

Identificación del ligamento coracoclavicular medial o de Caldani en imágenes de resonancia magnética

Protocolo original y aplicaciones clínicas

GUILLERMO AZULAY,* ALEJANDRO MAMONE,* DANIEL MOYA,** LUCIANO POITEVIN,# DANIEL POSTAN#

*Centro de Diagnóstico Enrique Rossi

**Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Británico de Buenos Aires

#Departamento de Anatomía, Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Recibido el 2-8-2016. Aceptado luego de la evaluación el 5-10-2016 • Dr. GUILLERMO AZULAY • guillermoazulay@yahoo.com.ar

Resumen

Introducción: El ligamento de Caldani o coracoclavicular medial ha sido estudiado anatómicamente, pero no hemos hallado mención alguna sobre su identificación imagenológica. El objetivo de este trabajo es presentar una técnica original de resonancia magnética que hemos desarrollado para identificarlo, y describir las imágenes correspondientes.

Materiales y Métodos: Se incluyó a siete voluntarios sin patología de hombro conocida. Se utilizó un resonador magnético Philips Ingenia de una intensidad de campo magnético de 1.5 T, versión 4.1, diámetro de Gantry de 70 cm, bobina específica para hombro de 8 canales con imágenes de alta resolución. Se realizaron las secuencias de búsqueda del ligamento en tres planos.

Resultados: El ligamento coracoclavicular medial fue identificado en todos los casos, se extendía oblicuamente desde la apófisis coracoides hasta la clavícula, lo que coincide con las descripciones de la bibliografía anatómica consultada. Tuvo una señal hipointensa en todas las secuencias, lo que indica el poco espacio entre fibras y que corresponde a tejido colágeno compacto. Su longitud promedio fue de 41,15 mm (rango 34-47 mm, desviación estándar 4,40). El espesor promedio fue de 2,11 mm (rango 1,3-3,2 mm, desviación estándar 0,66).

Conclusiones: El ligamento coracoclavicular medial se puede observar en imágenes de resonancia magnética mediante la técnica original que describimos. La capacidad de localizarlo y observarlo con este estudio por imágenes abre las puertas a futuras investigaciones sobre su posible papel no solo en las compresiones neurovasculares, sino también en las lesiones traumáticas acromioclaviculares, especialmente en las de tipo V de Rockwood.

Palabras clave: Ligamento coracoclavicular medial; Caldani; resonancia magnética; protocolo; opérculo torácico; luxación acromioclavicular.

Nivel de Evidencia: II

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

IDENTIFICATION OF MEDIAL CORACOCALVICULAR (CALDANI'S) LIGAMENT BY MAGNETIC RESONANCE IMAGING. ORIGINAL PROTOCOL AND CLINICAL APPLICATIONS

Abstract

Introduction: Although Caldani's ligament or medial coraco-clavicular ligament has been anatomically studied, we have not found any publication regarding its identification in imaging studies. The aim of this research is to present an original technique to locate the medial coraco-clavicular ligament on magnetic resonance imaging, as well as to describe the pertinent findings.

Methods: Seven volunteers without any known shoulder pathology were studied by means of this original protocol. A Philips Ingenia magnetic resonance equipment was used, with a magnetic field intensity of 1,5 T, Gantry diameter: 70 cm, and an 8-channel coil for shoulder study. The sequences to locate the ligament were performed in three planes.

Results: This ligament was observed in all cases. Its arrangement was similar to that described in previous anatomical studies. Its origin was at the coracoid process, with an oblique path to reach its insertion at the clavicle. The mean length was 41.14 (range 34-47 mm, standard deviation 4.40). The mean thickness was 2.11 mm (range 1.3-3.2 mm, standard deviation: 0.66).

Conclusions: The medial coraco-clavicular ligament can be observed in magnetic resonance images using this original procedure. The ability to display this ligament in magnetic resonance images allows for future investigations on its possible role in both thoracic outlet syndrome and traumatic acromioclavicular dislocations, especially the Rockwood type V.

Key words: Medial coraco-clavicular ligament; Caldani; magnetic resonance imaging; procedure; thoracic outlet; acromioclavicular dislocation.

Level of Evidence: II

Introducción

El ligamento coracoclavicular medial (LCCM) fue descrito inicialmente como "ligamento bicorne", por Leopoldo Caldani, en 1802.¹ Esta estructura ha sido descrita como una banda de fibras de color amarillo perlado, localizada en el espacio coracoclavicular.^{2,3} Se origina en el borde medial de la apófisis coracoides por medio de dos fascículos separados, anterior y posterior que, más tarde, se fusionan para transformarse en el cuerpo del ligamento.⁴ Discurre hacia medial y cefálico en dirección a la clavícula y se divide en dos fascículos:⁵⁻⁷

- superior, que termina insertándose en el borde anterior de la clavícula por delante de la fascia del músculo subclavio con la que termina fusionándose,
- inferior, que se inserta en el extremo esternal de la primera costilla.

Otras investigaciones anatómicas recientes⁴ lo describen como presente en el 100% de los sujetos, con un origen coracoideo por dos fascículos, un cuerpo, una inserción terminal en el borde anterior de la clavícula (entremezclándose con la vaina fascial del músculo subclavio) y tres expansiones: superior, inferior y medial. La expansión medial se dirige hacia la primera costilla y pasa como arco sobre la vena subclavia. A partir de estos datos, consideramos que la denominación más correcta es la de LCCM en oposición a los laterales (trapezoides y conoides).

Existen numerosas referencias y descripciones anatómicas del ligamento en la literatura médica. Se ha postulado su participación en cuadros de compresión costo-clavicular⁸⁻¹² y su influencia en procedimientos terapéuticos invasivos en la región infraclavicular.^{7,13-16} A pesar de ello, no hemos encontrado referencias bibliográficas acerca de

la visualización del ligamento descrito por Caldani con alguna técnica de diagnóstico por imágenes.¹⁸⁻²²

Los objetivos de este trabajo son 1) identificar el LCCM en estudios de resonancia magnética mediante un protocolo diagnóstico específicamente desarrollado y 2) establecer su prevalencia en un grupo de personas asintomáticas.

Materiales y Métodos

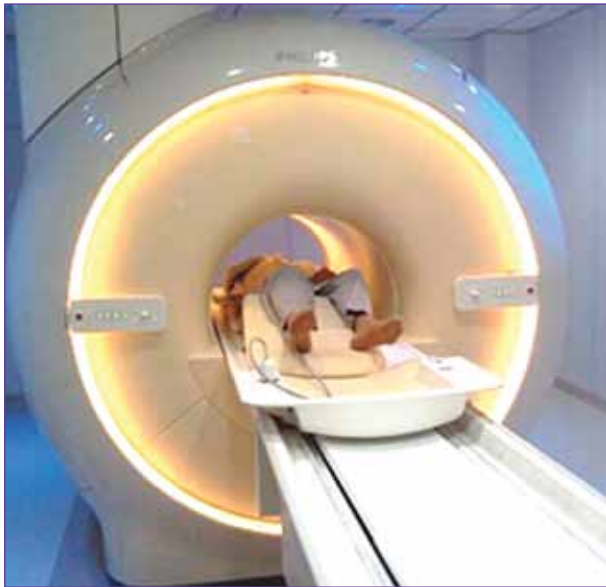
Se utilizó un diseño descriptivo, de observación, prospectivo y de corte transversal. Los sujetos del estudio fueron reclutados, en forma prospectiva, entre pacientes que concurren al centro de estudios imagenológicos para realizarse una resonancia magnética en el hombro contralateral. Se evaluó el hombro que no presentaba patología ni indicación de ningún estudio por el médico tratante. Se incluyó únicamente a aquellas personas sin antecedentes de dolor en el hombro por evaluar, ni antecedentes de cirugía o inestabilidad del hombro. Se descartó a aquellas con antecedentes de limitaciones en las actividades de la vida diaria, laborales o deportivas a causa del hombro. Se les explicó el motivo del estudio del hombro y la circunstancia de que este sería más prolongado. También se les informó que los resultados se mantendrían en forma confidencial y se utilizarían sólo para propósitos de investigación y que el estudio no implicaba radiación ni riesgo para el organismo. Asimismo, se les aclaró que no habría beneficios monetarios para los voluntarios ni para los investigadores. Se incorporaron voluntariamente al estudio, el que fue aprobado por las autoridades del centro de diagnóstico.

En esta fase, se estudió a siete individuos que cumplían los criterios de inclusión y aceptaron las condiciones con la firma de un consentimiento informado y fueron incorporados al estudio.

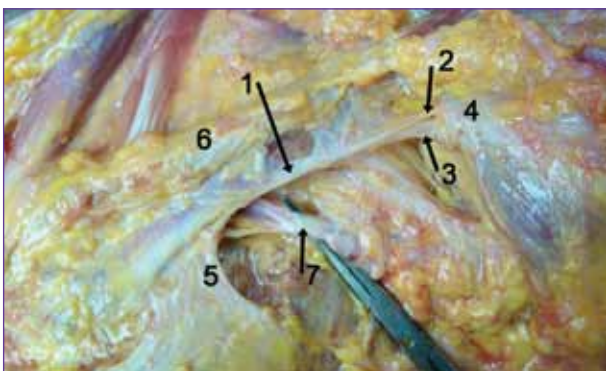
Se utilizó un resonador magnético Phillips Ingenia de una intensidad de campo magnético de 1.5 Tesla versión 4.1, diámetro de Gantry (túnel del resonador) de 70 cm, con bobina específica para hombro de 8 canales con imágenes de alta resolución, lo que permite aplicar factores de aceleración y reducir el tiempo de adquisición de las imágenes (Figura 1).

Técnica de resonancia magnética

Para el diseño de la técnica de resonancia, antes de su desarrollo y sin formar parte de esta investigación, se analizaron 10 especímenes cadavéricos frescos previamente disecados en los que se evaluó la morfología y las relaciones con estructuras vecinas (Figuras 2 y 3).



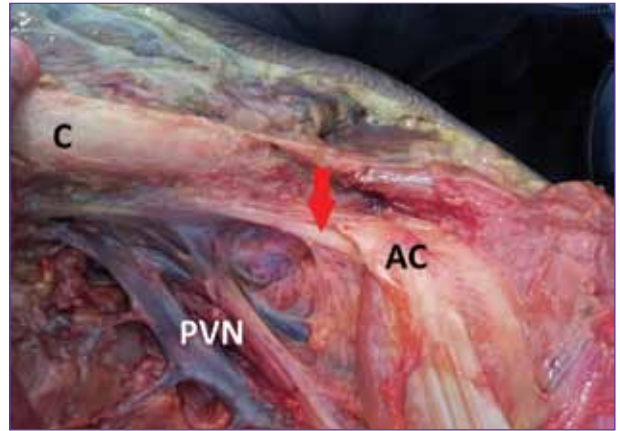
▲ Figura 1. Resonador utilizado.



▲ Figura 3. Espécimen cadavérico, hombro izquierdo, vista anterior. 1. Ligamento coracoclavicular medial. 2. Haz anterior de origen. 3. Haz posterior de origen. 4. Apófisis coracoides. 5. Expansión aponeurótica inferior. 6. Clavícula. 7. Vena subclavia.

Los pacientes fueron ubicados en decúbito supino, con los brazos extendidos y las palmas hacia arriba (Figura 4). Los detalles técnicos son los siguientes: se realizó una secuencia rápida localizadora de tres planos (Figura 5A) axial *full*, campo de visión de 550 mm con 12 cortes. Secuencia localizadora axial como referencia anatómica para programación en diferentes planos de corte, tiempo de repetición 6.4 ms, tiempo de eco 3.2 ms, ángulo de deflexión 40°, espesor de corte 10 mm, número de adquisición 1, matriz, en píxeles, 264 por 288, campo de visión 530 mm, tiempo de escaneo 2.6 segundos.

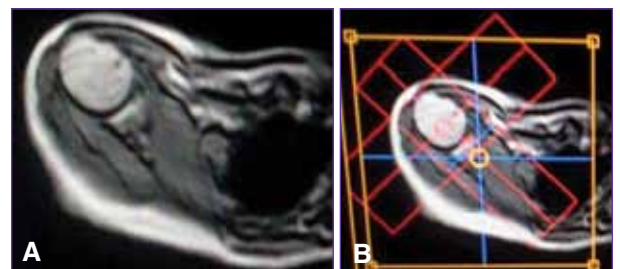
Sobre un corte central de la cabeza humeral, se diseñó un localizador de tres planos (Figura 5B) siguiendo el eje articular con un campo de visión de 220 mm en



▲ Figura 2. Espécimen cadavérico, hombro izquierdo, vista anterior. El ligamento coracoclavicular medial (flecha roja) dispuesto entre la apófisis coracoides (AC) y la clavícula (C). Se observan el plexo braquial y los vasos axilares debajo de la clavícula y del ligamento coracoclavicular medial. PVN = paquete vasculonervioso.

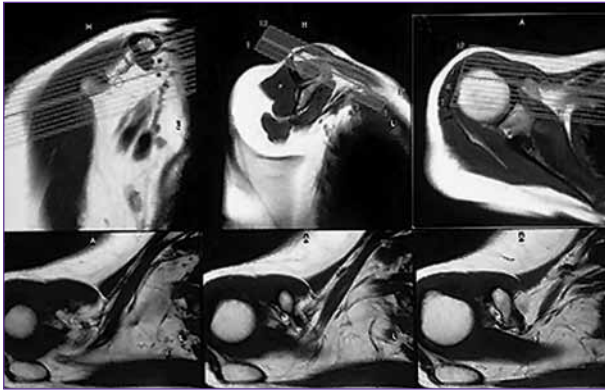


▲ Figura 4. Posición del paciente en decúbito supino.

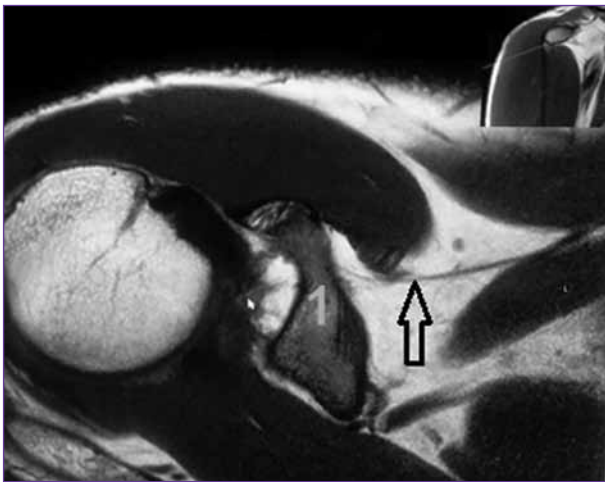


▲ Figura 5. A. Secuencia rápida localizadora. B. Planificación del localizador de los tres planos.

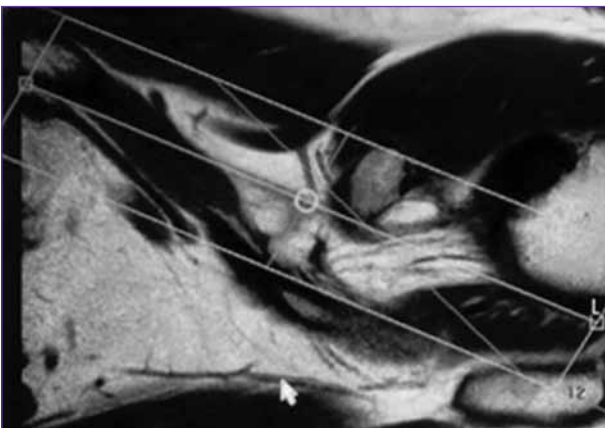
cortes axial, coronal oblicuo y sagital oblicuo. El objetivo de este paso es orientar los cortes según el plano del ligamento de Caldani y los planos perpendiculares a este.



▲ **Figura 6.** Secuencia localizadora de los tres planos espaciales de corte.



▲ **Figura 7.** Imagen del ligamento de Caldani en la resonancia, secuencia T1, plano axial oblicuo.



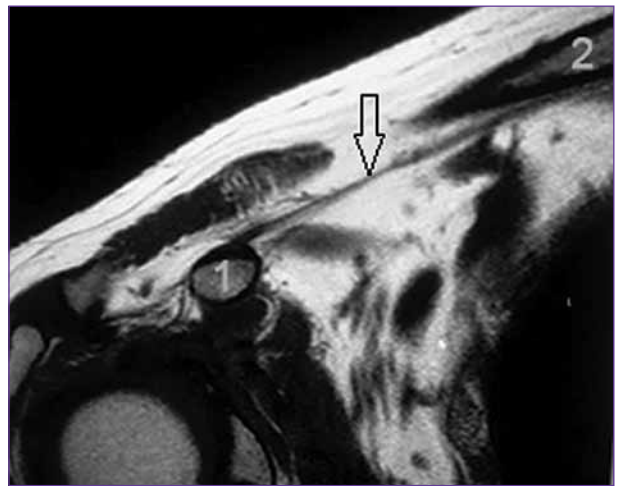
▲ **Figura 8.** Planificación de la imagen coronal.

Se practicó una secuencia localizadora de tres planos como referencia anatómica: tiempo de repetición 7.5 ms, tiempo de eco 3.7 ms, ángulo de deflexión 45°, espesor de corte 10 mm, número de adquisición 1, matriz, en píxeles, 216 por 224, campo de visión 220 mm y tiempo de escaneo 12.6 segundos.

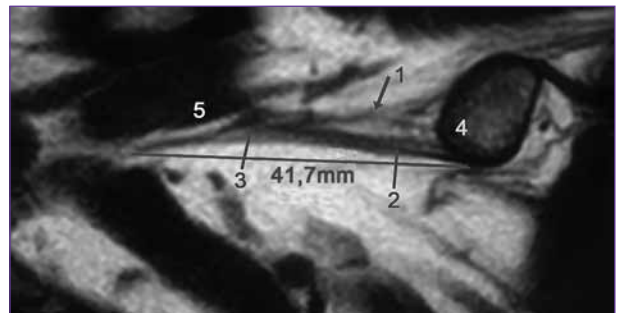
El músculo subclavio y la apófisis coracoides son los puntos de referencia anatómica para la planificación de secuencias T1 siguiendo un plano axial oblicuo (Figuras 6 y 7).

Una vez obtenida la imagen del ligamento de Caldani en el plano axial, se planificó la obtención de imágenes coronales (Figuras 8 y 9). Secuencia T1 TSE para LCCM, tiempo de repetición 500 ms, tiempo de eco 15 ms, espesor de corte 2 mm, brecha 0,2 mm, número de adquisición 4, matriz, en píxeles, 344 por 259, campo de visión 130 mm y tiempo de escaneo 2.32 minutos.

Se midió la longitud del ligamento (en los cortes coronales oblicuos) y su espesor (en los cortes axiales oblicuos) (Figura 10).



▲ **Figura 9.** Imagen en plano coronal del ligamento coracoclavicular medial. 1. Apófisis coracoides. 2. Clavícula.



▲ **Figura 10.** Imagen en corte coronal del ligamento coracoclavicular medial. Medición del ligamento. 1. Haz de origen anterior. 2. Haz de origen posterior. 3. Ligamento coracoclavicular medial. 4. Apófisis coracoides. 5. Subclavio.

Los resultados de las mediciones se tabularon y se los procesó utilizando el paquete estadístico de Microsoft Excel y el programa VCC Stat 2.0. Se calculó el promedio, la desviación estándar y el intervalo de confianza para cada muestra.

Resultados

Se identificó el LCCM en los siete pacientes estudiados. La morfología en relación con el espesor y la señal es variable, pero su presencia es constante (Figuras 11-14).

La señal del cuerpo del ligamento corresponde a tejido colágeno compacto, en todos los casos hipointenso, en todas las secuencias, lo que indica el poco espacio entre fibras. Sus márgenes son netos, su trayecto es lineal, sin evidencia de otras zonas de entesis ni de fibras que lo unan a ligamentos o estructuras adyacentes. Está rodeado por

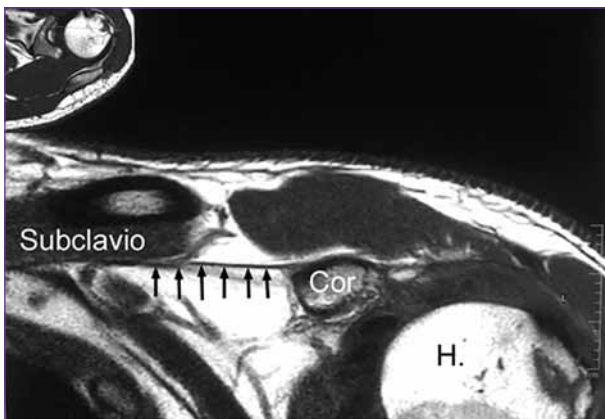
tejido adiposo (hiperintenso), lo que facilita el contraste en secuencias que no suprimen grasa.

Con respecto al origen coracoideo, es amplio, en forma, muchas veces, de abanico, con fibras de colágenos intercalando tejido adiposo evidente por las imágenes (hiperintensa en T1, hipointensa en supresión de la grasa T2).

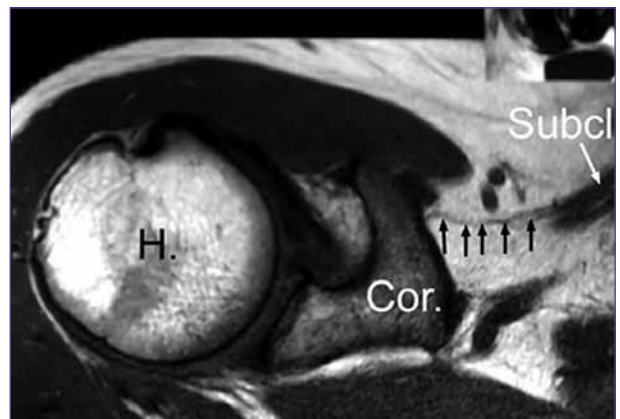
La longitud promedio fue de 41,15 mm (rango de 34 a 47; desviación estándar 4,40). El espesor promedio fue de 2,11 mm (rango de 1,3 a 3,2; desviación estándar 0,66) (Tabla).

Discusión

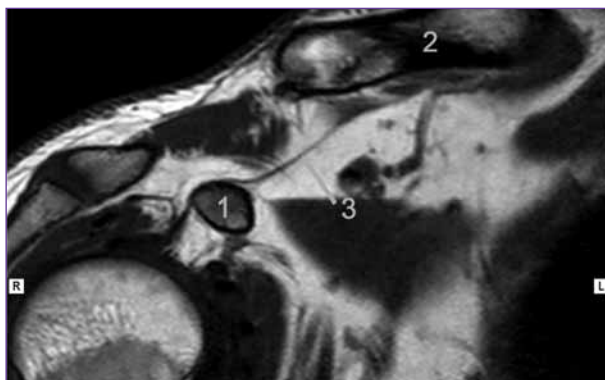
Según Vallois y Thomas,⁵ fue Caldani¹ el primero en describir el ligamento coracoclavicular interno o medial. Si bien este autor lo denominó “bicorne” en su descripción de 1881, consideramos más apropiada la denominación LCCM, en oposición a los laterales (trapezoides y conoides).



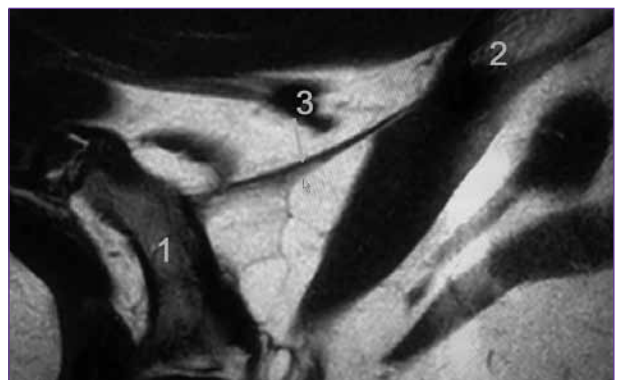
▲ **Figura 11.** Resonancia magnética, corte coronal, lado izquierdo. Las flechas señalan el ligamento coracoclavicular medial. Cor = apófisis coracoides, H = cabeza del húmero.



▲ **Figura 12.** Resonancia magnética, corte axial, lado derecho. Cor = apófisis coracoides, H = cabeza del húmero.



▲ **Figura 13.** Resonancia magnética, corte coronal, lado derecho. 1. Apófisis coracoides. 2. Clavícula. 3. Ligamento coracoclavicular medial.



▲ **Figura 14.** Resonancia magnética, corte axial, lado derecho. 1. Apófisis coracoides. 2. Clavícula. 3. Ligamento coracoclavicular medial.

Tabla. Longitud y espesor del ligamento coracoclavicular medial en la población estudiada

Paciente	Longitud	Espesor
1	39	2,4
2	42	1,7
3	34	2
4	39,9	1,3
5	40,2	2,6
6	46	1,6
7	47	3,2
Promedio	41,15	2,11
DE	4,41	0,66
IC95%	37,1-45,19	1,51-2,70

DE = desviación estándar, IC95% = intervalo de confianza del 95%.

A pesar de que existen diversas descripciones del ligamento en obras clásicas de anatomía,^{2,3} no hemos encontrado, en la bibliografía nacional ni extranjera consultada, referencias acerca de la visualización del ligamento de Caldani con alguna técnica de imágenes.¹⁸⁻²²

Por tal motivo, ha sido menester desarrollar un protocolo original de resonancia magnética para la detección del ligamento de Caldani. La técnica ideada es laboriosa, casi artesanal y consiste en tres pasos:

1) ubicación del ligamento en planos axiales oblicuos. Se deben repetir varios paquetes de imágenes, ya que es de difícil localización.

2) sobre la visualización parcial en este plano, se programan nuevas secuencias en el plano coronal oblicuo.

3) sobre el plano coronal oblicuo, ahora, se vuelve a programar el plano axial oblicuo permitiendo la visualización del ligamento en toda su extensión.

Este protocolo ha permitido identificar el ligamento en todos los cortes coronales y axiales, con lo que puede estimarse claramente su morfología.

Las características de la señal del cuerpo del LCCM, que corresponde a tejido colágeno compacto, coinciden con lo descrito en el estudio histológico⁷ de un espécimen, en el que se encontraron características propias de un ligamento.

La presencia de tejido adiposo rodeándolo hace posible su visualización, pese a su espesor variable.

La estructura en abanico del origen coracoideo del ligamento, con tejido graso intercalado, es coincidente con hallazgos anatómicos previos de dos fascículos de origen abrazando al tendón del pectoral menor.⁴

En la bibliografía consultada, tampoco hemos hallado referencias a la posible función de este ligamento. Sí hemos encontrado algunos trabajos que subrayan un posible papel del LCCM en la producción de compresiones dinámicas de vasos y nervios a nivel costoclavicular.⁸⁻¹²

Por otra parte, si bien el ligamento no desempeñaría un papel principal en la estabilidad de la articulación acromioclavicular, consideramos posible que su rotura pueda intervenir en la patogenia de las luxaciones acromioclaviculares de tipo V de la clasificación de Rockwood.¹⁵

Estimamos que este protocolo permitirá evaluar, en la práctica clínica, la posible intervención del LCCM en procesos compresivos neurovasculares en la raíz del miembro superior. Asimismo, consideramos que, en el futuro, su visualización y estudio en lesiones traumáticas de la articulación acromioclavicular podrían aportar evidencias sobre el posible papel de este ligamento en la estabilización de dicha articulación y eventualmente revestir importancia para la estadificación de las luxaciones de esta articulación.

Es por ello que nos proponemos, como paso siguiente de nuestra investigación, emplear el protocolo ideado para el estudio imagenológico de pacientes que presenten cervicobraquialgias o lesiones traumáticas acromioclaviculares.

Bibliografía

1. Caldani LMA. Iconum anatomicarum explicatio. *Ossa* 1802;1:244.
2. Rouvière H. *Anatomie Humaine Descriptive et Topographique*, Paris: Masson; 1927:36.
3. Stedman TL. *A Practical Medical Dictionary*, New York: W. Wood and Company; 1920:153.
4. Poitevin L, Postan D, Moya, D, Valente S, Azulay G, Mamone A, et al. Anatomía del ligamento córaco-clavicular medial. Primera parte: investigación anatómica. *Rev Arg Anat* 2014;5(4):119-126.
5. Vallois HV, Thomas L. Les formations fibreuses du triangle clavipectoral. *Arch Anato Hist Embr* 1942;3:363-396.
6. Souteyrand-Boulanger J. Les formations fibreuses et les ligaments du triangle clavi-coraco-pectoral chez les primates. *Mammalia* 1966;30:645-666.
7. Stimec BJ, Lädermann A, Wohlwend A, Fasel JHD. Medial coraco-clavicular ligament revisited: an anatomic study and review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012;132(8):1071-5.
8. Poitevin L. Compressions à la confluence cervico-braquiale. En: Tubiana R. *Traité de Chirurgie de la Main*, Paris: Masson; 1991; (4):368-369.

9. Poitevin L. Proximal compressions of the upper limb neurovascular bundle. An anatomic research study. *Hand Clin* 1988;14(4): 575-584.
10. Poitevin L. Proximal compressions of the upper limb neurovascular bundle. En: Tubiana R. *The Hand*, Philadelphia: WB Saunders; 1993;IV:338-339.
11. Poitevin LA. Bases anatómicas de las compresiones cervicobraquiales. Parte I: factores estáticos. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 1988;53(2):175-188.
12. Poitevin LA. Bases anatómicas de las compresiones cervicobraquiales. Parte II: factores dinámicos. Patogenia de las compresiones. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 1988;53(2):199-212.
13. Dolan CM, Hariri S, Hart ND, McAdams TR. An anatomic study of the coracoid process as it relates to bone transfer procedures. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:497-501.
14. Ockert B, Braunstein V, Sprecher C, Shinohara Y, Kirchoff C, Milz S. Attachment sites of the coracoclavicular ligaments are characterized by fibrocartilage differentiation: a study on human cadaveric tissue. *Scand J Med Sci Sports* 2010;22(1):12-17.
15. Rockwood CA Jr, Matsen FA, Wirth MA, Lippitt SB. *The Shoulder*, 4th ed. Philadelphia; W. B. Saunders; 2009:216-386.
16. Lädermann A, Grosclaude M, Lubbeke A, Christofilopoulos P, Stern R, Rod T, et al Acromioclavicular and coracoclavicular cerclage reconstruction for acute acromio-clavicular joint dislocations. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:401-408.
17. Klassen JF, Morrey BF, An Kn. Surgical anatomy and function of the acromioclavicular and coracoclavicular ligaments. *Oper Tech Sports Med* 1997;5(2):60-64.
18. Stoller DW. *Magnetic Resonance Imaging in Orthopaedics and Sports Medicine*, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers; 2006.
19. Vahlensieck M. MRI of the shoulder. *Eur Radiol* 2000;10(2):242-9.
20. Ho CP. Applied MRI anatomy of the shoulder. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993;18(1):351-359.
21. Lee JC, Guy S, Connell D, Saifuddin A, Lambert S, Ho CP. MRI of the rotator interval of the shoulder. *Clin Radiol* 2007;62(5): 416-423.
22. Nakata W, Katou S, Fujita A, Nakata M, Lefor AT, Sugimoto H. Biceps pulley: normal anatomy and associated lesions at MR arthrography. *Radiographics* 2011;31(3):791-810.