



Cejudo, A.; Rubio-Mateo, L.; Martínez-Romero, M. T.; Sainz de Baranda, P. (2021). Efecto crónico de un programa corto de flexibilidad dinámica sobre la dorsi-flexión de tobillo en powerlifters competitivos. *Journal of Sport and Health Research*. 13(3):405-416.

Original

EFECTO CRÓNICO DE UN PROGRAMA CORTO DE FLEXIBILIDAD DINÁMICA SOBRE LA DORSI-FLEXIÓN DE TOBILLO EN POWERLIFTERS COMPETITIVOS

CHRONIC EFFECT OF A SHORT PROGRAM OF DYNAMIC FLEXIBILITY ON ANKLE DORSI-FLEXION IN COMPETITIVE POWERLIFTERS

Cejudo, A.; Rubio-Mateo, L.; Martínez-Romero, M.T.; Sainz de Baranda, P.

¹ *Facultad de Ciencias del Deporte. Campus de Excelencia Internacional "Campus Mare Nostrum".*

Grupo de Investigación "Aparato Locomotor y Deporte" (E0B5-07). Universidad de Murcia

Correspondence to:
Sainz de Baranda, P.
 Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia
 C/Argentina s/n. Campus de San Javier
 Tel. 868 88 8671
 Email: psainzdebaranda@um.es

*Edited by: D.A.A. Scientific Section
 Martos (Spain)*



Received: 14/01/2020
 Accepted: 20/04/2020



RESUMEN

Introducción. La flexibilidad es una capacidad física fundamental para garantizar un método seguro y eficiente de los movimientos del Powerlifting, especialmente en la sentadilla. Un rango de movimiento (ROM) óptimo en el tobillo es un requisito anatómico fundamental que posibilita la correcta ejecución de este ejercicio. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto crónico de un programa corto de flexibilidad sobre la dorsiflexión del tobillo en competidores de Powerlifting. **Material y método:** Un total de 13 competidores de Powerlifting (edad: $21,6 \pm 9,2$ años; peso: $72,17 \pm 9,91$ kg; altura: $1,72 \pm 0,09$ m) participaron voluntariamente en el presente estudio. Se llevó a cabo un diseño cuasi-experimental controlado aleatorizado. Los participantes del grupo de intervención realizaron un programa de estiramientos dinámicos durante 3 semanas (4 días/semana, 2 ejercicios -gemelo y sóleo-, y 2 series x 15 repeticiones). El ROM de la dorsi-flexión de tobillo pasivo máximo fue valorado antes y después del programa de estiramientos. **Resultados.** No se encontraron diferencias significativas en las mediciones iniciales entre el grupo experimental y grupo control. Se encontró un número elevado de deportistas con ROM limitado por cortedad del sóleo ($n=12$) y asimetría ($n=5$). Tras finalizar el programa de estiramientos, el grupo experimental incremento $4,4^\circ$ el ROM de la dorsi-flexión de tobillo. Mientras que el efecto (pre-test vs post-test) de 3 semanas de intervención con o sin intervención de flexibilidad fue diferente estadísticamente significativo entre ambos grupos. De tal forma que se encontró un efecto estadísticamente significativo del programa de estiramientos en el grupo estiramiento (39° a $43,4^\circ$); por el contrario, no se encontró efecto significativo en el grupo control ($35,3^\circ$ a $35,1^\circ$). **Conclusión:** Un programa de flexibilidad dinámica de 3 semanas es eficiente para mejorar la extensibilidad del sóleo y ROM de dorsi-flexión en competidores amateurs de Powerlifting.

Palabras clave: Powerlifting, sentadilla, movilidad, estiramientos, tobillo.

ABSTRACT

Flexibility is essential to ensure a safe and efficient technique of the powerlifting movements, with a significant influence on the squat. In this test, an optimal range of motion (ROM) in the ankle is required for a smooth execution of the workout. The primary aim of the present study was to determine the chronic effect of a flexibility program on the ankle dorsiflexion in powerlifters. **Material and method:** a total of 13 competitive powerlifters (age: 21.6 ± 9.2 years, weight: 72.17 ± 9.91 kg, height: 1.72 ± 0.09 m) completed the study. A quasi-experimental randomized controlled design was provided. A set of dynamic stretches was performed by the individuals of the intervention group for three weeks (4 days/week, 2 exercise - gastrocnemius and soleus-, and 2 and 2 sets x 15 reps). The ankle dorsiflexion ROM was assessed before and after the stretching program were assessed. **Results:** The results found no significant differences in the initial measurement between the control group and the experimental group. A high number of athletes with limited ROM due to tightness of the soleus muscle ($n=12$) and asymmetry ($n=8$) was observed. After finishing the stretching program, the ankle-dorsiflexion ROM of the experimental group increased 4.4° . The effect (pre-test vs post-test) of 3 weeks of intervention with or without flexibility intervention is statistically significant between the two groups; Thus, a statistically significant effect of the stretching program was found in the stretching group (39° to 43.4°); on the contrary, no significant effect was observed in the control group (35.3° to 35.1°). **Conclusion:** a three-week-flexibility program is efficient to improve both the soleus extensibility and the dorsiflexion ROM of competitive powerlifters.

Keywords: powerlifting, squats, mobility, stretching, ankle.



INTRODUCCIÓN

El Powerlifting o levantamiento de potencia es una modalidad de fuerza que presenta similares características competitivas a la halterofilia o el Strongman (Siewe et al., 2011). Este deporte consiste en movilizar la máxima carga en tres ejercicios o movimientos fundamentales del entrenamiento de fuerza, los cuáles se ejecutan en una competición oficial en el siguiente orden: sentadilla, press de banca y peso muerto siguiendo la normativa de la International Powerlifting Federation [IPF] (Garhammer, 1993).

Según el reglamento de la IPF (2019), el Powerlifting está dividido en 7 categorías de edad. Los deportistas empiezan a competir en la categoría “subjunior” a partir de los 14 años y pueden competir hasta con más de 70 años en la categoría “Máster IV”. A su vez, también se encuentra la clasificación según sexo y peso corporal. Se han determinado 9 categorías de peso masculinas que oscilan entre los deportistas que pesan menos de 53 kg y más de 120 kg, y 8 categorías de peso femeninas que oscilan entre deportistas que pesan menos de 43 kg y más de 84 kg. La ejecución de los movimientos puede realizarse con la modalidad “Raw” con la ayuda de cinturón, muñequeras y rodilleras, y la modalidad “Equipado” que añade una camisa de fuerza y vendas.

En las competiciones oficiales, se utiliza la suma de los kilogramos movilizados en el mejor intento de tres repeticiones en cada uno de los tres movimientos de Powerlifting para medir la fuerza absoluta o relativa del powerlifter (Spencer y Croiss, 2015). Por ejemplo, si dos levantadores mueven el mismo peso total, ganará el deportista que presente mayor fuerza relativa (peso movilizado/peso corporal). Los récords que se dan en la competición son mundialmente validados y corroborados por la IPF (Pritchard y Morton, 2015). La validez de la ejecución correcta de cada movimiento está determinada por tres jueces, que tienen la potestad de votar entre dos opciones: “movimiento válido” a través de una luz verde, o “movimiento nulo” a través de una luz roja. Si coinciden dos o tres luces verdes, el movimiento sería aceptado como válido.

Henoch (2014) muestra la importancia de la extensibilidad muscular y el rango de movimiento (ROM) óptimo en hombro, la cadera y el tobillo para

permitir alcanzar una ejecución técnica adecuada que favorezca un menor estrés mecánico de los tejidos articulares. En este sentido, una limitada extensibilidad del sóleo y la consecuente limitación del ROM de la dorsi-flexión del tobillo perjudica de manera considerable la ejecución técnica y el rendimiento en la sentadilla profunda (Kim et al., 2015), la sentadilla tradicional (Conradsson, Fridén, Nilsson-Wikmar y Ang, 2010) y la sentadilla unilateral (Mauntel et al., 2013). El reglamento de la IPF exige que la articulación de la cadera supere a la articulación de la rodilla en el plano sagital (Macrum, Bell, Lewek y Padua, 2012). En este sentido, estudios prospectivos de cohorte han encontrado que la cortedad del sóleo predispone a la aparición de la tendinopatía rotuliana (Malliaras, Cook y Kent, 2006; Backman y Danielson, 2011) y Aquilea (Rabin, Kozol y Finestone, 2014). Por el contrario, elevados valores de la extensibilidad de esta musculatura han sido correlacionados tanto con el aumento del rendimiento físico-técnico de la sentadilla como con un eficiente manejo de la lesión por sobreuso (Behm, Blazevich, Kay y McHugh, 2016; Fong, Blackburn, Norcross, McGrath y Padua, 2011; Macrum et al., 2012).

El estiramiento es el tipo de entrenamiento habitualmente utilizado en el deporte para incrementar la extensibilidad muscular (Opplert y Babault, 2018). Tras una revisión bibliométrica, se han encontrado nueve trabajos que han analizado la eficacia de un programa crónico de estiramientos sobre el incremento de la extensibilidad del sóleo y la dorsi-flexión del tobillo en diferentes poblaciones (Tabla 1).

Los powerlifters entrenan esta capacidad física principalmente en el calentamiento, siendo el objetivo el de prepararse para el entrenamiento o la competición. La aplicación de métodos de estiramiento propios del calentamiento (por ejemplo, técnicas de flexibilidad estática activa o dinámica) han demostrado efectos agudos positivos sobre el incremento de la extensibilidad muscular (Ayala, Sainz de Baranda y De Ste Croix, 2012; Bishop y Middleton, 2013; ZhouLin, Chen y Chien, 2019). Así como, se han observado mejoras agudas de rendimiento en el salto, sprint y agilidad (Bishop y Middleton, 2013; Faigenbaum et al., 2012; Opplert y Babault, 2018).



Tabla 1. Revisión de los estudios científicos sobre el efecto crónico de diferentes técnicas de estiramiento sobre la dorsi-flexión del tobillo.

Referencia bibliográfica	Muestra	Protocolo de estiramiento	ROM	Resultados
Akagi y Takahashi (2014)	Adultos jóvenes (23-26 años) GC (n=19) GE (n=19)	6 semanas 5 sesiones/semana 1 sesión al día SS 3x120s: 360 s Total: 10800 s	DIN GON Posición inicial: rodilla extendida	GE: 35° (+6°) † GC: 35° (+0°)
Mahieu et al. (2009)	Jóvenes atletas (19-24 años) GE(n=33) GC (n=29)	6 semanas 7 sesiones/semana 1 sesión al día PNF 5x30 s: 150 s Total: 6300 s	DFT_RE GON Posición inicial: rodilla extendida	GE: 41.9° (+5.7°) † GC: 29.2° (+0.4°)
Nakamura et al. (2012)	Chicos jóvenes sanos (20-22 años) GE (n=9) GC (n=9)	4 semanas 7 sesiones/semana 1 sesión al día SS 2x60 s: 120 s Total: 5040 s	DFT_RE DIN Posición inicial: rodilla extendida	GE: 39.6° (+6.7°) † GC: 31.3° (-0.7°)
Guisseard y Duchateau (2004)	Sujetos sanos (21-35 años) GE (n=12) GC (n=12)	6 semanas 5 sesiones/semana 1 sesión al día SS 5x30 s: 150 s Total: 4500 s	EMG DIN No detalla posición inicial	GE: 24.6° (+6.2°) † GC: no detalla
Mahieu et al. (2007)	Jóvenes atletas (20-23 años) GE SS (n=33) GE BS (n=33) GC (n=30)	6 semanas 7 sesiones/semana 1 sesión al día SS y BS 5x20 s: 100 s Total: 4200 s	DFT_RE GON Posición inicial: rodilla extendida	GE SS: 30.8° (+2.7°) † GE BS: 31.89 (+3.68°) † GC: 29.83° (+1.58°)
Konrad y Tilp (2014a)	Policías (20-24 años) GE (n=20) GC (n=18)	6 semanas 5 sesiones/semana 1 sesión al día SS 4x30 s: 120 s Total: 3600 s	DIN No detalla posición inicial	GE: 36.3 (+5.4°) † GC: no detalla
Konrad y Tilp (2014b)	Policías (20-24 años) GE (n=20) GC (n=18)	6 semanas 5 sesiones/semana 1 sesión al día BS 4x30 s: 120 s Total: 3600 s	DIN No detalla posición inicial	GE: 37.8 (+4°) † GC: no detalla
Konrad y Tilp (2015)	Policías (20-24 años) GE (n=20) GC (n=18)	6 semanas 5 sesiones/semana 1 sesión al día PNF 4x30 s: 120 s Total: 3600 s	DIN No detalla posición inicial	GE: 33.1 (+2°) † GC: no detalla
Nakamura et al. (2017)	Chicos jóvenes sanos (22-26 años) GE (n=12) GC(n=12)	4 semanas 3 sesiones/semana 1 sesión al día SS 4x60 s: 240 s Total: 2880 s	DFT_RE DIN Posición inicial: Rodilla extendida	GE: 43.9° (+9.1°) † GC: 36.8° (-0.8°)

EMG= electromiografía; DFT_RF = dorsi-flexión de tobillo con rodilla flexionada; DFT_RE= dorsi-flexión de tobillo con rodilla extendida; GE= grupo experimental; GC= grupo control; SS= estiramiento estático pasivo; BS= estiramiento balístico; PNF= facilitación neuromuscular propioceptiva; ROM= rango de movimiento; DIN= dinamómetro; GON= goniómetro; †: valor promedio pre-test (valor medio de mejora de rango de movimiento).



Con frecuencia, los competidores amateurs de Powerlifting necesitan mejorar el ROM, debido a que normalmente presentan cortedad del tríceps sural (valores de ROM de dorsi-flexión del tobillo con rodilla en flexión iguales o menores a 45°). Para la realización de una ejecución técnica correcta de la sentadilla precisan de unos valores óptimos antes de movilizar las cargas propias de este deporte. Por ello, la mejora del ROM es un objetivo importante dentro de la planificación de los preparadores físicos y los entrenadores de este deporte. Sin embargo, muchas veces los deportistas quieren mejorar los valores de ROM en un escaso intervalo de tiempo ya que su motivación es movilizar las máximas cargas posibles.

El principal objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de un programa de estiramientos dinámicos de tres semanas de duración sobre el ROM de la dorsi-flexión del tobillo en competidores de Powerlifting. Como hipótesis principal se estableció que un programa de estiramientos dinámicos incrementa el ROM de dorsi-flexión del tobillo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño

Para el procedimiento del estudio de investigación se llevó a cabo un diseño cuasi experimental controlado aleatorizado para determinar el efecto crónico de un programa de estiramientos dinámicos de tres semanas de duración sobre la línea base del ROM del tobillo en competidores amateurs de Powerlifting de un box de CrossFit (Ato, López, y Benabente, 2013). La variable dependiente fue el ROM medido con el test de dorsi-flexión con rodilla flexionada (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala y Santonja, 2014), y como variable independiente se estableció el programa estiramiento dinámico de tres semanas de duración.

Participantes

Un total de 13 competidores amateurs de Powerlifting (edad: 21,6±9,2 años; peso: 72,17±9,91 kg; altura: 1,72±0,09 m) con cortedad tríceps sural participaron en el presente estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Datos demográficos y deportivos de los 13 atletas competitivos de Powerlifting.^a

	Control (n=6)	Intervención (n=7)	Total (n=13)
Peso (kg)	72,17±9,9	82,06±13,2	77,49±12,4
Altura (cm)	1,72±0,1	1,76±0,1	1,74±0,09
IMC (Kg/m ²)	24,30±1,6	26,23±1,7	25,34±1,9
Años de experiencia*	1,5±0,8	4,1±2,3	2,9±2,2
Meses de entrenamiento	8,3±5,7	11,7±8	10,2±4,1
Frecuencia semanal de entrenamiento (días)	4,3±2,3	4,3±8	4,3±1,5
Récord sentadilla (kg)*	108±38	164±33	138±45
Record peso muerto (kg)*	110,0±42,0	190,0±38,7	153,1±56,6

NOTA: ^aValores expresados como media desviación típica; * Diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y experimental; Kg: kilogramos; cm: centímetros; kg/m²: kilogramos por metro cúbico; ° valor que expresa los grados.

Antes de la recolección de datos, los participantes completaron un cuestionario que contenía preguntas sobre sus características antropométricas (edad, masa corporal, estatura e índice de masa corporal); antecedentes físico-deportivos (categoría federativa, experiencia práctica, extremidad dominante); y régimen de entrenamiento (años de experiencia, meses de entrenamiento al año, frecuencia semanal de práctica, horas de práctica de ejercicio físico semanal y diario, ejercicios de estiramiento y carga rutinaria realizada en sus sesiones de entrenamiento diarias). El estudio se realizó en abril de 2019.

El criterio de exclusión fue la historia de problemas ortopédicos en el tobillo en los tres meses previos al estudio, porque los síntomas residuales podrían tener un impacto en la competencia habitual del movimiento de los participantes y el ROM del tobillo (López-Valenciano, et al., 2018). Los participantes que presentaron dolor muscular de aparición tardía (agujetas) en el momento de ser evaluado también fueron excluidos por su posible influencia sobre la extensibilidad muscular (McHugh et al., 1999); igualmente se excluyeron a los participantes que no completaron el cuestionario previo, la intervención de flexibilidad dinámica o no realizaron la prueba de valoración del ROM tobillo pretest y postest. El presente estudio fue aprobado por el Comité Ético y Científico de la Universidad de Murcia (ID: 1702/2017).



Dos semanas previas a la intervención, los participantes realizaron la familiarización del método de los 6 ejercicios con el estiramiento dinámico. Para ello, un experto en entrenamiento de flexibilidad se llevó a cabo una explicación de la técnica correcta de ejecución de cada movimiento y guió la puesta en práctica de los estiramientos. Tras dicha reunión, los deportistas llevaron a cabo las técnicas de estiramiento asignadas para cada semana, como se observa en la ilustración 5 y en la ilustración 6.

Programa de estiramientos

Durante el período de estiramientos, todos los participantes realizaron un programa de estiramientos dinámicos con una frecuencia de 4 días a la semana (Tabla 3). Los participantes realizaron 2 ejercicios diferentes en cada sesión, uno enfocado en ganar extensibilidad del sóleo y otro al gemelo. Estos ejercicios variaban según la semana, con un total de 6 ejercicios en total.

La secuenciación de los estiramientos destinados a ganar extensibilidad en el sóleo fue: 1) La primera semana se realizó un estiramiento que se realizaba con una kettlebell sobre un cajón realizando 2 series de 15 repeticiones. Entre cada serie de repeticiones se realizaba un descanso de 30 s; 2) El estiramiento que se llevó a cabo en la segunda semana fue en posición de caballero con una goma elástica sobre un disco. El volumen fue igual que el de la primera semana; 3) El estiramiento que se realizó en la tercera semana fue una sentadilla unilateral sobre un cajón, con el mismo que volumen de las semanas anteriores (Figura 1).

Tabla 3. Protocolo de flexibilidad mediante el método de estiramiento dinámico.

Técnica	Semana 1	Semana 2	Semana 3
	Estiramiento dinámico		
Frecuencia semanal (días)	4	4	4
Número de ejercicios	2	2	2
Número de series	2	2	2
Número de repeticiones	15	15	15
Duración por repetición (s)	2	2	2
Duración total de estiramiento/músculo (s)	120	120	120

Los estiramientos destinados a ganar extensibilidad en el gemelo fueron: 1) En la primera semana, la rodilla adelantada quedaba flexionada, mientras que en la que se quedaba atrasada se realizaban

estiramientos dinámicos hasta una posición en la que no se produjera dolor. Se realizaron 2 series de 15 repeticiones con un descanso de 30 s entre series; 2) El estiramiento de la segunda semana consistía en un ejercicio donde la pierna en la que se realiza el estiramiento se coloca con la planta del pie sobre la pared disminuyendo y aumentando el ROM; 3) El estiramiento de la tercera semana fue una flexión dorsal con mancuernas sobre un cajón. El volumen fue el mismo en todas las semanas.

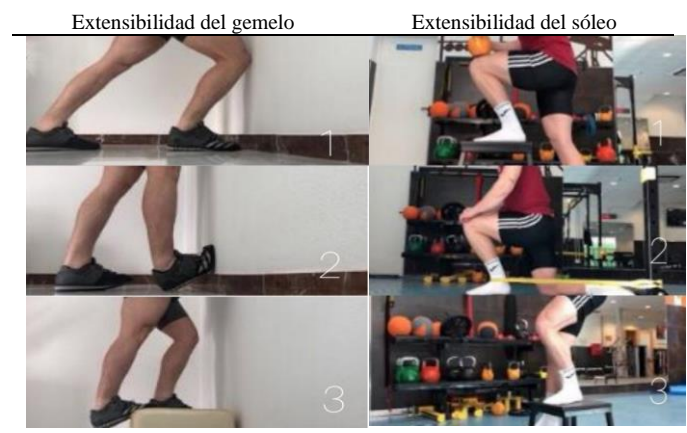


Figura 1. Estiramientos destinados a mejorar la extensibilidad del muscular del tríceps sural.

Los parámetros de carga e intensidad que se utilizaron fueron previamente estudiados a través de una revisión de estudios similares que trataron sobre los efectos crónicos de un programa de estiramientos sobre la dorsi-flexión (tabla 3).

Análisis estadístico

Previo al análisis estadístico, la distribución normal de los datos fue comprobada a través de la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables cuantitativas, que incluía la media y su correspondiente desviación típica.

Para examinar la existencia de asimetría entre los valores de los lados dominante y no dominante, se utilizó la prueba de Wilcoxon; además, se calculó el tamaño del efecto de Cohen de todos los resultados, y la magnitud del efecto era interpretado de acuerdo con los criterios de Hopkins, Marshall, Batterham y Hanin (2009), en el cual un tamaño de efecto menos de 0,2, de 0,2 a 0,59, de 0,6 a 1,19, de 1,20 a 2,00, de



2,00 a 3,99 y superior a 4,00 era considerado como trivial, pequeño, moderado, grande, muy grande y extremadamente grande, respectivamente. Los autores decidieron arbitrariamente “moderado” como el nivel mínimo de efecto relevante con aplicación práctica en los resultados.

Los valores de ROM se clasificaron como “normal versus cortedad”, y “normal versus asimetría” de acuerdo a los valores de referencia propuestos para considerar que un deportista es más propenso a sufrir una lesión. Los puntos de corte que se utilizaron para definir la cortedad fue 45° en la DFT_RF (Malliaras et al., 2006) y 6° para la asimetría (Ellenbecker et al., 2007).

Una prueba de medidas independiente se utilizó para determinar los efectos del programa de estiramiento en cada grupo. Posteriormente, un análisis de la covarianza con 2 factores (2 [grupo control vs. grupo estiramientos] x 2 [pre-test vs. post-test], con medidas repetidas en el último factor fue empleado para analizar si el DFTRF experimentaba variaciones significativas en ambos grupos.

El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences, v.24.0, para Windows; SPSS Inc, Chicago) con un nivel de significación del 95% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

La prueba de Shapiro-Wilk no encontró valores normales en la muestra analizada. La prueba de Wilcoxon no observó diferencias estadísticas significativas entre ambos lados corporales ($p > 0,05$), ni tampoco una magnitud del tamaño del efecto moderado o superior ($d < 0,59$). Teniendo en cuenta los puntos de corte de la cortedad, se observaron 12 deportistas con cortedad de sóloleo y 5 deportistas con asimetría.

En la tabla 4 se muestran los resultados del efecto del programa de flexibilidad dinámica, en la que se observa una mejora de ROM de 4,4° ($d > 4,0$ [extremadamente grande]) tras 3 semanas de entrenamiento de estiramiento dinámicos.

Tabla 4. Efecto del programa corto de flexibilidad dinámica

	Control (n=6)			Intervención (n=7)		
	Pre-test	Post-test	Diferencias	Pre-test	Post-test	Diferencias
DFT_R	35,3°±	35,2°±	-0,1°	39°±3,	43,4°±	4,4°
F (sóleo)	9,6°	3,5°		6°	3,5°	

DFT_RE: Rango de movimiento de la dorsi-flexión del tobillo con rodilla flexionada; ° grados.

El efecto (pre-test vs post-test) de 3 semanas de intervención con o sin intervención de flexibilidad es diferente estadísticamente significativa entre ambos grupos (η^2 : 0.452 [efecto fuerte]; $F_1=9,091$; $p < 0,012$); De tal forma que se encontró un efecto estadísticamente significativo del programa de estiramiento en el grupo estiramiento (39° a 43,4°; η^2 : 0.416 [efecto fuerte]; $F_1=7,820$; $p < 0,017$); por el contrario, no se observó efecto significativo en el grupo control (35,3° a 35,1°; $p = 0,867$).

DISCUSIÓN

El presente estudio fue diseñado para analizar el efecto de un programa de flexibilidad dinámica de tres semanas de duración sobre el ROM de dorsi-flexión del tobillo en deportistas de Powerlifting. Estudios previos han analizado los efectos de diferentes protocolos de flexibilidad dinámica sobre el ROM de la dorsi-flexión de tobillo en personas activas y deportistas de diferentes edades, mayores, adultos y jóvenes sanos (Behm, Blazevich, Kay y McHugh, 2016; Opplert y Babault, 2018; ZhouLin, Chen y Chien, 2019); sin embargo, no se han encontrado estudios que hayan intervenido en deportistas de alguna modalidad de fuerza.

Los resultados del presente estudio mostraron una mejora de 4,4° en el ROM de la dorsi-flexión del tobillo (sóleo) tras aplicar un programa corto de flexibilidad dinámica (tiempo total semanal de estiramiento 480 s). Estudios previos (Akagi y Takahashi, 2014; Guissard y Duchateau, 2004; Mahieu et al., 2009; Nakamura et al., 2012) han observado mejores resultados (un rango entre 5,4° a 6,7°) en el ROM de dorsi-flexión del tobillo (gemelo). La principal diferencia observada puede ser debida posiblemente a la duración total del programa de flexibilidad (un rango entre 3600 s a 10800 s) por un aumento de la frecuencia semanal, número de series y duración de estiramiento por cada serie.



Por el contrario, los trabajos de Konrad y Tilp (2014b) y Konrad y Tilp (2015) encontraron un incremento inferior de ROM de la dorsi-flexión del tobillo (gemelo) a pesar de aplicar 7,5 veces más la duración total de estiramiento (3600 s versus 480 s). En este sentido, sorprende el estudio de Nakamura et al. (2017), que observan un aumento de 9,1° en la dorsi-flexión de tobillo (gemelo) en los participantes tras aplicar un programa de flexibilidad con una duración total de estiramiento (2880 s) menor que el resto de estudios incluidos en la revisión (Tabla 1). Cuando se comparan los diseños de los programas de estos estudios se observa que una duración de estiramiento superior (60 s) es más eficaz que duraciones de 20 s o 30 s. Este hecho también se observa en el trabajo de Nakamura et al. (2012), el cual es el segundo programa de flexibilidad más efectivo en el incremento del ROM de la dorsi-flexión del tobillo (6,7°).

La literatura científica ha demostrado que todos los métodos de estiramiento mejoran significativamente el ROM cuando se comparan los resultados con un grupo control (Ayala et al., 2012; Mahieu et al., 2007; Nakamura et al., 2017). La mayoría de estos estudios no han encontrado diferencias significativas cuando se comparan diferentes métodos de estiramiento (Ayala et al., 2012; Ford y McCesney, 2007; Yuktasir y Kaya, 2009). Similares resultados han sido encontrado en los trabajos que han evaluado la eficacia de diferentes métodos de estiramiento sobre el incremento de ladorsi-flexión de tobillo (Mahieu et al., 2007; Konrad y Tilp, 2014b; Konrad y Tilp, 2015). En este sentido, en la tabla 1 se observan incrementos superiores de ROM con el método de estiramiento estático pasivo que con los métodos de estiramiento de facilitación neuromuscular propioceptiva, balístico o combinación del método de estiramiento estático pasivo con el balístico. Con estos antecedentes se puede concluir que la eficacia de un programa de flexibilidad sobre el ROM de la dorsi-flexión del tobillo posiblemente dependa más de la duración total de estiramiento que del tipo de método de estiramiento.

Para calcular el efecto crónico de un programa de flexibilidad más allá del error de medida sería interesante conocer el valor de la variabilidad de la medida (Mínimo Cambio Detectable con un 95% de probabilidad). Nuestro procedimiento exploratorio

encontró una variabilidad de 3,8° (Cejudo, Sainz de Baranda, Ayala y Santonja, 2014). Por lo tanto, como nuestros resultados han observado un cambio mayor a 3,8° sobre los valores iniciales después de aplicar el programa de flexibilidad, esto informa que es probable un cambio real en la extensibilidad del sóleo y el ROM de la dorsi-flexión del tobillo. Por tanto, se recomienda aumentar la duración de estiramiento por sesión de entrenamiento con el método de estiramiento dinámico para lograr el ROM óptimo del tobillo en un periodo de tiempo inferior a cuatro semanas en powerlifters competitivos.

En relación a las limitaciones del estudio, no parece conveniente comparar los resultados de los trabajos de investigación que analizan el efecto crónico (3 a 6 semanas de duración) de un programa de flexibilidad por la variabilidad de las diferentes variables del diseño del programa (duración del programa, frecuencia semanal, volumen total de estiramiento y musculatura estirada -gemelo o sóleo-). También, el procedimiento de valoración del ROM de la dorsi-flexión del tobillo difiere entre los diferentes estudios discutidos en variables como posición inicial y final del sujeto, instrumento de medida, criterio de final del ROM, fuerza aplicada en el movimiento y método de estiramiento.

Como aplicación práctica, antes de la participación en un programa de Powerlifting, los profesionales de Ciencias del Deporte deben recomendar a sus deportistas una valoración pre-participación y un control de su estado físico-técnico, así como de su flexibilidad para potenciar su rendimiento físico-técnico con una menor predisposición a la lesión por sobreuso.

CONCLUSIONES

Un programa corto de flexibilidad dinámica de 3 semanas, una frecuencia de 4 sesiones semanales y un volumen total de estiramientos de 120 segundos es eficiente para mejorar la extensibilidad del sóleo y ROM de dorsi-flexión en competidores amateurs de Powerlifting. Tras la aplicación del programa se ha observado un incremento de 4,4° en el rango de movimiento del tobillo en powerlifters.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al profesor Dr. Miguel Ángel Gómez Ruano por la formación en análisis estadística recibida por Antonio Cejudo durante la estancia de



investigación en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF) de Madrid entre el 01 de mayo y el 31 de Julio de 2017.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Akagi, R., & Takahashi, H. (2014). Effect of a 5-week static stretching program on hardness of the gastrocnemius muscle. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(6), 950–957.
2. Ato, M., López, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología*, 29(3), 1038-1059. <https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
3. Ayala, F., Sainz de Baranda, P., & Cejudo, A. (2012). El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(3), 105-112.
4. Behm, D.G., Blazevich, A.J., Kay, A.D. & McHugh, M. (2016) Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41, 1-11.
5. Cejudo A, Sainz de Baranda P, Ayala F, Santonja F. 2014b. A simplified version of the weightbearing ankle lunge test: description and test-retest reliability. *Manual Therapy*, 36(2), 278-285.
6. Cejudo A, Sainz de Baranda P, Ayala F, Santonja F. 2015a. Test-retest reliability of seven common clinical tests for assessing lower extremity muscle flexibility in futsal and handball players. *Physical Therapy in Sport*, 16(2), 107-113 DOI 10.1016/j.ptsp.2014.05.004.
7. Chandler, T.J., Kibler, W.B., Uhl, T.L., Wooten, B., Kiser, A., & Stone, E. (1990). Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 18(2), 134-136.
8. Conradsson, D., Fridén, C., Nilsson-Wikmar, L., & Ang, B.O. (2010). Ankle-joint mobility and standing squat posture in elite junior cross-country skiers. A pilot study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50(2), 132-8.
9. Ellenbecker, T.S., Ellenbecker, G.A., Roetert, E.P., Silva, R.T., Keuter, G., & Sperling, F. (2007). Descriptive profile of hip rotation range of motion in elite tennis players and professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(8), 1371-1376.
10. Fong, C.M., Blackburn, J.T., Norcross, M.F., McGrath, M., & Padua, D.A. (2011). Ankle-dorsiflexion range of motion and landing biomechanics. *Journal of Athletic Training*, 46(1), 5-10.
11. Ford, P. & McCesney, J. (2007). Duration of maintained hamstring ROM following termination of three stretching protocols. *Journal of Sports Rehabilitation*, 16, 18-27.
12. Garhammer, I. (1993). A Review of power output studies of olympic and powerlifting: methodology, performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(2), 76-89.
13. Guissard, N., & Duchateau, J. (2004). Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle & Nerve*, 29(2), 248-255.
14. Henoch, Q. (2014). The Best Damn Squat Mobility Article. Period. - Juggernaut Training Systems. Recuperado 29 mayo, 2019, <https://www.jtsstrength.com/best-damn-squat-mobility-article-period/>
15. Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine Science in Sports Exercise*, 41(1), 3.
16. IPF (International Powelifting Federation). (2019). Recuperado 29 de mayo, 2019 de https://www.powerlifting.sport/?gclid=CjwKCAjw27jnBRBuEiwAdjQXDNFDptR2mK1V0LWFVqaTe8jxmTI_M4l8WUeCv6f4vTcHUb6Jd0GcAxoCkYMQAvD_BwE
17. Kim, S.H., Kwon, O.Y., Park, K.N., Jeon, I.C., & Weon, J.H. (2015). Lower extremity strength and the range of motion in relation to squat depth. *Journal of Human Kinetics*, 7(45), 59-69. doi: 10.1515/hukin-2015-0007.
18. Konrad, A., & Tilp, M. (2014 a). Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures. *Clinical*



- Biomechanics*, 29(6), 636–642. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2014.04.013>.
19. Konrad, A., & Tilp, M. (2014 b). Effects of ballistic stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *Journal of Applied Physiology*, 117(1), 29-35. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.00195.2014>.
 20. Konrad, A., Gad, M., & Tilp, M. (2015). Effect of PNF stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(3), 346–355. <http://dx.doi.org/10.1111/sms.12228>.
 21. Macrum, E., Bell, D.R., Boling, M., Lewek, M., & Padua, D. (2012). Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *Journal of Sport Rehabilitation*, 21(2), 144-150.
 22. Mahieu N.N., Cools, A., De Wilde, B., Boon, M., & Witvrouw, E. (2009). Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(4), 553–60. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00815.x>.
 23. Mahieu, N.N., McNair, P., De Muynck, M., Stevens, V., Blanckaert, I., Smits, N., & Witvrouw, E. (2007). Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(3), 494–501. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000247004.40212.f7>.
 24. Malliaras, P., Cook, J.L., & Kent, P. (2006). Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 304-309.
 25. Mauntel, T.C., Begalle, R.L., Cram, T.R., Frank, B.S., Hirth, C.J., Blackburn, T., & Padua, DA. (2013). The effects of lower extremity muscle activation and passive range of motion on single leg squat performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(7), 1813-23. doi: 10.1519/JSC.0b013e318276b886.
 26. McGowan, R.W., Talton, B.J., & Tobacyk, J.J. (1990). Attentional style and powerlifting performance. *Perceptual and Motor Skills*, 70(3_suppl), 1253-1257.
 27. McGuigan, M.R., & Wilson, B.D. (1996). Biomechanical analysis of the deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(4), 250-255.
 28. McLaughlin, T.M., & Madsen, N.H. (1984). Bench Press: Bench press techniques of elite heavyweight powerlifters. *Strength & Conditioning Journal*, 6(4), 44, 62.
 29. McLaughlin, T.M., Dillman, C.J., & Gardner, T.J. (1977). A kinematic model of performance in the parallel squat by champion powerlifters. *Medicine and Science in Sports*, 9(2), 128-133.
 30. Nakamura, M., Ikezoe, T., Takeno, Y., & Ichihashi, N. (2012). Effects of a 4-week static stretch training program on passive stiffness of human gastrocnemius muscle-tendon unit in vivo. *European Journal of Applied Physiology*, 112(27), 49-55. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-2250-3>.
 31. Nakamura, M., Ikezoe, T., Umegaki, H., Kobayashi, T., Nishishita, S., & Ichihashi, N. (2017). Changes in passive properties of the gastrocnemius muscle-tendon unit during a 4-week routine static stretching program. *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(4), 263-268. <http://dx.doi.org/10.1123/jsr.2015-0198>.
 32. Nelson R.T., & Bandy W.D. (2005). An update on flexibility. *Strength and Conditioning Journal*, 27, 10-16.
 33. Opplert, J. & Babault, N. (2018). Acute effects of dynamic stretching on muscle flexibility and performance: an analysis of the current literature. *Sports Medicine*, 48, 1-27.
 34. Pierson, J.C., & Suh, P.S. (2002). Powerlifter's purpura: a Valsalva-associated phenomenon. *CUTIS*, 70(2), 93-94.
 35. Pritchard, H.J., & Morton, R.H. (2015). Powerlifting: success and failure at the 2012 Oceania and 2013 classic world championships.



- The Journal of Australian Strength and Conditioning*, 23(6), 67-70.
36. Rabin, A., Kozol, Z., & Finestone, A.S. (2014). Limited ankle dorsiflexion increases the risk for mid-portion Achilles tendinopathy in infantry recruits: a prospective cohort study. *Journal of Foot and Ankle Research*, 7(1), 48.
 37. Recas, L.D. (2010). *Manual de powerlifting y otras modalidades de levantamiento de peso*. Editorial Visión Libros.
 38. Samukawa, M., Hattori, M., Sugama, N. & Takeda, N. (2011). The effects of dynamic stretching on plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Manual Therapy* 16, 618-622.
 39. Siewe, J., Rudat, J., Röllinghoff, M., Schlegel, U. J., Eysel, P., & Michael, J. P. (2011). Injuries and overuse syndromes in powerlifting. *International Journal of Sports Medicine*, 32(9), 703-711.
 40. Spencer, K., & Croiss, M. (2015). The effect of increasing loading on powerlifting movement form during the squat and deadlift. *Journal of Human Sport & Exercise*, 10(3), 764-774.
 41. Swinton, P.A., Lloyd, R., Keogh, J.W., Agouris, I., & Stewart, A.D. (2012). A biomechanical comparison of the traditional squat, powerlifting squat, and box squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1805-1816.
 42. Yuktasir, B., & Kaya, F. (2009). Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 13(1), 11-21. doi:10.1016/j.jbmt.2007.10.001
 43. Zhou, W.S., Lin, J.H., Chen, S.C., & Chien, K.Y. (2019). Effects of Dynamic Stretching with Different Loads on Hip Joint Range of Motion in the Elderly. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(1), 18, 52-57.

