

Estiramiento *versus* ejercicio concéntrico para la ganancia de rotación externa glenohumeral en sujetos asintomáticos: ensayo clínico aleatorizado piloto

Stretching versus concentric exercise for improving glenohumeral external rotation range of motion in asymptomatic subjects: a pilot randomized clinical trial

Llarena-Quintanilla F¹, Fernández-Matías R^{2,3}, Pecos-Martín D^{1,4}

¹ Departamento de Enfermería y Fisioterapia. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares, Madrid, España

² Instituto de Investigación Fisioterapia y Dolor. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares, Madrid, España

³ Unidad de Investigación. Hospital Universitario Fundación Alcorcón. Alcorcón, Madrid, España

⁴ Grupo de Investigación de Fisioterapia y Dolor. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares, Madrid, España

Correspondencia:

Rubén Fernández Matías

ruben.fernanmat@gmail.com

Recibido: 12 febrero 2022

Aceptado: 17 marzo 2022

RESUMEN

Contexto: investigaciones previas sugieren que el rango de movimiento está altamente influenciado por un componente músculo-tendinoso mediado por la mecanosensibilidad neural. Sin embargo, no existe ningún estudio publicado que haya comparado un trabajo pasivo con uno activo orientado a solicitar mayor tensión neural en la ganancia de rango de movimiento glenohumeral. *Objetivo:* evaluar si un ejercicio de rotación externa concéntrico es más efectivo que un estiramiento pasivo en la ganancia de rango de movimiento de rotación externa glenohumeral. *Material y método:* ensayo clínico aleatorizado piloto. Se llevó a cabo un reclutamiento por conveniencia de 19 sujetos asintomáticos de entre 18 y 30 años en la Universidad de Alcalá. Se realizó una asignación aleatoria a los grupos de tratamiento (estiramiento y ejercicio concéntrico de rotación externa), 4 sesiones en días alternos durante 2 semanas, tratándose el lado más acortado de los sujetos. Se evaluaron el rango de rotación externa glenohumeral a 0 (RE1) y 90 grados de abducción y de flexión. Se llevaron a cabo análisis de la varianza (ANOVA) mixtos 3-por-2 para las variables resultado. *Resultados:* los ANOVA mixtos solo encontraron una interacción tiempo-por-grupo significativa para RE1, con un incremento significativo en el postratamiento a favor del grupo de estiramiento (diferencia media: 6,57°; intervalo de confianza al 95 %: 1,40° a 11,73°). *Conclusión:* no parece haber diferencias entre los estiramientos pasivos y el ejercicio de rotación externa concéntrica en cuanto al incremento de rango articular de movimiento glenohumeral en sujetos asintomáticos.

Palabras clave: hombro, rotación externa, estiramiento, ejercicio concéntrico, nervio supraescapular.

ABSTRACT

Background: previously published studies suggest that range of motion is highly influenced by a musculotendinous component mediated by neural mechanosensitivity. However, there is no published research that has compared passive stretching with an active exercise treatment focused on increasing neural tension on the improvement of glenohumeral range of motion. *Aim:* to evaluate if a concentric external rotation exercise is more effective than

passive stretching for improving glenohumeral external rotation range of motion. Material and method: pilot randomized clinical trial. A convenience sample of 19 asymptomatic subjects between 18 and 30 years was recruited from University of Alcalá. Subjects were randomly assigned to one of each treatment (passive stretching or concentric external rotation exercise) and received 4 sessions in alternating days within 2 weeks. The most shortened side was treated. Data regarding glenohumeral external rotation range of motion at 0 (RE1) and 90 degrees of abduction, and flexion were collected. 3-by-2 mixed-model analysis of variance (ANOVA) were conducted for outcome measures. Results: The mixed ANOVA only revealed a significant time-by-group interaction for RE1, with a significant post-treatment improvement in favour of stretching group (mean difference, 6.57°; 95% confidence interval, 1.40° to 11.73°). Conclusion: there seems to be no difference between passive stretching and concentric external rotation exercise regarding improvements in glenohumeral range of motion in asymptomatic subjects.

Keywords: shoulder, external rotation, stretching, concentric exercise, suprascapular nerve.

DECLARACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS

Los datos generados o analizados durante este estudio se incluyen en el presente artículo.

INTRODUCCIÓN

El complejo articular del hombro es la región corporal con mayores grados de libertad de movimiento⁽¹⁾. De entre los movimientos que presenta, la rotación externa glenohumeral es uno de los esenciales para asegurar una buena artrocinemática⁽¹⁻³⁾, con una media estimada durante la elevación del brazo de 50 grados⁽³⁾. Además, múltiples autores recomiendan focalizar el tratamiento en la ganancia de rotación externa en sujetos con pérdida de rango de movimiento de elevación del hombro⁽²⁾.

De entre los factores que pueden limitar el rango de movimiento articular, el componente músculo-tendinoso parece ser uno de los más importantes, siendo los estiramientos una de las intervenciones más utilizadas para su ganancia⁽⁴⁾. Se ha observado que el beneficio de los estiramientos en la ganancia de rango articular no se debe a cambios en las propiedades mecánicas del músculo, sino a un cambio en la tolerancia al estiramiento, por una disminución de la mecanosensibilidad neural⁽⁴⁻⁶⁾. Es por ello que, en las últimas décadas, se ha empezado a investigar más otra intervención con dicho fin: la neurodinámica⁽⁷⁻⁹⁾.

El nervio supraescapular es uno de los principales encargados de recoger la información sensitiva del hombro, innervando tejidos como la bursa subacromial, cápsula pos-

terior y articulación acromioclavicular⁽¹⁰⁾. Además, es el encargado de proveer de inervación motora al supraespinoso e infraespinoso, dos músculos de suma importancia en la artrocinemática glenohumeral⁽¹¹⁾. Este nervio desciende de las raíces de C4, C5 y C6⁽¹²⁾ y se dirige caudal, lateral y posterior hacia la fosa espinoglenoidea, donde cursa hacia medial para innervar el músculo infraespinoso^(11, 13).

Esta fosa ha sido de especial interés en investigación como posible punto de compromiso del nervio por compresión^(11, 13, 14). Se ha observado que, en sujetos con roturas masivas del infraespinoso, el desplazamiento hacia medial del vientre muscular puede traccionar del nervio, comprimiéndolo contra dicha fosa y derivando en una neuropatía^(11, 13). Por otro lado, también se ha observado una alta incidencia de atrofia del infraespinoso en deportistas por encima de la vertical⁽¹⁴⁾, que se piensa es debida a una compresión de dicho nervio por movimientos repetidos de rotación externa donde la contracción del infraespinoso traccionaría también hacia medial el nervio supraescapular⁽¹⁴⁾.

Múltiples autores han investigado las diferencias entre los estiramientos pasivos y las intervenciones de trabajo activo de la musculatura como los ejercicios excéntricos⁽¹⁵⁾, así como las diferencias entre los estiramientos pasivos y técnicas de neurodinámica en miembros inferiores^(8, 9). Sin embargo, en la región del hombro, las investigaciones se han centrado exclusivamente en la evaluación de técnicas pasivas de estiramiento de mayor o menor duración⁽²⁾, sin que haya estudios que evalúen la diferencia entre dichos estiramientos pasivos y trabajos activos orientados a incrementar la tensión neural solicitada.

El objetivo del presente estudio es evaluar si un trabajo de rotación externa concéntrico que induciría mayor tensión al nervio supraescapular, es más efectivo que un estiramiento estático pasivo en la ganancia de rango de movimiento de rotación externa glenohumeral en sujetos asintomáticos.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño

Se llevó a cabo un ensayo clínico aleatorizado piloto reportado de acuerdo a las recomendaciones de la *Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT)*⁽¹⁶⁾. El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad de Alcalá (CEIM/HU/2019/32). El estudio se realizó de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki.

Sujetos

Se llevó a cabo un muestreo por conveniencia de sujetos asintomáticos mediante carteles dispuestos por el Campus Universitario Externo de la Universidad de Alcalá (Madrid, España). Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado previa participación en el estudio.

Para poder ser incluidos en el estudio los sujetos debían presentar el siguiente criterio de inclusión: edad comprendida entre 18 y 30 años. Además, los sujetos no debían presentar ninguno de los siguientes criterios de exclusión: dolor de hombro o región cervical actual o en los últimos 6 meses; lesiones traumáticas previas del complejo articular del hombro; rotura del tendón del músculo subescapular por diagnóstico de imagen; y enfermedades sistémicas (ejemplo, artritis reumatoide, cáncer, enfermedades neurológicas, etc.).

Tamaño muestral

El cálculo del tamaño muestral se realizó con el programa *G*Power* 3.1.5 para la interacción tiempo-por-grupo de un Análisis de la Varianza (ANOVA) mixto

3-por-2. Se estimó un tamaño del efecto de $f(U) = 0,412$, con una potencia estadística del 80 %, una corrección de no-esfericidad de 0,75 y un nivel de α de 0,05. El tamaño muestral resultante fue de 40 sujetos (20 por grupo).

Debido a la pandemia de la Covid-19, el reclutamiento se detuvo con un total de 19 sujetos incluidos (10 en el grupo de estiramiento y 9 en el grupo de ejercicio excéntrico). Asumiendo el mismo tamaño del efecto previo, la potencia estimada con el actual tamaño muestral sería de 45 %. Finalmente, utilizando los valores obtenidos, con un coeficiente eta cuadrado parcial (η_p^2) para la interacción tiempo-por-grupo de la variable principal (rango de rotación externa a cero grados de abducción), $\eta_p^2 = 0,31$, ($f(U) = 0,67$), la potencia estimada sería del 86 %.

Intervenciones

Las intervenciones se llevaron a cabo en la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Alcalá por parte de un estudiante de cuarto curso del Grado en Fisioterapia. El proceso de asignación aleatoria de los sujetos se realizó con el programa Epidat 4.2 (Conselleria de Sanidade, Xunta de Galicia, Galicia, Spain). Las intervenciones en ambos grupos de tratamiento se realizaron sobre el lado del sujeto que presentase menor rango de movimiento de rotación externa a 0 grados de abducción. Ambos grupos recibieron un total de 4 sesiones de tratamiento, con una frecuencia de 2 por semana en días alternos.

Estiramiento

La técnica de estiramiento fue realizada de manera pasiva por el fisioterapeuta. El sujeto se posicionó en decúbito supino sobre la camilla, con el hombro a 0 grados de abducción y con el codo a 90° de flexión, fijándose el brazo al tórax mediante la utilización de una cincha (Newfeel, Madrid, España). El fisioterapeuta realizó una toma en la cara lateral del húmero para facilitar su fijación, y con la otra mano realizó una toma en el tercio distal del antebrazo, proximal a la apófisis estiloides del radio, mediante la cual indujo una rotación externa glenohumeral

hasta notar una resistencia final al movimiento, o según la tolerancia del sujeto. Actualmente no existe consenso sobre la dosificación óptima de aplicación de estiramientos estáticos^(17, 18). Algunos autores han sugerido que lo importante es el tiempo semanal de estiramiento y no el tiempo individual de cada sesión⁽¹⁷⁾. Basado en dichas recomendaciones y debido a la dificultad de los participantes para acudir diariamente a las sesiones terapéuticas, se seleccionó una dosificación de 3 repeticiones de 60 segundos por día, 2 días por semana, con un descanso de 45 segundos entre cada repetición, para superar el tiempo mínimo de dosificación recomendado de 5 minutos por semana⁽¹⁷⁾. El tiempo de duración de los estiramientos y descansos fue controlado por el terapeuta mediante el uso de un cronómetro.

Ejercicio de rotación externa

Para el ejercicio de rotación externa, el sujeto se posicionó en sedestación sobre una silla, con el brazo a 0 grados de abducción y con el codo a 90° de flexión, fijado al tórax mediante la utilización de una cincha. Se dispuso una banda elástica (*Thera-Band Beginner*, TheraBand®, Akron, EEUU) doble de baja resistencia (amarilla) anclada a una espaldera, quedando perpendicular al antebrazo del sujeto a la altura de la mano. En esta posición, el sujeto debía realizar un movimiento de rotación externa máxima según tolerancia, ayudándose con la mano contralateral a la vuelta para realizarla sin tensión. Se llevaron a cabo 3 series de 15 repeticiones, manteniendo en cada repetición la posición final durante 3 segundos y con un descanso de 45 segundos entre cada serie.

Mediciones

Todas las mediciones se realizaron en la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Alcalá, por parte del mismo fisioterapeuta encargado de realizar las intervenciones. Se recogieron los siguientes datos demográficos de los sujetos: edad, estatura, peso, sexo, índice de masa corporal, realización de práctica deportiva (sí, no), frecuencia de práctica deportiva (días por semana) y lado dominante. Como variables resultado se

midieron el rango de rotación externa de hombro a 0 y 90° de abducción (plano frontal) y el rango de flexión de hombro del lado a tratar.

Las mediciones del rango de movimiento se realizaron con la aplicación para iOS *iPhone Goniometer Application*, que ha mostrado ser una herramienta válida y fiable en múltiples articulaciones y planos de movimiento⁽¹⁹⁾. De cada rango de movimiento se tomaron 3 mediciones, con 10 segundos de descanso entre cada una y 45 entre cada movimiento, usándose la media para los análisis estadísticos. Las mediciones se tomaron antes de la primera intervención, justo tras la primera intervención y al final de la última intervención.

Los procedimientos de medición se han basado en protocolos previos publicados que han mostrado buenos valores de fiabilidad y validez concurrente comparado con goniometría⁽²⁰⁾.

Rotación externa de hombro a 0 grados de abducción

El sujeto se situó en decúbito supino sobre la camilla con el brazo a 0 grados de abducción, el codo a 90 grados de flexión y el antebrazo en prono-supinación neutra, fijándose el brazo al tórax mediante el uso de una cincha. El fisioterapeuta posicionó una mano en la cara lateral del brazo en su tercio medio para facilitar la estabilización, mientras que con la otra situó el *iPhone* en la cara medial del antebrazo, justo proximal a la apófisis estiloides radial, e indujo el movimiento de rotación externa hasta la sensación de final de movimiento o según la tolerancia del sujeto. Este movimiento fue el único que se midió en ambas extremidades con el fin de evaluar el lado con menor rango de rotación externa sobre el que aplicar la intervención.

Rotación externa de hombro a 90 grados de abducción

El sujeto se situó en decúbito supino sobre la camilla, con el hombro a 90 grados de abducción en el plano frontal, el codo a 90 grados de flexión y el antebrazo en prono-supinación neutra. El fisioterapeuta realizó una toma con su antebrazo a nivel del hombro y brazo del sujeto para estabilizar la posición de 90 grados de ab-

ducción, mientras que con la otra mano posicionó el *iPhone* en la cara anterior del antebrazo, justo proximal a la apófisis estiloides radial, e indujo el movimiento de rotación externa hasta la sensación de final de movimiento o según la tolerancia/aprehensión del sujeto.

Flexión de hombro

El sujeto se posicionó en decúbito supino sobre la camilla. El fisioterapeuta realizó una toma a nivel distal del antebrazo, justo proximal a la apófisis estiloides del radio con el antebrazo en prono-supinación neutra. Con la otra mano, posicionó el *iPhone* en la cara inferior del brazo, proximal a una línea imaginaria que une el epicóndilo medial y lateral, y con ambas indujo un movimiento de flexión hasta la sensación de final de movimiento o según la tolerancia del sujeto.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis de la normalidad de las variables dependientes mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Todas las variables siguieron la normalidad salvo la frecuencia de deporte por semana. Para el análisis descriptivo de las variables dependientes cuantitativas continuas se utilizaron la media y desviación típica (DT). Para la frecuencia de deporte se utilizó la mediana y el primer y tercer cuartil. En el caso de las variables categóricas se utilizaron las frecuencias absolutas y relativas porcentuales. Se llevó a cabo un análisis de la homogeneidad de los grupos en la situación basal mediante la prueba t-Student para muestras independientes en el caso de las variables continuas, salvo para la frecuencia de deporte en la que se utilizó la U de Mann-Whitney, y la prueba chi-cuadrado de Pearson o la prueba exacta de Fisher en el caso de las categóricas⁽²¹⁾.

Para el análisis de las diferencias en las variables dependientes se utilizó un Análisis de la Varianza (ANOVA) mixto 3-por-2, con el tiempo (basal, semana 1, semana 2) como factor intrasujetos y el grupo (estiramientos, concéntrico) como factor intersujetos. Se utilizó el coeficiente eta cuadrado parcial (η_p^2) como estimador del tamaño del efecto de los efectos principales e interacciones del ANOVA, siendo 0,01 un tamaño pequeño, 0,06 un ta-

maño medio y 0,14 un tamaño grande. Las comparaciones por pares post-hoc se realizaron con la prueba t-Student con la corrección de Bonferroni⁽²¹⁾.

Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS V.22 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), considerando un nivel α de 0,05; con los respectivos intervalos de confianza (IC) al 95 %.

RESULTADOS

La muestra final quedó constituida por 19 sujetos (figura 1). Diez de ellos recibieron el tratamiento con estiramientos pasivos, con una edad media de 21,80 años (DT: 1,62); y 9 recibieron el tratamiento con ejercicios concéntricos, con una edad media de 22,22 años (DT: 0,97). Las características demográficas y basales de los sujetos con su análisis de homogeneidad aparecen reflejados en la tabla 1.

Rango de rotación externa a 0 grados de abducción

El ANOVA mixto 3-por-2 encontró un efecto principal significativo para el factor tiempo ($F = 47,79$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,86$), pero no para el factor grupo ($F = 1,09$; $p = 0,31$; $\eta_p^2 = 0,06$). Se encontró una interacción tiempo-por-grupo significativa ($F = 4,22$; $p = 0,04$; $\eta_p^2 = 0,31$). El grupo de estiramientos mostró una mayor ganancia de rango de rotación externa a 0 grados de abducción, a la semana de seguimiento, en comparación al grupo de concéntrico (diferencia media 6,57; IC 95 % 1,40 a 11,73; $p = 0,02$). El resto de las comparaciones por pares aparecen reflejadas en la tabla 2.

Rango de rotación externa a 90 grados de abducción

El ANOVA mixto 3-por-2 no encontró un efecto principal significativo para el factor tiempo ($F = 2,19$; $p = 0,13$; $\eta_p^2 = 0,11$), ni para el factor grupo ($F = 0,01$; $p = 0,99$; $\eta_p^2 = 0,01$). Tampoco se encontró una interacción tiempo-por-grupo significativa ($F = 0,15$; $p = 0,86$; $\eta_p^2 = 0,01$). Los resultados de las comparaciones por pares aparecen reflejados en la tabla 3.

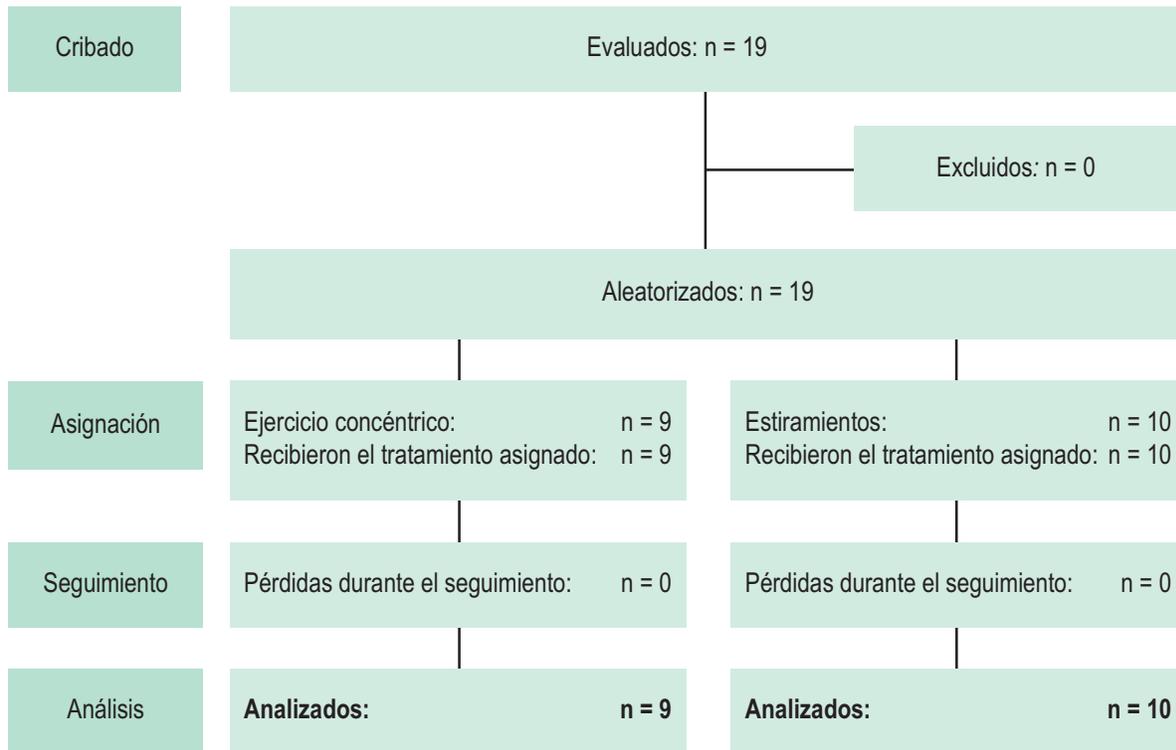


FIGURA 1. Diagrama de flujo de los sujetos.

Rango de flexión

El ANOVA mixto 3-por-2 encontró un efecto principal significativo para el factor tiempo ($F = 7,40$; $p < 0,01$; $\eta_p^2 = 0,48$), pero no para el factor grupo ($F = 0,02$; $p = 0,89$; $\eta_p^2 = 0,01$). Se encontró una interacción tiempo-por-grupo significativa ($F = 4,05$; $p = 0,04$; $\eta_p^2 = 0,31$). El grupo de concéntrico mostró una mayor ganancia de rango en flexión a la semana de seguimiento (diferencia media 1,82; IC 95% 0,41 a 3,23; $p = 0,03$). El resto de las comparaciones por pares aparecen reflejadas en la tabla 4.

DISCUSIÓN

Se llevó a cabo un estudio piloto en 19 sujetos asintomáticos comparando los estiramientos pasivos con ejercicios de rotación externa concéntrica para la ganancia de rango de movimiento glenohumeral. Solo se

encontraron cambios en ambos grupos en el rango de rotación externa glenohumeral a 0 grados de abducción, sin cambios en el resto de los rangos de movimiento.

Este es el primer estudio comparando una técnica de estiramiento pasivo con un ejercicio activo en la articulación glenohumeral. El conjunto de literatura previa se ha centrado en el análisis de distintas modalidades de estiramientos⁽²⁾ y otras técnicas de terapia manual pasivas como las movilizaciones antero-posteriores y postero-anteriores glenohomerales^(22, 23). Además, este conjunto de literatura se ha centrado en un subgrupo de pacientes muy concreto, en general hombro congelado^(2, 22, 23), donde existiría un posible componente cápsulo-ligamentoso implicado en la limitación de rango de movimiento y podría tener sentido aplicar técnicas pasivas de baja carga y larga duración para fomentar cambios en el tejido⁽²⁾, siendo una población distinta a la del presente estudio, donde el componente más plausible implicado en la limitación de rango sería el músculo-tendinoso mediado por la mecanosensibilidad neural⁽⁴⁾.

TABLA 1. Características basales de los sujetos (n = 19).

Variable*	Estiramiento (n = 10)	Concéntrico (n = 9)
Edad, años	21,80 (1,62)	22,22 (0,97)
Estatura, cm	172,30 (8,30)	171,11 (9,59)
Peso, kg	70,62 (11,31)	64,08 (9,90)
IMC, kg/m ²	23,43 (2,83)	21,81 (2,43)
Deporte, n (%)	9 (90)	7 (77,8)
Días por semana [#]	3,50 (2,75 – 5,25)	4,00 (1,00 – 5,00)
Sexo, n (%)		
Hombre	5 (50)	3 (33,3)
Mujer	5 (50)	6 (66,7)
Lado dominante, n (%)		
Derecho	8 (80)	9 (100)
Izquierdo	2 (20)	0 (0)
Lado acertado, n (%)		
Derecho	6 (60)	3 (33,3)
Izquierdo	4 (40)	6 (66,7)
ROM RE (0° ABD), °		
Lado acertado	71,90 (12,86)	80,67 (12,12)
Lado no acertado	78,80 (15,90)	86,00 (12,98)
ROM RE (90° ABD), °	120,20 (10,87)	121,33 (5,05)
ROM Flexión, °	176,90 (2,64)	175,78 (4,89)

* Los datos se proporcionan como media (desviación típica) a menos que se indique lo contrario. # Mediana (primer y tercer cuartiles). IMC: índice de masa corporal; ROM: rango de movimiento; RE: rotación externa; ABD: abducción.

Solamente se encontraron cambios a lo largo del tiempo en el rango de rotación externa glenohumeral a 0 grados de abducción, lo que puede deberse a que se seleccionó el lado a tratar que tuviera menor rango de rotación externa, de manera que los sujetos presentaban

una limitación de rango en este movimiento. Sin embargo, ambos grupos presentaban una media de rango de flexión y rotación externa a 90° de abducción similares a los datos normativos registrados para sujetos asintomáticos en este rango de edad^(24, 25). Esto podría

TABLA 2. Diferencias en el rango de rotación externa a 0 grados de abducción.

Variable*	Basal	Semana 1	Semana 2
Descriptivos, media (DT)			
Estiramiento	71,90 (12,86)	83,80 (11,25)	92,70 (10,27)
Concéntrico	80,67 (12,12)	86,00 (15,12)	97,70 (12,42)
Diferencias intra-grupo, media (IC 95 %)			
Estiramiento		11,90 [‡] (7,43 a 16,38)	20,80 [‡] (11,96 a 29,64)
Concéntrico		5,33 [†] (0,62 a 10,05)	17,03 [‡] (7,71 a 26,36)
Diferencias entre-grupos, media (IC 95 %)			
		6,57 [†] (1,40 a 11,73)	3,77 (-6,45 a 13,98)

* Los datos se proporcionan como media (desviación típica), † Estadísticamente significativo ($p < 0,05$),

‡ Estadísticamente significativo ($p < 0,01$). DT: desviación típica; IC: intervalo de confianza.

TABLA 3. Diferencias en el rango de rotación externa a 90 grados de abducción.

Variable*	Basal	Semana 1	Semana 2
Descriptivos, media (DT)			
Estiramiento	120,20 (10,87)	123,70 (7,36)	125,40 (7,07)
Concéntrico	121,33 (5,05)	123,78 (8,79)	124,31 (12,59)
Diferencias intra-grupo, media (IC 95 %)			
Estiramiento		3,50 (-2,24 a 9,24)	5,20 (-2,93 a 13,33)
Concéntrico		2,44 (-3,61 a 8,50)	2,98 (-5,59 a 11,55)
Diferencias entre-grupos, media (IC 95 %)			
		1,06 (-6,75 a 8,86)	2,22 (-8,71 a 13,16)

* Los datos se proporcionan como media (desviación típica), † Estadísticamente significativo ($p < 0,05$),

‡ Estadísticamente significativo ($p < 0,01$). DT: desviación típica; IC: intervalo de confianza.

suponer un límite superior de cambio, es decir, los sujetos se encontraban en su tope de rango de movimiento, inhabilitando la posibilidad de ganancias por parte de cualquier intervención terapéutica, derivando en la ausencia de cambios intragrupo en ambos grupos de tratamiento.

Por otro lado, a pesar de haberse encontrado diferencias entregrupos en el postratamiento de la primera

sesión a favor del grupo de estiramiento (diferencia media 6,57°; IC 95 %, 1,40° a 11,73°), estas diferencias pueden deberse a que ambos grupos presentaban distinto rango en la situación basal, teniendo menor rango el grupo de estiramientos (media 71,90°) que el de ejercicio concéntrico (media 80,67°), y por tanto mayor rango disponible de incremento en comparación, produciendo las posibles discrepancias observadas.

TABLA 4. Diferencias en el rango de flexión.

Variable*	Basal	Semana 1	Semana 2
Descriptivos, media (DT)			
Estiramiento	176,90 (2,64)	177,30 (2,26)	176,50 (3,27)
Concéntrico	175,78 (4,89)	178,00 (3,35)	176,28 (3,55)
Diferencias intra-grupo, media (IC 95 %)			
Estiramiento		0,40 (-1,77 a 2,57)	-0,40 (-2,57 a 1,77)
Concéntrico		2,22 [‡] (0,94 a 3,51)	0,50 (-1,79 a 2,79)
Diferencias entre-grupos, media (IC 95 %)			
		1,82 [†] (0,41 a 3,23)	0,90 (-1,60 a 3,40)

* Los datos se proporcionan como media (desviación típica), † Estadísticamente significativo ($p < 0,05$),

‡ Estadísticamente significativo ($p < 0,01$). DT: desviación típica; IC: intervalo de confianza.

Castellote-Caballero y cols.⁽⁹⁾ encontraron incrementos estadísticamente significativos a favor del grupo de neurodinámica en comparación al estiramiento pasivo en la ganancia de flexibilidad de isquiotibiales justo tras la intervención. No obstante, a pesar de ser significativas, las diferencias fueron pequeñas con una relevancia clínica cuestionable, al igual que las encontradas en el presente estudio. Todo ello lleva a pensar que, de momento, no podemos afirmar que las técnicas destinadas a incrementar la tensión neural sean mejores que los estiramientos pasivos. Estos hallazgos pueden deberse a que ambos estudios han sido realizados en sujetos asintomáticos, que no tendrían por qué tener una disminución importante de la mecanosensibilidad neural, limitando los posibles efectos terapéuticos de intervenciones focalizadas en incrementar dicha tensión a distintos nervios.

Limitaciones

La principal limitación del estudio es el pequeño tamaño muestral, ocasionado por la aparición de la pandemia de la Covid-19. Por otro lado, la corta duración de las intervenciones (4 sesiones) también podría haber derivado en ausencia de diferencias entre ambos tratamientos. Con respecto al enmascaramiento, cabe destacar que el mismo investigador realizó las intervenciones y las mediciones de

los sujetos, pudiendo haberse inducido sesgos en el proceso. Finalmente, también cabe destacar el tipo de población de estudio, compuesta por sujetos asintomáticos jóvenes, que derivó en una presencia de rango de movimiento normal completo en flexión y rotación externa a 90° de abducción, inhabilitando el posible potencial terapéutico de las técnicas empleadas.

Por ello, deberían realizarse futuras investigaciones con un mayor tamaño muestral, mayor número de sesiones de intervención en el tiempo, enmascaramiento de los evaluadores e inclusión de sujetos sintomáticos que posiblemente presenten mayor limitación de rango de movimiento de hombro en distintos planos, facilitando el estudio del potencial terapéutico de las técnicas empleadas.

CONCLUSIÓN

Basándonos en los datos preliminares de este estudio, no parece haber diferencias en la ganancia de rango de movimiento glenohumeral entre los estiramientos pasivos y los ejercicios de rotación externa concéntrica en sujetos asintomáticos. Se requieren futuras investigaciones con un mayor tamaño muestral y sujetos con dolor para obtener datos más fiables con respecto a los efectos de ambas intervenciones.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Protección de personas y animales. Los procedimientos que se han seguido en este estudio cumplen los principios básicos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, actualizada en 2013 en Fortaleza (Brasil) y complementada con la Declaración de Taipei, de 2016 sobre las consideraciones éticas sobre las bases de datos de salud y los biobancos.

Confidencialidad y consentimiento informado. Los autores garantizan que se ha cumplido la exigencia de haber informado a todos los sujetos del estudio, que han obtenido su consentimiento informado por escrito para participar en el mismo y que están en posesión de dichos documentos.

Confidencialidad de los datos y derecho a la privacidad. Los autores declaran que se ha cumplido con la garantía de la privacidad de los datos de los participantes en esta investigación y manifiestan que el trabajo publicado no incumple la normativa de protección de datos de carácter personal. No se utilizan nombres ni cualquier otro tipo de dato para la investigación que pudiera identificar a los sujetos encuestados).

Conflicto de intereses. Los autores declaran no presentar ningún conflicto de interés.

Fuentes de apoyo. Los autores declaran que no han recibido subvenciones ni ningún otro apoyo para la realización de la investigación descrita en el artículo o la escritura del artículo en sí mismo.

Financiación. Los autores declaran que esta investigación no recibió financiación.

Contribuciones de autoría. Todos los autores de este estudio cumplen con los criterios de autoría habiendo participado en el diseño, desarrollo, redacción, supervisión y revisión del estudio y han tenido acceso completo al contenido de este y han aprobado la versión final presentada. Las contribuciones de cada autor fueron:

Planificación del estudio: FLQ y DPM.

Implementación del estudio: FLQ y DPM.

Análisis estadístico: RFM.

Interpretación de resultados: FLQ, RFM y DPM.

Redacción del primer borrador del manuscrito: FLQ y RFM.

Revisión y aprobación del manuscrito final: FLQ, RFM y DPM.

AGRADECIMIENTOS

Los autores querrían agradecer a sus padres, amigos y personas que los han animado en este proyecto, así como a Diana por estar apoyando en todo momento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Neumann DA. 3rd Ed. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. Saint Louis, Missouri. Mosby; 2016.
2. Donatelli R, Ruivo RM, Thurner M, Ibrahim MI. New concepts in restoring shoulder elevation in a stiff and painful shoulder patient. *Phys Ther Sport*. 2014 Feb; 15(1): 3–14.
3. Ludwig PM, Phadke V, Braman JP, Hassett DR, Cieminski CJ, LaPrade RF. Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Feb; 91(2): 378–89.
4. Wepler CH, Magnusson SP. Increasing muscle extensibility: a matter of increasing length or modifying sensation? *Phys Ther*. 2010 Mar; 90(3): 438–49.
5. Law RYW, Harvey LA, Nicholas MK, Tonkin L, De Sousa M, Finniss DG. Stretch exercises increase tolerance to stretch in patients with chronic musculoskeletal pain: a randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2009 Oct; 89(10): 1016–26.
6. Freitas SR, Mendes B, Le Sant G, Andrade RJ, Nordez A, Milanovic Z. Can chronic stretching change the muscle-tendon mechanical properties? A review. *Scand J Med Sci Sports*. 2018 Mar; 28(3): 794–806.
7. López López L, Torres JR, Rubio AO, Torres Sánchez I, Cabrera Martos I, Valenza MC. Effects of neurodynamic treatment on hamstrings flexibility: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2019 Nov; 40: 244–50.

8. Satkunskiene D, Khair RM, Muanjai P, Mickevicius M, Kamandulis S. Immediate effects of neurodynamic nerve gliding versus static stretching on hamstring neuromechanical properties. *Eur J Appl Physiol.* 2020 Sep; 120(9): 2127–35.
9. Castellote-Caballero Y, Valenza MC, Puenteadura EJ, Fernández-de-Las-Peñas C, Alburquerque-Sendín F. Immediate Effects of Neurodynamic Sliding versus Muscle Stretching on Hamstring Flexibility in Subjects with Short Hamstring Syndrome. *J Sport Med (Hindawi Publ Corp).* 2014; 2014: 127471.
10. Vorster W, Lange CPE, Briët RJP, Labuschagne BC, du Toit DF, Muller CJ, et al. The sensory branch distribution of the suprascapular nerve: An anatomic study. *J Shoulder Elb Surg.* 2008 May-Jun; 17(3) :500–2.
11. Kong BY, Kim SH, Kim DH, Joung HY, Jang YH, Oh JH. Suprascapular neuropathy in massive rotator cuff tears with severe fatty degeneration in the infraspinatus muscle. *Bone Joint J.* 2016 Nov; 98-B(11): 1505–9.
12. Shin C, Lee SE, Yu KH, Chae HK, Lee KS. Spinal root origins and innervations of the suprascapular nerve. *Surg Radiol Anat.* 2010 Mar; 32(3): 235–8.
13. Massimini DF, Singh A, Wells JH, Li G, Warner JJ. Suprascapular nerve anatomy during shoulder motion: a cadaveric proof of concept study with implications for neurogenic shoulder pain. *J Shoulder Elb Surg.* 2013 Apr; 22(4): 463–70.
14. Challoumas D, Dimitrakakis G. Insights into the epidemiology, aetiology and associations of infraspinatus atrophy in overhead athletes: a systematic review. *Sport Biomech.* 2017 Sep; 16(3): 325–41.
15. Nelson RT. A Comparison of the Immediate Effects of Eccentric Training vs Static Stretch on Hamstring Flexibility in High School and College Athletes. *N Am J Sports Phys Ther.* 2006 May 1(2): 56–61.
16. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 Statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ.* 2010 Mar 23; 340: c332.
17. Thomas E, Bianco A, Paoli A, Palma A. The Relation Between Stretching Typology and Stretching Duration: The Effects on Range of Motion. *Int J Sports Med.* 2018 Apr; 39(4): 243–54.
18. Page P. Current Concepts in Muscle Stretching for Exercise and Rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther.* 2012 Feb; 7(1): 109–19.
19. Keogh JW, Cox A, Anderson S, Liew B, Olsen A, Schram B, et al. Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review. *PLoS One.* 2019 May 8; 14(5): e0215806.
20. Werner BC, Holzgrefe RE, Griffin JW, Lyons ML, Cosgrove CT, Hart JM, et al. Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. *J Shoulder Elb Surg.* 2014 Nov; 23(11): e275–82.
21. Field AP. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics.* 5th ed. London, UK. SAGE Publications Ltd; 2018.
22. Moon G Do, Lim JY, Kim DY, Kim TH. Comparison of Maitland and Kaltenborn mobilization techniques for improving shoulder pain and range of motion in frozen shoulders. *J Phys Ther Sci.* 2015 May; 27(5): 1391–5.
23. Johnson AJ, Godges JJ, Zimmerman GJ, Ounanian LL. The effect of anterior versus posterior glide joint mobilization on external rotation range of motion in patients with shoulder adhesive capsulitis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 Mar; 37(3): 88–99.
24. Gill TK, Shanahan EM, Tucker GR, Buchbinder R, Hill CL. Shoulder range of movement in the general population: age and gender stratified normative data using a community-based cohort. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020 Oct 12; 21(1): 676.
25. Namdari S, Yagnik G, Ebaugh DD, Nagda S, Ramsey ML, Williams GR Jr, et al. Defining functional shoulder range of motion for activities of daily living. *J Shoulder Elb Surg.* 2012 Sep; 21(9): 1177–83.