguientes fórmulas antropométricas:

- Área muscular del brazo:

$$AM = (C - \pi Ts)^2 / (4\pi)$$

- Área muscular del muslo:

$$AM = (C - \pi Mm)^2 / (4\pi)$$

- Área muscular de la pierna:

$$AM = (C - \pi Pp)^2 / (4\pi)$$

Donde C corresponde al perímetro y Ts, Mm y Pp a los pliegues cutáneos respectivos.

La estimación del área muscular mediante perímetros corregidos por pliegues cutáneos constituye un procedimiento ampliamente utilizado en antropometría aplicada al deporte y a las ciencias de la salud para la valoración indirecta de la masa muscular. Las ecuaciones empleadas en el presente estudio se fundamentan en los modelos antropométricos propuestos por Frisancho (1981) y posteriormente refinados por Heymsfield et al. (1982), quienes demostraron que las áreas musculares derivadas de medidas antropométricas presentan una adecuada validez para la estimación de la masa muscular en estudios poblacionales y de seguimiento.

Asimismo, la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) reconoce la utilización de perímetros corregidos y áreas musculares como indicadores válidos para la evaluación de cambios morfológicos asociados al crecimiento, el entrenamiento y la composición corporal, especialmente en contextos donde técnicas de imagen de alta precisión no son accesibles. De igual manera, Norton y Olds (1996) destacan que estas mediciones representan una alternativa práctica, económica y reproducible para la evaluación de adaptaciones musculares en poblaciones físicamente activas y deportistas.

Aunque métodos como la resonancia magnética, la tomografía computarizada o la ecografía permiten una cuantificación más precisa de la hipertrofia muscular, las ecuaciones antropométricas continúan siendo herramientas válidas y ampliamente aceptadas para el monitoreo de cambios en el tamaño muscular en estudios de campo y contextos aplicados de entrenamiento físico, siempre que las mediciones sean realizadas bajo protocolos estandarizados y por evaluadores acreditados.

Asignación de ejercicios

La asignación de los ejercicios se realizó mediante aleatorización simple utilizando la función de generación de números aleatorios de Microsoft Excel®. Para cada grupo muscular (bíceps, cuádriceps y tríceps sural), se asignó el valor 0 o 1 a cada ejercicio. Posteriormente, un investigador independiente realizó el sorteo para determinar qué ejercicio sería ejecutado por la extremidad derecha y cuál por la izquierda. La secuencia de asignación fue establecida antes del inicio de la intervención y se mantuvo constante durante todo el programa de entrenamiento. Posteriormente, los participantes fueron instruidos en la técnica de ejecución de los ejercicios, conforme a los estándares reconocidos en el entrenamiento de fuerza. Se realizó una evaluación de carga máxima mediante pruebas submáximas, a partir de las cuales se estimó 1RM utilizando tablas de referencia (Miller, 2012).

Programa de entrenamiento

El programa tuvo una duración de 8 semanas, con una frecuencia de dos sesiones por semana por grupo muscular (16 sesiones totales). Cada sesión tuvo una duración aproximada de 60 a 90 min, incluyendo calentamiento previo.

La intensidad del entrenamiento se estableció entre 70–85% del 1RM, con un volumen de 4 series de 8–12 repeticiones por ejercicio. Los ejercicios realizados fueron:

- Bíceps: curl predicador y curl en polea alta
- Cuádriceps: extensión de pierna y prensa
- Tríceps sural (pantorrilla): elevación de talones de pie y elevación en máquina costurera

a) Progresión de cargas del 70 -85% 1RM

Semana 1-2: 70%

Semana 3-4: 75%



Semana 5-6: 80%

Semana 7-8: 85%

b) Descansos

Entre series: 90-120 segundos

Entre ejercicios: 2-3 minutos

c) Tempo

Fase concéntrica: 1-2 segundos

Fase excéntrica: 2-3 segundos

d) Proximidad al fallo

Las series se realizaron con una reserva aproximada de 1-3 repeticiones (RIR)

e) Adherencia

La asistencia fue registrada en cada sesión y sólo se incluyeron participantes con una adherencia $\geq 90\%$.

Evaluación final (postest)

Al finalizar la intervención, se repitió la valoración antropométrica bajo las mismas condiciones del pre-test, permitiendo comparar los cambios en el área muscular de cada grupo evaluado.

Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 26.0. La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Las variables se expresaron como media \pm desviación estándar. Dado que todas las variables cumplieron con el supuesto de normalidad ($p > 0.05$), las diferencias entre las mediciones pre y post intervención para cada ejercicio se analizaron mediante la prueba t de Student para muestras relacionadas. Adicionalmente, se calcularon los cambios porcentuales y los tamaños del efecto mediante la d de Cohen para muestras relacionadas, interpretándose como pequeños (0.20), moderados (0.50) y grandes (0.80). El nivel de significancia estadística se estableció en $p < 0.05$.

Resultados

Con el propósito de cumplir los objetivos de la investigación, se realizaron mediciones antropométricas pre y post intervención para estimar el AM de bíceps, cuádriceps y pantorrillas. Posteriormente, se analizaron las diferencias entre ambas mediciones, así como los cambios porcentuales asociados al ejercicio.

En términos descriptivos, se observaron incrementos en el área muscular en la mayoría de las variables analizadas. En el grupo muscular del bíceps, el curl predicador mostró un aumento promedio del 2%, mientras que el curl en polea alta presentó un cambio promedio de -1%. En el cuádriceps, la media del porcentaje de cambio inducido por la extensión de piernas y la prensa fue del 5% para ambos ejercicios. En el caso de las pantorrillas, el porcentaje de cambio inducido por la elevación de talones de pie vs. la elevación de talones en costurera fue del 3%, mientras que la variante en máquina de costurera presentó un incremento del 1% (tabla 1).

Tabla 1. Cambios en el área muscular pre y post intervención por ejercicio.

Grupo muscular	Ejercicio	Pre (Media)	Post (Media)	Diferencia	% Cambio
Bíceps	Predicador	77.2	78.56	1.36	2%
Bíceps	Polea	75.36	74.72	-0.64	-1%
Cuádriceps	Extensión	185.88	193.85	7.97	5%
Cuádriceps	Prensa	187.28	196.68	9.39	5%
Pantorrilla	De pie	96.15	98.91	2.76	3%
Pantorrilla	Sentado	95.36	95.97	0.6	1%

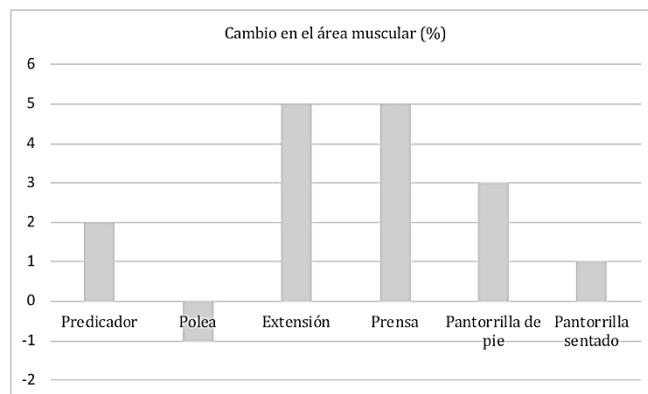
Nota: Valores expresados como media. % cambio calculado respecto a la medición inicial



Fuente: elaboración original

La Figura 3 muestra los cambios porcentuales en el área muscular para cada ejercicio evaluado, observándose incrementos diferenciados entre ellos, aunque sin una tendencia clara de superioridad.

Figura 3. Cambios porcentuales en el área muscular por ejercicio.



Fuente: elaboración propia.

El análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk indicó que todas las variables cumplieron con el supuesto de normalidad ($p > 0.05$). El análisis inferencial realizado para cada ejercicio mostró incrementos en el área muscular tras la intervención; sin embargo, ninguna de las comparaciones pre-post alcanzó significación estadística ($p > 0.05$). No obstante, se observaron tamaños del efecto moderados a grandes en algunos ejercicios, particularmente en la prensa ($d = 0.81$), la extensión de pierna ($d = 0.70$) y la elevación de talones de pie ($d = 0.66$), lo que sugiere una posible relevancia práctica que deberá confirmarse en estudios con muestras de mayor tamaño (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación pre y post del área muscular según el ejercicio

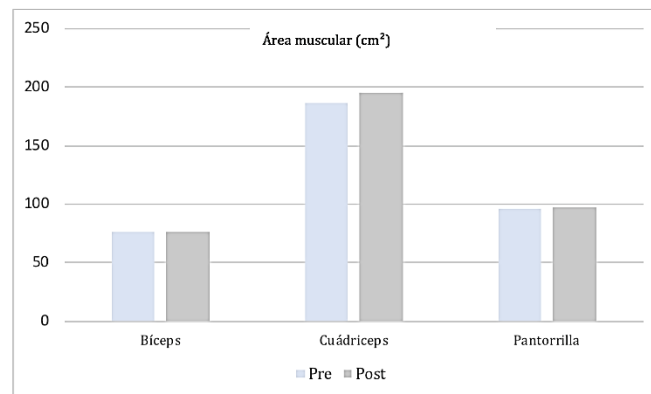
Grupo muscular	Ejercicio	Diferencia media (cm ²)	IC95%	t	gl	p	d de Cohen
Bíceps braquial	Curl predicador	1.36	-3.12 a 5.83	0.743	6	0.486	0.28
Bíceps braquial	Curl en polea	-0.64	-6.68 a 5.40	-0.261	6	0.803	-0.1
Cuádriceps femoral	Extensión de pierna	7.97	-2.62 a 18.56	1.841	6	0.115	0.7
Cuádriceps femoral	Prensa	9.39	-1.34 a 20.13	2.141	6	0.076	0.81
Tríceps sural	Elevación de talones de pie	2.76	-1.09 a 6.61	1.753	6	0.130	0.66
Tríceps sural	Elevación en costurera	0.61	-1.43 a 2.64	0.73	6	0.493	0.28

Nota. IC95% = intervalo de confianza al 95%; gl = grados de libertad; d = tamaño del efecto de Cohen para muestras relacionadas. Valores de referencia para d: 0.20 = efecto pequeño, 0.50 = efecto moderado y 0.80 = efecto grande. Fuente: elaboración propia

Por otro lado, al analizar las diferencias por grupo muscular y tipo de ejercicio, no se observaron diferencias significativas entre las mediciones antes y después en los ejercicios evaluados ($p > 0.05$). De igual forma, los ejercicios evaluados mostraron patrones de cambio similares y no se observó una superioridad consistente de alguno de ellos en términos de hipertrofia muscular. No obstante, debido al tamaño muestral reducido, estos resultados deben interpretarse con cautela y confirmarse en investigaciones con mayor potencia estadística. En la Figura 4 se observa la comparación entre las mediciones

pre y post intervención por grupo muscular, evidenciando un incremento general en el área muscular, sin diferencias marcadas entre los ejercicios evaluados.

Figura 4. Comparación pre y post intervención por grupo muscular



Fuente: elaboración propia

Discusión

Los hallazgos de esta investigación indican que, aunque se observaron incrementos en el área muscular tras la intervención, no se observaron diferencias descriptivas consistentes que sugirieran una superioridad clara de alguno de los ejercicios evaluados para cada grupo muscular. Los resultados obtenidos sugieren que los ejercicios evaluados produjeron respuestas hipertróficas de magnitud comparable bajo las condiciones de entrenamiento empleadas. Sin embargo, debido al carácter piloto del estudio, al reducido tamaño muestral y a la utilización de medidas antropométricas indirectas, estos hallazgos deben interpretarse con cautela. En consecuencia, la ausencia de diferencias estadísticamente significativas observada en el presente trabajo no debe interpretarse como evidencia definitiva de equivalencia entre ejercicios, sino como una indicación preliminar que requiere ser corroborada mediante investigaciones con mayor potencia estadística y procedimientos de evaluación más precisos. En este sentido, los resultados son consistentes con lo reportado por Schoenfeld (2010) y Helms et al. (2016), quienes señalan que la hipertrofia muscular se explica principalmente por mecanismos como la tensión mecánica, el estrés metabólico y el daño muscular, los cuales pueden generarse mediante distintos ejercicios siempre que exista sobrecarga progresiva.

No obstante, estos hallazgos difieren de lo reportado por Maeo et al. (2021), quienes observaron mayores incrementos en el volumen muscular cuando el entrenamiento se realiza en longitudes musculares más extensas. De manera similar, Zabaleta-Korta et al. (2023) observaron variaciones en la activación y el desarrollo regional del músculo en función del ejercicio ejecutado. Estas discrepancias pueden atribuirse a diferencias en el diseño metodológico, la duración de las intervenciones y las características de las muestras, lo que sugiere que la respuesta hipertrófica puede estar condicionada por múltiples factores contextuales.

En concordancia con lo anterior, la revisión sistemática de Wolf et al. (2026), indica que el entrenamiento en longitudes musculares más largas (LML-RT) podría generar mayores adaptaciones hipertróficas en comparación con longitudes musculares más cortas (SML-RT); sin embargo, también reconoce una alta variabilidad en los resultados reportados en la literatura. En este contexto, la ausencia de diferencias significativas observadas en el presente estudio podría explicarse, entre otras posibles razones, por la falta de contrastes biomecánicos marcados entre los ejercicios evaluados particularmente en términos de longitud muscular, así como factores metodológicos como el tamaño reducido de la muestra, duración limitada de la intervención y el uso de medidas antropométricas generales pueden haber limitado la detección de adaptaciones específicas, especialmente a nivel regional.

Resultados similares han sido reportados por Kinoshita et al. (2023), quienes, utilizando un diseño intra-sujeto, encontraron diferencias en la hipertrofia del tríceps sural entre variantes de elevación de talones. Dichas diferencias se atribuyen a variaciones en la activación muscular y en la longitud del músculo durante la ejecución, particularmente a la posición de la rodilla. En contraste, en el presente estudio no se observaron diferencias significativas, lo que sugiere que el grado de contraste biomecánico entre ejercicios puede ser un factor determinante en la magnitud muscular durante los ejercicios evaluados haya contribuido a la similitud en las respuestas hipertróficas.

De manera similar, Kassiano et al. (2023) reportaron mayores incrementos de hipertrofia del gastrocnemio cuando el entrenamiento se realizó con rangos de movimiento que implicaban longitudes musculares más extensas. Sin embargo, en el presente estudio no se observaron diferencias significativas entre ejercicios, lo cual podría explicarse por la ausencia de manipulaciones específicamente en la longitud muscular y el rango de movimiento.

Una posible explicación adicional de estos hallazgos radica en el carácter exploratorio del estudio. Al tratarse de un estudio piloto con duración limitada, es posible que el tiempo de intervención no haya sido suficiente para generar adaptaciones diferenciales detectables entre ejercicios. Asimismo, el uso de métodos antropométricos, aunque válidos y ampliamente utilizados, podrían no captar cambios regionales con la misma precisión que las técnicas de imagen como la resonancia magnética o la ecografía pueden ofrecer.

A pesar de estas limitaciones, el diseño intra-sujeto es una fortaleza del estudio, ya que permite controlar la variabilidad entre las personas y permite aumentar la sensibilidad del análisis. El enfoque metodológico resulta útil en estudios con muestras pequeñas por el hecho de que cada participante actúa como su propio control, lo que contribuye a mejorar la validez interna de los resultados.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentran el reducido tamaño muestral, la ausencia de un cálculo formal de potencia estadística, la duración relativamente corta de la intervención y el empleo de estimaciones antropométricas indirectas del área muscular. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como evidencia preliminar y exploratoria.

Conclusiones

Desde una perspectiva aplicada, los resultados del presente estudio piloto sugieren que los ejercicios evaluados mostraron respuestas hipertróficas descriptivamente similares bajo las condiciones del estudio cuando variables fundamentales del entrenamiento, como el volumen, la intensidad y la progresión de la carga, son controladas. No obstante, debido al tamaño muestral reducido y al uso de estimaciones antropométricas indirectas del área muscular, estos hallazgos deben considerarse preliminares.

Por lo tanto, no es posible descartar la existencia de diferencias entre ejercicios, sino únicamente señalar que dichas diferencias no fueron detectadas en las condiciones del presente estudio. Se requieren investigaciones futuras con muestras más amplias, mayor duración de intervención y técnicas de evaluación más precisas, como la ecografía o la resonancia magnética, para confirmar y ampliar estos resultados.

Referencias

- Arampatzis, A., Karamanidis, K., Stafilidis, S., Morey-Klapsing, G., DeMonte, G., & Brüggemann, G. P. (2006). Effect of different ankle- and knee-joint positions on gastrocnemius medialis fascicle length and EMG activity during isometric plantar flexion. *Journal of biomechanics*, 39(10), 1891–1902. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.05.010>
- Bezerra, E., Schoenfeld, B., Orssatto, L., Mayhew, J., y Ribeiro, A. (2021). Resistance training exercise selection: efficiency, safety and comfort analysis method. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 23, e82849. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2021v23e82849>
- Frisancho, A. (1981). New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34(11), 2540-2545. <https://doi.org/10.1093/ajcn/34.11.2540>
- Helms, E. (2016). The muscle strength pyramid. Publicado de forma independiente.



- Heymsfield, S., McManus, C., Smith, J., Stevens, V., y Nixon, D. (1982). Anthropometric measurement of muscle mass: Revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 36(4), 680–690. <https://doi.org/10.1093/ajcn/36.4.680>
- Ihsan, F., Nasrullo, A., Nugroho, S., y Yuniana, R. (2023). Effect weight training on muscular hypertrophy: a systematic review. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 27(6), 439-447. doi: <https://doi.org/10.15561/26649837.2023.0601>
- Kassiano, W., Costa, B., Kunevaliki, G., Soares, D., Zacarias, G., Manske, I., Takaki, Y., Ruggiero, M., Stavinski, N., Francsuel, J., Tricoli, I., Carneiro, M., y Cyrino, E. (2023). Greater Gastrocnemius Muscle Hypertrophy After Partial Range of Motion Training Performed at Long Muscle Lengths. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(9), 1746–1753. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004460>
- Kinoshita, M., Maeo, S., Kobayashi, Y., Eihara, Y., Ono, M., Sato, M., Sugiyama, T., Kanehisa, H., y Isaka, T. (2023). Triceps surae muscle hypertrophy is greater after standing versus seated calf-raise training. *Front Physiol*, 14, 1272106. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1272106>
- Kompf, J., Rhodes, R., y Lee, S. (2022). Selecting Resistance Training Exercises for Novices: A Delphi Study with Expert Consensus. *American Journal of Life*, 19(3), 437-449. <https://doi.org/10.1177/15598276221115662>
- Latarjet, M., y Liard, A. (2019). *Anatomía Humana. Buenos Aires, Argentina*. Médica Panamericana.
- Maeo, S., Huang, M., Wu, Y., Sakurai, H., Kusagawa, Y., Sugiyama, T., Kanehisa, H., y Isaka, T. (2021). Greater Hamstrings Muscle Hypertrophy but Similar Damage Protection after Training at Long versus Short Muscle Lengths. *Medicine and science in sports and exercise*, 53(4), 825–837. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002523>
- Marcos-Pardo, P., Espeso-García, A., Vaquero-Cristobal, R., y Abelleira-Lamela, T. (2024). Efecto del entrenamiento de resistencia con aparatos de ejercicio al aire libre sobre la composición corporal, la condición física y la salud física de adultos de mediana edad y mayores: un ensayo controlado aleatorizado. *Atención Sanitaria*, 12(7), 726. <https://doi.org/10.3390/healthcare12070726>
- Miller T. (2012). NSCA's Guide to tests and assessments. *United States: Human Kinetics Publishers*.
- Norton, K., y Olds, T. (1996). *Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses*. Sydney: UNSW Press.
- Schoenfeld, B. (2010). Los mecanismos de la hipertrofia muscular y su aplicación al entrenamiento de resistencia. *Revista de Investigación sobre Fuerza y Acondicionamiento*, 24(10), 2857-2872. DOI:10.1519/JSC.0b013e3181e840f3
- Sheppard, J. y Triplett, N. (2017). *Diseño de Programas para el Entrenamiento con Resistencia*. Paidotribo.
- Strey, B., Irigoyen, A., McMahon, G., y Pinto, R. (2026). Hipertrofia muscular por repetición parcial con longitud muscular larga frente a corta: una revisión sistemática y metaanálisis. *Ciencias del Deporte para la Salud*, 22(33), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11332-025-01586-5>
- Thibaudeau, C. (2007). *El Libro Negro de los Secretos de Entrenamiento*. F.Lepine.
- Tortora, G., y Derrickson, B. (2018). *Principios de Anatomía y Fisiología*. Medica Panamericana.
- Vargas-Pacheco, A., y Correa-López, L. (2022). El ejercicio como protagonista en la plasticidad muscular y en el músculo como un órgano endocrino: Implicaciones en las enfermedades crónicas. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, 22(1), 181-192. <https://doi.org/10.25176/rfmh.v22i1.4129>
- Wolf, M., Androulakis, P., Roberts, M., Plotkin, D., Franchi, M., Contreras, B., Henselmans, M., Larsen, S., y Schoenfeld, B. (2026). ¿El entrenamiento de resistencia con mayor longitud muscular provoca un mayor crecimiento longitudinal en humanos? Una revisión sistemática. *Medicina Deportiva y Ciencias de la Salud*, 8(1), 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2025.03.001>
- Zabaleta- Korta, A., Fernández - Peña, E., Torres- Unda, J., Francés, M., Zubillaga, A., y Santos- Concejero, J. (2023). Regional Hypertrophy: The Effect of Exercises at Long and Short Muscle Lengths in Recreationally Trained Women. *Journal of Human Kinetics*, 88, 259-270. <https://doi.org/10.5114/jhk/163561>
- Zabaleta-Korta, A., Fernández-Peña, E., Torres-Unda, J., Garbisu-Hualde, A., y Santos-Concejero, J. (2021). The role of exercise selection in regional Muscle Hypertrophy: A randomized. *Journal of Sports sciences*, 39(20). <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1929736>
- Zúñiga, J., Valverde-Esteve, T., González-Fernández, F., y Ruiz-Montero, P. (2022). Efectos de un programa de Aprendizaje-Servicio sobre Ejercicio Físico concurrente con personas adultas-mayores: Pilates y juegos de socialización. *Retos*, 45, 704-713. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.92693>



Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Horacio Enrique Guardado Martínez
Perla Zukey Hernández Gutiérrez
Felipe Valenzuela Jurado
Pedro Quintana Arroyo
Mariana Cossio Ponce de León
Joyzukey Armendáriz Hernández

p294410@uach.mx
phernandez@uach.mx
fvalenzuela@uach.mx
pquintana@uach.mx
mcssio@uach.mx
jarmendarizh@uach.mx

Autor
Autora
Autor
Autor
Autora
Traductora

