

La Rotación Axial de la Clavícula que Plantea la Maniobra de Mulligan ¿Produce una reducción de la presión en el espacio subacromial? Un estudio *ex vivo* exploratorio

Does the Axial Rotation of the Clavicle Posed by the Mulligan Maneuver Produce a Pressure Reduction in the Subacromial Space? An exploratory *ex vivo* study

Jorge Cavallari Gumucio¹; Felipe Palma Traro² & Rodrigo Guzmán-Venegas²

CAVALLARI, G. J.; PALMA, T. F. & GUZMÁN-VENEGAS, R. La rotación axial de la clavícula que plantea la maniobra de mulligan ¿produce una reducción de la presión en el espacio subacromial? Un estudio *ex vivo* exploratorio. *Int. J. Morphol.*, 40(5):1165-1168, 2022.

RESUMEN: El pinzamiento de hombro es la principal causa del hombro doloroso. Dentro de las estrategias terapéuticas propuestas se encuentra la terapia manual. En este contexto, la maniobra de Mulligan, implica una rotación axial en sentido anterior de la clavícula, emulando la acción del músculo subclavio, lo cual hipotéticamente aumentaría el espacio subacromial. Sin embargo, no existen antecedentes que proporcionen sustento experimental a dicha hipótesis. El objetivo del presente estudio fue explorar si la rotación axial de la clavícula, producida por la maniobra de Mulligan, tiene efecto sobre la presión registrada en el espacio subacromial, con el propósito disponer de antecedentes metodológicos que puedan contribuir al diseño de futuros estudios que aborde la problemática expuesta y consideren un mayor tamaño de muestra. Mediante un estudio exploratorio *ex-vivo*, se evaluaron dos preparados anatómicos que comprendían la escapula, la clavícula y los dos tercios proximales del humero, ambos con indemnidad de la articulación glenohumeral y acromioclavicular. En estos se registraron la presión en el espacio subacromial y la rotación axial de la clavícula, todo durante la realización de una maniobra de rotación axial clavicular en sentido anterior. Se analizaron las diferencias de presión entre una condición basal y durante la maniobra, como también la máxima rotación axial de clavícula. Dichas variables fueron registradas mediante un sensor de presión y un sistema de análisis de movimiento. La presión en el espacio subacromial durante la maniobra, disminuyó en todas las repeticiones en un rango comprendido entre el 21-51 % de la presión basal. La máxima rotación axial registrada estuvo entre los 3.9-10°. Los resultados de este estudio exploratorio, dan pie para hipotetizar que la maniobra de rotación axial anterior de la clavícula produce una disminución de la presión subacromial, en el área comprendida inmediatamente bajo el acromion.

PALABRAS CLAVE: Mulligan; espacio subacromial; pinzamiento de hombro; biomecánica.

INTRODUCCIÓN

El síndrome de hombro doloroso es altamente frecuente y representa cerca del 15 % de los motivos de consulta asociadas a patologías musculoesqueléticas (Feleus *et al.*, 2008) y su prevalencia en la población general es de entre 70 y 260 por 1.000 (Bjelle, 1989). El síndrome de pinzamiento de hombro es la principal causa del hombro doloroso (Mayerhoefer *et al.*, 2009). En países desarrollados, se ha reportado una incidencia del pinzamiento cerca de 7,77/1000 por personas al año (Hsiao *et al.*, 2015). La terapia física ha demostrado una adecuada eficacia en el tratamiento del hombro doloroso (Contreras *et al.*, 2018). Dentro de las herramientas terapéuticas usadas en la rehabilita-

ción del hombro doloroso, se encuentran la terapia manual, y dentro de esta, las maniobras de Mulligan son frecuentemente utilizadas (Satpute *et al.*, 2022). Uno de los objetivos de estas maniobras es aumentar el espacio subacromial, y con ello, disminuir la probabilidad de producir atrapamientos tendinosos, lo que ha sido identificado como un factor etiológico (Umer *et al.*, 2012; Hunter *et al.*, 2020). Una de las maniobras de Mulligan consiste en aplicar una presión manual en la porción medial de esta y en sentido caudal, con la finalidad de producir una rotación axial de la clavícula en sentido anterior (Wilson, 2001). Teóricamente, aquello, produciría una apertura del espacio subacromial, y con

¹ Departamento de Morfología, Facultad de Medicina, Universidad de los Andes, Santiago, Chile.

² Laboratorio Integrativo de Biomecánica y Fisiología del Esfuerzo (LIBFE), Escuela de Kinesiología, Universidad de Los Andes, Santiago, Chile.

ello, una liberación de la presión en dicho lugar. Sin embargo, no existen antecedentes que den sustento experimental de aquella hipótesis. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue explorar si la rotación axial de la clavícula, planteada en la maniobra de Mulligan, tiene algún efecto sobre la presión registrada en el espacio subacromial en dos preparados anatómicos.

MATERIAL Y MÉTODO

Muestras e Instrumentación. Se utilizaron dos preparados anatómicos escapulohumerales de donantes distintos (derecho e izquierdo) fijados mediante una mezcla de solventes como: formalina, alcohol, glicerina, nitrato de sodio, cloruro de benzalconio y agua. Ambas piezas conservaron los ligamentos (glenohumerales, acromioclavicular, coracoacromial), la cápsula articular y la inserción humeral del músculo supraespinoso. Las piezas fueron fijadas en una estructura metálica por en el tercio medio de la diáfisis humeral, mediante tornillos fijos a la cortical (Fig. 1). Se perforó el extremo medial de la espina escapular donde se fijó una piola metálica, la cual atravesaba una polea. A través de esta piola se aplicó una carga de 1kg con la finalidad de llevar la escápula a una abducción cercana a los 100°. En el espacio subacromial, justo por debajo del acromion, se instaló un sensor de presión (sensor tipo FSR, diámetro 12.7 mm, rango de carga 77Pa-7.7Kpa. SparkFun Electronics Niwot, Colorado, Estados Unidos) el cual fue amplificado mediante un sistema de adquisición de señales (Bagnoli 16. Delsys Inc. Boston, Estados Unidos). La rotación axial de la clavícula fue registrada mediante un sistema de análisis de movimiento 3D (Serie -T. Vicon Motion Systems Ltd., Estados Unidos). La clavícula fue representada mediante un

“cluster” de tres marcadores (Fig. 1). Los datos cinemáticos y de presión fueron capturados de manera sincronizada con frecuencias de muestreo de 100 y 1000 Hz, respectivamente. Aquello se realizó mediante un software de análisis de movimiento 3D (Nexus versión 2.12 Vicon Motion Systems Ltd., Estados Unidos). Como variable de análisis, se consideró la diferencia de presión entre el promedio de la presión registrado durante 10 segundos en la condición basal, menos el promedio de la presión registrado durante los 10 segundos de aplicación de la maniobra. Para facilitar la interpretación de dicha diferencia, esta se expresó como porcentaje de la presión registrada en la condición basal.

Maniobra. Un kinesiólogo especialista en el área musculoesquelética (JC), con más de 20 años de experiencia y entrenado en la técnica de terapia manual de Mulligan, aplicó una maniobra manual de rotación axial de la clavícula durante 10 segundos. A cada preparado se le aplicó un total de tres maniobras, con un minuto de reposo entre cada una. Durante cada prueba se registró la cinemática de la clavícula y la presión en el espacio subacromial.

RESULTADOS

Para ambos preparados se observó una disminución de la presión subacromial frente a la aplicación de la maniobra de rotación axial de la clavícula. La Tabla I, muestra la diferencia de presión registradas y los grados de rotación axial de la clavícula, asociados a la maniobra. La Figura 1 muestra un ejemplo del registro de presión subacromial y de rotación axial de la clavícula, durante la aplicación de la maniobra.

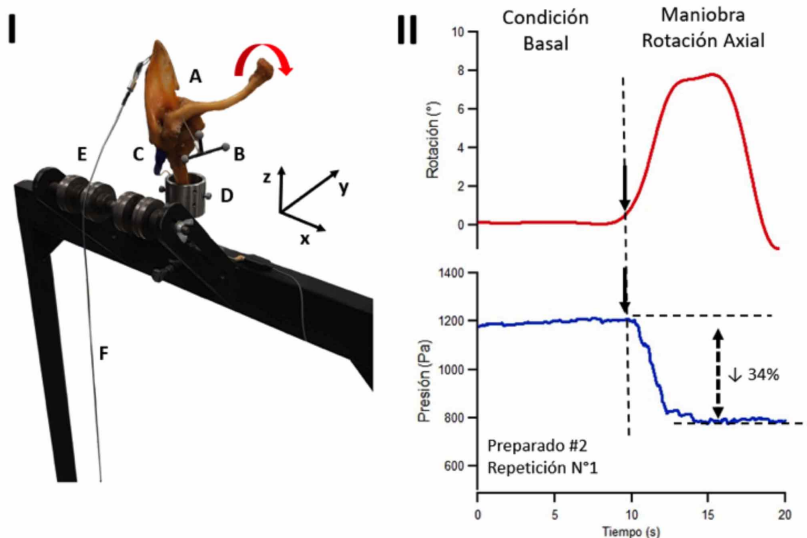


Fig. 1. I. Fotografía del montaje. A: preparado; B: cluster para evaluar cinemática de la rotación de la clavícula; C: sensor FSR para medir la presión en el espacio subacromial; D: copa metálica con tornillo para fijación de la diáfisis humeral; E: sistema de poleas; F: piola metálica para aplicación de carga de 1kg. II.- Muestra un ejemplo de presión subacromial y rotación axial de clavícula registradas en uno de los preparados. Las flechas negras indican en inicio de la aplicación de la maniobra de rotación axial de la clavícula.

Tabla I. Variaciones de presión subacromial y rotación axial de la clavícula, en dos preparados anatómicos.

Repetición	Preparado # 1				Preparado # 2			
	Presión Basal (Pa)	Presión Maniobra (Pa)	Delta Presión (%)	Máxima Rotación Axial (°)	Presión Basal (Pa)	Presión Maniobra (Pa)	Delta Presión (%)	Máxima Rotación Axial (°)
1	1414	1027	↓27	7,8	1197	796	↓34	8,1
2	1471	1095	↓26	3,9	1036	712	↓31	10,0
3	1397	667	↓52	4,9	931	732	↓21	9,3

Pa: Pascales; %: porcentaje de variación de la presión con respecto al valor basal.

DISCUSIÓN

Los resultados permiten hipotetizar que la maniobra de rotación axial anterior de la clavícula produce una disminución de la presión subacromial, en el área comprendida inmediatamente bajo el acromion. Esta disminución de la presión podría ser atribuida a un aumento del espacio subacromial. Desde el punto de vista biomecánico, la rotación axial anterior de la clavícula implica que esta se eleve (Matsumura *et al.*, 2013), gracias a la tensión de los ligamentos acromioclaviculares y coracoclaviculares, y con ello, producen un ascenso del “techo” del espacio subacromial. En este sentido, al momento de diseñar el montaje experimental, se optó por fijar el segmento humeral y no la escápula, con la intención de mantener los grados de libertad que esta presentaría en un modelo in vivo, y de esta forma, no interferir en la cadena cinética comprendida entre la clavícula y la escápula. A partir de los datos exploratorios obtenidos, se desprende que la función del músculo subclavio podría tener algún rol importante en la mantención del espacio subacromial. El músculo subclavio tiene su origen en la cara superior del primer cartílago costal y primera costilla, insertándose en la parte media de la cara inferior de la clavícula (Crepaz-Eger *et al.*, 2022). Dada la forma de “s” itálica de la clavícula y el lugar de la inserción distal del subclavio, se hace presumible la acción de rotación axial anterior que podría ejercer este músculo sobre la clavícula. Sin embargo, dicho componente de rotación no ha sido descrito previamente, dado que los estudios enfocados en la función del subclavio se han centrado principalmente en aquellas asociada a la ventilación (Reis *et al.*, 1979). Sin embargo, sumado al hecho de que este músculo tiene su origen embrionario en el mesodermo paraxial, el cual es propio de los miembros (incluyendo el hombro), este músculo es inervado por los ramos primarios ventrales de los nervios espinales, los cuales forman parte del plexo braquial. Esto hace pensar que el subclavio se debiera considerar principalmente como un músculo propio del hombro, dada su función mecánica sobre este, y no tan relacionado a la pared torácica por su relación con la ventilación (Matsuoka *et al.*, 2005).

Otros estudio también han evaluado la presión del espacio subacromial in vivo, de manera directa en pabellón, en pacientes que fueron sometidos a acromioplastia (Nordt 3rd *et al.*, 1999) u operados por pinzamiento subacromial (Hyvönen *et al.*, 2003). Sin embargo, en estos estudios se examinaron los valores de presión en asociación a los diferentes movimientos del hombro, y en especial el efecto de la acromioplastia sobre la presión. Por otro lado, los valores de presión registrados en este estudio exploratorio, resultan ser menores que los registrados en aquellos dos estudios (0.9-1.4kPa vs 1-7kPa), lo cual puede ser atribuido a que en estos, las evaluaciones se realizaron en modelos in vivo, en los cuales existen una serie de factores que influyen sobre la presión en el espacio subacromial (tono muscular, bursa, turgencia de los tejidos, etc.). El no considerar estas variables resulta ser una de las principales limitaciones del presente estudio. Sin embargo, se debe considerar que evaluar las variables del presente estudio, en un modelo in vivo, estaría supeditado a la realización de montajes en pabellón, con todos los costos y riesgos que aquello considera. Frente a esto, el uso de muestras cadavéricas de mayor indemnidad y con un mayor número de tejidos intactos, podría ser una alternativa más viable para disminuir esta limitación en futuros estudios.

Los resultados del presente estudio exploratorio dan pie para diseñar futuras investigaciones que aborden como objetivo evaluar la capacidad de la maniobra de Mulligan, para generar una rotación axial de clavícula que permita aumentar el espacio anatomofuncional involucrado, y con ello, disminuir la presión en el espacio subacromial. Sin embargo, para ello, se sugiere considerar modelos cadavéricos más cercanos a la realidad, o bien, realizar evaluaciones in vivo, sustituyendo la medición directa de la presión en el espacio subacromial por alguna medición no invasiva, por ejemplo, mediante ultrasonografía. En este mismo sentido, se hacen necesarios estudios que centren en el comportamiento electromiográfico del músculo subclavio y su asociación con la postura, movilidad del hombro y su efecto sobre el espacio subacromial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al departamento de Morfología por la asistencia en el uso de los preparados anatómicos. Agradecemos especialmente al Dr. Juan Carlos López y a Marcos Valenzuela.

CAVALLARI, G. J.; PALMA, T. F. & GUZMÁN-VENEGAS, R. Does the axial rotation of the clavicle posed by the mulligan maneuver produce a pressure reduction in the subacromial space? An exploratory *ex vivo* study. *Int. J. Morphol.*, 40(5):1165-1168, 2022.

SUMMARY: Shoulder impingement is the main cause of shoulder pain. Manual therapy is one of the proposed therapeutic strategies. In this context, the Mulligan maneuver implies anterior axial rotation of the clavicle, emulating the action of the subclavius muscle, which hypothetically would increase the subacromial space. However, there are no antecedents that provide experimental support for this hypothesis. The objective of the present study was to explore whether the axial rotation of the clavicle, produced by the Mulligan maneuver, has an effect on the pressure registered in the subacromial space, with the purpose of having methodological antecedents that can contribute to the design of future studies that address the problem exposed and consider a larger sample size. Through an *ex-vivo* exploratory study, two anatomical preparations comprising the scapula, clavicle, and proximal two-thirds of the humerus, both with glenohumeral and acromioclavicular joint sparing, were evaluated. In these, the pressure in the subacromial space and the axial rotation of the clavicle were recorded, all during the performance of an anterior clavicular axial rotation maneuver. Pressure differences between a basal condition and during the maneuver were analyzed, as well as the maximum axial rotation of the clavicle. These variables were recorded using a pressure sensor and a movement analysis system. The pressure in the subacromial space during the maneuver decreased in all repetitions in a range between 21-51% of the basal pressure. The maximum axial rotation recorded was between 3.9-10°. The results of this exploratory study give rise to the hypothesis that the anterior axial rotation maneuver of the clavicle produces a decrease in subacromial pressure, in the area immediately below the acromion.

KEY WORDS: Mulligan; subacromial space; shoulder impingement; biomechanics.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bjelle, A. Epidemiology of shoulder problems. *Baillieres Clin. Rheumatol.*, 3(3):437-51, 1989.

Contreras, J.; Liendo, R.; Díaz, C.; Díaz, M.; Osorio, M.; Guzmán, R.; Soza, F.; Beltrán, M.; Palomo, H.; Córdova, C.; *et al.* Efectividad de un programa de rehabilitación autoadministrado en el tratamiento del síndrome de hombro doloroso en atención primaria de salud: un estudio clínico aleatorizado, simple ciego. *Rev. Med. Chile*, 146(9):959-67, 2018.

Crepaz-Eger, U.; Lambert, S.; Hörmann, R.; Knierzinger, D.; Brenner, E. & Hengg, C. The anatomy and variation of the coracoid attachment of the subclavius muscle in humans. *J. Anat.*, 240(2):376-84, 2022.

Feleus, A.; Bierma-Zeinstra, S. M. A.; Miedema, H. S.; Bernsen, R. M. D.; Verhaar, J. A. N. & Koes, B. W. Incidence of non-traumatic complaints of arm, neck and shoulder in general practice. *Man. Ther.*, 13(5):426-33, 2008.

Hsiao, M. S.; Cameron, K. L.; Tucker, C. J.; Benigni, M.; Blaine, T. A. & Owens, B. D. Shoulder impingement in the United States military. *J. Shoulder Elbow Surg.*, 24(9):1486-92, 2015.

Hunter, D. J.; Rivett, D. A.; McKeirnan, S.; Smith, L. & Snodgrass, S. J. Relationship between shoulder impingement syndrome and thoracic posture. *Phys. Ther.*, 100(4):677-86, 2020.

Hyyönen, P.; Lantto, V. & Jalovaara, P. Local pressures in the subacromial space. *Int. Orthop.*, 27(6):373-7, 2003.

Matsumura, N.; Nakamichi, N.; Ikegami, H.; Nagura, T.; Imanishi, N.; Aiso, S. & Toyama, Y. The function of the clavicle on scapular motion: a cadaveric study. *J. Shoulder Elbow Surg.*, 22(3):333-9, 2013.

Matsuoka, T.; Ahlberg, P. E.; Kessaris, N.; Iannarelli, P.; Dennehy, U.; Richardson, W. D.; McMahan, A. P. & Koentges, G. Neural crest origins of the neck and shoulder. *Nature*, 436(7049):347-55, 2005.

Mayerhoefer, M. E.; Breitenseher, M. J.; Wurnig, C. & Roposch, A. Shoulder impingement: relationship of clinical symptoms and imaging criteria. *Clin. J. Sport Med.*, 19(2):83-9, 2009.

Nordt 3rd, W. E.; Garretson 3rd, R. B. & Plotkin, E. The measurement of subacromial contact pressure in patients with impingement syndrome. *Arthroscopy*, 15(2):121-5, 1999.

Reis, F. P.; de Camargo, A. M.; Vitti, M.; & de Carvalho, C. A. Electromyographic study of the subclavius muscle. *Acta Anat. (Basel)*, 105(3):284-90, 1979.

Satpute, K.; Reid, S.; Mitchell, T.; Mackay, G. & Hall, T. Efficacy of mobilization with movement (MWM) for shoulder conditions: a systematic review and meta-analysis. *J. Man. Manip. Ther.*, 30(1):13-32, 2022.

Umer, M.; Qadir, I. & Azam, M. Subacromial impingement syndrome. *Orthop. Rev. (Pavia)*, 4(2):e18, 2012.

Wilson, E. The Mulligan concept: NAGS SNAGS and mobilizations with movement. *J. Bodyw. Mov. Ther.*, 5(2):81-9, 2001.

Dirección para correspondencia:
Rodrigo Antonio Guzmán Venegas
Avenida Monseñor Álvaro del Portillo, 12455
Las Condes
Santiago
CHILE

E-mail: rguzman@uandes.cl