



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado



ANATOMÍA DESCRIPTIVA Y APLICATIVA DE LOS MÚSCULOS ROTADORES EXTERNOS DEL MANGUITO ROTADOR DEL HOMBRO. ESTUDIO EN CADÁVER.

Descriptive and Clinically Oriented Anatomy of the external rotator muscles of the rotator cuff. A cadaveric study.

Autora

Paloma Farrer Muñoz

Directora

María Asunción Escolar Castellón

Titulación:
Grado en Medicina
2018

ÍNDICE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	8
1.1.1 Escápula y articulación glenohumeral	8
1.1.2 Músculos y aponeurosis del manguito rotador	10
A. Músculo supraespinoso	11
B. Músculo infraespinoso	12
C. Músculo redondo menor	13
D. Músculo subescapular	13
1.1.3 Espacios	14
A. Triángulo escápulohumeral	14
a) Triángulo omotricipital	14
b) Cuadrilátero húmero-tricipital	14
B. Espacio subacromial	15
1.1.4 Vascularización	15
1.1.5 Inervación	17
1.3 PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS	18
2. MATERIAL Y MÉTODOS	19
2.1 Disección anatómica	19
2.1.1 Métodos	20
2.2 Minilab de artroscopia de hombro	22
3. RESULTADOS	26
4. DISCUSIÓN	32
5. CONCLUSIÓN	35
6. BIBLIOGRAFÍA	36
6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LAS FIGURAS	40

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A.	Arteria
BT	Porción larga del Bíceps
C	Cable rotador
Cr	<i>Crescent</i> o luna
G	Glenoides
H	Cabeza humeral
L	Labrum
LGHI	Ligamento Glenohumeral Inferior
LGHM, MGHL	Ligamento Glenohumeral Medio
LGHS	Ligamento Glenohumeral Superior
LTSE	Ligamento Transversal Superior de la Escápula
M.	Músculo
MR	Manguito Rotador
RC	Rotator Cuff
RI	Intervalo Rotador
SHD	Síndrome del Hombro Doloroso
Ssc	Subescapular

RESUMEN

El manguito de rotadores del hombro es la estructura formada por los tendones de los músculos supraespinoso, infraespinoso y redondo menor, en el troquíter humeral y subescapular, en el troquín. Se encarga de la estabilización de la articulación glenohumeral así como de la rotación externa, rotación interna y elevación. Los músculos rotadores externos del manguito rotador del hombro, insertos en el tubérculo mayor, son los más afectados en el Síndrome del Hombro Doloroso. Conocer la anatomía de estos músculos, su inserción en la cápsula articular y su relación con los elementos periarticulares permite un mejor manejo clínico de este prevalente grupo de patologías. Este trabajo pretende entender los nuevos conceptos respecto a la inserción de los tendones del manguito a través de la revisión de la bibliografía y mediante la disección anatómica, así como proporcionar una visión integral que asocie la anatomía macroscópica a las imágenes obtenidas por técnica artroscópica. Para ello, se disecaron doce hombros procedentes de cadáver embalsamado según la fórmula de embalsamamiento de la Universidad de Cambridge y se examinaron los elementos articulares en el Minilab de Artroscopia de hombro, entre los que destaca el complejo cable-luna, una estructura que funciona como un puente de transferencia de cargas, situada en el manguito rotador en la porción distal de la inserción del supraespinoso e infraespinoso, distinguiéndose una zona semicircular hipovascular llamada luna o *crescent*, más susceptible al desgarro, rodeada por un grueso haz de fibras, denominado cable.

En conclusión, este estudio revisa la anatomía del manguito rotador, presentando al mismo como una unidad estructural y funcional, compleja e interrelacionada tanto con los elementos que la constituyen como con las distintas estructuras periarticulares circundantes.

Palabras clave

Manguito rotador (MR). Rotadores externos. Supraespinoso. Infraespinoso. Redondo menor. Síndrome del Hombro Doloroso (SDH). Complejo cable-luna. Disección anatómica. Artroscopia de hombro.

ABSTRACT

The rotator cuff of the shoulder is the structure formed by the tendons of four muscles: supraspinatus, infraspinatus and teres minor, in the greater tuberosity of the humerus, and subscapularis, in the smaller tuberosity. It performs different roles that include the stabilization of the glenohumeral joint, external rotation, internal rotation and abduction. The external rotator muscles of the rotator cuff, which are inserted in the greater tuberosity, are the most involved muscles in Painful Shoulder Syndrome. Knowing the anatomy of these muscles, their insertion in the articular capsule and their relation to periarticular elements allows a better diagnostic and therapeutic management on this prevalent group of pathologies. This project intends to comprehend the new concepts related to rotator cuff insertions through the literature review and anatomic dissection, as well as providing an integral vision that links macroscopic anatomy to arthroscopy imaging. Therefore, twelve cadaveric shoulders, embalmed following the Cambridge University formula, were dissected and also articular elements were examined in the Minilab of Shoulder Arthroscopy, among which cable-crescent complex enhances. It is a structure that works as a suspension bridge, located in the rotator cuff in the distal insertional area of supraspinatus and infraspinatus, that comprises a thin hypovascular crescent-shaped zone, named crescent, which is more likely to tear and is bounded on its proximal margin by a thick bunch of fibers, the so-called cable.

In conclusion, this project reviews the rotator cuff's anatomy and presents it as a structural and functional unit, that is complex and is interrelated to its own elements as well as to the surrounding periarticular structures.

Key words:

Rotator cuff (RC). External rotator muscles. Supraspinatus. Infraspinatus. Teres Minor. Rotator cable-crescent complex. Anatomic dissection. Shoulder Arthroscopy.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se ocupa del estudio de los músculos rotadores externos del hombro, que constituyen parte del manguito de los rotadores. La elección del tema se debe a la gran prevalencia del hombro doloroso, que se debe principalmente a la afectación de los músculos rotadores externos (supraespinoso, infraespinoso y redondo menor) que constituyen una unidad funcional y estructural, respecto a su zona de inserción en el troquíter del húmero.¹

El manguito de los rotadores corresponde al complejo anatómico que se encarga de la estabilización de la articulación glenohumeral, empujando la cabeza humeral contra la concavidad de la glenoides, contrarrestando así el efecto desestabilizador del músculo deltoides, que tiende a llevar la cabeza del húmero hacia arriba.²

Está constituido por los tendones correspondientes a cuatro músculos: supraespinoso, infraespinoso y redondo menor, que se insertan en el troquíter, y subescapular, que se inserta en el troquín. Éstos se fusionan parcialmente con la cápsula de la articulación del hombro subyacente al dirigirse hacia sus respectivas inserciones en el húmero.^{1,3}

A todos ellos se les considera rotadores del hombro, siendo rotadores externos fundamentalmente infraespinoso y redondo menor. El supraespinoso es además elevador del hombro y, por otro lado, el subescapular es rotador interno.^{1,3}

Este trabajo se centra en el estudio de estos tres músculos en cuanto a su localización, inserción, relación con la bóveda acromial, la cápsula articular del hombro y la propia articulación glenohumeral, ya que se considera que la principal etiología del síndrome del hombro doloroso es la afectación periarticular. Ésta incluye patologías como tendinitis, bursitis y capsulitis e incluso ciertas variantes anatómicas que pueden condicionar una mayor predisposición al síndrome del hombro doloroso que, por otra parte, también puede estar causado por el desgarro o rotura del manguito.^{4,5}

Asimismo, en el manguito rotador se estudia el complejo cable-luna, una estructura anatómica que actúa como puente de transferencia de cargas, permitiendo modificar la biomecánica del mismo. Está constituida por la luna, una delgada lámina semicircular que comprende las porciones distales de inserción de los tendones supraespinoso e

infraespinoso, unida en su margen proximal al cable rotador, un grueso haz de fibras que actúa como protector de estrés sobre la misma.^{6,7}

1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

El manguito de los rotadores se localiza en las regiones escapular y deltoidea del hombro. La primera comprende las partes blandas delimitadas lateralmente por la región axilar y situadas posteriormente al omóplato, mientras que la región deltoidea, también denominada escapulohumeral corresponde a la región media del hombro, de forma triangular se sitúa entre la escapular y la axilar incluyendo al músculo deltoides y al muñón del hombro.^{8,9}

1.1 ESCÁPULA Y ARTICULACIÓN GLENOHUMERAL

La cara posterior de la **escápula** presenta una marcada elevación atravesada transversalmente, denominada espina escapular, que la separa en dos fosas: una superior de menor extensión, la fosa supraespinosa, y otra inferior de mayor tamaño, la fosa infraespinosa, en cada una de las cuales se aloja un músculo homónimo.¹⁰

La espina se prolonga con una proyección anterolateral, el **acromion**, que forma un arco sobre la articulación glenohumeral y se articula en su extremo distal con la clavícula por medio de una carilla ovalada, formando una articulación artrodia con la misma.¹¹

La apófisis acromion en función de su morfología se clasifica en tres tipos: tipo I o plano, tipo II o curvo y tipo III o en gancho. Algunos autores citan también el tipo IV o convexo y otro tipo en quilla.^{12,13}

Se denomina **bóveda acromial** a la estructura que constituyen el acromion, la porción lateral de la clavícula y el ligamento coracoacromial, delimitando el espacio subacromial.

En el borde superior de la escápula, en proximidad al ángulo superoexterno, se aprecia una incisura que recibe el nombre de escotadura coracoidea, que se transforma en orificio por el ligamento transversal superior de la escápula o ligamento coracoideo.¹⁰

Inmediatamente lateral a la escotadura, se encuentra la apófisis **coracoides**, un accidente óseo con forma de gancho que se dirige anterolateralmente.¹¹

En el ángulo superoexterno, se distingue el cuello de la escápula que se continua con la cavidad glenoidea. Dicha **cavidad glenoidea** es ovalada, poco profunda, con forma de coma y articula con la cabeza del húmero, estableciendo la articulación escapulohumeral, que fija el miembro superior al tórax.¹⁴

La **articulación escapulohumeral** es una diartrosis enartrosis constituida entre la cabeza humeral, cuya superficie articular corresponde a un tercio de esfera recubierta por cartílago hialino, y la cavidad glenoidea escapular, que amplía su extensión y profundidad con un fibrocartílago anular denominado rodete glenoideo o labrum.¹⁴

La **cápsula articular**, recubierta internamente por la membrana sinovial, se fija en el contorno circunferencial del rodete glenoideo llegando por arriba a la base del proceso coracoides. En el húmero se inserta en el reborde de la superficie articular y, por la parte inferior de la cápsula, llega hasta el cuello quirúrgico del húmero, desde donde se refleja para ascender pegada al periostio hasta alcanzar el cartílago que reviste la cabeza humeral, constituyendo un fondo de saco y permitiendo así la amplitud de los movimientos. La cápsula se encuentra en íntima relación con las bursas sinoviales, que se disponen entre los tendones musculares.¹⁰ Además, la cápsula articular se adhiere a los tendones de los músculos del manguito de rotadores formando un collar músculo-tendinoso que rodea las caras posterior, superior y anterior de la articulación glenohumeral.¹¹

Existen diversos ligamentos de refuerzo articular que provienen de la apófisis coracoides, el denominado **ligamento coracohumeral**, y del rodete articular, los llamados **ligamentos glenohumerales**. El primero corresponde a una banda fibrosa, ancha, gruesa y resistente que se extiende desde la base de la apófisis coracoides (inmediatamente por debajo del ligamento acromioclavicular) hasta el troquíter, integrándose en su trayecto con la parte superior de la cápsula articular. En la parte anterior de la cápsula se observan tres ligamentos gruesos y fibrosos separados entre sí por porciones más delgadas, que están bien circunscritos en la cápsula pero no pueden aislarse de la misma. En función de su situación se distingue:

- **Ligamento glenohumeral superior (LGHS):** se origina en la parte superior del cuello de la escápula, por debajo y algo anterior al ligamento coracohumeral, para insertarse en el cuello anatómico del húmero, entre la cabeza y el troquín. En esta zona una serie de fibras transversales lo conectan al ligamento coracohumeral, formando el denominado ligamento humeral transversal.

- **Ligamento glenohumeral medio (LGHM):** se inserta en el cuello escapular algo inferior al LGHS y se dirige hacia abajo y hacia fuera hasta el troquín del húmero, por debajo del tendón del músculo subescapular, con el que se confunde.
- **Ligamento glenohumeral inferior (LGHI):** el más ancho y fuerte, se inserta entre la escotadura y el cuello de la escápula y se dirige inferolateralmente al cuello quirúrgico humeral, para insertarse entre las inserciones del subescapular y el redondo menor.^{14,15}

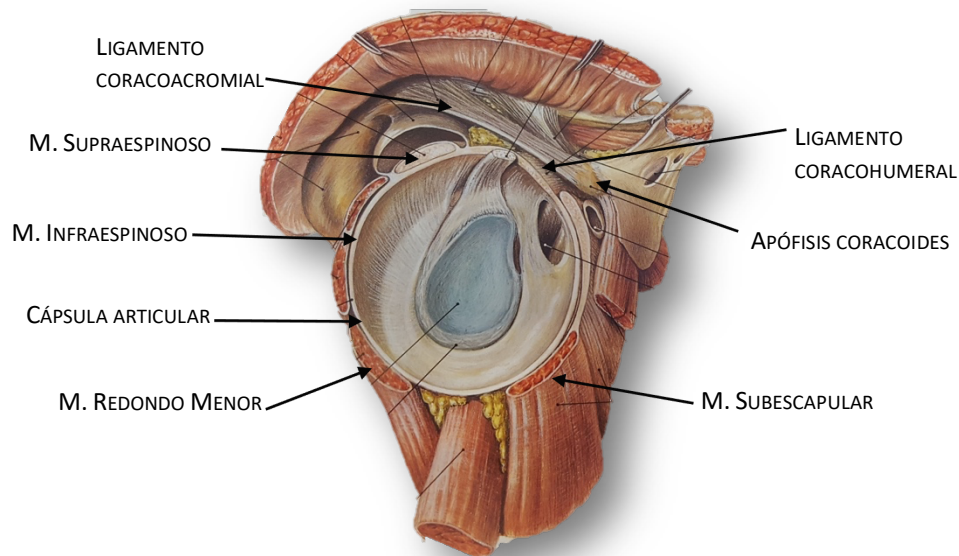


Figura 1

1.2 MÚSCULOS Y APONEUROSIS DEL MANGUITO ROTADOR

Alojado en la cara posterior del omóplato, se halla un **plano muscular profundo**, formado por el músculo supraespinoso, situado en la en la fosa supraespinosa y, por debajo de la espina, los músculos infraespinoso, redondo menor y redondo mayor.¹⁶

Inmediatamente superficial a éste, el músculo trapecio y los fascículos posteriores del deltoides, constituyen un **primer plano muscular** con sus aponeurosis que se continúan de un músculo a otro, adhiriéndose a la espina de la escápula. Superficialmente a éstos se encuentra el plano superficial de **piel y tejido subcutáneo**.¹⁶

Los tendones de estos músculos supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular van a insertarse distalmente en la tuberosidad mayor y menor del húmero, formando una estructura anatómica particular: el **manguito de rotadores**, cuya función principal es la estabilización de la articulación glenohumeral, así como asistir en la rotación externa e interna y la abducción del hombro.^{1,3}

A. MÚSCULO SUPRAESPINOSO

El músculo supraespinoso es el principal elevador del manguito de rotadores. Inicia el movimiento de abducción junto con el deltoides, pero se activa primero, ejerciendo un control previo de la articulación glenohumeral, que aporta estabilidad al movimiento.^{8,17}

Se trata de un músculo de carácter grueso, con forma de pirámide triangular, cuya zona de inserción *proximal* ocupa por completo la fosa supraescapular, lo que le permite participar también en los movimientos de rotación externa e interna del hombro.⁸

El músculo se encuentra recubierto por una gruesa aponeurosis, que se adelgaza en la zona lateral y cuya superficie profunda sirve de inserción. Así, desde los dos tercios internos de la fosa, se dirige hacia fuera y hacia abajo, *situándose* por debajo de la articulación acromioclavicular y del ligamento acromiocracordeo, para insertarse en la faceta superior del troquíter del húmero. Una bolsa sinovial, la denominada bursa subacromial o subdeltoides, se interpone entre el tendón del supraespinoso, en íntima relación con la cápsula articular, y la bóveda acromial con el deltoides, permitiendo de esta manera el deslizamiento sin rozamiento de las inserciones tendinosas del manguito.^{3,9}

En lo que respecta al tendón del supraespinoso, éste se ensancha progresivamente hacia su inserción distal en el troquíter, presentando un margen anterior engrosado, en forma de cordón, mientras que su borde posterior se afina, constituyendo una banda tendinosa. En algunos casos, se ha descrito que un fascículo del tendón pasa al tendón del pectoral mayor.³

Según Mochizuki, la superficie de inserción distal del supraespinoso en el troquíter posee una forma trapezoidal (de 7 a 23 mm por 12.6 a 16 mm).⁵

En ella se encuentra el complejo cable - luna, constituido por dos estructuras muy importantes para la funcionalidad del manguito de rotadores, que ponen en relación al músculo supraespinoso con el infraespinoso.⁵

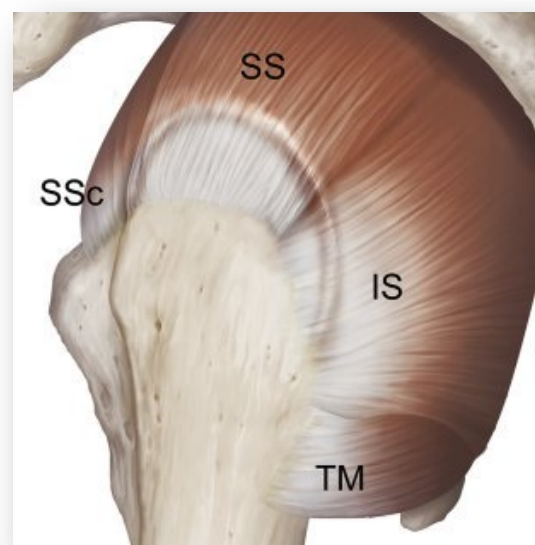


Figura 2

Por un lado, la luna (*crescent*) corresponde a la porción hipovascular, plana y más distal de los tendones del supraespinoso e infraespinoso, y, por otro lado, el *cable rotador de Burkhart* o *cuerda del manguito rotador*, consiste en una banda colágena gruesa que se extiende desde el ligamento coracohumeral al infraespinoso rodeando en su trayecto esta “zona crítica” de pobre vascularización.⁵

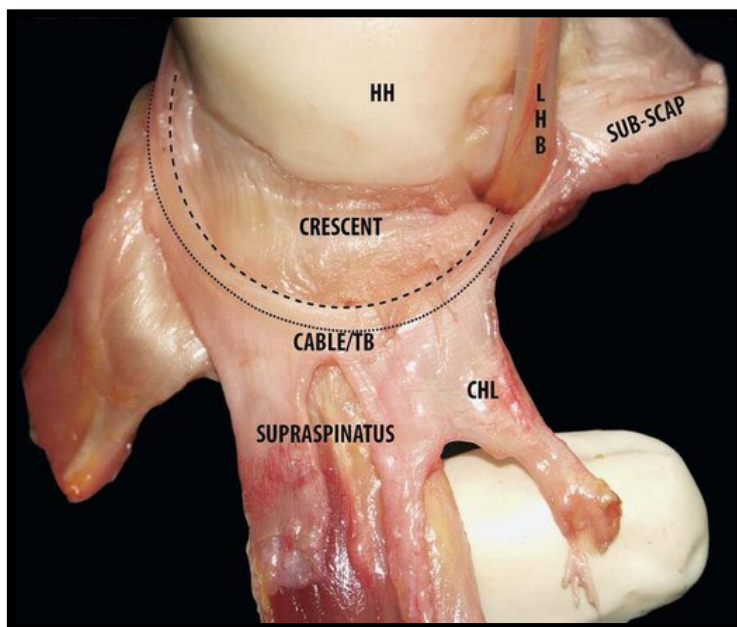


Figura 3

B. MÚSCULO INFRAESPINOSO

El músculo infraespinoso es un músculo triangular y aplanado que, alojado en la fosa infraespinosa, se encarga fundamentalmente de la rotación externa del hombro, además de proporcionar estabilidad a la articulación, no sólo en movimientos de rotación lateral, sino también en la abducción del brazo.⁹

Las fibras del músculo se insertan en dicha fosa infraespinosa, interiormente a la cresta ósea del borde lateral del hueso, en la fascia infraespinosa y superiormente en la lámina tendinosa de inserción de los fascículos posteriores del deltoides, puesto que la aponeurosis infraespinosa que envuelve al músculo se continúa con la aponeurosis deltoidea, que la cubre a lo largo del borde posterior del deltoides.^{3,8} El músculo limita inferiormente con el músculo redondo menor, separado por un tabique fibroso que también sirve de inserción. Desde estos puntos, sus fascículos convergen hacia el hombro, distinguiéndose un fascículo superior, más voluminoso, que autores como Testut designan como infraespinoso superficial y que sigue un trayecto horizontal, otros fascículos medios, con una dirección oblicua hacia arriba y hacia fuera y, los fascículos inferiores con una

dirección casi vertical. Las fibras se recogen en diversas vainas tendinosas que pasan posteriormente a la articulación del hombro para insertarse en la carilla inferior del troquíter por medio de un tendón aplanado.^{8,9,14}

Este tendón infraespinoso presenta menor adherencia capsular que el supraespinoso, objetivándose únicamente en las proximidades de la inserción del músculo y, medialmente a esta zona, está separado de la cápsula por una capa celular en la que frecuentemente se desarrolla una bolsa sinovial. Puede desarrollarse una segunda bolsa sinovial entre infraespinoso y la zona lateral ensanchada escapular cuando la inserción del músculo protruye bajo la cara profunda del músculo.⁸

C. MÚSCULO REDONDO MENOR

El redondo menor es el menos voluminoso de los músculos del manguito de rotadores. Con una forma cilíndrica, sigue el borde externo del músculo infraespinoso.^{16,17} La dirección de sus fibras, que discurren oblicuamente hacia arriba y hacia fuera, determina su acción, análoga a la del infraespinoso, participando en la rotación externa y en la estabilidad de la articulación glenohumeral, si bien su papel es secundario debido a su menor potencia.

La inserción proximal del músculo se sitúa lateral a la del músculo infraespinoso y superior a la del músculo redondo mayor.⁸ Discurre contiguo al redondo mayor en su origen, para separarse del mismo ligeramente más allá del borde lateral de la escápula, dirigiéndose a su inserción en la extremidad superior: las fibras superiores confluyen en un tendón que atraviesa la superficie posterior de la cápsula de la articulación para insertarse en la carilla inferior del troquíter y las fibras inferiores directamente en el húmero, por encima de la zona de inserción del vasto externo del tríceps.³

D. MÚSCULO SUBESCAPULAR

Músculo ancho, grueso y triangular que ocupa la fosa subescapular, en la que se extiende desde el borde espinal hasta el borde axilar de la escápula.¹⁶ Sus fibras se dirigen hacia fuera, convergiendo gradualmente en un tendón que se inserta en el troquín del húmero y en la cara anterior de la cápsula de la articulación del hombro.¹¹ Encontramos dos bolsas sinoviales en relación directa con el músculo. La bolsa subcoracoidea, situada entre el borde superior del subescapular, la cara anterior de la porción vertical de la apófisis coracoides y la cápsula articular. Por otra parte, la bolsa subtendinosa del músculo subescapular que se dispone entre la cápsula articular y el tendón, a lo largo de éste.⁸

1.3 ESPACIOS

A. TRIÁNGULO ESCÁPULOHUMERAL

En el borde inferoexterno de la fosa infraespinosa de la escápula, los músculos redondo menor y redondo mayor se separan ligeramente entre sí, formando con la base del húmero el denominado triángulo escapulohumeral o triángulo de los redondos. La porción larga del tríceps braquial atraviesa el triángulo, configurando dos espacios: el más medial es el triángulo omotricipital y el más lateral recibe el nombre de cuadrilátero humerotricipital.^{9,16}

a) Triángulo omotricipital

Este espacio está delimitado por arriba por el redondo menor, por abajo por el redondo mayor y lateralmente por la porción larga del tríceps braquial y en éste se localiza arteria inferior de la escápula, rama de la arteria axilar.^{8,11}

b) Cuadrilátero humerotricipital

Limitado superiormente por el redondo menor, inferiormente por el redondo mayor, lateralmente por el húmero y medialmente por el tendón de la porción larga del tríceps braquial. Este espacio cuadrangular está cubierto por el músculo deltoides y por él discurren el nervio axilar y los vasos circunflejos humerales.^{8,16}

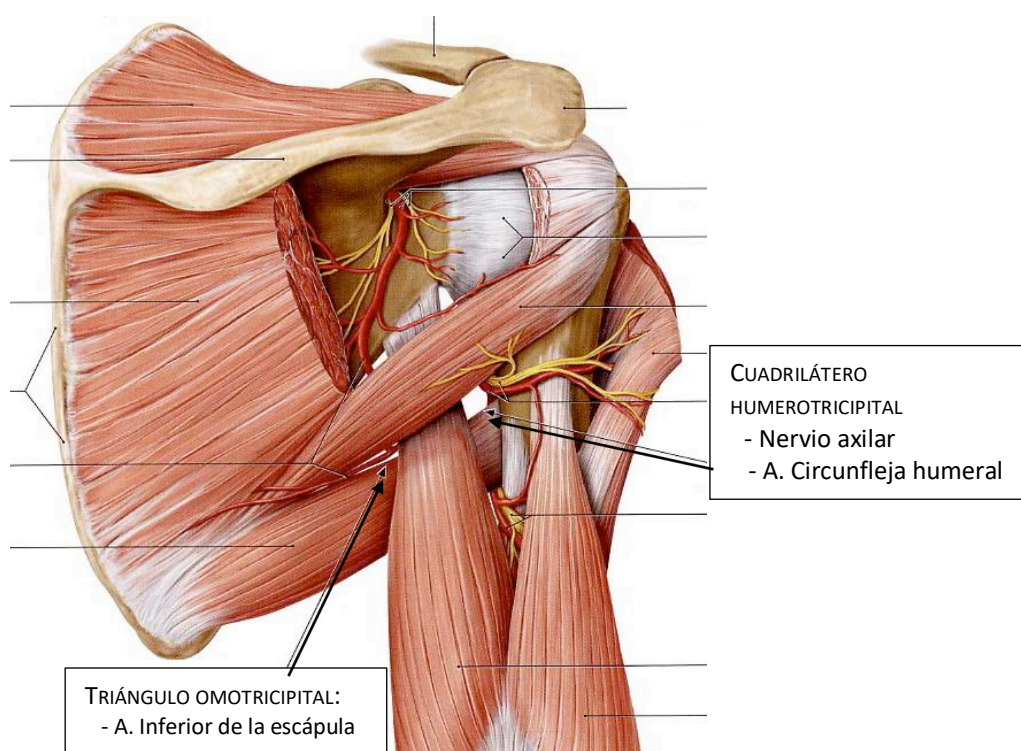


Figura 4

B. ESPACIO SUBACROMIAL

El espacio subacromial es el delimitado superiormente por la superficie inferior del acromion, la clavícula y el ligamento coracoacromial e inferiormente por la cápsula de la articulación glenohumeral. Este espacio está ocupado por el supraespinoso y la bursa subacromial, que permite el deslizamiento del manguito de rotadores bajo el acromion.

1.4 VASCULARIZACIÓN

La vascularización de la región escapular está basada en un circuito anastomótico que conecta tres arterias principales: la arteria supraescapular, la arteria dorsal de la escápula y la arteria inferior de la escápula.

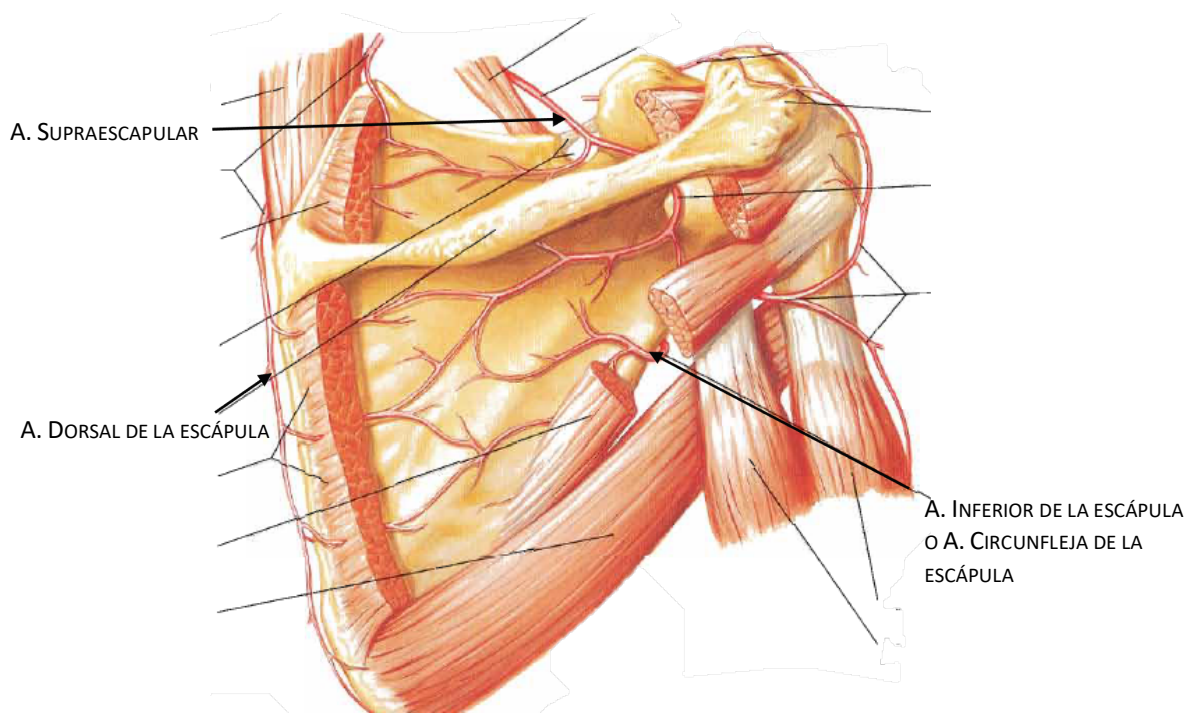


Figura 5

La **arteria supraescapular** irriga los músculos supraespinoso e infraespinoso así como la porción posterosuperior de la cápsula. Nace como rama del tronco tirocervical o directamente de la arteria subclavia en la base del cuello y entra en la región escapular posterior superior pasando por encima del ligamento superior de la escápula, sin atravesar el agujero, para luego continuar su recorrido paralelo al nervio supraescapular.³

La **arteria dorsal o posterior de la escápula**, también recibe el nombre de arteria transversa cervical profunda, puesto que constituye la rama profunda de la arteria transversa cervical que se origina del tronco tirocervical de la subclavia. Surge en el borde posterosuperior de la escápula y desciende verticalmente hasta el ángulo inferior, dando numerosas ramas a su paso por las fosas supra e infraespinosas.⁹

La **arteria axilar o circunfleja**, también participa en la irrigación de la región escapular, se ramifica en la capa de tejido celular subdeltoideo antes de penetrar en el músculo deltoides y da lugar a varias ramas:⁸

- La **arteria escapular inferior**, también denominada circunfleja de la escápula, es la rama colateral de la axilar más voluminosa, que surge de ésta en el borde inferior del músculo subescapular, discurre inferoexternamente, encargándose de la vascularización de la porción inferomedial de la cápsula para dividirse en dos ramas: torácica y escapular. Esta última, se introduce en el espacio triangular medial y se divide en tres ramas terminales, que suministra a los músculos subescapular y redondo menor.^{14,18}
- La **arteria circunfleja anterior**, que rodea anteriormente el cuello quirúrgico del húmero y cruza transversalmente el surco intertubercular, para dividirse en una rama ascendente que se dirige por el surco hasta la articulación del hombro y otra que se introduce en el músculo deltoides.⁸
- La **arteria circunfleja humeral posterior** emerge del espacio cuadrangular, junto con el nervio axilar, y penetra en el tejido celular subdeltoideo, discurre entre la fascia deltoidea y el músculo, para ramificarse en la profundidad del músculo deltoides. En su recorrido, da ramas colaterales que irrigan al redondo menor, redondo mayor y porción larga del tríceps.^{8,18}

Estas arterias circunflejas se anastomosan en la parte externa del cuello del húmero y dan lugar a ramas que vascularizan la parte inferior de la articulación glenohumeral, destacando la rama de la corredera del bíceps.¹⁴

Además de este gran circuito anastomótico dependiente de las **arterias subclavia y axilar**, existe una conexión entre la arteria axilar y **humeral** a través de la unión de arteriolas procedentes de la arteria humeral y arteria humeral profunda al circuito de las dos circunflejas (anterior y posterior). Esta red se completa con la anastomosis de ramas procedentes de la acromiotorácica y la supraescapular.¹⁸

Finalmente, las arterias que nutren la región profunda escapular tienen orígenes distintos, siendo o bien ramas de la arteria subclavia o bien de la arteria axilar.¹⁶

3.5 INERVACIÓN

La inervación de los músculos supraespinoso e infraespinoso depende del **nervio supraescapular**, rama posterior del tronco superior del plexo braquial, que corresponde a los niveles C5 y C6. Dicho nervio nace por encima de la clavícula y se dirige inferoposteriormente hacia la escotadura coracoidea, que atraviesa pasando por debajo del ligamento transversal superior de la escápula para continuar por la fosa supraespinosa, donde distribuye ramas para el músculo supraescapular, rodeando después el borde lateral de la espina de la escápula hasta perderse en el espesor del músculo infraespinoso.¹⁸

Por otra parte, el **nervio axilar o circunflejo**, rama del fascículo posterior del plexo braquial (C5 y C6), se encarga de inervar al músculo redondo menor. Nace de un tronco común al radial y se dirige oblicuamente hacia abajo y lateral, para salir del hueco axilar por el cuadrilátero humerotricipital, rodeando cuello quirúrgico del húmero acompañando en su recorrido a la arteria circunfleja posterior. En su recorrido, emite una rama motora que será la que inerve el redondo menor y, tras atravesar el espacio cuadrangular, finaliza en el músculo deltoides.^{8,16,19}

2. PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS

Este trabajo se ideó inicialmente como un estudio del manguito de rotadores en su totalidad, pero, conforme se avanzaba en la revisión bibliográfica y la disección anatómica, se advirtió la amplitud del tema a tratar y las dificultades técnicas que suponía el abordaje anterior y posterior del hombro. La participación en el curso de Artroscopia de Hombro reafirmó la mayor frecuencia de los rotadores externos del hombro como agentes etiopatológicos del Síndrome del Hombro Doloroso. Por ello, se decidió centrar el objeto de estudio en los componentes rotadores externos del manguito.

Así, se plantearon los siguientes objetivos:

- Estudiar la variabilidad individual de los músculos rotadores externos (supraespinoso, infraespinoso y redondo menor) que forman parte del manguito. Analizar la posible relación entre las variantes anatómicas encontradas y el síndrome del hombro doloroso.
- Observar y describir las relaciones de las inserciones tendinosas de dichos músculos con la cápsula articular de la articulación del hombro.
- Analizar la variabilidad del espacio subacromial y la afectación que pudiera producir sobre el músculo supraespinoso.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La revisión bibliográfica y la disección anatómica son las fuentes principales de información utilizadas para llevar a cabo este trabajo.

En lo referente a la revisión bibliográfica, se consultaron diferentes Tratados de Anatomía, así como artículos científicos obtenidos a partir de la base de datos PubMed.

Asimismo, la visión práctica y aplicativa de este trabajo fue complementada por la realización del curso Minilab de artroscopia de hombro y rodilla para residentes, ofertado por la compañía global de equipos médicos Smith & Nephew con la colaboración de los Servicios de Cirugía Ortopédica y Traumatología de Aragón y el departamento de Anatomía e Histología Humanas de la Universidad de Zaragoza.

En lo que respecta a la disección, se han estudiado las regiones escapulares y deltoideas derechas e izquierdas de un total de seis cadáveres humanos de raza caucásica, tres de mujer y tres de varón, embalsamados según la fórmula de embalsamamiento de la Universidad de Cambridge. Estos cadáveres proceden de donaciones altruistas a la Ciencia al departamento de Anatomía e Histología Humanas de Universidad de Zaragoza.

1. DISECCIÓN ANATÓMICA

El instrumental empleado en la disección anatómica fue el siguiente: bisturí n.o.4, hojas desechables n.o. 24, pinzas de disección con y sin dientes, erina, *costotomo*, guantes de vinilo, gomas de variloop. Además, se utilizó tinta china roja, azul y amarilla para resaltar estructuras vasculonerviosas.

Caso	Sexo	Edad	Procedencia
1	Varón	82	Universidad de Zaragoza
2	Varón	78	Universidad de Zaragoza
3	Varón	69	Universidad de Zaragoza
4	Mujer	50	Universidad de Zaragoza
5	Mujer	93	Universidad de Zaragoza
6	Mujer	96	Universidad de Zaragoza

Tabla 1

2.1 MÉTODO

La disección de la región escapular para el estudio del manguito de rotadores externos, con el cadáver en decúbito prono, se realizan las siguientes maniobras:

- Para reclinar la piel y el tejido celular subcutáneo, se realiza una incisión en la línea media posterior a nivel de las apófisis espinosas, desde la línea curva nuchal (protuberancia occipital externa) hasta la undécima vértebra torácica, aproximadamente, y tres cortes transversales a nivel de la línea curva nuchal, de la línea articular del hombro y a nivel de T11, para ampliar el campo de trabajo.
- Aparece el plano muscular del músculo trapecio y el músculo deltoides. El trapecio se desinserta de la línea media espinosa y de la cara superior de la clavícula, dejando su inserción en la espina de la escápula.
- En cuanto al músculo deltoides, se desinsertan sus fascículos posterolaterales de la espina de la escápula, junto con el músculo trapecio, que queda prendido por la aponeurosis deltoidea. Se desplazan ambos músculos lateralmente.
- Se aprecia la espina del omóplato y los músculos que comprenden el plano medio de esta región escapular: supraespinoso, infraespinoso y redondo menor, todo envuelto por sus aponeurosis.
- Por encima de la espina, se encuentra el músculo supraespinoso, alojado en la fosa homónima. Se desinserta de su amplia y desflecada inserción en la fosa, desplazando sus dos tercios internos hacia el lateral y, exponiéndose la fosa supraespinosa. En el borde superior de la fosa, destacan la escotadura coracoidea con el ligamento transversal, así como la inserción del vientre inferior del músculo omohioideo en el borde medial de la escotadura.
- Por encima del ligamento transversal superior de la escápula, discurren la arteria y vena supraescapulares y, por debajo del mismo, el nervio supraescapular. Estos elementos vasculonerviosos continúan inferiormente para acceder al músculo infraespinoso por su cara profunda.

- Inferiormente a la espina escapular, se aloja desde superior a inferior, el músculo infraespinoso, que ocupa la fosa infraespinosa en su totalidad y el músculo redondo menor, separados por sus respectivas envolturas aponeuróticas, las cuales forman un tabique fibroso entre ambos.
- El músculo infraespinoso tiene forma triangular, dando lugar a varios fascículos de fibras de distinta orientación. Se diferencia un fascículo superior más prominente, que se inserta en el borde de la espina, y uno o dos fascículos inferiores y profundos que se insertan en la aponeurosis del fascículo superior y convergen en múltiples bandas tendinosas que se agrupan para dar lugar al tendón común del músculo, que aparece replegado sobre sí mismo.
- El redondo menor es un músculo por lo general poco potente, de forma cilíndrica. Se desinserta del borde axilar de la fosa infraespinosa, dejando al descubierto la arteria escapular inferior en el triángulo omotricipital y el nervio axilar en el cuadrilátero lateral.
- Se secciona el tercio externo de la clavícula y el acromion, quedando expuesto el espacio subacromial. Se observa una voluminosa bolsa serosa subacromial y en profundidad a ésta, el tendón del supraespinoso, que se encuentra en relación con el resto de tendones del manguito de los rotadores externos:
 - El tendón más anterior es el del músculo supraespinoso, que se dirige hacia la parte superior del troquíter humeral, a su carilla de inserción, mostrando variaciones de un cadáver a otro.
 - El tendón del infraespinoso, más aplanado y extenso que el anterior, se aprecia su inserción en la carilla medial, en la cara posteroexterna del troquíter del húmero.
 - El tendón del redondo menor se inserta inferiormente al infraespinoso, también en el troquíter humeral, en la carilla inferior.
- Los tendones están en íntima relación con la cápsula articular y se prolongan para terminar en el troquíter.

Para acceder al espacio intraarticular, una vez desinsertados los tres músculos de su inserción escapular:

- Se desplazan dichos tres músculos lateralmente quedando prendido por su inserción capsular y en el troquíter y se observa la porción posterior de la cápsula articular.
- Se realiza una incisión en la cápsula a nivel del borde libre del rodete junto con dos cortes perpendiculares a ésta y paralelos a la dirección de los tendones de los músculos, para poder reclinar la cápsula y visualizar su superficie profunda, quedando también expuestas la superficie ósea de la cabeza humeral y el labrum.
- Se examina la superficie profunda de la cápsula, apreciándose la estructura cable-luna.

2. MINILAB DE ARTROSCOPIA DE HOMBRO

El curso se centra en la técnica quirúrgica mínimamente invasiva, que actualmente es más utilizada que la cirugía abierta convencional en el tratamiento de las principales patologías del hombro, presentando una complejidad técnica que la ha configurado como una subespecialidad en el campo de la Cirugía Ortopédica y Traumatológica. Así, se trataron los siguientes temas:

- Posición quirúrgica y anestesia.
- Planteamiento de los portales en artroscopia de hombro y recorrido diagnóstico.
- Inestabilidad del hombro. Lesiones SLAP (Superior Labrum from Anterior to Posterior)
- Síndrome subacromial. Acromioplastia y bursectomía.
- Cirugía del manguito de rotadores.

En este tipo de intervenciones la extremidad superior se dispone simulando el decúbito lateral, en extensión y sometida a tracción a 45° de la horizontal aproximadamente. Otra alternativa es la posición “en silla de playa”.

La técnica anestésica más común es la anestesia general, sin embargo, la anestesia locorregional en forma de bloqueo interescalénico aunque menos utilizada, aporta ventajas en el dolor postoperatorio y el control del sangrado en la cirugía.²⁰

Previamente al planteamiento de los puntos de acceso o portales de artroscopia, se delimitan y dibujan las referencias anatómicas coracoides y acromion: entre ellos se encuentra el intervalo rotador, una zona débil del hombro sobre la que las incisiones no tendrán repercusión funcional. Esta región anatómica se sitúa entre los tendones del supraespinoso y el subescapular y está constituida por la cápsula articular anterior, los ligamentos coracohumeral, glenohumeral medio y glenohumeral superior y la porción larga del bíceps.²⁰

Se realizan las incisiones para los portales de trabajo, se introducen las cánulas y, para aumentar el campo de trabajo, se rellena la cavidad con suero salino fisiológico a cierta presión. De esta forma se rechaza la membrana sinovial, distendiendo el espacio para proceder a la inspección diagnóstica.²⁰

En función de la zona que interese visualizar, se utilizará un portal u otro (posterior, lateral, lateral accesorio, anterior, Nevasier...), estando entre los más empleados para la cirugía del manguito rotador los portales posterior y lateral:²⁰

El **portal lateral estándar** se sitúa 3 cm lateral al margen del acromion a nivel del ángulo posterior de la articulación acromioclavicular.

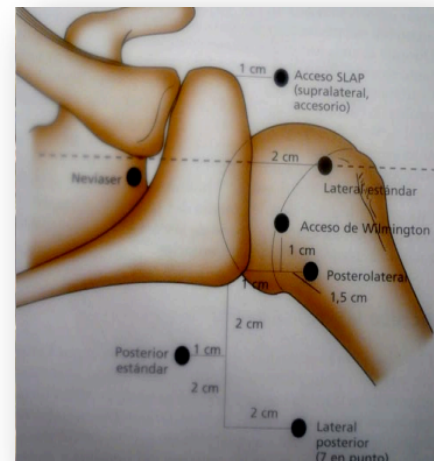
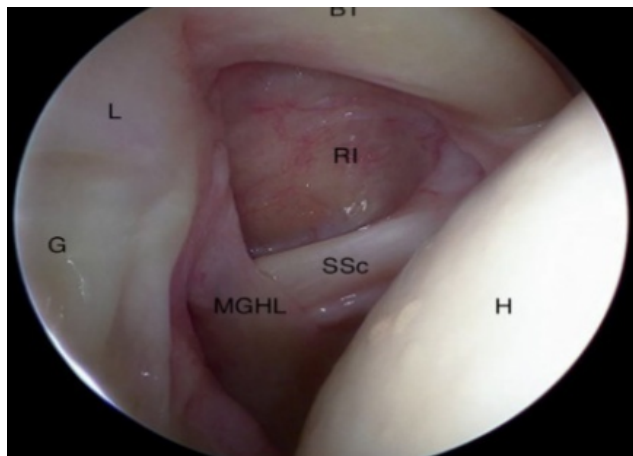


Figura 6

El **portal posterior** se localiza 1 cm posterior y 2 cm medial al acromion, se ubica entre infraespinoso y redondo menor, con una dirección hacia la apófisis coracoides. En este punto la cavidad glenoidea está más superficial que en otros tipos de abordaje por lo que constituye el principal portal de trabajo y visualización. La cánula atraviesa el deltoides posterior, a una distancia segura del nervio axilar y la arteria circunfleja posterior (unos 3 cm de margen inferior). Después, pasa a través del músculo infraespinoso a 1 cm lateral del nervio y la arteria supraescapular. La dirección hacia coracoides y 20° hacia medial previene la lesión de este nervio. Finalmente, atraviesa la cápsula con la membrana sinovial y penetra en el espacio intraarticular.

En la visión intraarticular, el tendón del bíceps, la superficie glenoidea y la cabeza humeral sirven como puntos de referencia para orientarse y proceder a la inspección diagnóstica. En el recorrido diagnóstico se revisa la porción intraarticular del bíceps, la cabeza humeral, la cara profunda del manguito rotador, las distintas porciones de la cápsula, la superficie articular de la glenoides y el labrum.²¹

Destacan una serie de estructuras, como el intervalo de los rotadores en el techo glenohumeral.



Se aprecia parte del intervalo rotador (RI), la región anatómica delimitada superiormente por el supraespinoso, inferiormente por el subescapular (SSc) y cuya base medial es la coracoides. Comprende la cápsula articular anterior, los ligamentos coracohumeral, glenohumeral medio (MGHL) y glenohumeral superior y la porción larga del bíceps (BT).
H: cabeza humeral
G: glenoides y L: labrum

Figura 7

Intraarticularmente, se aprecia con exactitud la luna y el cable del manguito rotador, en la imagen se observa a nivel del músculo supraespinoso, en el punto en que se inserta en el húmero, justamente posterior al tendón del bíceps.

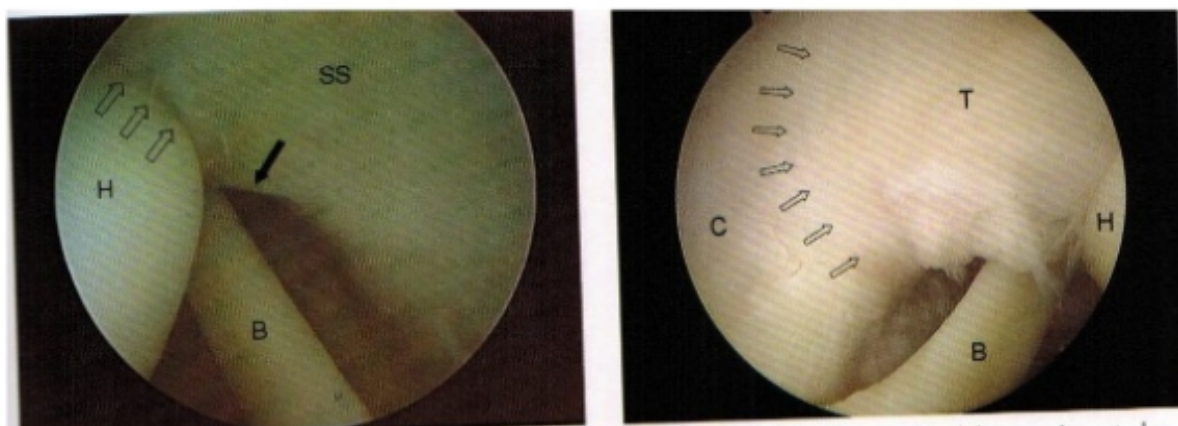


Figura 8

Además, los fondos de saco de la membrana sinovial permiten visualizar, llevando la óptica con una dirección posteroinferior, el resto de músculos del manguito de rotadores.

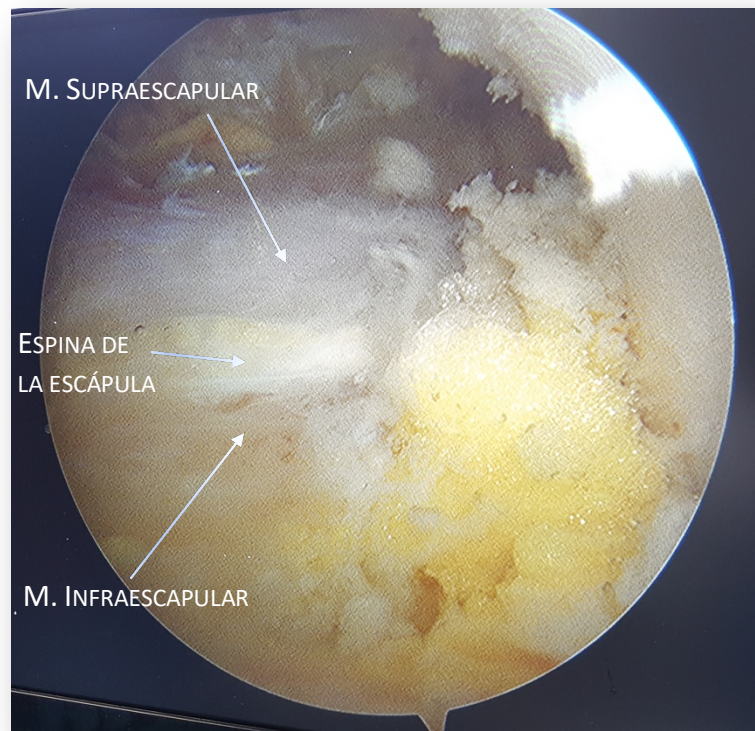


Figura 9

3. RESULTADOS

Presentamos los hallazgos encontrados en la disección practicada en cadáver.

El músculo supraespinoso se configura como un músculo con forma de pirámide triangular, grueso, que se inserta en los dos tercios mediales de la fosa supraespinosa, ocupándola por completo. En los casos 1, 5 y 6 se ha observado una menor masa muscular, lo que parece guardar relación con la edad y es especialmente evidente en la mujer, donde el músculo se presenta incluso adelgazado en su zona central.

El tendón que recoge las fibras del supraespinoso es el que con mayor frecuencia se encuentra engrosado (casos 1, 3, 5 y 6). Se relaciona muy íntimamente con la cápsula articular y su inserción distal en la carilla superior del húmero tiene una forma aproximadamente triangular. En algunos de los casos (1, 2, 5), el tendón se encuentra desflechado, ensanchado en su zona terminal y avanza anteriormente ampliando su zona de inserción. También, en todos los casos se advierte el contacto con el tendón del músculo infraespinoso, que parece introducirse inferiormente al del supraespinoso. En cuanto a la consistencia del tendón del supraespinoso, se trata del tendón que sufre más calcificaciones (5 y 6) o engrosamientos que no constituyen una calcificación franca (1 y 3).

En la fosa supraespinosa, el paso del nervio supraespinoso a través de la escotadura coracoidea y de la arteria y la vena supraespinosas por encima del ligamento transversal superior de la escápula (LTSE) es constante en el 100% de los casos.

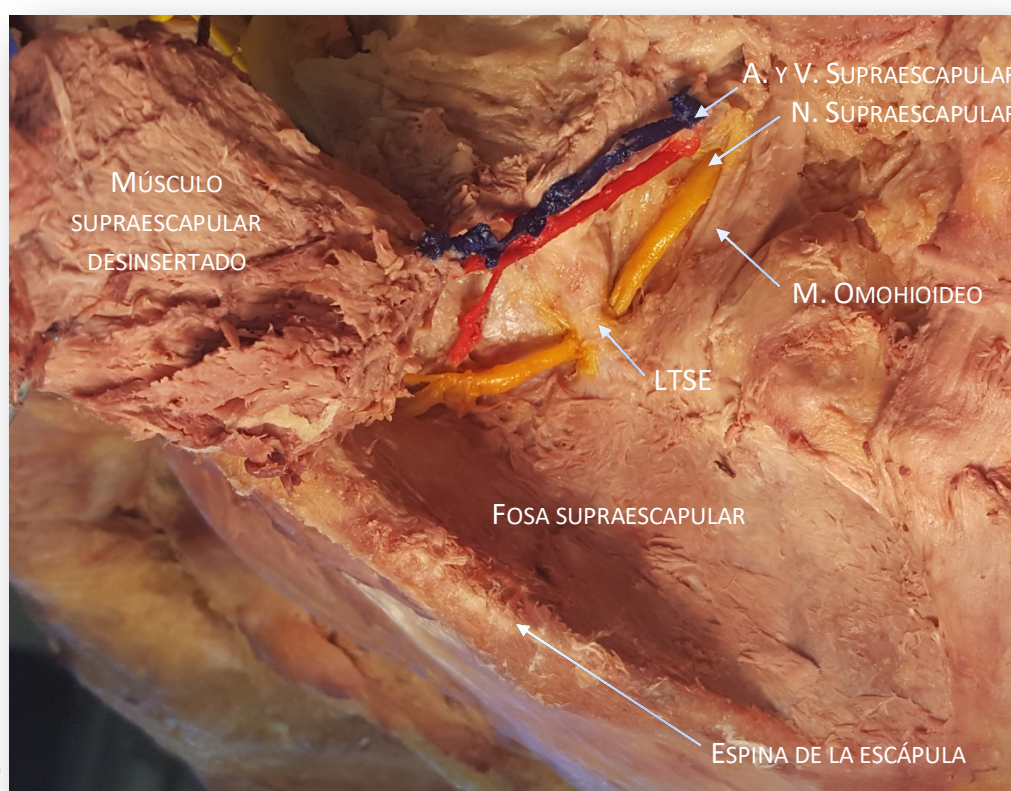


Figura 10

El nervio se ramifica siempre después de pasar por debajo del LTSE y continúa su trayecto por debajo de la espina escapular para dar ramas al músculo infraespinoso.

En esta zona se encuentra también la inserción del vientre inferior del músculo omohioideo, concretamente en la parte central del borde de la escotadura es también invariable en todos los casos estudiados. En relación con estos músculos, en el caso 2 y de manera unilateral en el hombro derecho, aparecen una agrupación de pequeñas bolsitas serosas, situadas por encima del LTSE y el omohioideo.

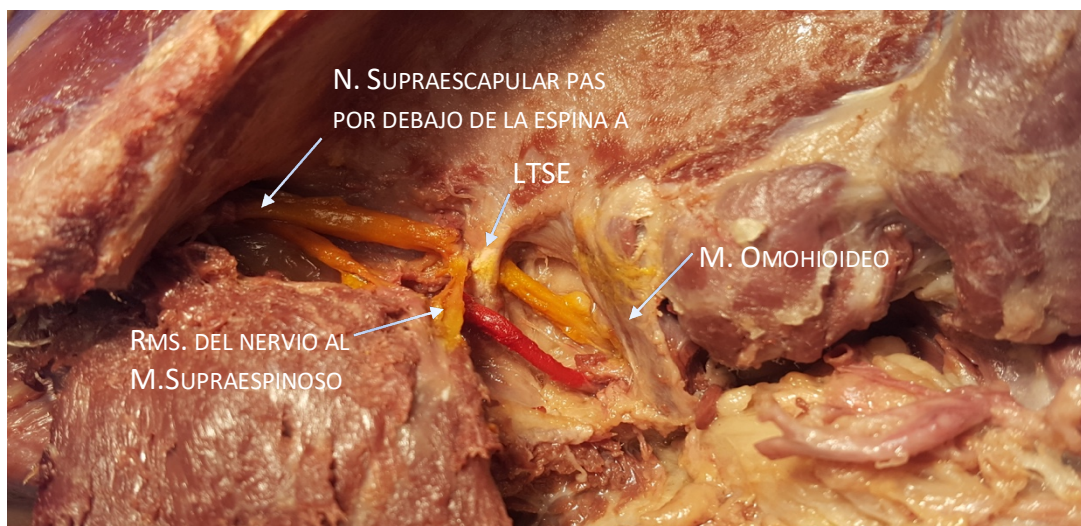


Figura 11

Por otra parte, en el estudio del espacio subacromial, la presencia de bolsas serosas subacromiales ha sido constante, si bien se han observado variaciones en su tamaño y en algunos casos en su número.



Exposición del espacio subacromial

Sujeto en decúbito prono.

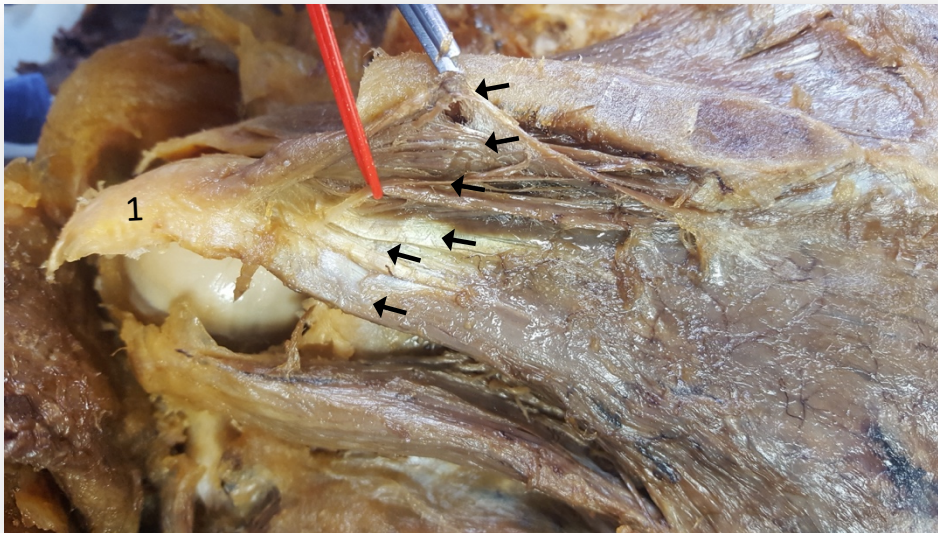
Visión superior de la articulación del hombro tras la sección del acromion y la clavícula.

Se aprecian tres bolsas serosas delimitadas por líneas discontinuas.

Figura 12

Al valorar la tipología de las apófisis acromion, se han clasificado como de tipo I (casos 2, 3, 4 y 5) y tipo II (caso 1), los cuales no se asocian a una reducción anatómica significativa del espacio acromial.

Respecto al músculo infraespinoso, destaca su conformación replegada sobre sí misma, en la que las fibras musculares recogidas por el tendón no sólo se insertan en la fosa infraespinosa, sino también en las distintas vainas tendinosas que convergen en un único tendón. En algunos de los casos (caso 6) se ha encontrado que este músculo comparte fibras con el redondo menor.



Desinserción del músculo infraespinoso:

Se distinguen numerosas vainas tendinosas (↔) que se agrupan en un único tendón (1), que ha sido desinsertado de la carilla medial del troquíter.

Figura 13

Cabe a destacar la presencia de un fascículo superior, más muscular y potente que el resto y con una orientación de fibras prácticamente horizontal.



Visión posterior del plano medio escapular:

Se aprecia la dirección de las fibras de los diferentes músculos:

- M. Supraespinoso (varillo amarillo) está parcialmente oculto por la articulación acromioclavicular.
- M. Infraespinoso (varillo azul) posee dos fascículos bien diferenciados:
 - Fascículo superior: fibras en dirección oblicua y hacia arriba
 - Fascículos inferiores: más tendinoso, con las fibras hacia fuera,
- M. Redondo menor (varillo rojo): poco potente

Figura 14

El infraespinoso se trata de un músculo triangular en el que las variaciones en el trofismo muscular son especialmente evidentes. Así, en los casos 5 y 6, el músculo casi no ocupa por completo la fosa infraespinosa y se encuentra acusadamente aplanado. Por el contrario, cuando el tono muscular es bueno, el fascículo inferior sobresale junto con el fascículo superior (casos 2, 3 y 4).

En la fosa infraespinosa, aparecen de manera regular en los casos estudiados la arteria escapular inferior en el triángulo omotricipital y el nervio axilar en el cuadrilátero lateral.

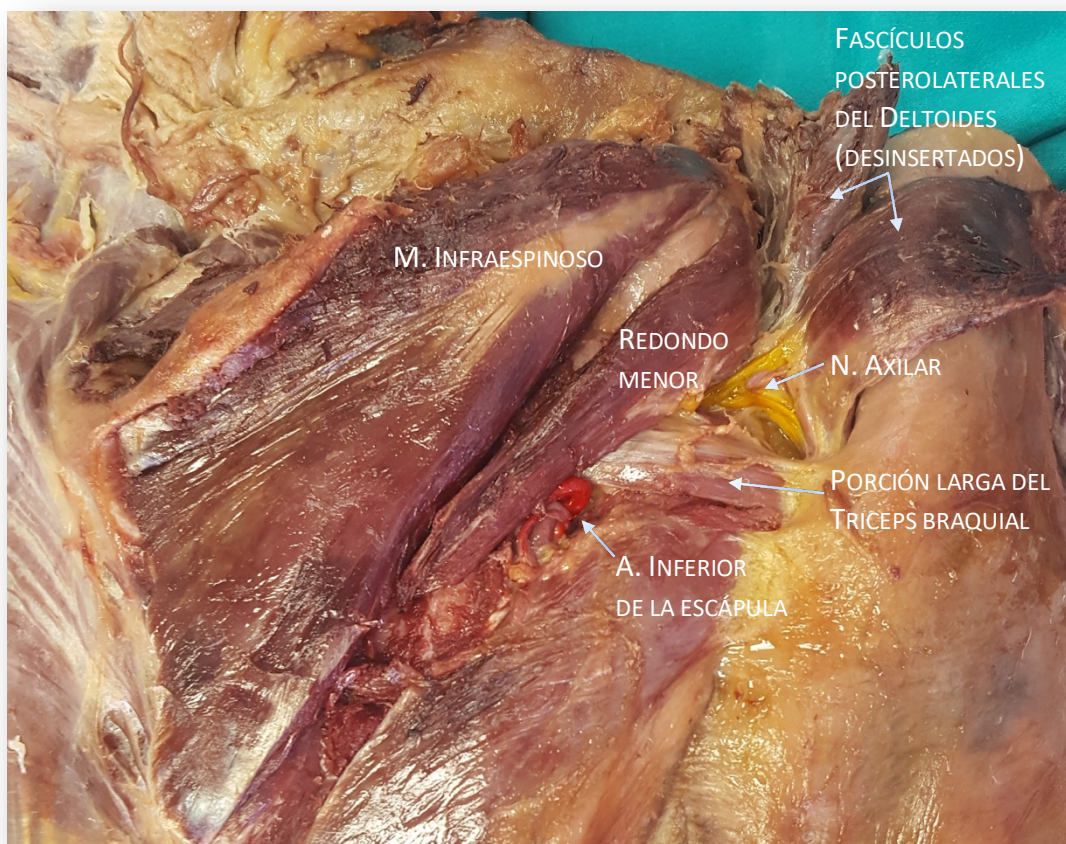


Figura 15

El redondo menor se advierte como el menos potente de los músculos del manguito de rotadores. Posee una forma cilíndrica que se ensancha ligeramente hacia medial (en los casos 1, 3) o que permanece más o menos constante en su diámetro (2, 4, 5 y 6). En todos los casos se constata la existencia de diverso tipo de inserción para las fibras superiores que son recogidas por el tendón para insertarse en la carilla inferior del húmero, respecto de las fibras inferiores que se insertan por encima de la inserción porción media del tríceps braquial, directamente en la superficie humeral.

Cada uno de estos músculos está envuelto por su aponeurosis. Destaca que la aponeurosis del infraespinoso se continúa con la aponeurosis deltoidea a lo largo del borde posterior del deltoides que cubre al infraespinoso. Además, se aprecia que esta aponeurosis es más fibrosa a nivel medial, adelgazándose hacia el lateral.

De manera general, en cuanto a los tendones de inserción, es reseñable que en todos los individuos se ha observado la íntima relación de los tendones con la cápsula articular, con la que se fusionan. Por otra parte, la calcificación es un hallazgo inconstante pero más frecuente en el tendón del supraespinoso. El caso 6 presenta una calcificación parcial del tendón del infraespinoso, la cual no está aislada, sino que guarda relación con la calcificación del supraespinoso, de forma que parece que el avance del infraespinoso hasta contactar con el tendón supraespinoso a nivel de la cápsula favorece la progresión de las mismas.

Finalmente, desde una visión intraarticular, se ha observado macroscópicamente el complejo cable-luna citado por las artroscopias, en el que el cable se sitúa periférico a la zona de inserción, formando una especie de semicírculo que comprende al músculo supraespinoso e infraespinoso y delimita un área, denominada luna, de menor grosor, con un aspecto nacarado que aparenta mayor fragilidad.

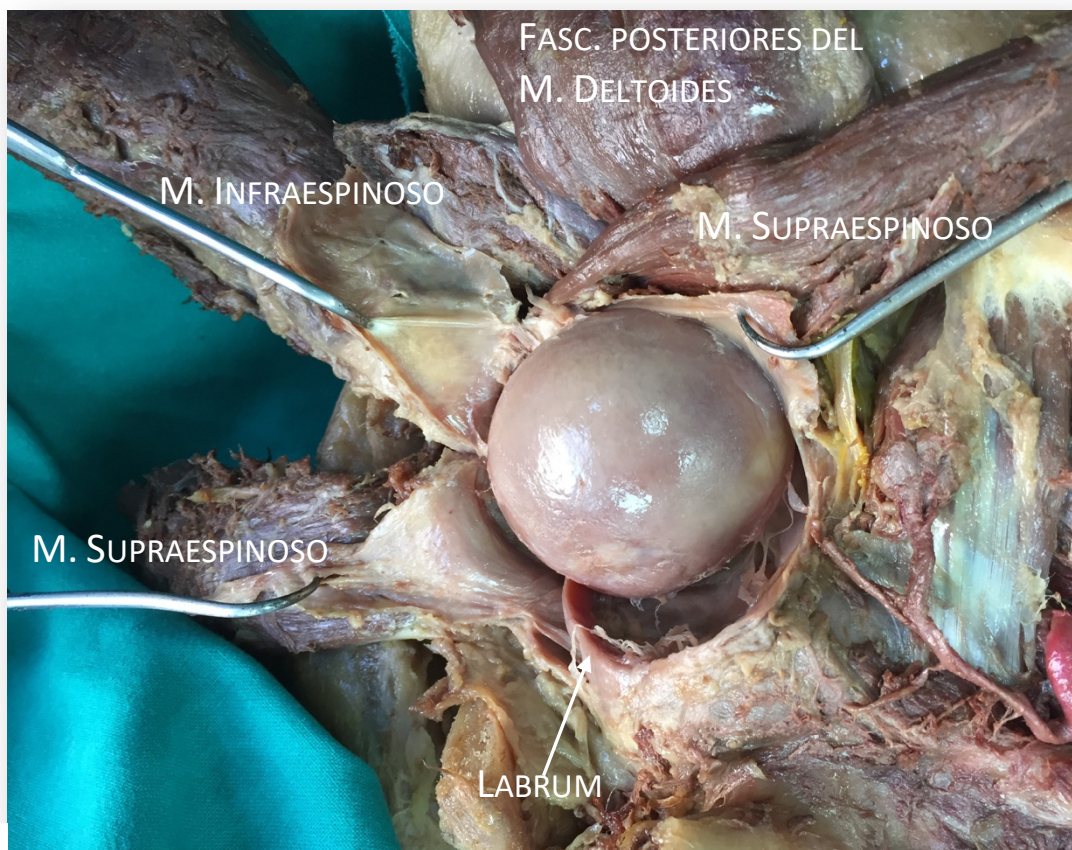
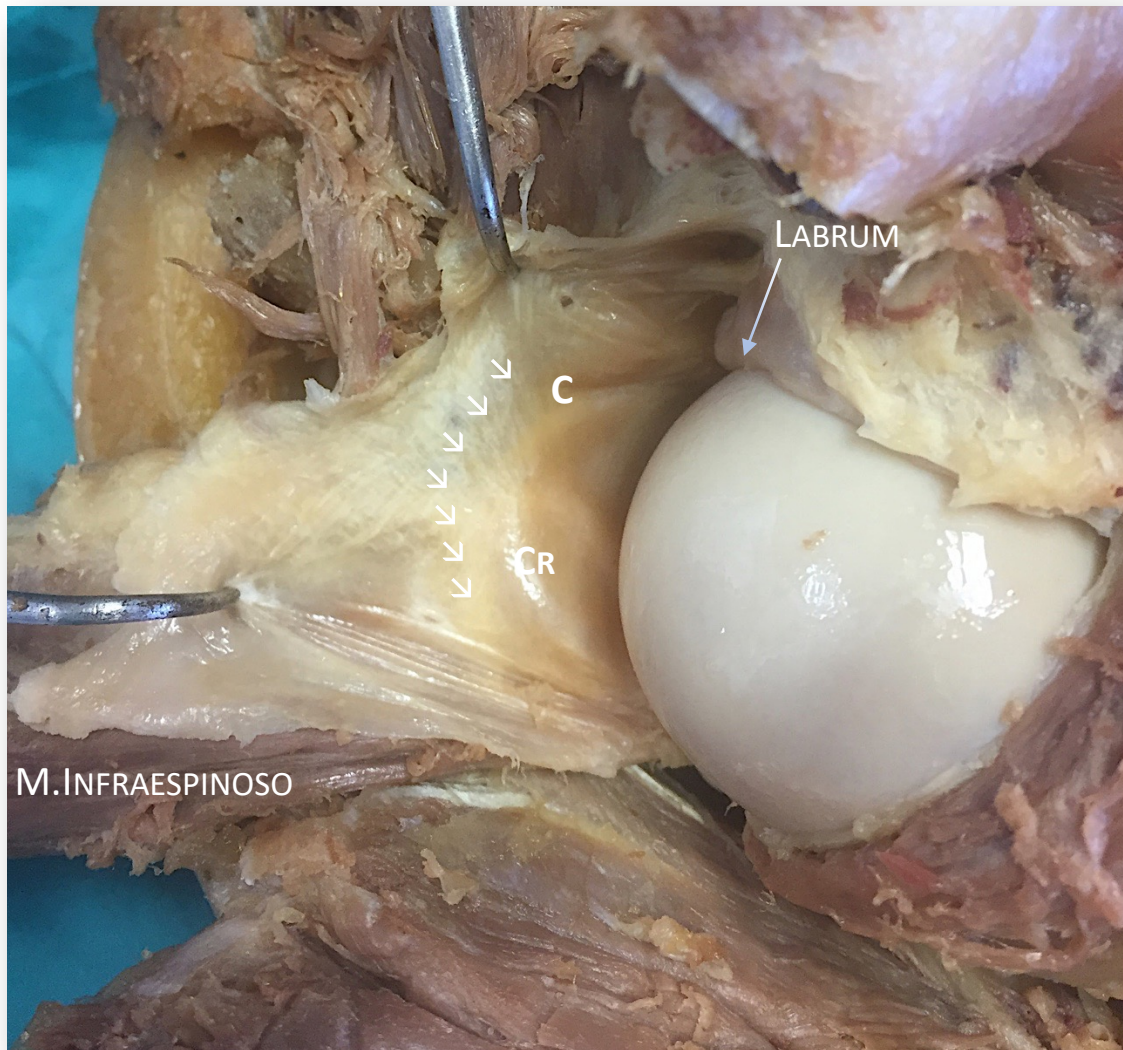


Figura 16



Detalle del complejo cable-luna de los músculos supraespinoso e infraespinoso.
(Hombro izquierdo, mujer)

Figura 17

4. DISCUSIÓN

En primer lugar, en referencia a la inserción del tendón del supraespinoso y del infraespinoso se han descrito nuevos hallazgos anatómicos, que contrastan con la descripción realizada por los clásicos. Mochizuki et al. refieren que la inserción de este músculo supraespinoso es mucho más pequeña de lo que se creía, y que gran parte del área del troquíter está ocupada por el infraespinoso⁵. Clínicamente se correlaciona con que roturas del manguito que antes se pensaban que involucraban únicamente al músculo supraespinoso, también afectarían al infraespinoso.⁵ De hecho, las inserciones de supraespinoso e infraespinoso se encuentran íntimamente relacionadas, observándose una interdigitación entre las mismas.²² Se ha constatado un patrón constante en la inserción del manguito de rotadores que no está influido por el tamaño de la cabeza humeral.^{22,23} El manguito de rotadores se inserta en la tuberosidad mayor del húmero, muy en proximidad al margen articular.²³ En la disección realizada en este trabajo, se han observado resultados que apoya estas aseveraciones, en tanto que en todos los casos los tendones del supraespinoso e infraespinoso se relacionaban íntimamente entre sí y también con respecto a la cápsula articular, con la que se entremezclan las fibras de estos tendones en su trayecto hacia su inserción distal. Dugas et al. cifran esta distancia entre las fibras mediales de los músculos rotadores externos y el margen articular en menos de 1 mm a lo largo de los 2.1 cm de inserción del manguito de rotadores a lo largo de la tuberosidad mayor humeral.²³

En esta misma línea, autores como Vosloo et al. difieren de la mayoría de autores clásicos en la definición del manguito de rotadores como inserciones separadas unas de otras y proponen, en base a la fusión e interdigitación existente entre los tendones del manguito, considerar una inserción común y continua alrededor de las tuberosidades mayor y menor del húmero.²⁴ Además, consideran que los tendones y músculos del manguito rotador forman con la cápsula interna una unidad o complejo completo e inseparable, cuya complejidad estructural es de gran importancia a la hora de considerar el estrés biomecánico que existe en las patologías que engloba el síndrome del hombro doloroso. Esta consideración del manguito rotador como una unidad no implica que las funciones del mismo estén aisladas, sino lo contrario, pueden estar afectadas por los músculos de alrededor / con los que se relacionan.²⁴

En segundo lugar, el estudio de la configuración del espacio acromial permite identificar una serie de variantes anatómicas que pueden ocasionar un estrechamiento del espacio, como la existencia de un *os acromiale* o el engrosamiento de la bursa subacromial.⁴ También, se ha discutido acerca de si la forma del acromion puede favorecer la patología del manguito y, autores como Michael han concluido que los tipos acromiales II (curvo) y III (en gancho) disminuyen este espacio y por ello tienen mayor riesgo de patologías como el pinzamiento subacromial o impingement, calcificación, tendinopatía crónica o rotura parcial o total. En los casos estudiados en la disección, no se han encontrado acromion de tipo III, que condicionan una mayor reducción del espacio, pero son menos frecuentes.^{4,12} Sin embargo, en el caso 1 el acromion se clasificó como de tipo II y este mismo caso presentaba un endurecimiento y engrosamiento del tendón supraespinoso, que se encontraba desflecado, si bien no presentaba una calcificación franca.

En la disección, se observa en algún caso (caso 5) la atrofia o debilidad del músculo redondo menor. Ésta está recogida por Gray como uno de los síntomas más frecuentes del síndrome del espacio cuadrangular, en el que se puede afectar el control sobre el movimiento del hombro que realizan los músculos del manguito de rotadores. Se describe o bien una hipertrofia de los músculos del cuadrilátero humerotricipital o bien una atrofia de los bordes musculares de los mismos, que afecta al nervio axilar, favoreciendo por lo general la atrofia del redondo menor y, en raras ocasiones, genera debilidad en el músculo deltoides.³

Por otra parte, en la casuística de este trabajo se constata la presencia del complejo cable-luna de manera constante, pudiendo así describirse tanto macroscópicamente como a través de la visión artroscópica del mismo. Este complejo actúa como puente de transmisión de cargas, permitiendo mantener la funcionalidad del hombro en los casos en los que se afecta la zona crítica del mismo, estando íntegro el cable rotador. Así, se puede inferir que los pacientes con roturas del cable rotador se beneficiarían de una reparación quirúrgica precoz mientras que, en el caso de las roturas en la zona crítica, se puede demorar la cirugía sin que esto suponga un detrimento en la recuperación del paciente.^{6,7}

En una revisión sistemática de la historia natural de las roturas degenerativas del manguito rotador realizada en 2018 por Coddington y Keener, se concluye que existe un patrón clínico predecible en la progresión de la enfermedad atraumática del manguito.

La rotura se inicia en la unión de la porción posterior del supraespinoso con la porción anterior del infraespinoso, dentro del área correspondiente a la luna o crescent.²⁵ Conforme aumenta el tamaño de la rotura, aumentan los cambios por degeneración grasa, así como el número de músculos involucrados.²⁵

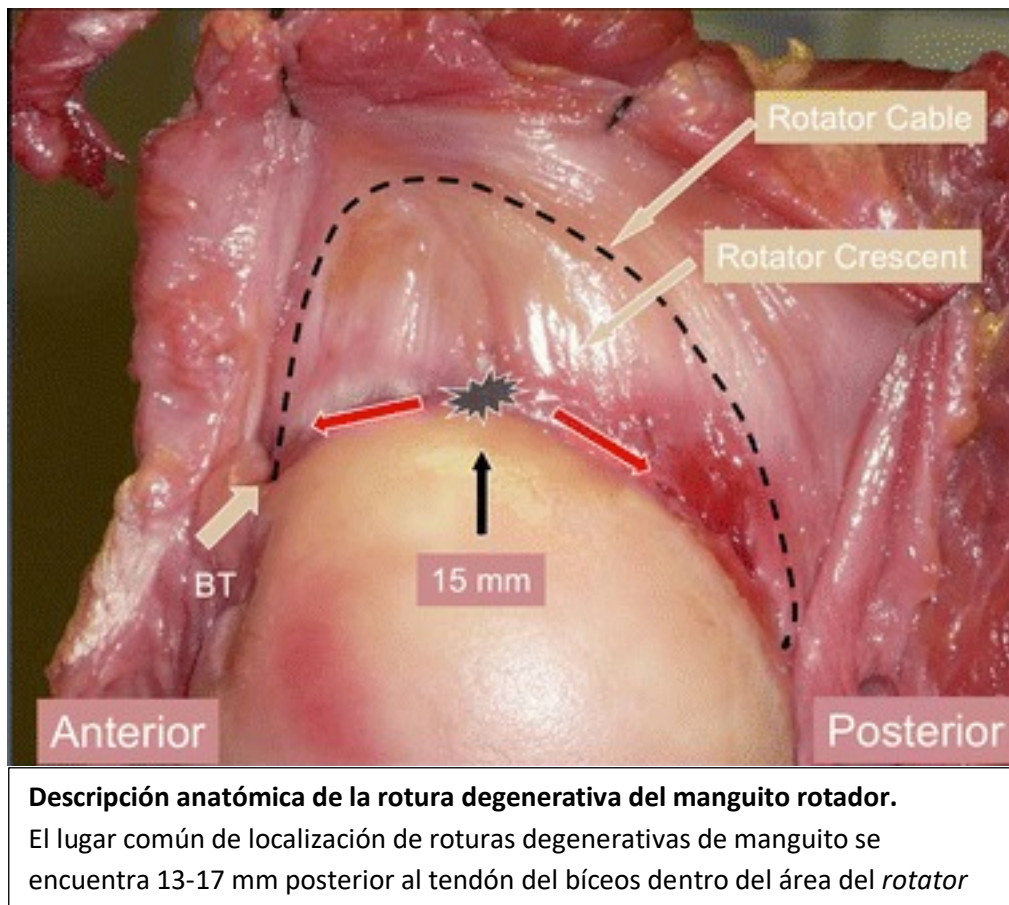


Figura 18

Cuando el tamaño de la rotura llega a un límite crítico (175 mm^2), se observa la migración proximal del húmero, la cual altera la cinemática glenohumeral normal. El tamaño de la rotura es el factor predictor principal de migración humeral en hombros sintomáticos y, viceversa, roturas de área menor a 175 mm^2 no demuestran correlación significativa con la migración humeral, independientemente de los síntomas.²⁵ Asimismo, el tamaño de la rotura es el factor predictor más importante para la degeneración del tendón del infraespinoso, mientras que en lo que respecta a la degeneración del supraespinoso, el factor más importante es la disrupción de la porción anterior del tendón del supraespinoso.²⁵

Leyes y Forriol describen la denominada zona crítica o hipovascular como la región localizada unos 10 o 15 mm proximales a la inserción del supraespinoso, delimitada entre dicho supraespinoso y el tendón del bíceps. Se trata de un área de anastomosis entre los

vasos que nutren el tendón y el hueso, que depende de las arterias humeral anterior circunfleja, subescapular y supraescapular, la cual no está menos irrigada, sino que la disposición de los vasos, unidireccional y paralela a las fibras tendinosas puede comprometer la vascularización en función de la posición y el movimiento del hombro, siendo vulnerables al estiramiento o a la compresión por estructuras subacromiales.^{2,26}

Así, cuando se realiza un movimiento de elevación del hombro, la presión intramuscular del supraespinoso aumenta a partir de los 30 grados de rango de movimiento, de forma que condiciona la disminución en la perfusión del tendón del supraespinoso. Aunque distintos autores concluyeron que no existían tales áreas hipovasculares (Moseley y Goldie, Brooks *et al.*),^{2,27} estudios posteriores como el Biberthaler *et al.*²⁸ demostraron una reducción en la densidad capilar del músculo supraespinoso, que apoya la relación ya propuesta por Codman²⁹ entre hipovascularización como causa de tendinopatía degenerativa y, ésta, en último término, de rotura del manguito. Además, se ha encontrado que el patrón de vascularización del espacio subacromial es constante en un 60% y se delimita la denominada zona de vascularización crítica a 1 cm medial a la inserción del manguito de los rotadores.³⁰

5. CONCLUSIONES

PRIMERA.- La variabilidad en los músculos rotadores externos del manguito rotador del hombro y de los elementos periarticulares con los que se relacionan ha quedado patente en los casos disecados, encontrándose algunas variantes de la normalidad que podrían asociarse al síndrome del hombro doloroso. El tendón del supraespinoso es el que más modificaciones presenta (habiéndose encontrado desflecado, engrosado (casos 1, 3, 5 y 6) o calcificado (casos 5 y 6)), seguido por el del infraespinoso, con el que se relaciona íntimamente. La masa muscular es muy variable en función de la edad y el sexo.

SEGUNDA.- Se ha podido apreciar en todos los casos el entrecruzamiento de fibras de los tendones del supraespinoso e infraespinoso. Además, macroscópicamente en la disección anatómica intraarticular el complejo cable-luna descrito por artroscopia es constante y de apariencia normal.

TERCERA.- La amplitud del espacio subacromial podría estar condicionada por la morfología del acromion. En uno de los seis casos se ha encontrado el acromion curvo o tipo II con una aparente reducción del espacio subacromial y en concomitancia con un engrosamiento del tendón supraespinoso.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Hoyas JA. Terapia regenerativa del tendón supraespinoso. Estudio realizado en un modelo murino de lesión crónica [tesis doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2014.
2. Leyes M, Forriol F. La rotura del manguito rotador: etiología, exploración y tratamiento. Trauma Fund Maphre [Internet]. 2012 [2018]; 23 Supl 1: 39-56. Disponible en: <http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/trauma/v23s1/docs/Articulo6.pdf>
3. Gray H, Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM, Tibbitts R, Richardson P et al. Anatomía para estudiantes. 3ª edición. Barcelona: Elsevier; 2015.
4. Garriga M, Barraquer ME. Hombro doloroso. Jano [Internet]. 2006 [2018]; (1615):46-48. Disponible en: <http://www.jano.es/ficheros/sumarios/1/0/1615/46/1v0n1615a13090785pdf001.pdf>
5. Mochizuki T, Sugaya H, Uomizu M, Maeda K, Matsuki K, Sekiya I et al. Humeral insertion of the supraspinatus and infraspinatus. New anatomical findings regarding the footprint of the rotator cuff. J Bone Joint Surg Am [Internet]. 2008 [2018]; 90(5):962-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18451386>
6. Mesiha MM, Derwin KA, Sibole SC, Erdemir A, McCarron JA. The biomechanical relevance of anterior rotator cuff cable tears in a cadaveric shoulder model. J Bone Joint Surg Am [Internet]. 2013 [2018]; 95(20):1817-1824. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24132354>
7. Burkhart SS, Esch JC, Jolson RS. The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's "suspension bridge". Arthroscopy [Internet]. 2010 [2018]; 26(2):256-257. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749806309009566?via%3Dihub>
8. Rouvière H, Delmas A, Acosta Vidrio E. Anatomía humana: descriptiva, topográfica y funcional. 9ª ed. rev. y aum. Barcelona: Masson; 1988.

9. Testut L, Jacob O. Tratado de Anatomía Topográfica con aplicaciones médicoquirúrgicas. Tomo II: abdomen, pelvis y miembros. Barcelona: Salvat, 1927; 4ª ed rev., corr. y aum.
10. Escolar García J. Anatomía humana: funcional y aplicada. 5ª ed. Barcelona: Espaxs; 1973.
11. Gray DJ, Gardner E, O'Rahilly R. Anatomía: estudio por regiones del cuerpo humano. 2ª ed. Barcelona: Salvat; 1974.
12. Mut Pons R, Bernal Garnés N, Miralles Aznar E, Garcia Fresnadillo JP. Significado clínico de las variantes anatómicas de las articulaciones periféricas que predisponen a la patología. En: 32 Congreso Nacional de la Sociedad Española de Radiología Médica. Madrid: 2014.
13. López MF. Biomecánica del hombro [monografía en internet]. Ciudad de México: Servicio de Artroscopia y Cirugía Articular del Hospital general Xoco; 2017 [acceso 2018]. Disponible en:
<https://www.slideshare.net/draferxa/biomecanica-hombro-75217727>
14. Testut L, Latarjet A. Tratado de anatomía humana. Tomo I: Osteología, Artrología y Miología. 8ª ed. rev., corr. y aum. por A. Latarjet. Barcelona: Salvat; 1929.
15. Testut L, Latarjet A. Tratado de anatomía humana. 9ª ed. rev., corr. y aum. por A. Latarjet. Barcelona: Salvat; 1954.
16. Testut L, Latarjet A. Compendio de Anatomía descriptiva. Barcelona: Salvat; 1987.
17. Reed D, Cathers I, Halaki M, Ginn K. Does supraspinatus initiate shoulder abduction? J Electromyogr Kinesiol [Internet]. 2013 [2018]; 23(2):425-9. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23265661>
18. Testut L. Tratado de anatomía humana. Tomo II: Angiología y Sistema Nervioso Central. 8ª ed. rev., corr. y aum. por A. Latarjet. Barcelona: Salvat; 1929.

19. Feneis H, Dauber W. Nomenclatura anatómica ilustrada. 4ª ed. Barcelona: Masson; 2000.
20. Couceiro Sanchez G. Colocación del paciente y portales en la artroscopia de hombro. En: Curso Básico de Formación en Cirugía Artroscópica de la Asociación Española de Artroscopia. Granada: 2008.
21. Sosa JP. Vías de abordaje de la articulación glenohumeral. Artroscopia. 1995; 2(3):192-196. Disponible en:
<https://www.revistaartroscopia.com/ediciones-anteriores/1995/volumen-2-numero-3/47-volumen-05-numero-1/volumen-2-numero-3/290-vias-de-abordaje-de-la-articulacion-glenohumeral>
22. Curtis AS, Burbank KM, Tierney JJ, Scheller AD, Curran AR. The Insertional Footprint of the Rotator Cuff: An Anatomic Study. Arthroscopy [Internet]. 2006 [2018]; 22(6):603-609. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16762697>
23. Dugas JR, Campbell DA, Warren RF, Robie BH, Millett PJ. Anatomy and dimensions of rotator cuff insertions. J Shoulder Elbow Surg [Internet]. 2002 [2018]; 11(5):498-503. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12378171>
24. Vosloo M, Keough N, De Beer MA. The clinical anatomy of the insertion of the rotator cuff tendons. Eur J Orthop Surg Traumatol [Internet]. 2017 [2018]; 27(3):359-366. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28204962>
25. Coddling JL, Keener JD. Natural History of Degenerative Rotator Cuff Tears. Curr Rev Musculoskelet Med [Internet]. Mar 2018 [May 2018]; 11(1):77-85. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5825342/>
26. Clark JM, Harryman DT. Tendons, ligaments and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy. J Bone Joint Surg Am.1992 [2018]; 74(5):713-725. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1624486>

27. Brooks CH, Revell WJ, Heatley FW. A quantitative histological study of the vascularity of the rotator cuff tendon. J Bone Joint Surg Br [Internet]. 1992 [2018]; 74(1):151-3. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1732247>
28. Biberthaler P, Wiedelmann E, Nerlich A, Kettler M, Mussack T, Deckelmann S et al. Microcirculation associated with degenerative rotator cuff lesions. In vivo assessment with orthogonal polarization spectral Imaging during arthroscopy of the shoulder. J Bone Joint Surg Am [Internet]. 2003 [2018]; 85(3):475-80. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12637434>
29. Codman EA, Akerson IB. The pathology associated with rupture of the supraspinatus tendon. Ann Surg [Internet]. 1931 [2018]; 93(1):348-59. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1398744/>
30. DeFranco MJ, Cole BJ. Current perspectives on rotator cuff anatomy. Arthroscopy [Internet]. 2009 [2018]; 25(3):305-20. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19245995>

1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LAS FIGURAS

Figura 1. Original de: Sobotta, Paulsen F, Waschke J. Atlas de anatomía humana. Anatomía general y aparato locomotor. Volumen 1. 23ª ed. Barcelona: Elsevier; 2012.

Figura 2. Original de: Christopher RA, De Martino AM, Rego G, Denard PJ Burkhart SS. Ther Rotator Cuff and the Superior Capsule: why do we need both. Arthroscopy [Internet]. 2016 [2018]; 32(12): 2628-2637. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27916191>

Figura 3. Original de: Di Giacomo G. Glenohumeral capsule. In: Giacomo G, Pouliart N, Costantini A, De Vita A. Atlas of Functional Shoulder Anatomy. 1ª ed. Milano: Springer-Verlag Italia; 2008. 109-203.

Figura 4. Original de: Schünke M, Schulte E, Schumacher. Prometheus. Atlas de Anatomía. 2ª edición. Barcelona: Panamericana; 2013.

Figura 5. Original de: Gray H, Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM, Tibbitts R, Richardson P et al. Anatomía para estudiantes. 3ª edición. Barcelona: Elsevier; 2015.

Figuras 6, 7 y 8. Originales de: Couceiro Sanchez G. Colocación del paciente y portales en la artroscopia de hombro. En: Curso Básico de Formación en Cirugía Artroscópica de la Asociación Española de Artroscopia. Granada: 2008.

Figura 18. Original de: Kim KH, Dahiya N, Teefey SA, Middleton WD, Stobbs G, Steger-May K et al. Location and initiation of degenerative rotator cuff tears: an analysis of 360 shoulders. J Bone Joint Surg Am [Internet]. 2010 [2018]; 92(5):1088-96. (Fig. 5, page 1094) Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20439653>