

El hombro

según Rockwood y Matsen

QUINTA EDICIÓN

TOMO 1

INCLUYE VIDEOS

INCLUYE E-BOOK

Editores

Charles A. Rockwood Jr.

Frederick A. Matsen III

Michael A. Wirth

Steven B. Lippitt

Edward V. Fehringer

John W. Sperling

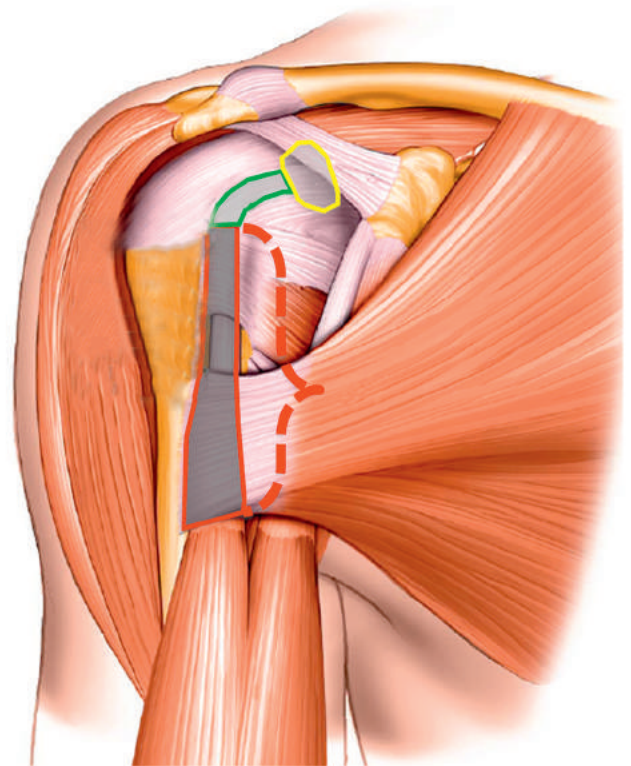
Editores asociados

Samuel Antuña

Aaron J. Bois

Frank A. Cordasco

Jason E. Hsu



El hombro

según Rockwood y Matsen

Quinta edición

Charles A. Rockwood Jr., MD

Profesor y Presidente Emérito
Departamento de Ortopedia
Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad
de Texas en San Antonio
San Antonio, Texas, EUA

Frederick A. Matsen III, MD

Profesor en Excelencia Douglas T. Harryman II/DuPuy de
Cirugía de Hombro
Departamento de Ortopedia y Medicina del Deporte
Escuela de Medicina de la Universidad de Washington
Seattle, Washington, EUA

Michael A. Wirth, MD

Profesor
Charles A. Rockwood Jr., MD, Presidente, Servicio de Hombro
Departamento de Ortopedia
Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas
en San Antonio
San Antonio, Texas, EUA

Steven B. Lippitt, MD

Profesor
Departamento de Cirugía Ortopédica
Escuela de Medicina Northeast Ohio
Clínica Cleveland Akron General
Akron, Ohio, EUA

Edward V. Fehring, MD

Profesor Asociado
Departamento de Cirugía Ortopédica y Rehabilitación
Facultad de Medicina de la Universidad de Nebraska
Omaha, Nebraska, EUA

John W. Sperling, MD, MBA

Profesor
Departamento de Cirugía Ortopédica
Clínica Mayo
Rochester, Minnesota, EUA

Editores asociados

Samuel Antuña, MD

Unidad de Hombro y Codo
Hospital Universitario La Paz
Madrid, España

Aaron J. Bois, MD, MSc

Profesor asistente
Sección de Cirugía Ortopédica
Escuela de Medicina Cumming
Universidad de Calgary
Calgary, Alberta, Canadá

Frank A. Cordasco, MD, MS

Cirujano Ortopédico Tratante
Medicina del Deporte y Servicio de Hombro
Hospital para Cirugía Especial
Profesor de Cirugía Ortopédica
Escuela de Medicina Weill Cornell
Nueva York, Nueva York, EUA

Jason E. Hsu, MD

Profesor Asistente
Departamento de Ortopedia y Medicina del Deporte
Universidad de Washington
Seattle, Washington, EUA



Contenido

TOMO 1

CAPÍTULO 1

Anatomía del desarrollo del hombro y anatomía de la articulación glenohumeral 1

CAPÍTULO 2

Anatomía general del hombro. 35

CAPÍTULO 3

Evaluación clínica de los problemas del hombro. 95

CAPÍTULO 4

Evaluación radiográfica de los problemas del hombro. 135

CAPÍTULO 5

Evaluación de la efectividad del hombro. 169

CAPÍTULO 6

Fracturas del húmero proximal. 183

CAPÍTULO 7

Fracturas de la escápula 243

CAPÍTULO 8

Fracturas de la clavícula 291

CAPÍTULO 9

Trastornos de la articulación acromioclavicular 365

CAPÍTULO 10

Trastornos de la articulación esternoclavicular 453

CAPÍTULO 11

Sepsis del hombro: mecanismos moleculares y patogénesis 493

CAPÍTULO 12

Fracturas, dislocaciones y problemas adquiridos del hombro en los niños 515

CAPÍTULO 13

Inestabilidad glenohumeral 543

TOMO 2

CAPÍTULO 14

Manguito de los rotadores 651

CAPÍTULO 15

Artroscopia del hombro 721

- Principios generales 721
- Tratamiento artroscópico de la inestabilidad del hombro . 730
- Manejo artroscópico de la enfermedad del manguito de los rotadores 744
- Tratamiento artroscópico de la osteoporosis, la artritis y la inestabilidad de la articulación acromioclavicular . . . 757
- Tratamiento artroscópico de la rigidez del hombro y la tendinitis calcificante del manguito de los rotadores. . . 766
- Manejo artroscópico de las condiciones artríticas y preartríticas del hombro y el hombro postartroplastía . . . 774
- Cirugía artroscópica para la enfermedad del complejo bíceps-labral 783
- Manejo artroscópico del hombro del lanzador. 804
- Complicaciones de la artroscopia de hombro 818

CAPÍTULO 16

Artritis glenohumeral y su manejo 831

CAPÍTULO 17

Tendón del bíceps 1043

CAPÍTULO 18

Problemas nerviosos relacionados con el hombro. . . . 1093

CAPÍTULO 19

Hombro rígido 1123

CAPÍTULO 20

Hombro en atletas 1151

CAPÍTULO 21

Trastornos ocupacionales del hombro. 1203

CAPÍTULO 22

Tumores y condiciones relacionadas. 1223

Índice. 1264

Contenido de video

Capítulo 3: Evaluación clínica de los problemas del hombro

- Video 3-1. Inspección
- Video 3-2. Palpación
- Video 3-3. Prueba de rango de movimiento: triángulo de Codman
- Video 3-4. Prueba de rango de movimiento: rotación externa
- Video 3-5. Prueba de rango de movimiento: elevación activa
- Video 3-6. Evaluación general de la estabilidad del hombro
- Video 3-7. Prueba de sulcus
- Video 3-8. Translación glenohumeral (sentado)
- Video 3-9. Translación glenohumeral (supina)
- Video 3-10. Pruebas de aprehensión y reubicación
- Video 3-11. Prueba de inestabilidad posterior: versión 1
- Video 3-12. Prueba de inestabilidad posterior: versión 2
- Video 3-13. Prueba de despegue: versión 1
- Video 3-14. Prueba de despegue: versión 2
- Video 3-15. Prueba de *belly-press*: versión 1
- Video 3-16. Prueba de *belly-press*: versión 2
- Video 3-17. Prueba Napoleón
- Video 3-18. Prueba de abrazo de oso
- Video 3-19. Verificando el supraespinoso
- Video 3-20. Señal de retraso de rotación externa
- Video 3-21. Prueba de *hornblower*
- Video 3-22. Señal de pinzamiento de Neer modificado
- Video 3-23. Prueba de pinzamiento de Hawkins-Kennedy
- Video 3-24. Prueba de arco doloroso
- Video 3-25. Prueba de esfuerzo de resistencia a la rotación interna
- Video 3-26. Prueba de compresión activa de O'Brien: versión 1
- Video 3-27. Prueba de compresión activa de O'Brien: versión 2
- Video 3-28. Prueba SLAP-prehensión
- Video 3-29. Prueba de manivela
- Video 3-30. Prueba de estabilidad labral dinámica modificada
- Video 3-31. Prueba de pinzamiento subcoracoide

Capítulo 8: Fracturas de la clavícula

- Video 8-1. Posicionamiento del paciente
- Video 8-2. Incisión
- Video 8-3. Perforar y percutir el canal intramedular
- Video 8-4. Inserción de un clavo de clavícula
- Video 8-5. Asegurando el clavo
- Video 8-6. Cierre de tejido blando

Capítulo 13: Inestabilidad glenohumeral

- Video 13-1. Patología
- Video 13-2. Incisión
- Video 13-3. Exponiendo el subescapular

- Video 13-4. Incisión del subescapular
- Video 13-5. Visualizando la patología
- Video 13-6. Preparando la superficie glenoidea
- Video 13-7. Túneles de hueso
- Video 13-8. Paso de sutura
- Video 13-9. Recolocación de la cápsula
- Video 13-10. Reparación del subescapular

Capítulo 15: Artroscopia del hombro

- Video 15-1. Técnica para una estabilización anterior artroscópica de doble fila
- Video 15-2. Rotura articular posterior del manguito rotador con extensión intratendinosa (lesión PAINT)
- Video 15-3. Desbridamiento de la rotura articular posterior antes de la reparación del tendón
- Video 15-4. Método de reparación de colchón vertical tendón a tendón para la rotura del manguito de los rotadores
- Video 15-5. Utilización de anclaje de sutura para restaurar la anatomía del cable rotador
- Video 15-6. Reparación del manguito de los rotadores utilizando un anclaje de sutura para restaurar la anatomía del cable rotador
- Video 15-7. Fenómeno «desgado» del complejo bíceps-labrum
- Video 15-8. Rasgadura SLAP con coexistencia de rotura del manguito rotador de espesor parcial
- Video 15-9. Reparación de SLAP utilizando la técnica de los autores
- Video 15-10. Procedimiento de capsulorrafia
- Video 15-11. Procedimiento de capsulorrafia con nudos en su lugar
- Video 15-12. Desgarro del ligamento coracoacromial

Capítulo 16: Artritis glenohumeral y su manejo

- Video 16-1. Introducción
- Video 16-2. Incisión y acercamiento
- Video 16-3. Resección de la cabeza humeral y escariado de la brocha intermedular
- Video 16-4. Técnica para usar una prótesis glenoidea de clavija de anclaje
- Video 16-5. Selección de un tamaño de cabeza apropiado y equilibrio de tejido blando
- Video 16-6. Inserción de la prótesis final y reparación del tendón subescapular

Anatomía general del hombro

Christopher M. Jobe, Wesley P. Phipatanakul, Djuro Petkovic

Nos enfrentamos a una paradoja en la anatomía del hombro. El conocimiento sobre los detalles de la anatomía del hombro ha aumentado junto con el conocimiento sobre su importancia clínica. Sin embargo, nuestra exposición está disminuyendo. La proporción del currículo de la facultad de medicina dedicado a la anatomía se está reduciendo y, al mismo tiempo, una cantidad de procedimientos abiertos —donde los residentes y los estudiantes pueden observar la anatomía de primera mano— han sido reemplazados por procedimientos artroscópicos (Fig. 2-1). Esta disminución de la exposición ha sido compensada por nuevas técnicas de imagen que permiten una comprensión más profunda de la anatomía actual, tanto normal como anormal, del paciente. Las imágenes por resonancia magnética (IRM) permiten un estudio anatómico más detallado del paciente, y el ultrasonido agrega la capacidad de observar dinámicamente algunas estructuras.

Este capítulo detalla las estructuras anatómicas del hombro. De acuerdo con el concepto de un retrato en capas, el material está organizado en forma de capas. La discusión comienza con la capa más interna, los huesos y las articulaciones, que es la estructura más palpable y menos deformable del hombro. Son los más fáciles de visualizar y son los hitos anatómicos mejor comprendidos. Luego revelamos las capas musculares que permiten el movimiento del hombro y los nervios que dirigen los músculos y proporcionan la sensación. Discutiremos los vasos que controlan el entorno interno de los tejidos del hombro y, finalmente, la piel que rodea el hombro.

El tema central del hombro es el movimiento. La cantidad de movimiento en el hombro lo diferencia de todas las demás articulaciones y explica la forma en que el hombro difiere de todas las demás regiones del cuerpo.

HUESOS Y ARTICULACIONES

El cirujano ortopédico considera que los huesos son principalmente enlaces rígidos que se mueven, en segundo lugar, como puntos de unión para ligamentos, músculos y tendones, y finalmente como la base sobre la cual se mantienen las relaciones importantes con el tejido blando circundante. El tratamiento de las fracturas se ha denominado tratamiento de los tejidos blandos que lo rodean.²⁰⁶ En relación con la patología, los huesos son objetos tridimensionales de la anatomía que deben mantenerse o restaurarse para la

alineación de las articulaciones. Los huesos existen en un sentido positivo para proteger los tejidos blandos de los traumas y proporcionar un marco para la actividad muscular. En un sentido negativo, pueden actuar como barreras para la disección para un cirujano que intenta alcanzar y reparar una cierta área de tejido blando y como una barrera para la visualización de ultrasonido. La pérdida de la posición ósea puede poner en peligro el tejido blando en un sentido agudo, y la pérdida de alineación del hueso puede poner en peligro la longevidad de las articulaciones adyacentes.

Las articulaciones tienen dos funciones opuestas: permitir el movimiento deseado y restringir el movimiento indeseable. La estabilidad de las articulaciones es la suma de (1) su congruencia ósea y estabilidad, (2) la estabilidad de los ligamentos y (3) la estabilidad dinámica proporcionada por los músculos adyacentes. El hombro tiene la mayor movilidad de cualquier articulación en el cuerpo y tiene la mayor predisposición a la dislocación.

Este gran rango de movimiento se distribuye en tres articulaciones diartrodiales: glenohumeral, acromioclavicular y esternoclavicular. Las dos últimas articulaciones, en combinación con los espacios fasciales entre la escápula y el tórax, se conocen colectivamente como la *articulación escapulotorácica*.¹⁰⁶ Debido a la falta de congruencia en dos articulaciones diartrodiales (las articulaciones acromioclavicular y esternoclavicular), el movimiento de la articulación escapulotorácica es principalmente determinado por las superficies opuestas del tórax y la escápula. Aproximadamente un tercio de la elevación total ocurre en esta parte del hombro; el resto ocurre en la cavidad glenohumeral. Las tres articulaciones diartrodiales están construidas con poca estabilidad ósea y dependen principalmente de sus ligamentos y del músculo adyacente en la articulación glenohumeral. Las grandes contribuciones de la articulación escapulotorácica y la mecánica axial del cuerpo a la función del hombro se han enfatizado durante la última década.

La división del movimiento sobre estas articulaciones tiene dos ventajas. En primer lugar, permite que los músculos que cruzan cada una de estas articulaciones operen en la porción óptima de su curva de longitud-tensión. En segundo lugar, el ritmo glenohumeral permite que la cavidad glenoidea se coloque debajo del húmero para soportar algo del peso de la extremidad superior, lo que reduce la demanda de los músculos del hombro para suspender el brazo. Tal división del movimiento es particularmente importante cuando los músculos están operando cerca de la abducción máxima, el punto en su curva de longitud de tensión en la que

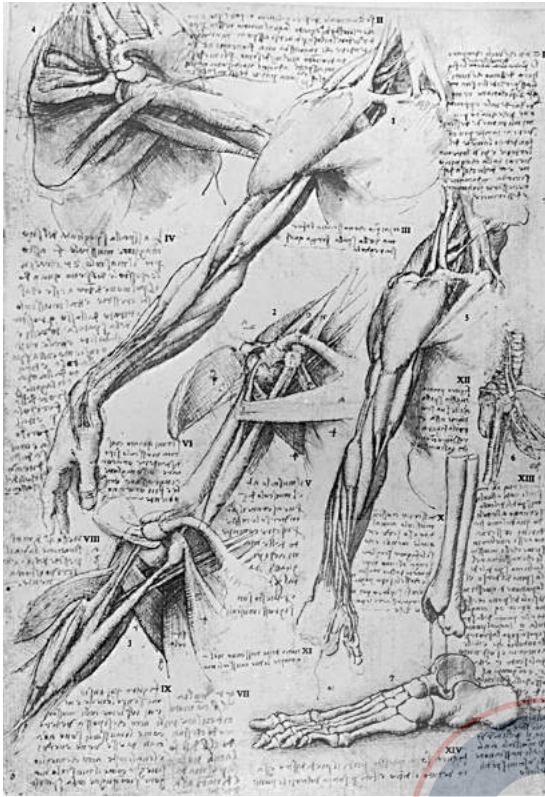


FIGURA 2-1: Una página de *Cuadernos de estudios anatómicos* de Leonardo da Vinci. Cuando se compara con otras ilustraciones del tiempo, la precisión es sorprendente. Esta disección particular es interesante porque el acromion se muestra como un hueso separado del resto de la escápula. Otras ilustraciones en los *Cuadernos de estudios anatómicos* muestran el acromion unido. En las notas que acompañan a da Vinci, ni el estado fusionado ni el no fusionado se consideran normales. (De Windsor Castle, Royal Library. Copyright 1990, Her Majesty Queen Elizabeth II.)

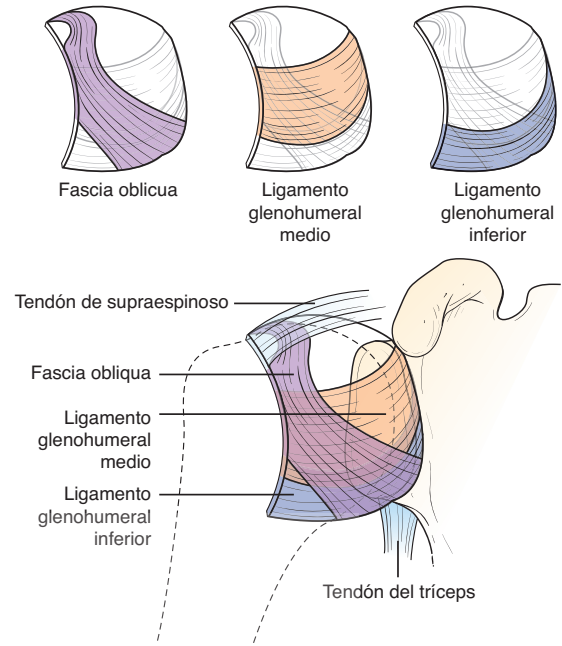


FIGURA 2-2: Las orientaciones dominantes de las fibras de colágeno en las capas de la cápsula glenohumeral. (Modificado de Gohike F, y cols. The pattern of the collagen fiber bundles of the capsule of the glenohumeral joint. *J Shoulder Elbow Surg.* 1994;3[3]:111-128.)

producen menos fuerza.^{139,190} El estudio de la ultraestructura de los ligamentos (Fig. 2-2) y los tendones relacionados con el hombro está en su infancia; sin embargo, los estudios preliminares revelan poca diferencia en términos de bioquímica del colágeno y estructura de la fibra.^{115,194}

La discusión con respecto a los huesos y las articulaciones procederá desde la porción proximal a la distal del hombro e incluye las superficies articulares, los ligamentos y las estructuras intraarticulares especiales. Se ahondará en la estabilidad articular y la importancia relativa de cada ligamento a esa estabilidad. Se discutirá la morfología de los huesos y sus importantes conexiones a músculos y ligamentos. Finalmente, se demuestra la relación de los huesos y las articulaciones con otras estructuras importantes del hombro.

Articulación esternoclavicular

La articulación esternoclavicular, que se compone del extremo superior del esternón y el extremo proximal de la clavícula, es la única articulación esquelética entre la extremidad superior y el esqueleto axial.⁹⁵ En ambas dimensiones, vertical y anteroposterior,

esta porción de la clavícula es más grande que el esternón opuesto y se extiende superior y posteriormente en relación con el esternón.^{95,208} La prominencia de la clavícula ayuda a crear superiormente a la fosa supraesternal. La articulación esternoclavicular tiene relativamente poca estabilidad ósea y las superficies óseas son algo planas. Las estructuras ligamentosas proporcionan la estabilidad de la articulación. La superficie proximal de la clavícula es convexa en el plano coronal pero algo cóncava en el plano transversal. La articulación se angula desde el anteromedial hacia el posterolateral en el plano axial. En el plano coronal, la superficie de la articulación está en ángulo medial hacia el extremo superior; las superficies de la articulación están cubiertas con cartilago hialino. En 97 % de los cadáveres, se observa que un disco completo separa la articulación en dos compartimentos (Fig. 2-3). El disco raramente aparece perforado.^{56,57} El disco intraarticular está superiormente unido a la primera costilla inferior y a la superficie superior de la clavícula a través del ligamento interclavicular. El disco rara vez se rompe o se disloca por sí mismo.⁶¹

Los ligamentos principales en la articulación son los ligamentos esternoclavicular o capsular anterior y posterior (Fig. 2-4). Las fibras corren superiormente desde su unión al esternón hasta su fijación superior en la clavícula. El ligamento más importante de este grupo, el ligamento esternoclavicular posterior, es el estabilizador más fuerte de la depresión inferior del extremo lateral de la clavícula.¹¹ Los ligamentos esternoclaviculares emparejados son restricciones primarias, por lo que se produce una rotación mínima durante la depresión de la clavícula.

El ligamento interclavicular se extiende desde la clavícula hasta la clavícula, con fijación al esternón, y puede estar ausente o no

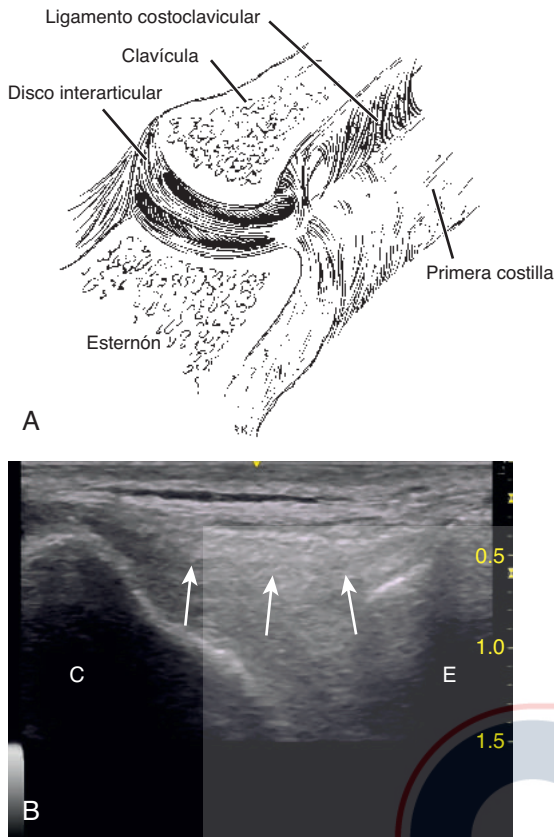


FIGURA 2-3: A, Dibujo de sección transversal de la articulación esternoclavicular en el plano coronal. Un disco completo separa la articulación en dos compartimentos. El disco tiene una unión firme a la primera costilla inferiormente y a los ligamentos y al borde superior de la clavícula superiormente. B, Una vista de ultrasonido axial oblicua que muestra la clavícula (C) a la izquierda y el esternón (E) a la derecha. La clavícula es algo anterior al esternón. Las flechas indican el ligamento esternoclavicular anterior.

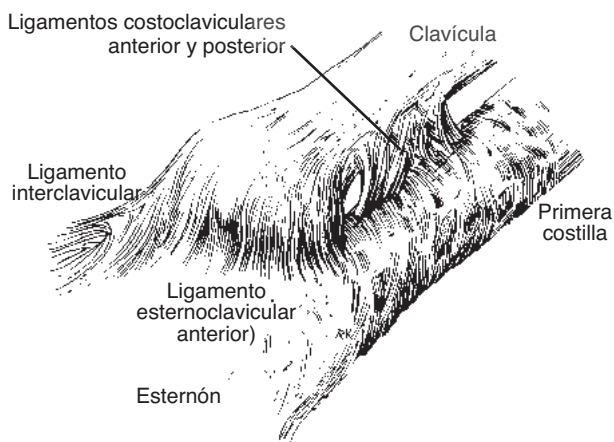


FIGURA 2-4: El exterior de la articulación esternoclavicular. Esta ilustración no muestra el ligamento más fuerte: el ligamento esternoclavicular posterior y el compañero posterior del ligamento esternoclavicular anterior. Los otros ligamentos importantes se muestran en sus relaciones anatómicas apropiadas.

palpable en hasta 22 % de la población.¹¹⁵ El ligamento se tensa cuando se deprime el extremo lateral de la clavícula, lo que contribuye a la estabilidad articular. Los ligamentos costoclaviculares anterior y posterior se unen desde la primera costilla a la superficie inferior de la clavícula. El ligamento costoclavicular anterior resiste el desplazamiento lateral de la clavícula en la caja torácica, y el ligamento posterior impide el desplazamiento medial de la clavícula en relación con la caja torácica.⁴ Cave consideró que estos ligamentos actuaban como un pivote alrededor del cual se produce la mayor parte del movimiento esternoclavicular.³² Bearn descubrió que no eran el fulcro en la depresión hasta después de que se cortaron los ligamentos esternoclaviculares. Son el «factor limitante principal» en la elevación pasiva de la clavícula y son una limitación en la proyección y la retracción.¹¹ Tal vez los ligamentos costoclaviculares permitan obtener buenos resultados para la resección proximal de la clavícula.⁴

En el estudio clásico sobre la estabilidad de la articulación esternoclavicular, Bearn¹¹ encontró que el ligamento esternoclavicular posterior o capsular contribuía más a resistir la depresión del extremo lateral de la clavícula. Realizó liberaciones de ligamentos en serie en muestras de cadáveres y observó cuidadosamente el modo de falla y desplazamiento de fulcro. Esta observación cualitativa es una adición útil a la evaluación computarizada de la estabilidad articular.

Aunque los estudios electromiográficos confiables demuestran que la contribución de los rotadores ascendentes de la escápula son mínimos en la postura erguida, la parálisis trapecoidal permanente a menudo conduce a una depresión final del extremo lateral de la escápula en relación con el otro lado, aunque esta depresión puede ser de solo un centímetro o dos.¹¹ El experimento de Bearn debería probablemente replicarse utilizando un equipo más sofisticado para producir curvas de longitud-tensión y probar cuantitativamente la respuesta de la articulación a la carga de rotación y traslación en los ejes transversales y verticales y el eje anteroposterior que Bearn testeó cualitativamente.¹¹

El movimiento se produce en las dos secciones de la articulación esternoclavicular: la elevación y la depresión se producen en la articulación entre la clavícula y el disco,⁹⁵ y se produce una movilidad anteroposterior y rotatoria entre el disco y el esternón. El rango de movimiento en especímenes vivos¹⁰⁶ es de aproximadamente 30 grados a 35 grados de elevación hacia arriba. El movimiento en la dirección anteroposterior es aproximadamente de 35 grados, y la rotación a lo largo del eje largo es de 44 a 50 grados. La mayoría de las elevaciones esternoclaviculares ocurren entre 30 grados y 90 grados de elevación del brazo.¹⁰⁶ La rotación ocurre después de 70 grados a 80 grados de elevación. La estimación de la limitación del rango de movimiento como resultado de la fusión es engañosa debido a los efectos secundarios en la curva de longitud-tensión de los músculos de la articulación glenohumeral y la capacidad de la glenoide para soportar el peso del brazo. La fusión de la articulación esternoclavicular limita la abducción a 90 grados.^{136,183}

El suministro de sangre a la articulación esternoclavicular se deriva de la rama clavicular de la arteria toracoacromial, con contribuciones adicionales de las arterias mamaria interna y supraescapular.⁹⁵ El suministro de nervios a la articulación surge del nervio a la subclavia, con alguna contribución del nervio supraclavicular medial.

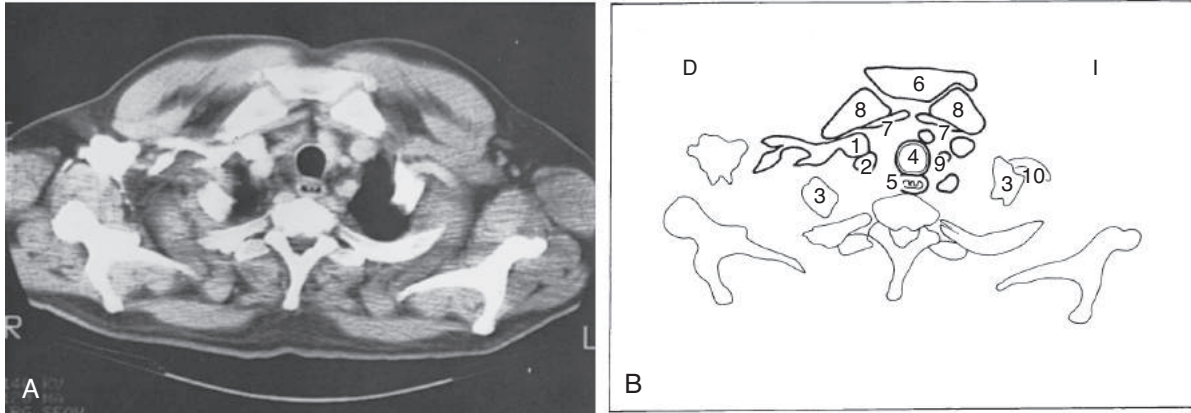


FIGURA 2-5: Esta tomografía computarizada con contraste (A) y el dibujo (B) ilustran algunas de las relaciones anatómicas más importantes de la articulación esternoclavicular, incluyendo la tráquea y los grandes vasos. Las estructuras se etiquetan de la siguiente manera: (1) unión de las venas subclavia y yugular, (2) arteria innominada, (3) primera costilla, (4) tráquea, (5) esófago, (6) esternón, (7) origen del músculo esternohioideo, (8) clavícula, (9) arteria carótida y (10) arteria axilar.

Las relaciones inmediatas de la articulación son los orígenes del esternocleidomastoideo en el frente y los músculos esternohioideo y esternotiroideo detrás de la articulación. De primordial importancia, sin embargo, son los grandes vasos y la tráquea (Fig. 2-5), que están en peligro durante la dislocación posterior de la clavícula desde el esternón, un evento raro que puede precipitar una emergencia quirúrgica.^{118,206,263}

Una epífisis abierta es una estructura que no se observa comúnmente en adultos. Sin embargo, la epífisis de la clavícula no se osifica hasta el final de la adolescencia y puede no fusionarse con el resto del hueso en los hombres hasta la edad de 25 años.^{11,263} Por lo tanto, la epífisis clavicular es una estructura relativamente normal dentro del grupo de edad en mayor riesgo de traumatismo mayor. La epífisis es muy delgada y poco prominente, lo que dificulta la diferenciación de las fracturas fisarias de las dislocaciones. La inestabilidad de la articulación esternoclavicular puede ser consecuencia de un traumatismo, sin embargo, en algunas personas, se desarrolla como una alteración secundaria a la laxitud constitucional.⁵⁰

Clavícula

La clavícula es un hueso relativamente recto cuando se mira en sentido anterior, mientras que en el plano transversal se asemeja a una S cursiva (Fig. 2-6).⁵⁵ El mayor radio de curvatura se produce en su curva medial, que es convexa en sentido anterior; la curva lateral más pequeña es convexa posterior. El hueso es algo redondeado en su sección media y medial y relativamente plano lateralmente. DePalma⁹ describe una relación inversa entre el grado de orientación hacia abajo de la porción lateral de la clavícula y el radio de curvatura de la curva lateral de la clavícula.

Las apófisis obvias del hueso incluyen las superficies articulares lateral y medial. El extremo medial del hueso tiene una incidencia de 30 % de una fosa romboidal en su superficie inferior donde se insertan los ligamentos costoclaviculares y una incidencia de 2,5 % de superficie articular real encarando inferiormente la primera costilla. La porción media de la clavícula contiene el surco subclavio donde el músculo subclavio tiene una inserción camosa (Fig. 2-7).

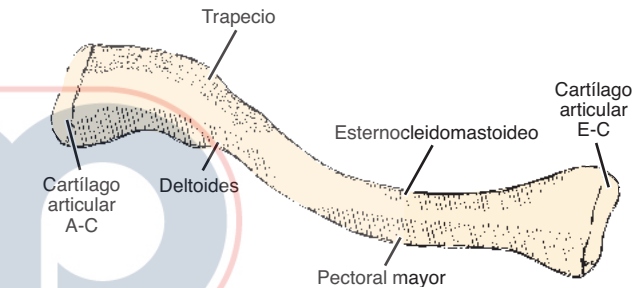


FIGURA 2-6: Vista superior de la clavícula derecha que muestra su forma de S cursiva; los orígenes de los músculos deltoides, pectoral mayor y esternocleidomastoideo; y la inserción del músculo trapecio. Tenga en cuenta la amplitud del origen esternocleidomastoideo. A-C, acromioclavicular; E-C, esternoclavicular.

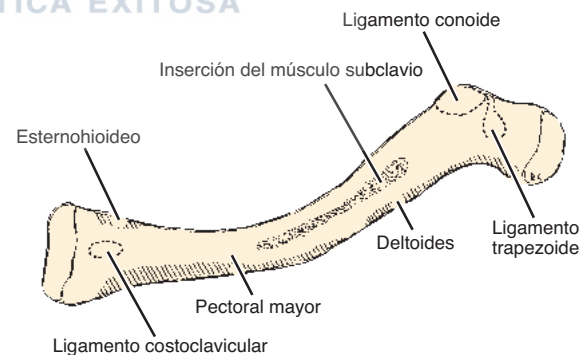


FIGURA 2-7: Vista inferior de la clavícula derecha que muestra sus principales inserciones de ligamentos y los orígenes de los músculos deltoides, pectoral mayor y esternohioideo. También se muestra el surco subclavio donde el músculo subclavio tiene su inserción camosa.

La porción lateral de la clavícula tiene la apófisis coracoclavicular cuando está presente.

La clavícula tiene tres impresiones óseas para la unión de los ligamentos. En el lado medial hay una impresión de los ligamentos

costoclaviculares, que a veces puede ser una fosa romboidal. En el extremo lateral del hueso está el tubérculo conoide y en la porción posterior de la curva lateral de la clavícula y la línea trapezoidal, que se encuentra en una dirección anteroposterior lateral al tubérculo conoide. El ligamento conoideo se adhiere a la clavícula en el tubérculo conoide, mientras que el ligamento trapezoide se une a la línea trapezoidal. La posición relativa de estas inserciones de ligamentos es importante en su función.^{55,95,208} Rios y cols.²⁰⁴ informaron que la distancia desde el borde lateral de la clavícula hasta el borde medial de la tuberosidad conoide en muestras masculinas y femeninas era de aproximadamente 45 mm, mientras que la distancia al centro de la tuberosidad trapezoidal era de aproximadamente 25 mm. Estos hallazgos tienen implicaciones potenciales en la reconstrucción quirúrgica de la articulación acromioclavicular.³⁰

Los músculos que se insertan en la clavícula son el trapecio en la superficie posterosuperior del extremo distal y el músculo subclavio, que tiene una inserción carnosa en la superficie inferior del tercio medio de la clavícula. Cuatro músculos se originan en la clavícula: el deltoides se origina en la parte anterior de la superficie interna de la curva lateral, el pectoral mayor se origina en la porción anterior de los dos tercios medial; el esternocleidomastoideo se origina en gran parte en la porción posterior del tercio medio y, contrariamente a su nombre, el esternohioideo se origina en pequeña medida en la clavícula, justo medial al origen del esternocleidomastoideo.

Funcionalmente, la clavícula actúa principalmente como un punto de unión muscular. Algunas literaturas sugieren que, con una buena reparación del músculo, las únicas consecuencias funcionales de la extirpación quirúrgica de la clavícula son limitaciones en la actividad pesada sobre la cabeza,^{2,133} y, por lo tanto, su función como puntal es menos importante. Este concepto parece estar respaldado por el funcionamiento relativamente bueno de las personas con ausencia congénita de la clavícula.²³⁹ Sin embargo, otros han encontrado que la pérdida repentina de la clavícula en la edad adulta tiene un efecto devastador en la función del hombro.

Las relaciones importantes de la clavícula son la vena subclavia y la arteria y el plexo braquial posteriormente. De hecho, la curva medial anterior a menudo se describe como una acomodación para estas estructuras y no se forma en la deformidad de Sprengel, una condición en la que la escápula no desciende. Por lo tanto, la clavícula adherida no necesita acomodarse.^{23,31,264} La curva es un punto de referencia para encontrar la vena subclavia.¹⁸⁴ Esta relación es más un factor en la cirugía que en el trauma porque el hueso actúa como una obstrucción a los cirujanos para alcanzar el nervio o tejido del vaso que desean tratar. En el trauma, la lesión clavicular generalmente no afecta estas estructuras a pesar de su estrecha relación, y la falta de unión es rara.¹¹³ La mayoría de los casos de trauma neurovascular son de los dos grupos siguientes: lesión de la arteria carótida por la clavícula medial desplazada y compresión de las estructuras sobre la primera costilla.¹⁰¹

Articulación acromioclavicular

La articulación acromioclavicular es la única articulación entre la clavícula y la escápula, aunque pocos individuos, hasta 1 %, tienen una barra o articulación coracoclavicular.^{134,173} Lewis¹³⁴ informó en

su estudio que aproximadamente 30 % de los cadáveres tenían cartílago articular en las superficies coracoides y claviculares opuestas, sin apófisis ósea en la clavícula orientada hacia el coracoide.

La cápsula de la articulación acromioclavicular contiene una articulación diartrodial que está incompletamente dividida por un disco que, a diferencia de la articulación esternoclavicular, generalmente tiene una gran perforación en el centro.^{56,57} La cápsula tiende a ser más gruesa en su superficie superior, anterior y posterior que en la superficie inferior. El movimiento hacia arriba y hacia abajo permite la rotación de aproximadamente 20 grados entre el acromion y la clavícula, que ocurre en los primeros 20 grados y los últimos 40 grados de elevación.¹⁰⁶ Se estima que muchas personas tienen un rango de movimiento aun más estrecho; en algunos casos, la fusión de la articulación acromioclavicular no disminuye el movimiento del hombro.²⁰⁶ DePalma descubrió que los cambios degenerativos del cartílago articular y distal eran la regla y no la excepción en los especímenes en la cuarta década o más.

El suministro de sangre a la articulación acromioclavicular se deriva principalmente de la arteria acromial, una rama de la arteria deltoidea del eje toracoacromial. Hay anastomosis ricas entre esta arteria, la arteria supraescapular y la arteria circunfleja humeral posterior. La arteria acromial sale del eje toracoacromial anterior a la fascia clavipectoral y perfora hacia atrás a través de la fascia clavipectoral para irrigar la articulación. También dirige ramas hacia arriba sobre el acromion. La inervación de la articulación es suministrada por los nervios pectoral, axilar y supraescapular lateral.⁹⁵

Los ligamentos sobre la articulación acromioclavicular y los ligamentos trapezoide y conoide se han estudiado extensamente (Fig. 2-8). Estudios tradicionales y más recientes han informado que la estabilidad anteroposterior de la articulación acromioclavicular está controlada por los ligamentos acromioclaviculares y la estabilidad vertical está controlada por los ligamentos coracoclaviculares.^{206,253} Se realizó un experimento de corte en serie involucrando 12 mediciones de desplazamiento de fuerza utilizando un equipo más sofisticado que el usado en anteriores estudios.⁷² Se utilizaron tres ejes anatómicos de la articulación acromioclavicular, y se midieron la traslación y la rotación en cada eje en ambas direcciones. Los resultados del experimento confirmaron los informes anteriores, particularmente cuando los desplazamientos fueron grandes.

Se descubrió que los ligamentos acromioclaviculares son los responsables de controlar la traslación posterior de la clavícula sobre el acromion. (En términos anatómicos, este movimiento es realmente una traslación anterior de la escápula en la clavícula). Los ligamentos acromioclaviculares fueron responsables de 90 % de la estabilidad anteroposterior y 77 % de la estabilidad de la traslación superior de la clavícula (o la traslación inferior de la escápula) se atribuyó a los ligamentos conoide y trapezoide. La distracción de la articulación acromioclavicular estaba limitada por los ligamentos acromioclaviculares (91 %), y la compresión de la articulación estaba limitada por el ligamento trapezoidal (75 %), como se verá más adelante.⁷²

Los únicos hallazgos del estudio fueron las contribuciones de estos ligamentos durante pequeños desplazamientos. Los ligamentos acromioclaviculares desempeñaron un papel mucho más grande en muchas de estas rotaciones y traslaciones que en los desplazamientos mayores, lo cual refleja la longitud más corta de los ligamentos acromioclaviculares. En desplazamientos más cortos, se

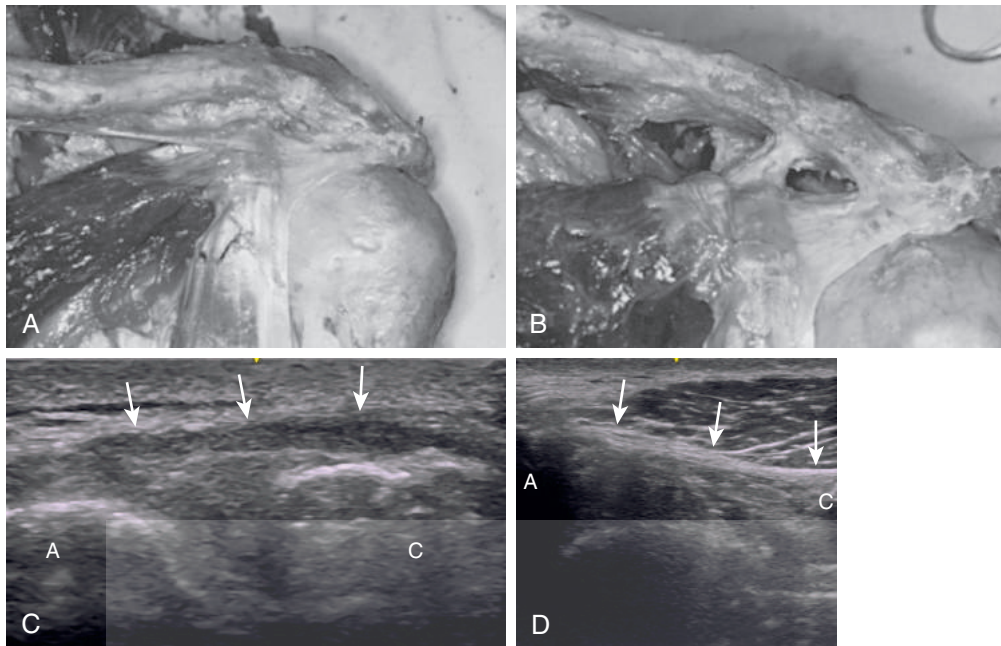


FIGURA 2-8: El complejo de la articulación acromioclavicular antes (A) y después (B) de la escisión de la fascia clavipectoral, que era bastante prominente en este espécimen. Obsérvese el grosor de los ligamentos coracoclaviculares y sus líneas de orientación, que son consistentes con su función. Tenga en cuenta también la amplitud y el grosor del ligamento coracoacromial. C, Una vista de ultrasonido coronal de la articulación acromioclavicular con la clavícula (C) a la derecha, mientras que el acromión (A) y los oscuros ligamentos acromioclaviculares (*flechas*) puentean la articulación. D, El ligamento coracoacromial (*flechas*), el acromión (A) a la izquierda. El apófisis coracoides se encuentra fuera de la vista a la derecha.

aplica una carga mayor a las fibras de los ligamentos acromioclaviculares para el mismo desplazamiento.

La interpretación de la estabilidad que se atribuye a los ligamentos acromioclaviculares debe reflejar el papel adicional que desempeñan en el mantenimiento de la integridad de la articulación acromioclavicular. Aunque es de esperar que la disposición lineal del colágeno en los ligamentos acromioclaviculares resista la distracción, tiene poco sentido que los ligamentos acromioclaviculares resistan la compresión con estas fibras; sin embargo, en el estudio, 12 % 16 % de la estabilidad de la compresión se atribuyó al ligamento acromioclavicular. El mantenimiento de la integridad de la articulación acromioclavicular, particularmente la posición del disco interarticular, podría explicar esta discrepancia. No esperaríamos que el ligamento acromioclavicular resistiera la traslación superior de la clavícula si no fuera por la presencia de una articulación intacta debajo de ella, creando un punto de apoyo contra el cual estos ligamentos pueden producir un efecto de banda de tensión.⁷²

Raramente estos ligamentos son exigidos para resistir el trauma, y su función habitual es controlar el movimiento articular. Como se señaló anteriormente, esta articulación tiene un movimiento relativamente pequeño y los músculos que controlan el movimiento escapulotorácico se insertan en la escápula. En gran medida, los ligamentos funcionan para guiar el movimiento de la clavícula.⁷³ Por ejemplo, el ligamento conoideo produce gran parte de la rotación superior de la clavícula a medida que el hombro se eleva en flexión.¹⁸³

El extremo distal de la clavícula no tiene una placa fisaria. Usando disección microscópica, Todd y D'Errico encontraron una pequeña mancha de hueso en algunos individuos, que parecía ser una epífisis, pero que se unió en un año.²⁴⁸ No hemos observado esta estructura durante la cirugía o el uso de radiografía. El cartílago articular probablemente funciona en crecimiento longitudinal como lo hace en una fisia.

Escápula

La escápula es una lámina delgada de hueso que funciona principalmente como un sitio de unión muscular (Fig. 2-9). Es más gruesa en sus ángulos superior e inferior y en su borde lateral, donde se unen algunos de los músculos más potentes (Figs. 2-10 y 2-11). La escápula también es gruesa en los sitios de formación de sus apófisis: coracoides, espinoso, acromial y glenoides. La superficie posterior de la escápula y la presencia de la columna vertebral crean las fosas supraespinosa e infraespinosa. Tres apófisis, espinoso, coracoides y glenoides, crean dos escotaduras en la escápula. La escotadura supraescapular se encuentra en la base de la apófisis coracoides, y la escotadura espinoglenoidea o gran escotadura escapular en la base de la columna vertebral. Los ligamentos escapulares coracoacromial y transversal son dos de los varios ligamentos que se unen a dos partes del mismo hueso. En ocasiones, se encuentra un ligamento escapular transversal inferior en la escotadura espinoglenoidea. Este ligamento transversal y los ganglios del labrum pueden ser factores en los déficits del

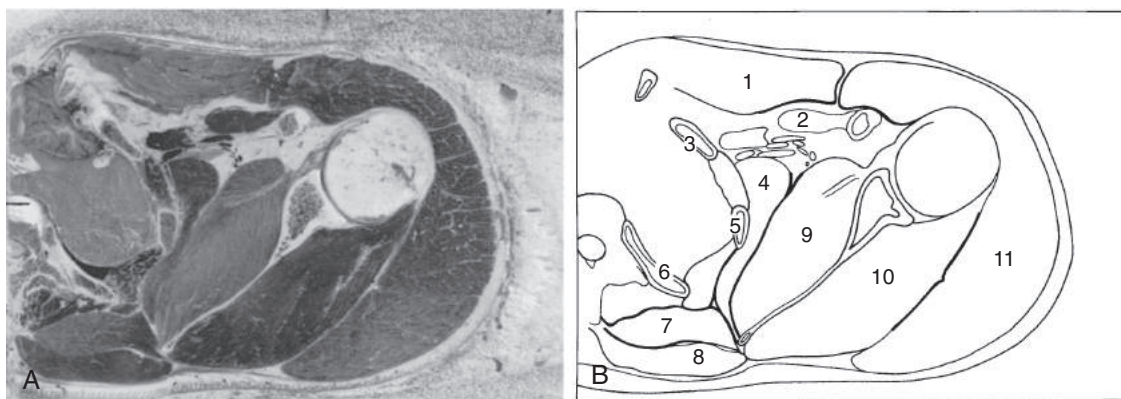


FIGURA 2-9: Imagen (A) y diagrama (B) de una sección transversal de la escápula en la porción media de la cavidad glenoidea. Se puede observar la delgadez de la mayoría de la escápula y su proceso óseo más importante, la cavidad glenoidea, así como la forma en que los músculos y ligamentos aumentan la estabilidad de esta articulación inherentemente inestable al circunscribir la cabeza del húmero. Se enfatizan los planos fasciales hipovasculares. Tenga en cuenta que la línea del artista es más gruesa que el plano. Las estructuras etiquetadas incluyen (1) pectoral mayor, (2) pectoral menor, (3) primera costilla, (4) serrato anterior, (5) segunda costilla, (6) tercera costilla, (7) romboidal, (8) trapecio, (9) subescapular, (10) infraespinoso y (11) deltoides.

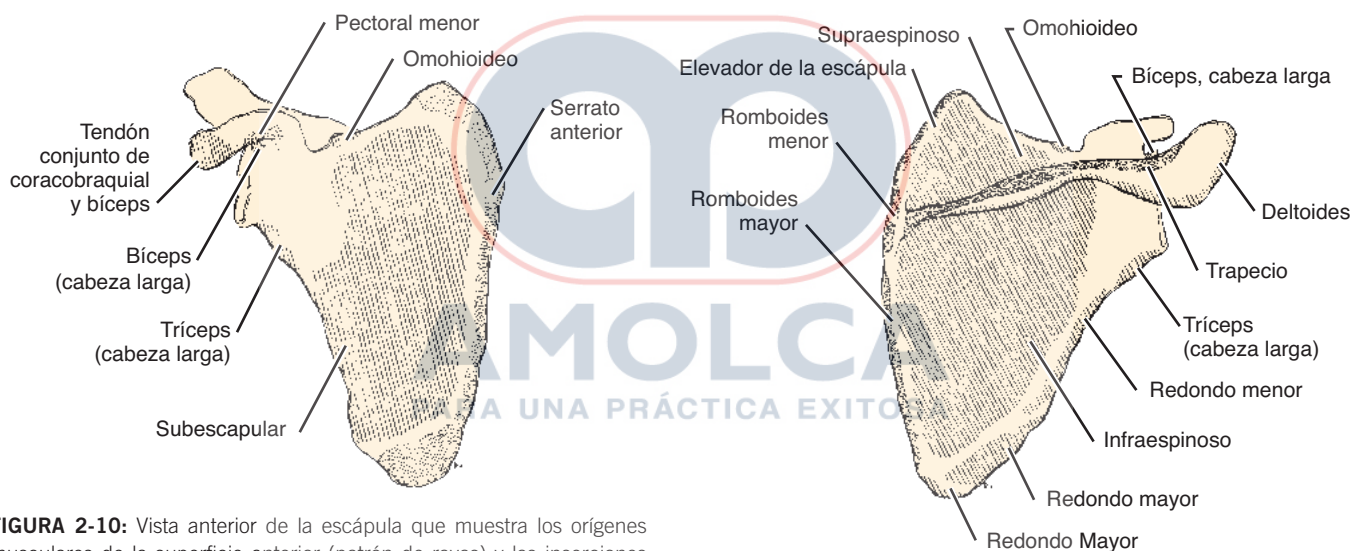


FIGURA 2-10: Vista anterior de la escápula que muestra los orígenes musculares de la superficie anterior (patrón de rayas) y las inserciones musculares (patrón de puntos). Los ligamentos y sus orígenes e inserciones no están ilustrados.

FIGURA 2-11: Vista posterior de la escápula que ilustra los orígenes del músculo y las inserciones musculares.

nervio supraescapular. El ligamento coracoglenoideo, que se origina en la apófisis coracoides entre los ligamentos coracoacromial y coracohumeral y se inserta en la cavidad glenoidea cerca del origen de la cabeza larga del bíceps, rara vez se estudia.²⁶⁰ Los principales ligamentos que se originan en la escápula son el coracoclavicular, coracoacromial, acromioclavicular, glenohumeral y coracohumeral.

La apófisis coracoides sale de la escápula en la base superior del cuello del glenoide y pasa anteriormente antes de engancharse a una posición más lateral. La apófisis coracoides funciona como el origen de la cabeza corta de los tendones del bíceps y coracobraquial y sirve de inserción al músculo pectoral menor y los

ligamentos coracoacromial, coracohumeral y coracoclavicular. Varias anomalías de la coracoides han sido descritas. Hasta 1 % de la población tiene una conexión anormal entre la apófisis coracoides y la clavícula, una barra ósea o articulación.¹⁷³ Algunos cirujanos han visto pinzamiento en el intervalo entre la cabeza del húmero y la superficie profunda de la apófisis coracoides.^{60,80,81} El intervalo coracohumeral es más pequeño en la rotación interna y la flexión hacia adelante.

La espina de la escápula funciona como parte de la inserción del trapecio en la escápula y como el origen del deltoides posterior. También suspende el acromion en las direcciones lateral y anterior y, por lo tanto, sirve como un prominente brazo de palanca para la

función del deltoides. Las dimensiones de la columna vertebral de la escápula son regulares, con una variación inferior a 1,5 cm con respecto a la media en cualquier dimensión. El sacrificio de toda la columna vertebral, incluido el acromion, tiene un efecto devastador predecible sobre la función del hombro.^{149,182}

Debido a la alta incidencia de patología que involucra al acromion y la cabeza del húmero, el acromion es el proceso más estudiado de la escápula.¹⁶⁶ La tendinitis y la bursitis se han relacionado con el choque de la cabeza del húmero y el arco coracoacromial en un área llamada la salida supraespinosa.¹⁷⁰ Cuando se ve del frente, se puede observar un espacio de 9 a 10 mm (6,6 a 13,8 mm en los hombres y 7,1 a 11,9 mm en las mujeres) entre el acromion y el húmero.²² Los avances recientes en el posicionamiento radiográfico permiten una mejor visualización de la salida desde el lateral o el plano sagital de la escápula.¹⁶⁸

Se han ideado varios métodos para describir la capacidad de este espacio o su tendencia a la discontinuidad mecánica. Aoki y cols.⁵ usó la pendiente de los extremos del acromion en relación con una línea que conecta el acromion posterior con la punta del coracoide de la escápula para determinar la propensión a problemas de choque. Bigliani y cols.¹⁵ dividieron la acromia en tres tipos (o clases) en función de su forma y correlacionaron la aparición de la patología del manguito de los rotadores con la forma del acromion en las radiografías de salida del supraespinoso. Su clasificación es generalmente fácil de usar; sin embargo, la transición entre los tipos es fluida, por lo que se producirá cierta variabilidad entre intérpretes en los casos cercanos a las transiciones. La acromia tipo I es aquella con una superficie inferior plana y el menor riesgo de síndrome de pinzamiento y sus secuelas. El tipo II tiene una superficie inferior curvada, mientras que el tipo III tiene una superficie inferior parecida a un gancho. Como era de esperar, un acromion tipo III con discontinuidad repentina en la forma tenía la mayor correlación con la patología subacromial. Un informe de Banas y cols. comenta sobre la posición del acromion en el plano coronal (es decir, la inclinación lateral hacia abajo). En su serie de 100 procedimientos de IRM, un aumento de la inclinación hacia abajo se asoció con una mayor prevalencia de la enfermedad del manguito.⁸ El resto del techo de la salida del supraespinoso comprende el ligamento coracoacromial, que conecta dos partes del mismo hueso. Por lo general, es más ancho en su base en el coracoide, se estrecha a medida que se acerca al acromion, y tiene una inserción más estrecha pero amplia en la superficie inferior del acromion; cubre una gran parte de la superficie inferior anterior del acromion e invierte la punta y la superficie inferior lateral del acromion (Fig. 2-12). El ligamento puede no ser más ancho en su base y con frecuencia tiene una o más áreas diáfanas en la base.⁹⁶ Debido a la alta incidencia de pinzamiento en la elevación y la rotación interna, la acromia en individuos mayores de la quinta década con frecuencia tiene cambios secundarios tales como espuelas o excrescencias.

Además de la deformación estática del acromion, uno esperaría que una epífisis de acromion no fusionada condujera a la deformidad del acromion sobre una base activa y disminuyera el espacio de la salida del supraespinoso.¹⁶⁴ Sin embargo, Neer no encontró una mayor incidencia de epífisis no fusionadas en su serie de acromioplastias.¹⁶⁷ Liberson¹³⁵ clasificó los diferentes tipos de acromia no fusionada como centros de preacromion, mesoacromion, metaacromion y basiacromion (Fig. 2-13). En su serie, se observó un centro no fusionado en 1,4 % de las radiografías y bilateralmente

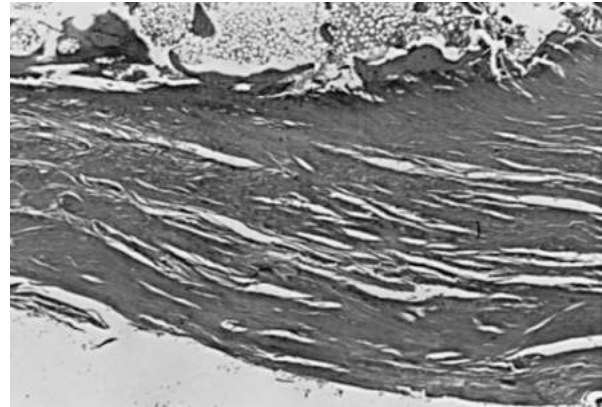


FIGURA 2-12: Vista fotomicrográfica (×12) de la inserción del ligamento coracoacromial en la superficie inferior del acromion. La inserción puede continuar hasta 2 cm en la dirección posterior. Note el grosor del ligamento en comparación con el hueso.

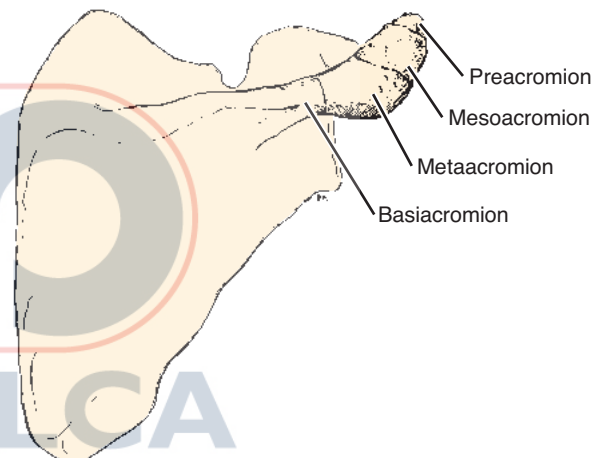


FIGURA 2-13: Diferentes regiones del acromion entre las cuales la unión puede no ocurrir.

en 62 % de los casos. El defecto meso-acromion-meta-acromion se encontró con mayor frecuencia (Fig. 2-14).

La superficie articular glenoidea está dentro de los 10 grados de la perpendicular a la hoja de la escápula, con una media de 6 grados de retroversión en un estudio.²⁰⁹ Strauss y cols.²²⁶ revisaron múltiples estudios sobre diversas mediciones de la cavidad glenoidea. Se encontró que la altura glenoidea promedio oscila entre 32,6 mm y 39 mm, y las mujeres tienen alturas glenoides más pequeñas. El ancho medio de la cavidad glenoide varió de 23,6 mm en las hembras a 28,3 mm en los varones. Se encontró que la versión glenoidea promedio oscilaba entre 2 grados de anteversión y 9 grados de retroversión. La glenoide tiende a entrar en más retroversión con osteoartritis. Churchill y cols.³⁷ encontraron que las glenoides de los hombres son ligeramente más retrovertidas que las de las mujeres (1,9 grados vs. 0,9 grados, respectivamente) y los de pacientes blancos significativamente más retrovertidos que los de pacientes

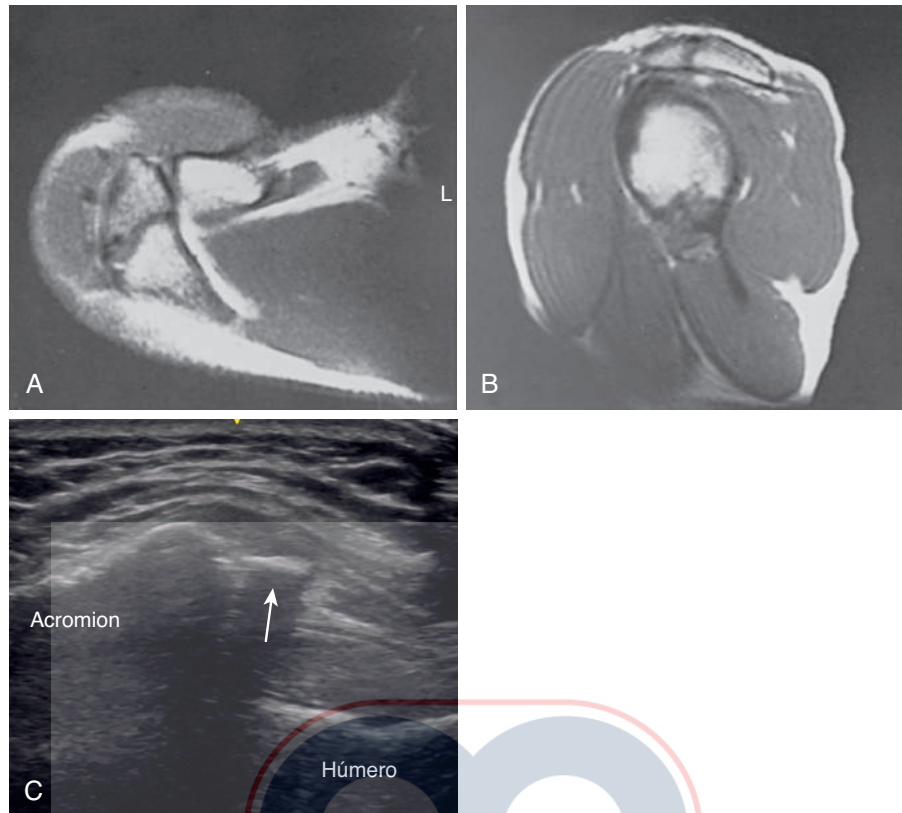


FIGURA 2-14: Secciones de resonancia magnética transversal (A) y sagital (B) de un mesoacromion no fusionado. C, Vista sagital de ultrasonido de un os acromiale (flecha) en la punta anterolateral del acromion de la derecha.

negros (2,7 grados vs. 0,2 grados, respectivamente). Churchill y cols. también encontraron que la inclinación oscila entre 3,6 grados y 5,3 grados de inclinación superior, sin diferencias significativas basadas en la raza o el sexo.

La superficie articular glenoidea es inferiormente más ancha, en forma de pera. La parte inferior de la cavidad glenoidea también se ha descrito como circular.¹⁰⁹ Las porciones más caudales se enfrentan más anteriormente que las partes cefálicas.⁵⁸ Esta relación perpendicular, combinada con la orientación complementaria de la escápula y las relaciones determinadas por los ligamentos de la orientación escapulohumeral, hace que el plano de la escápula sea el plano coronal más adecuado para el examen físico y radiológico del hombro. El plano de la cavidad glenoidea define los planos sagitales, mientras que el plano transversal permanece igual.²¹⁰

El suministro de sangre a la escápula se deriva de los vasos en los músculos que toman origen carnoso de la escápula (consulte la sección «Músculos»). Los vasos cruzan estas inserciones indirectas y se comunican con los vasos óseos. La circulación de la escápula es de naturaleza metafisaria; los vasos periósticos son más grandes de lo normal y se comunican libremente con los vasos medulares en lugar de limitarse al tercio externo del córtex. Tal anatomía puede explicar la razón de que la disección subperióstica sea más sangrienta aquí que sobre un hueso diafisario.²⁴ La arteria nutriente de la escápula entra en la fosa supraescapular lateral¹⁸² o fosa

infracapular.²¹² Las arterias subescapular, supraescapular, escapular circunfleja y acromial son vasos contribuyentes.

Los músculos que no se mencionaron previamente que se originan en la escápula son los músculos del manguito de los rotadores: el supraespinoso, el infraespinoso, el redondo menor y el subescapular. En los polos superior e inferior de la cavidad glenoidea hay dos tubérculos para el origen del tendón, el superior para la cabeza larga del bíceps y el inferior para la cabeza larga del tríceps. En el ángulo superior de la escápula, inmediatamente posterior al lado medial de la escotadura supraescapular, está el origen del omohioideo, un músculo que tiene poca importancia para la cirugía de hombro, pero es un hito importante para el plexo braquial y la disección cervical. El grande y potente teres mayor se origina en el borde lateral de la escápula. En la escápula se insertan todos los músculos escapulotorácicos: trapecio, serrato anterior, pectoral menor, elevador de escápula y romboides mayor y menor.

Húmero

La superficie articular del húmero en el hombro es esferoide, con un radio de curvatura de aproximadamente 2,25 cm.¹⁸³ A medida que uno desciende por el húmero en el eje del esferoide, se encuentra con un anillo de fijaciones óseas para los ligamentos y músculos que controlan la estabilidad de la articulación. El anillo

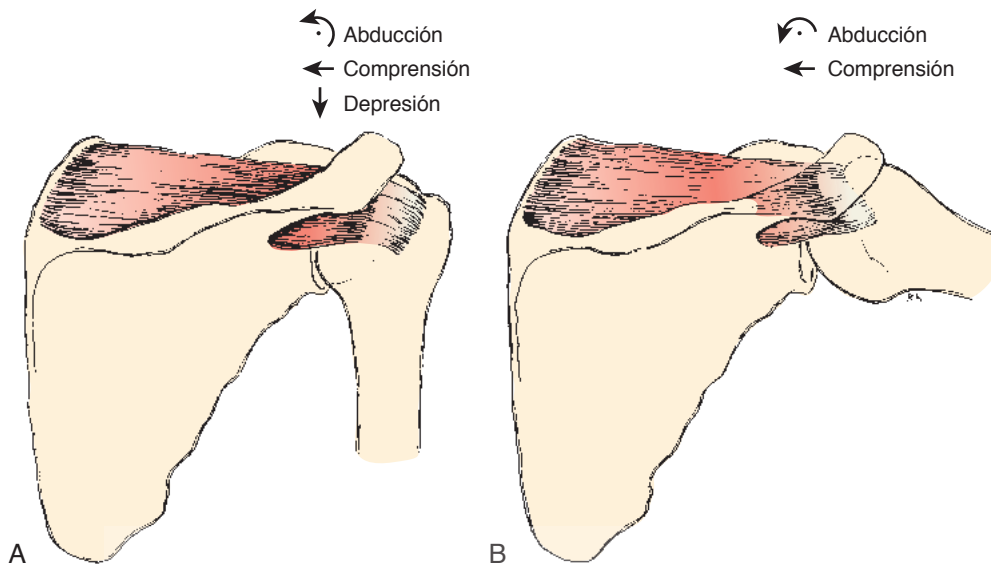


FIGURA 2-15: **A**, En posición neutral, el inicio del uso del músculo supraespinoso produce una fuerza de compresión, y debido a que el supraespinoso circunscribe el esferoide de la cabeza del húmero, se genera una fuerza de depresión en la cabeza. **B**, En la posición de abducción, cuando la fuerza del músculo deltoides no produce tanta fuerza de corte vertical, hay pérdida de la prominencia del esferoide y, por lo tanto, pérdida de la fuerza depresiva de la cabeza del supraespinoso. Un momento de abducción y fuerza de compresión de la articulación permanecen.

de aditamentos está formado por dos tuberosidades, el surco intertubercular y la superficie medial del cuello del húmero. Los ligamentos y músculos que mantienen la estabilidad glenohumeral lo hacen al contornear la cabeza del húmero para que la tensión en ellos produzca una fuerza de restricción hacia el centro de la articulación (Fig. 2-15). En esta posición, el esferoide siempre es más prominente que los ligamentos o los accesorios musculares. Por ejemplo, cuando el hombro está en abducción neutral y el supraespinoso entra en juego, la mayor tuberosidad, que es la unión de este tendón, es en promedio 8 mm menos prominente que la superficie articular y, por lo tanto, los contornos del tendón cabeza humeral.¹⁰⁵ En la posición de abducción y rotación externa, se pierde el contorno del supraespinoso. El ligamento glenohumeral inferior anterior ahora mantiene la estabilidad de la articulación, y sus uniones son menos prominentes que la superficie articular.

Con el brazo en la posición anatómica (es decir, con los epicondilos del húmero en el plano coronal), la cabeza del húmero se retroversa en relación con el eje transepicondilar. Además, la retroversión promedio es menor en el nacimiento que en la madurez.¹⁰⁷ El grado de retroversión ha sido un tema de debate. Boileau y Walch¹⁸ utilizaron modelos computarizados tridimensionales de especímenes cadavéricos para analizar la geometría del húmero proximal. Encontraron una amplia variación de retroversión que oscilaba entre $-6,7$ grados y $47,5$ grados. Estos hallazgos han ayudado a revolucionar la artroplastia de hombro y han llevado al desarrollo de la prótesis de hombro de tercera generación o al concepto de reemplazo anatómico de hombro. Este concepto se centra en el gran rango de retroversión que se observa dentro de las poblaciones. El objetivo quirúrgico es restaurar la propia anatomía del paciente. Establecer reemplazos protésicos arbitrariamente a 30 grados a 40 grados puede

no ser óptimo y no tiene en cuenta la variabilidad anatómica individual. El surco intertubercular se encuentra aproximadamente a 1 cm lateral de la línea media del húmero.^{49,209} El eje de la cabeza humeral cruza la tuberosidad mayor a aproximadamente 9 mm por detrás del surco bicipital (Fig. 2-16).²⁴⁵ El tubérculo menor (o tuberosidad) se encuentra directamente anterior, y la tuberosidad mayor se alinea en el lado lateral. En el plano coronal, el ángulo eje-cabeza es de aproximadamente 135 grados.¹⁰⁵ Curiosamente, este ángulo es menor para cabezas más pequeñas y mayor para las más grandes. El tamaño de la cabeza (es decir, el radio de curvatura) se correlaciona más fuertemente con la altura del paciente.¹⁰⁵

El espacio entre el cartílago articular y ligamentoso y las inserciones del tendón se menciona como el *cuello anatómico del húmero* (Fig. 2-17). Varía en amplitud desde aproximadamente 1 cm en los lados medial, anterior y posterior del húmero hasta prácticamente indetectable en la superficie superior donde no hay hueso expuesto entre el borde del cartílago articular y la inserción del manguito rotador. La tuberosidad menor es la inserción del tendón del subescapular, y la tuberosidad mayor lleva la inserción del supraespinoso, infraespinoso y redondo menor en un orden de superior a inferior. Debido a su distancia desde el centro de rotación, la tuberosidad mayor alarga el brazo de palanca del supraespinoso a medida que la elevación aumenta por encima de 30 grados. También actúa como una polea al aumentar el brazo de palanca del deltoides debajo de 60 grados.²⁰³ La prominencia de la tuberosidad mayor incluso puede permitir que el deltoides actúe como un depresor de cabeza cuando el brazo está a un lado.⁷⁴ Debajo del nivel de las tuberosidades, el húmero se estrecha en una región que se conoce como el *cuello quirúrgico del húmero* debido a la frecuente aparición de fracturas en este nivel.

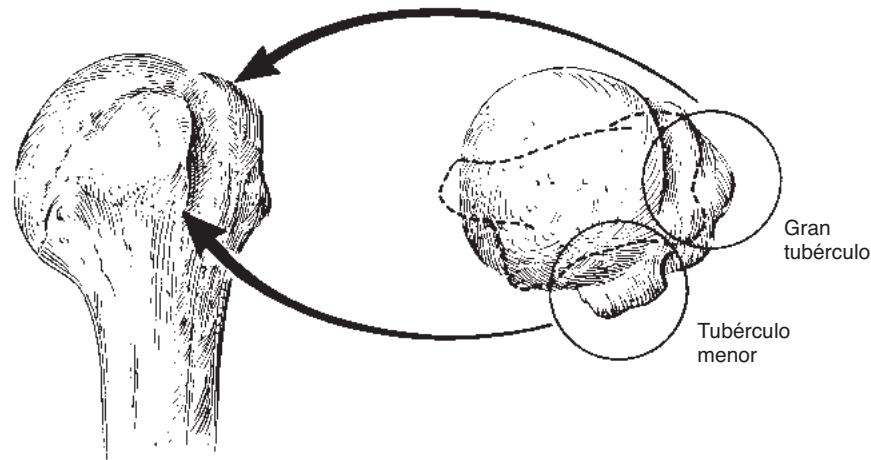


FIGURA 2-16: La cabeza del húmero está retrovertida con relación al eje largo del húmero. El surco bicipital en la posición neutral se encuentra aproximadamente a 1 cm lateral a la línea media del húmero. Note la protuberancia posterior de la cabeza.

Los tubérculos mayor y menor constituyen los límites del surco intertubercular a través del cual la cabeza larga del bíceps pasa desde su origen en el labio superior de la cavidad glenoidea. El surco intertubercular tiene un techo periférico que se conoce como el *ligamento intertubercular* o el *ligamento humeral transverso*, que tiene diversos grados de fuerza.^{81,158} Estudios recientes han demostrado que el ligamento coracohumeral es la restricción primaria para la dislocación del tendón.^{180,185,219} El ligamento coracohumeral surge del coracoides como una banda en forma de V, cuya apertura se dirige posteriormente hacia la articulación. En la mayoría de los casos, el ligamento histológicamente representa solo un pliegue en forma de V de la cápsula y no tiene fibras ligamentosas distintas.⁴³ Apretar esta área afecta la función del hombro. El anillo de tejido que constituye la polea que limita el tendón del bíceps comprende el ligamento glenohumeral superficial (piso) y el ligamento coracohumeral (techo). Debido a que el tendón del bíceps es un sitio frecuente de patologías del hombro, se han realizado intentos para correlacionar la anatomía de su surco intertubercular con la propensión por la patología (Fig. 2-18).⁹⁵ Se consideró que la tendinitis del bíceps era consecuencia de la dislocación del tendón secundario a un surco poco profundo o cresta supratubular¹⁵⁸ y un ligamento humeral transverso incompetente. Meyer¹⁵⁸ atribuyó la mayor cantidad de dislocaciones del tendón del bíceps a la izquierda a las actividades en las que el brazo izquierdo está en la rotación externa, una posición que debería haber sido protectora. La opinión actual es que la dislocación del tendón es una etiología relativamente rara de la tendinitis bicipital y que la mayoría de los casos de tendinitis bicipital pueden atribuirse a pinzamiento;¹⁸⁶ no se observa luxación del tendón, excepto en presencia del manguito de los rotadores o del daño de la «polea». Walch y cols.²⁵⁶ analizaron dislocaciones de la cabeza larga del bíceps y encontraron que en 70 % de los casos, la dislocación de la cabeza larga del bíceps se asoció con desgarros masivos del manguito de los rotadores. En particular, el subescapular estaba intacto en solo dos de 46 casos. Es posible que la teoría de «profundidad variable del surco

intertubercular» también se pueda aplicar al síndrome de compresión como una etiología. Un surco intertubercular poco profundo hace que el tendón de la cabeza larga del bíceps y sus ligamentos suprayacentes sean más prominentes y, por lo tanto, más vulnerables al daño por pinzamiento.¹⁶⁷

El surco intertubercular tiene una estructura más superficial a medida que avanza distalmente, pero sus límites, conocidos como los *labios del surco intertubercular*, continúan funcionando como sitios para la inserción muscular. Debajo de los músculos subescapulares, el labio medial del surco intertubercular es el sitio de inserción para el dorsal ancho y el redondo mayor, con la inserción del dorsal ancho anterior, a menudo en el piso del surco. El pectoral mayor tiene su sitio de inserción en el mismo nivel, pero en el labio lateral del surco bicipital. En su extremo superior, el surco intertubercular también funciona como el sitio de entrada del suministro sanguíneo principal de la cabeza humeral, la rama ascendente de la arteria circunfleja humeral anterior. Esta arteria entra en el hueso en la parte superior del surco intertubercular o en uno de los tubérculos adyacentes.^{79,125}

Dos músculos del hombro se insertan en el húmero cerca de su punto medio. En la superficie lateral se encuentra la prominencia ósea de la tuberosidad del deltoides, sobre la cual se localiza la inserción tendinosa grande del deltoides. En la superficie medial, aproximadamente al mismo nivel, se encuentra la inserción del coracobraquial.

Las relaciones esenciales que deben mantenerse en la reconstrucción quirúrgica son la dirección retrógrada de la superficie articular y la prominencia de esta superficie relativa a las uniones musculares y ligamentosas. Se debe mantener la alineación longitudinal y la distancia desde la cabeza hasta la inserción del deltoides. En las fracturas sobre la inserción del deltoides que cicatrizan en el húmero en varo o en casos de lesión en el parto que causa húmero en varo, el efecto depresor de la cabeza del supraespinoso será ineficaz en la posición neutral cuando las fuerzas cortantes producidas por el deltoides sean máximas.¹⁴⁰ Curiosamente, los pacientes

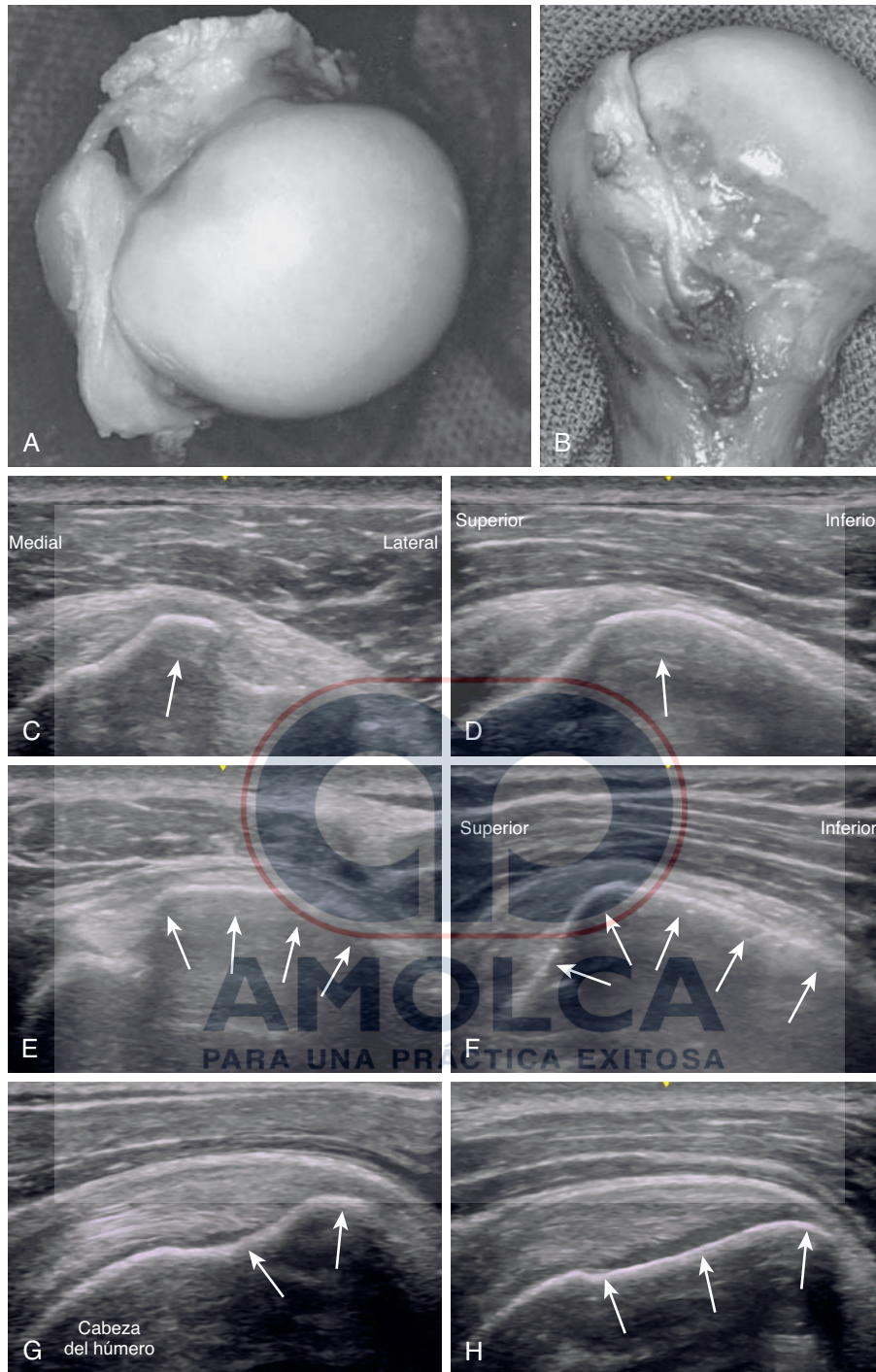


FIGURA 2-17: **A**, Superficie superior de la cabeza del húmero, donde el manguito de los rotadores se une inmediatamente al cartílago articular. La tuberosidad menor es superior y la tuberosidad mayor está a la izquierda, con el surco bicipital y el ligamento humeral transverso entre ellos. **B**, Vista posterior de la cabeza del húmero y el espacio entre la superficie articular y la unión de la cápsula y el tendón. Esta área es el cuello anatómico del húmero. **C** y **D**, Vistas axiales y longitudinales, respectivamente, de la tuberosidad menor. Tenga en cuenta la dimensión estrecha en la vista axial y la forma piramidal en la vista longitudinal. **E** y **F**, Vistas axiales y longitudinales de la tuberosidad mayor, respectivamente. Tenga en cuenta la forma más amplia en ambas vistas en comparación con la tuberosidad menor. **G**, Faceta superior de la tuberosidad mayor (entre las flechas), que es completamente un sitio de inserción del supraespinoso. Tenga en cuenta la curva ascendente desde el borde de la cabeza. **H**, faceta media de la tuberosidad mayor (flechas), que tiene algunos supraespinoso e infraespinoso insertados en ella. Tenga en cuenta que esta superficie es casi tangencial a la curva de la superficie de la cabeza.

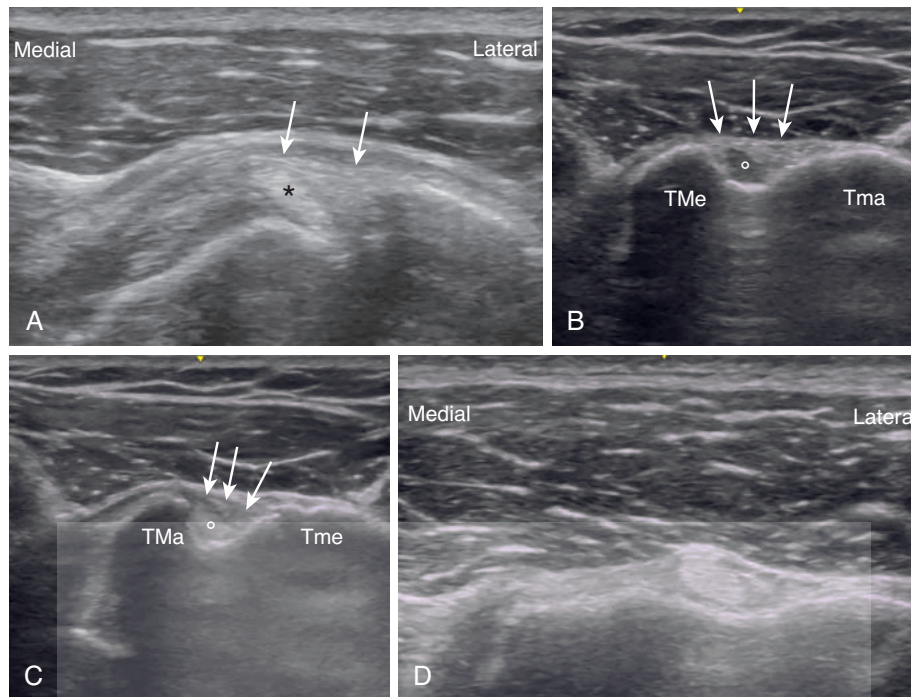


FIGURA 2-18: Regiones superior (A), media (B) e inferior (C) del surco bicipital. El bíceps (*círculo pequeño*) se encuentra en la porción media de cada vista. Las flechas indican las restricciones de los tejidos blandos. Tenga en cuenta que la parte superior del bíceps está principalmente estabilizada por los tejidos blandos, mientras que en la profundidad de la ranura hay una cierta contribución del hueso. En la región superior, el techo es en gran parte el ligamento coracohumeral. En el surco medio e inferior, el techo es una continuación de las fibras externas del subescapular. C y D Muestran el tendón en vistas anisotrópicas hipoeoicas (B) e hiperecoicas.

con húmero varo congénito rara vez se quejan de dolor pero tienen limitación de movimiento.²³⁵

MÚSCULOS

En esta sección, los músculos individuales se discuten en términos de origen e inserción, con comentarios sobre el tipo de fijación al hueso. La discusión procede de los límites de los músculos y su función que se han descrito hasta la fecha. La innervación de los músculos se discute en términos del nervio o los nervios y la representación de raíz más común. Se discute el suministro vascular y su punto o puntos de entrada en el músculo, con una breve mención de las anomalías. Los músculos se separan en cuatro grupos para fines de discusión. Primero están los músculos escapulotorácicos que controlan el movimiento de la escápula. El segundo grupo consiste en los músculos estrictamente glenohumerales que trabajan en esa articulación. En tercer lugar, están los músculos que cruzan dos o más articulaciones. Finalmente, se revisan cuatro músculos que no están directamente involucrados en la función del hombro pero que son importantes puntos de referencia anatómicos.

Para técnicas más avanzadas, como las transferencias musculares, es conveniente una comparación funcional de los músculos.

Con ese fin, Hezberg y cols.⁹² han enumerado las propiedades relevantes de los músculos de la siguiente manera: (1) grupos relacionados, (2) estructura interna (p. ej., penado vs. longitudinal), (3) excursión y (4) tensiones relativas anticipadas (Tablas 2-1 a 2-3). Los músculos se agrupan como axial-escapular, escapular-humeral y axial-humeral. La excursión potencial se mide como la longitud de la fibra muscular en reposo en relación con el número de sarcómeros en serie sin referencia al estado de las restricciones del tejido conectivo. La fracción de peso se determina después de que se pesa la parte carnosa de cada unidad muscular y se suman las medidas para todos los músculos de la cintura escapular. La fracción de masa es el porcentaje del peso total del músculo aportado por un músculo dado. La tensión relativa se mide en un área de sección transversal fisiológica de las fibras musculares y se expresa como el porcentaje de un grupo de músculos.

Músculos escapulotorácicos

Trapezio

El músculo escapulotorácico más grande y más superficial es el trapecio (Fig. 2-19). Este músculo se origina a partir de las apófisis espinosas de las vértebras C7 a T12.¹² El borde inferior puede ser tan alto como T8 o tan bajo como L2. La porción superior del trapecio (arriba de C7) toma su origen de ligamento nuchal, con dos

TABLA 2-1 Músculos axioescapulares

Músculo	Tipo fibra muscular	Excursión muscular potencial (cm)	Fracción de peso (%)	Tensión relativa (%)
Trapezio superior (clavicular)	Longitudinal	13,8	2,9	2,6
Trapezio superior (acromial)	Longitudinal	10,1	2,8	3,5
Trapezio medio	Longitudinal	10,4	2,4	2,9
Trapezio inferior	Longitudinal	14,8	3,2	2,7
Elevador de la escápula	Longitudinal	15,3	2,1	1,7
Romboide	Longitudinal	12,5	4,0	4,0
Serrato anterior (parte superior)	Longitudinal	11,1	3,5	3,9
Serrato anterior (parte inferior)	Longitudinal	17,6	7,9	5,6
Pectoral menor	Longitudinal	13,2	2,3	2,1

TABLA 2-2 Músculos escapulohumerales

Músculo	Tipo fibra muscular	Excursión muscular potencial (cm)	Fracción de peso (%)	Tensión relativa (%)
Supraespinoso	Peniforme	6,7	2,8	5,2
Subescapular	Multipeniforme	7,3	8,6	14,5
Infraespinoso	Peniforme	8,6	6,7	9,7
Redondo mayor	Longitudinal	8,8	1,8	2,6
Redondo menor	Longitudinal	14,9	5,1	4,3
Deltoide anterior	Longitudinal	11,5	3,2	3,4
Deltoide medio (parte anterior)	Multipeniforme	9,2	2,2	3,0
Deltoide medio (parte posterior)	Multipeniforme	9,0	7,8	10,8
Deltoide posterior	Longitudinal	13,9	4,1	3,7

TABLA 2-3 Músculos axiohumerales

Músculo	Tipo fibra muscular	Excursión muscular potencial (cm)	Fracción de peso (%)	Tensión relativa (%)
Dorsal ancho	Longitudinal	33,9	15,9	5,9
Pectoral mayor (clavicular)	Longitudinal	14,5	2,7	2,3
Pectoral mayor (esternal)	Longitudinal	18,8	8,0	5,4

tercios de las muestras teniendo un límite superior de origen tan alto como la protuberancia occipital externa.¹² La inserción de las fibras superiores está sobre el tercio distal de la clavícula. Las fibras cervicales inferiores y torácicas superiores tienen su inserción sobre el acromion y la espina de la escápula. La porción inferior del músculo se inserta en la base de la espina escapular. En la superficie anterior o profunda, el músculo está delimitado por un espacio

relativamente avascular entre él y otros músculos, principalmente los romboides. Posteriormente, el músculo trapecio está limitado por la grasa y la piel.

En su conjunto, el músculo actúa como un retractor escapular, con las fibras superiores utilizadas principalmente para la elevación del ángulo lateral.¹⁶³ Aunque algunas de las otras fibras pueden entrar en juego, Inman y cols. solo se encontraron las

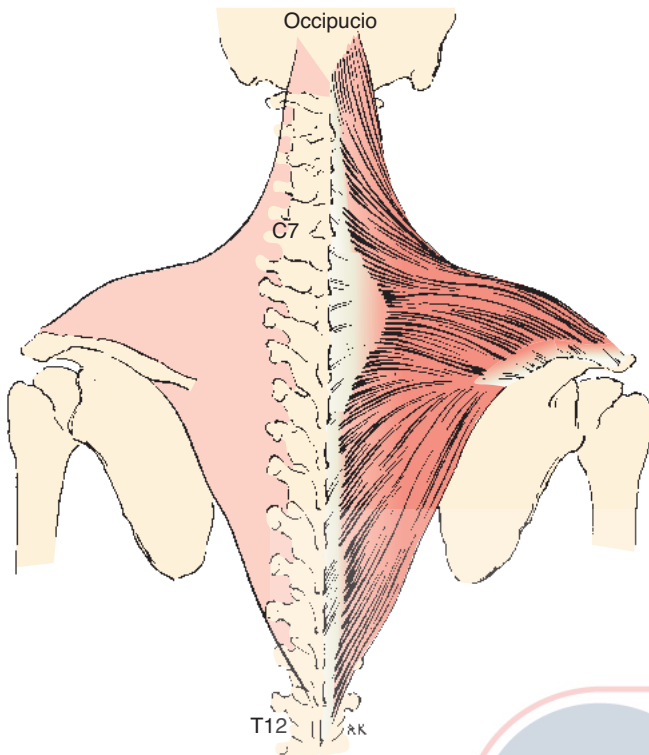


FIGURA 2-19: La disposición de los orígenes e inserciones del trapecio. El músculo tiene su origen en el occipucio, el ligamento nucal y las espinas dorsales de las vértebras C7 a T12. Se inserta en el acromion, la columna vertebral de la escápula y parte distal de la clavícula. El trapecio se subdivide funcionalmente en fibras superior, media e inferior.

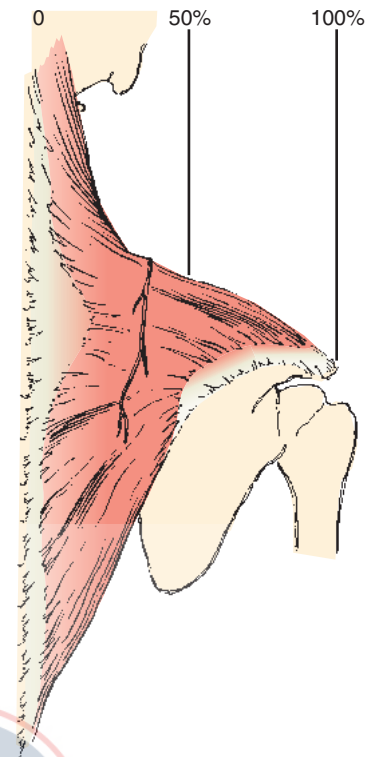


FIGURA 2-20: Recorrido del nervio espinal accesorio en relación con el músculo trapecio. Si los orígenes espinales se toman como el punto «0» de la longitud del músculo y el acromion como el 100 % de la longitud, el nervio y las ramas principales están todos en el 50 % medial del trapecio. El curso principal es paralelo y medial al borde vertebral de la escápula. (De Jobe CM, Kropp WE, Wood VE. The spinal accessory nerve in a trapezius splitting approach. *J Shoulder Elbow Surg.* 1996; 5 [31: 206-208.]

AMOLCA
PARA UNA PRÁCTICA EXITOSA

fibras superiores constantemente activas en toda rotación escapular ascendente.¹⁰⁶ El músculo sigue una activación cefalocaudal a medida que se obtiene más flexión o abducción.¹⁶³ En la flexión hacia adelante, los segmentos del trapecio medio e inferior son menos activos porque la retracción escapular es menos deseable que en la abducción.¹⁰⁶ Se supone que la suspensión de la escápula se realiza a través de los ligamentos esternoclaviculares en reposo; los estudios electromiográficos no muestran actividad a menos que haya un tirón hacia abajo en el hombro.¹¹ El músculo debe proporcionar un alivio intermitente a los ligamentos de la articulación esternoclavicular porque la parálisis del trapecio produce una ligera depresión de la clavícula, aunque no tanto como uno podría esperar.¹¹ La principal deformidad es la proyección y la rotación descendente de la escápula.¹³⁶ La cantidad de depresión puede depender de la cantidad descendente de la extremidad con un trapecio paralizado.⁵⁹ Parece haber un déficit característico observado en la parálisis del trapecio, en la que el hombro puede elevarse solo hasta 90 grados en la abducción del plano coronal, pero puede elevarse mucho más en flexión hacia adelante.^{58,98,213} En un caso de ausencia congénita del trapecio y los romboides, el paciente compensaba con la flexión hacia adelante para elevar el brazo y lordosis de la columna lumbar para levantar los brazos. Cuando sus brazos alcanzaban la posición

vertical, liberaba la lordosis lumbar y sostenía la elevación con el serrato anterior.²¹⁶ La pérdida adquirida de la función del trapecio es menos tolerada.^{136,211} Se puede realizar una triple transferencia muscular del elevador de la escápula, del romboide mayor y del romboide menor para tratar la parálisis del trapecio.²⁴⁰

El nervio espinal accesorio (nervio craneal XI) es el suministro motor, con algunas ramas sensoriales aportadas por C2, C3 y C4. El nervio corre paralelo y medial al borde vertebral de la escápula, siempre en el 50 % medial del músculo (Fig. 2-20).¹¹¹ El suministro arterial generalmente se deriva de la arteria cervical transversa, aunque Salmon encontró la arteria escapular dorsal como dominante en 75 % de sus especímenes.²¹² El suministro de sangre se describe como tipo II,¹⁴⁸ un pedículo vascular dominante con cierto suministro de sangre segmentaria en otros niveles. Huelke¹⁰³ informó que el tercio inferior del trapecio es suministrado por un perforador de la arteria escapular dorsal y las fibras superiores son suplidas por arterias en el cuello distintas de la arteria cervical transversa. Otros autores han atribuido el suministro de sangre del pedículo inferior a los vasos intercostales.²⁵⁸ Las transferencias de músculo trapecio se basan en el suministro por la arteria cervical transversa.

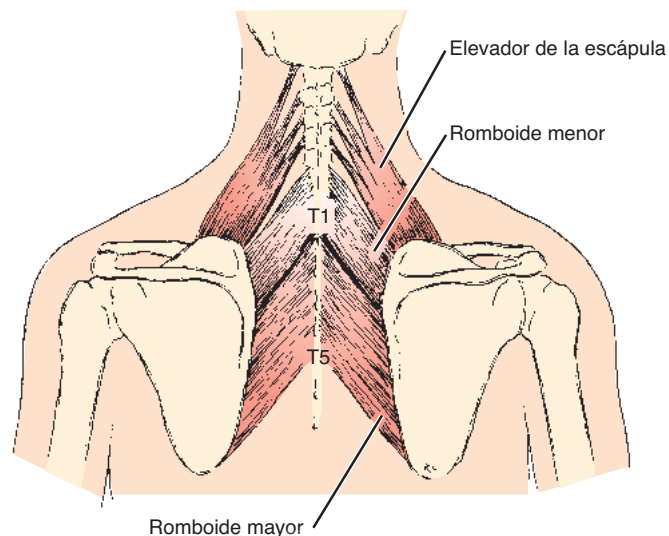


FIGURA 2-21: Romboides y el elevador de la escápula. Se muestra la orientación dominante de las fibras de estos músculos y sus posiciones relativas a lo largo del borde medial de la escápula.

Romboides

Los romboides son similares en función a la porción media del trapecio,¹⁰⁶ con un origen del ligamento inferior nual en C7 y T1 para el romboide menor y de T2 a T5 para el romboide mayor (Fig. 2-21). El romboide menor se inserta en la parte posterior de la base medial de la columna vertebral de la escápula. El romboide mayor se inserta en la superficie posterior del borde medial desde el punto en que el menor se va hacia abajo hasta el ángulo inferior de la escápula. El músculo tiene, en su superficie posterior, un plano avascular entre él y el trapecio. La única estructura de cruce aquí es la arteria cervical transversa superior o un perforador de la arteria escapular dorsal. En la superficie profunda hay otro espacio fascial avascular que contiene solo el vaso sanguíneo y el nervio para los romboides. En la superficie profunda del músculo inferiormente, el mayor romboidal está delimitado por el dorsal ancho en su origen. Superiormente, el romboide menor está delimitado por el elevador de la escápula.

La acción de los romboides es la retracción de la escápula, y debido a su trayectoria oblicua, también participan en la elevación de la escápula. La inervación del músculo romboidal es el nervio escapular dorsal (C5), que puede surgir desde el plexo braquial en común con el nervio hacia el subclavio o con la rama C5 hacia el nervio torácico largo. El nervio puede pasar profundamente o a través del elevador de la escápula en su camino hacia los romboides y puede contener algo de inervación en el elevador. La arteria escapular dorsal proporciona el suministro arterial a los músculos a través de sus superficies profundas.

Levator scapulae y serratus anterior

Dos músculos, el elevador de la escápula y el serrato anterior, a menudo se discuten juntos debido a su cercana relación, indicada

por estudios comparativos de anatomía (véase la Fig. 2-21). El elevador de la escápula se origina en los tubérculos posteriores de las apófisis transversas desde C1 hasta C3 y algunas veces C4. Se inserta en el ángulo superior de la escápula. El músculo está delimitado desde entonces por el escaleno medio y por detrás por el esplenio cervical. Está delimitado lateralmente por el esternocleidomastoideo en su porción superior y por el trapecio en su parte inferior. El nervio accesorio espinal cruza lateralmente en la sección media del músculo. El nervio escapular dorsal puede yacer profundo o pasar a través del músculo.⁹⁵ En las muestras en las que la arteria escapular dorsal sale de la arteria cervical transversa, la arteria cervical transversa parental se divide, la arteria escapular dorsal pasa medial al músculo y la arteria cervical transversa pasa lateralmente. Ordinariamente, la arteria escapular dorsal tiene una pequeña rama que pasa lateralmente hacia la fosa del supraespinoso. En al menos un tercio de las disecciones, estos vasos suministran al elevador con circulación.¹⁰⁴

El elevador actúa para elevar el ángulo superior de la escápula. Conjuntamente con el serrato anterior, produce rotación ascendente de la escápula.¹⁸³ Que el elevador (Fig. 2-22) tiene una masa mayor que el trapecio superior se ilustra correctamente solo al comparar los dos músculos en la sección transversal; en la mayoría de las ilustraciones, está oscurecida por la musculatura suprayacente.¹⁸³ Algunos autores especulan que este músculo también puede actuar como un rotador descendente de la escápula.⁹⁵ La inervación proviene de las ramas profundas de C3 y C4, y parte de la inervación de C4 se contribuye por el nervio escapular dorsal.

El serrato anterior se origina en las costillas de la pared lateral anterior de la caja torácica. Este músculo tiene tres divisiones (Fig. 2-23). La primera división consiste en una pieza larga y delgada de músculo normal con una inserción única, que se origina en las costillas 1 y 2 y el espacio intercostal y luego se extiende ligeramente hacia arriba y posicionalmente para insertarse en el ángulo superior de la escápula. La segunda división consiste en tres piezas de la segunda, tercera y cuarta costillas. Esta división se inserta a lo largo de la superficie anterior del borde medial. La división inferior consiste en las cuatro o cinco piezas inferiores, que tienen su origen en las costillas 5 a 9. Corren posteriormente para insertarse en el ángulo inferior de la escápula, dando así a esta división la palanca más larga y la mayor potencia para la rotación escapular.

El serrato anterior está delimitado medialmente por las costillas y los músculos intercostales y lateralmente por el espacio axilar. Anteriormente, el músculo está delimitado por el músculo oblicuo externo con el que se interdigita, donde este músculo se origina en las mismas costillas.

El serrato anterior prolonga la escápula y participa en la rotación ascendente de la escápula. Es más activo en la flexión que en la abducción porque la abducción recta requiere algo de retracción de la escápula. Scheving y Pauly descubrieron que el músculo se activaba con todos los movimientos del húmero.²¹⁴ El serrato opera a un mayor porcentaje de su actividad máxima que cualquier otro músculo del hombro en actividades sin resistencia.^{172,183} La ausencia de actividad del serrato, por lo general debido a la parálisis, produce un aleteo de la escápula con la flexión delantera del brazo y pérdida de fuerza en ese movimiento. La transferencia muscular para reemplazar los resquicios musculares inferiores restaura principalmente solo la flexión.⁴²

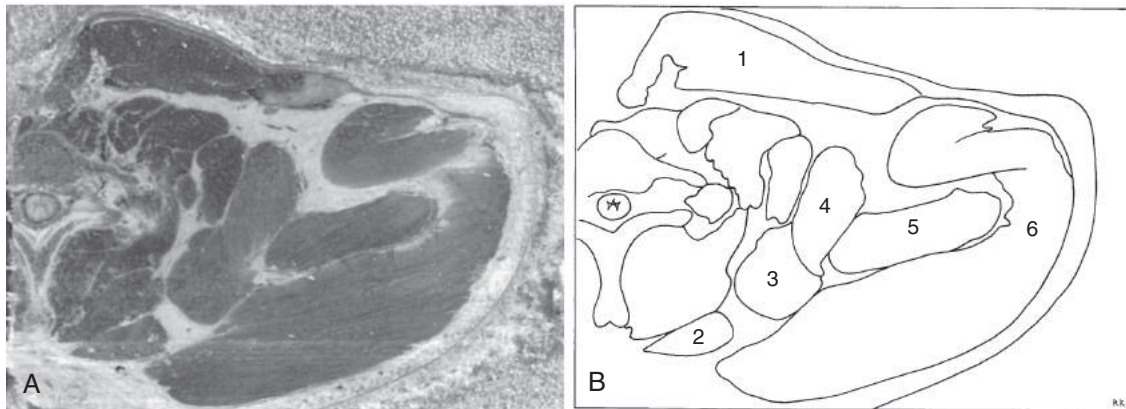


FIGURA 2-22: A y B, Una sección transversal en un nivel ligeramente más alto que el ángulo superior de la escápula muestra la circunferencia del elevador de la escápula, visto en sección transversal. La mayoría de los otros músculos observados se muestran en su sección longitudinal. Las estructuras son las siguientes: (1) esternocleidomastoideo, (2) romboide menor, (3) elevador de la escápula, (4) digitación superior del serrato anterior, (5) supraespinoso y (6) trapecio.

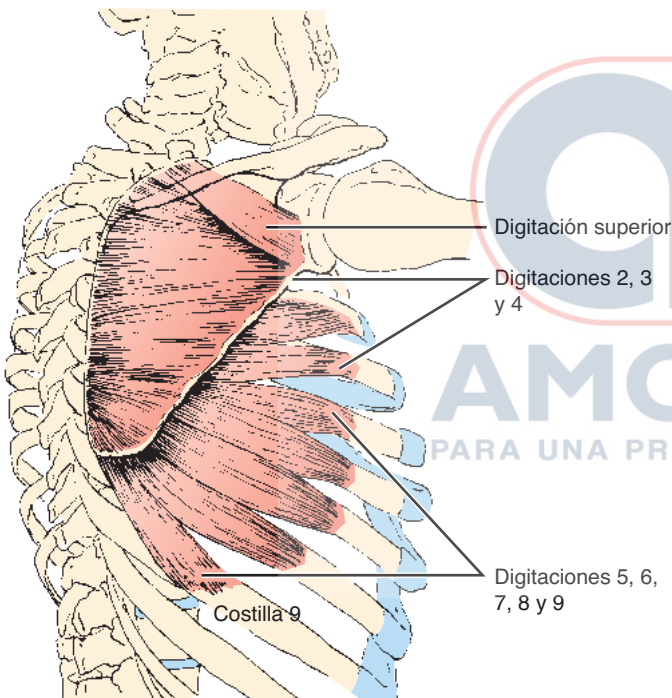


FIGURA 2-23: Los tres grupos de músculos en los que se dividen las digitaciones del serrato anterior. La digitación superior sale de las dos primeras costillas y del primer espacio intercostal y se inserta en el borde superior del borde medial de la escápula. Las digitaciones que salen de las costillas 2, 3 y 4 se insertan en la porción más ancha del borde medial; las digitaciones de las costillas 5, 6, 7, 8 y 9 convergen en el ángulo inferior de la escápula.

La inervación es suministrada por el nervio torácico largo (C5, C6 y C7). La anatomía de este nervio se ha estudiado intensamente debido a eventos en los que se ha producido una lesión. El nervio toma un curso angulado a través de la segunda costilla, donde se

puede estirar por la inclinación lateral de la cabeza combinada con la depresión del hombro.¹⁰⁰ El suministro de sangre al serrato se establece clásicamente a través de la arteria torácica lateral.⁹⁵ Sin embargo, a menudo la arteria toracodorsal contribuye en gran medida al suministro de sangre, especialmente cuando la arteria torácica lateral es pequeña o está ausente. La arteria lateral torácica es la arteria anómala que se origina con más frecuencia de la arteria axilar. La arteria toracodorsal puede suministrar hasta 50 % del músculo. Las digitaciones superiores son suministradas por la arteria dorsal escapular.²¹² Allí, contribuciones adicionales de las arterias intercostal e mamarias internas tienen lugar.

Pectoral menor

El pectoral menor tiene un origen carnoso en sentido anterior sobre la pared del pecho, de la segunda a la quinta costilla, y se inserta en la base del lado medial de la coracoides con frecuentes (15 %) digitaciones aberrantes al húmero, glenoide, clavícula o escápula (Fig. 2-24).^{126,138,254} La digitación aberrante más común es la continuación a través del coracoide al húmero en el mismo trayecto que el ligamento coracohumeral. El ancho medio del tendón pectoral menor se aproxima a 2 cm con una longitud de 4 cm.¹⁶⁰ Se ha formulado la hipótesis de que el pectoral menor es una opción anatómicamente viable para el uso en reconstrucciones de la articulación acromioclavicular.¹⁶⁰ Su función es la prolongación de la escápula si la escápula se retrae y la depresión del ángulo lateral o rotación descendente de la escápula si la escápula se gira hacia arriba.

La inervación proviene del nervio pectoral medial (C8, T1). Su suministro de sangre es a través de la rama pectoral de la arteria toracoacromial.⁹⁵ Reid y Taylor informaron en sus estudios de inyección, sin embargo, que este vaso no proporciona un suministro constante al pectoral menor, otra fuente es la arteria torácica lateral.¹⁹⁵ Salmon encontró pequeñas arterias múltiples directamente de la arteria axilar que llamó arterias torácicas cortas.²¹² La ausencia del músculo no parece causar ninguna discapacidad.²⁶¹ Se pensó que este músculo siempre está presente cuando todo el pectoral mayor está presente,⁹⁵ pero Williams informó un caso, verificado

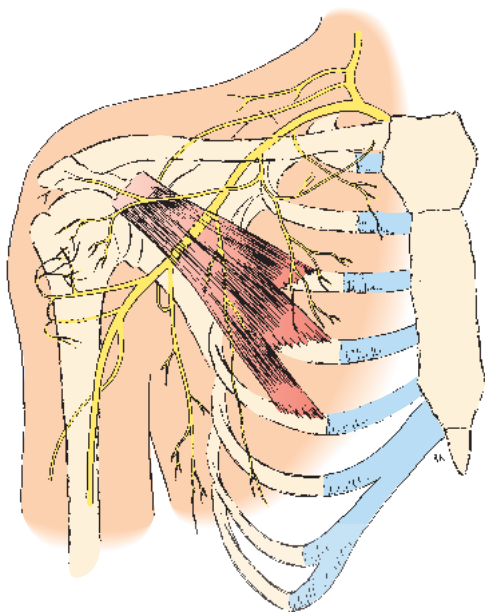


FIGURA 2-24: El pectoral menor es un hito importante como borde anterior del espacio axilar, así como para dividir el espacio axilar en sus partes proximal, media y distal. Actúa en la protracción y depresión de la escápula.

en la cirugía, en la que el pectoral menor no se encontraba debajo de un pectoral mayor normal.²⁶¹ Bing informó otros tres casos en la literatura alemana.¹⁶

Subclavio

El músculo subclavio se incluye con los músculos escapulotorácicos porque atraviesa la articulación esternoclavicular donde se produce la mayor parte del movimiento escapulotorácico (Fig. 2-25). Tiene un origen tendinoso en la primera costilla y cartílago y una inserción muscular en la superficie inferior del tercio medio de la clavícula. El tendón tiene un vientre muscular es peniforme en su estructura. El tendón, de 2,54 a 3,81 cm de longitud, se encuentra principalmente en la superficie inferior del músculo.³³ Su suministro de nervios viene del nervio del subclavio. El suministro de sangre se deriva de la rama clavicular de la arteria toracoacromial o de la arteria supraescapular.^{195,212} La acción de este músculo es estabilizar la articulación esternoclavicular mientras está en movimiento, particularmente con aducción y extensión contra resistencia, como colgar de una barra (es decir, estabilización en actividad intensa).¹⁹⁶

Músculos glenohumerales

Deltoides

El músculo más grande e importante de los músculos glenohumerales es el deltoides, compuesto de tres secciones principales: el origen del deltoides anterior en el tercio lateral de la clavícula, el tercio medio del deltoides que se origina en el acromion y el deltoides posterior que se origina en la espina de la escápula.1 Típico de los músculos de base amplia, el origen es pobre en colágeno

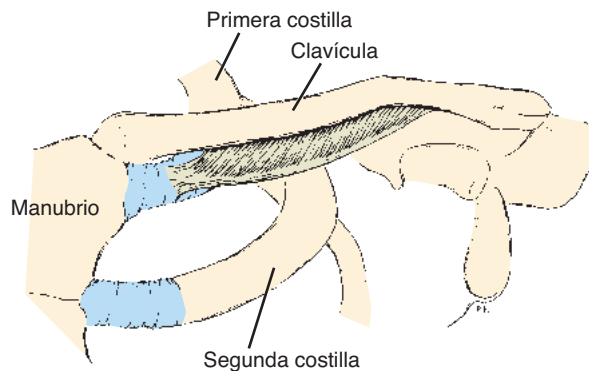


FIGURA 2-25: El músculo subclavio tiene una estructura peniforme y un tendón largo en su superficie inferior.

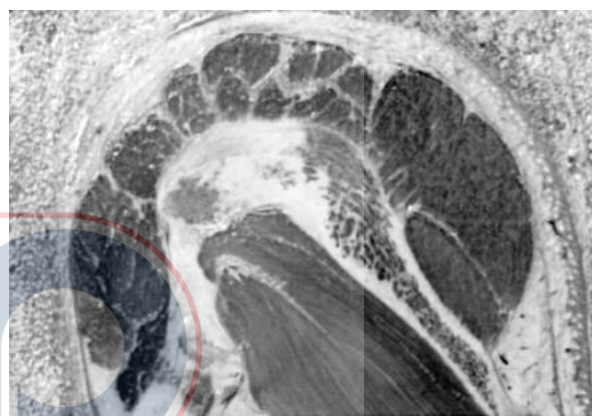


FIGURA 2-26: Una sección transversal tomada justo debajo del origen del deltoides derecho demuestra las posiciones relativas de las tres divisiones del deltoides y las diferencias en su estructura interna. El deltoides medio, que es multipeniforme, tiene una abundancia de colágeno interno. El tercio anterior (izquierda) y el tercio posterior (derecha) tienden a ser paralelos en estructura o parcialmente unipeniformes adyacentes al tabique que los separa del tercio medio.

en toda su amplitud. La inserción está en el tubérculo deltoideo del húmero. Es una inserción larga y amplia. Rispoli informó que la longitud media de la inserción anterior fue de 70 mm, la media de 48,4 mm y la posterior de 63.205 Klepps¹²⁰ descubrió que las fibras del músculo anterior, medio y posterior del deltoides se fusionaron en una amplia inserción tendinosa en forma de V con una amplia banda posterior y una banda anterior angosta. Encontraron que la inserción del deltoides en la gran mayoría de las muestras estaba separada de la inserción del pectoral mayor en menos de 2 mm. Los nervios axilares y radiales no estaban muy cerca de la inserción del deltoides.¹²⁰

El límite del músculo deltoides en el lado externo es grasa subcutánea. Debido a la cantidad de movimiento involucrado, la bolsa subacromial y los espacios fasciales se unen al lado profundo. El nervio axilar y la arteria circunfleja humeral posterior, el único nervio y el mayor suministro del músculo, también se encuentran en el lado profundo.

Las tres secciones del deltoides difieren en la estructura interna y la función (Fig. 2-26). Las secciones anteriores y posteriores del

deltoideos tienen fibras paralelas y una excursión más larga que el tercio medio, que es multipeniforme, es más fuerte y tiene una excursión más corta (1 cm). El tercio medio del deltoideos participa en todos los movimientos implicados en la elevación del húmero.¹⁸³ Una abundancia de colágeno lo convierte en la parte del músculo más frecuentemente involucrada en la contractura.¹³

La elevación en el plano escapular es el producto del tercio anterior y central del deltoideos, con alguna acción por el tercio posterior, especialmente por encima de 90 grados.²¹⁷ La abducción en el plano coronal disminuye la contribución del tercio anterior y aumenta la contribución del tercio posterior. La flexión es producida por los tercios anterior y medio del deltoideos y la porción clavicular del pectoral mayor, con alguna contribución del bíceps (Fig. 2-27). La contribución de los dos últimos músculos es tan pequeña que el brazo no puede sostenerse contra la gravedad sin el deltoideos.⁴¹ En resumen, el deltoideos está activo en cualquier forma de elevación, y la pérdida de la función deltoidea se considera un desastre.⁸⁶ El deltoideos aporta solo 12 % de la aducción horizontal. Se ha sugerido que la parte inferior del deltoideos posterior contribuye a la aducción. Sin embargo, Shevlin y cols. atribuyeron esta acción a proporcionar una fuerza de rotación externa en el húmero para contrarrestar la fuerza de rotación interna del pectoral mayor, redondo mayor y dorsal ancho: los principales aductores del hombro.²¹⁷ El deltoideos representa 60 % de la fuerza en la abducción horizontal.³⁸ La relación del músculo deltoideos con la articulación es tal que tiene su apalancamiento más corto para la elevación en los primeros 30 grados, aunque en esta posición el apalancamiento se ve incrementado por la prominencia del tubérculo mayor.²⁰³ Gagey y Hue han demostrado que el deltoideos puede contribuir a la depresión de la cabeza al inicio de la elevación.⁷⁴

El tercio anterior del deltoideos está delimitado en su superficie profunda por el coracoides, el tendón conjunto del coracobraquial y la cabeza corta del bíceps y la fascia clavipectoral. La parte posterior del deltoideos está delimitada en su superficie profunda por el

infraespinoso y el músculo redondo mayor en el otro lado del espacio fascial avascular. El deltoideos tiene una fascia muy densa en su superficie profunda, el nervio axilar y los vasos circunflejos humerales posteriores discurren en el lado muscular de esta fascia.⁴⁴

La inervación del deltoideos es suministrada por el nervio axilar (C5 y C6), que ingresa a la porción posterior del hombro a través del espacio cuadrilateral e inerva el redondo menor en esta posición. El nervio se divide en el espacio cuadrilateral, y el nervio o los nervios del tercio posterior del deltoideos entran al músculo muy cerca de su salida del espacio cuadrilateral y viajan en el músculo deltoideos a lo largo de los bordes medial e inferior del deltoideos posterior. Curiosamente, la rama posterior se extiende 6 a 8 cm después de que abandona el espacio cuadrilateral.⁸⁸ La rama del nervio axilar que inerva los dos tercios anteriores del deltoideos asciende superiormente y luego se desplaza en sentido anterior, de aproximadamente 5 cm por debajo del borde acromion. La parálisis del nervio axilar produce una pérdida de 50 % de la fuerza en la elevación,³⁸ aunque a veces se mantiene el rango completo de abducción.²²² El suministro vascular del deltoideos se deriva en gran medida de la arteria circunfleja humeral posterior, que viaja con el nervio axilar a través del espacio cuadrilátero hasta la superficie profunda del músculo.^{1,95,208,212} El deltoideos también es irrigado por la rama deltoidea de la arteria toracoacromial, con anastomosis ricas entre los dos vasos. La arteria deltoidea viaja en el surco deltopectoral y envía ramas al músculo.²¹² Numerosas arterias adicionales también están presentes. Los pedículos venosos son idénticos a los pedículos arteriales,²⁵⁸ excepto que la vena cefálica es bastante dominante, especialmente para el tercio anterior del deltoideos.

Manguito rotador

Antes de hablar sobre los músculos del manguito rotador individualmente, algunas observaciones sobre el manguito como un todo están categorizadas. Aunque se compone de cuatro músculos

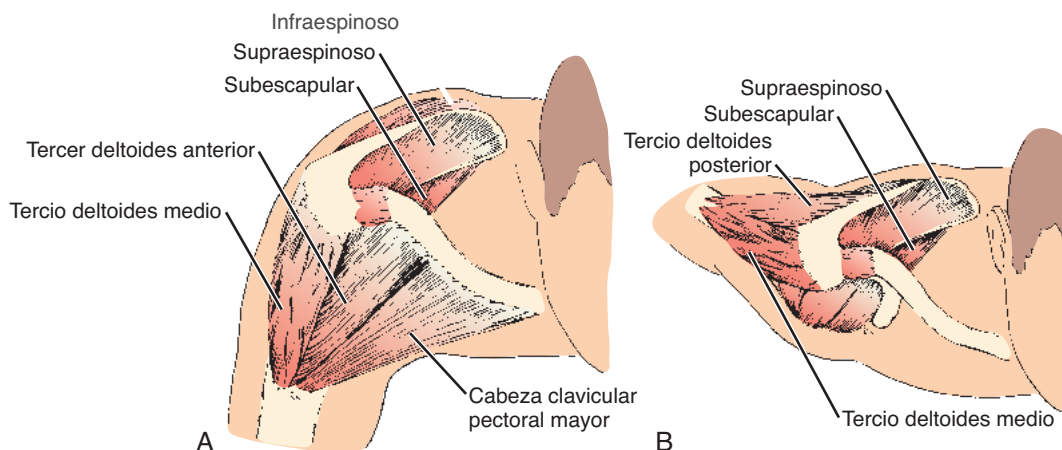


FIGURA 2-27: Funciones del deltoideos. **A.** Los tercios medio y anterior del deltoideos funcionan junto con la cabeza clavicular del pectoral mayor en flexión hacia adelante. **B.** En la abducción horizontal, el tercio posterior del deltoideos está activo y el tercio anterior está inactivo. El tercio medio del deltoideos está activo en todos los movimientos de la articulación glenohumeral.

separados, el manguito de los rotadores es una disposición compleja. Los músculos pueden aparentar estar separados superficialmente, pero en sus regiones más profundas están asociados entre sí, con la cápsula debajo y con el tendón de la cabeza larga del bíceps.³⁸

En sus regiones más profundas, los tendones envían fascículos a sus vecinos. El más complejo de este intercambio ocurre en el surco bicipital, donde los fascículos del supraespinoso destinados a la inserción del subescapular cruzan el surco y crean un techo. Por el contrario, los fascículos del tendón del subescapular que se dirigen a la inserción del supraespinoso crean un suelo para el surco al experimentar cierta condrometaplasia.³⁸ También en sus regiones más profundas, los músculos y los tendones se unen a la cápsula. De nuevo, la más compleja de estas disposiciones ocurre en el intervalo rotador. En esta región, el ligamento coracohumeral contribuye con fibras que envuelven al tendón supraespinoso. Esta relación es más evidente en la superficie profunda, donde es visible a los artroscopistas como un cable curvo que se extiende desde el borde anterior hasta la parte posterior del tendón del supraespinoso y hacia el infraespinoso para crear un arco lateral o puente suspendido.²⁶ Esta disposición crea una región más gruesa del manguito visible en ultrasonido.

Kask y cols.¹¹⁷ describieron la anatomía del ligamento semi-circular del húmero (cable rotador) en un estudio de cadáver y de IRM. Dividieron el cable rotador en tres segmentos: anterior, medio y posterior. El segmento anterior del cable rotador forma la

parte lateral del intervalo rotador. El segmento debajo del tendón del supraespinoso forma la porción media del cable rotador. El trayecto del ligamento es perpendicular a los ejes longitudinales de los tendones supraespinoso e infraespinoso en esta área. Las fibras del cable rotador, cubiertas por el tendón del infraespinoso, forman la parte posterior del ligamento. Las fibras descendentes se curvan lateral y posteriormente y terminan en la región de inserción entre los tendones del infraespinoso y el redondo mayor en el lado posterior de la tuberosidad mayor (Fig. 2-28).

Supraespinoso

El músculo supraespinoso se encuentra en la porción superior de la escápula. Toma un origen carnoso de la fosa del supraespinoso y la fascia suprayacente y se inserta en la tuberosidad mayor. Su inserción tendinosa es común con el infraespinoso posteriormente y el ligamento coracohumeral anteriormente. Esta compleja formación de tendón es común al manguito de los rotadores. Las fibras superficiales son longitudinales y le dan al tendón la apariencia de una estructura más discreta. Estas fibras más superficiales tienen vasos sanguíneos más grandes que las fibras más profundas. Las fibras más profundas corren oblicuamente y crean un patrón no lineal que retiene las suturas de manera más efectiva. Este tendón envía fibras por delante con el ligamento coracohumeral sobre el surco bicipital a la tuberosidad menor. El borde anterior del tendón está envuelto por el ligamento coracohumeral. La porción anterior

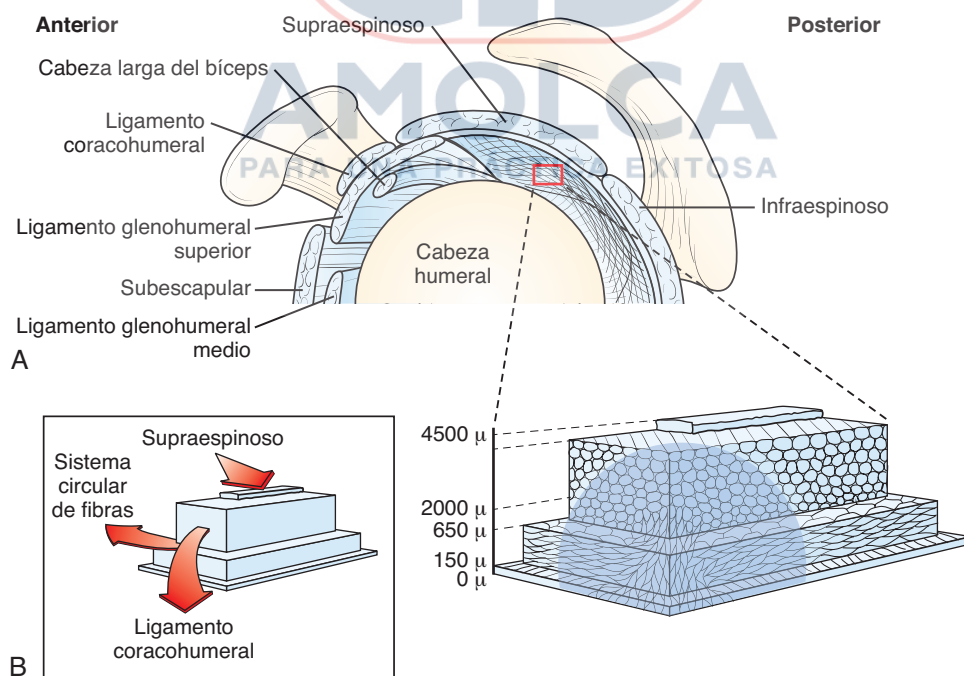


FIGURA 2-28: La estructura del tendón supraespinoso (**A**) muestra la fuente del espécimen histológico; **B** muestra la estructura multicapa del tendón. Esta estructura explica por qué el comportamiento de este tendón a la sutura y al reflejo de ultrasonido (menos ecogénico) en comparación con un tendón altamente paralelo, como la cabeza larga del bíceps. (Modificado de Gohlke F, Essigkrug B, Schmitz F. The pattern of the collagen fiber bundles of the capsule of the glenohumeral joint. *J Shoulder Elbow Surg.* 1994;3[3]:111-128.)

del supraespinoso es más potente que la mitad posterior, y las fibras musculares se insertan en una extensión del tendón dentro de la mitad anterior del músculo. Esta extensión del tendón se puede ver en la IRM.²⁴ Roh y cols. encontraron que la sección transversal fisiológica del vientre muscular anterior era mucho más grande que el vientre muscular posterior. Sin embargo, las áreas de sección transversal del tendón anterior fueron ligeramente más pequeñas que en el tendón posterior. Por lo tanto, un vientre muscular anterior más grande atraviesa un área de tendón más pequeña.²⁰⁷

Una porción del ligamento coracohumeral se extiende sobre la superficie articular del tendón supraespinoso perpendicular a la orientación del tendón. Esto crea un arco lateral que es visible desde el interior de la articulación y se extiende hasta la inserción del infraespinoso. Su tendón puede tener un depósito de calcio asintomático en hasta 2,5 % de los hombros.¹⁵⁶ Inferiormente, la porción muscular está limitada por su origen en el hueso, el borde del cuello de la cavidad glenoidea y la cápsula misma, que no es divisible de las fibras profundas del tendón (Fig. 2-29).

La función del músculo supraespinoso es importante porque está activa en cualquier movimiento que implique elevación.¹⁰² Su

curva de longitud-tensión ejerce un esfuerzo máximo a aproximadamente 30 grados de elevación.⁶ Por encima de este nivel, el tubérculo mayor aumenta su brazo de palanca.²⁰³ Debido a que el músculo circunscribe la cabeza del húmero arriba y sus fibras están orientadas directamente hacia la glenoide, es importante para estabilizar la articulación glenohumeral. El supraespinoso, junto con los otros músculos accesorios (el infraespinoso, el subescapular y el bíceps), contribuye igualmente con el deltoides al torque de la elevación del plano escapular y la elevación hacia adelante cuando se prueba mediante bloqueo nervioso axilar selectivo.^{40,41} El supraespinoso tiene una excursión aproximadamente de dos tercios sobre la del deltoides para el mismo movimiento, indicativo de un brazo de palanca más corto.¹⁵⁷

Otros músculos del manguito de los rotadores, especialmente el infraespinoso y el subescapular, proporcionan una mayor fuerza hacia abajo en la cabeza del húmero para resistir las fuerzas de corte del deltoides. Si estos músculos están intactos, incluso con una pequeña rotura del manguito rotador, puede haber suficiente estabilización para una abducción bastante fuerte del hombro por parte del músculo deltoides, aunque la resistencia puede ser más

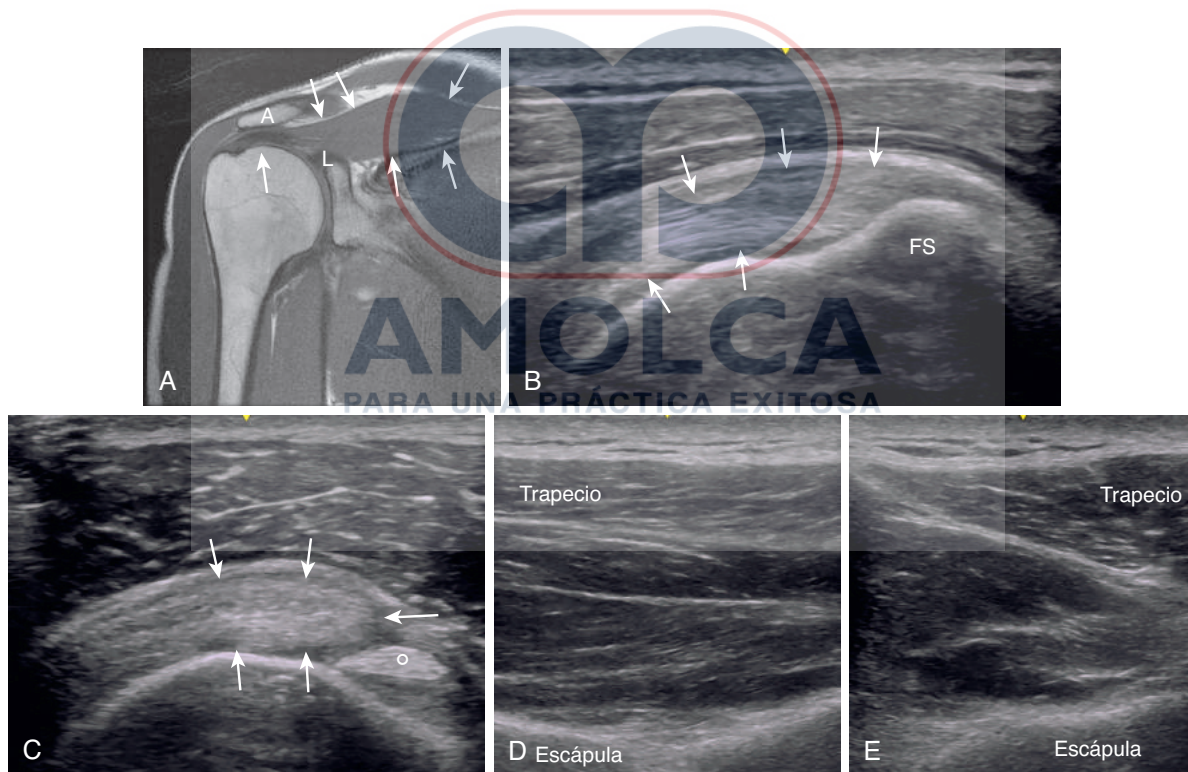


FIGURA 2-29: **A**, Sección transversal coronal en T1 de la escápula en el plano coronal que muestra las relaciones importantes del músculo supraespinoso. Entre estas relaciones están el curso del tendón que circunscribe la cabeza del húmero, esencial para su efecto depresor de la cabeza, y el curso del tendón debajo del acromion, la articulación acromioclavicular y la indiscernible bolsa subacromial. Inferiormente, es inseparable de la cápsula de la articulación. La bolsa subacromial por encima del tendón, que es un espacio potencial, es indiscernible (compárese con la Fig. 2-60). **B**, Inserción en la faceta superior (FS) de la tuberosidad mayor, en el eje largo. El tendón está indicado por las flechas. **C**, Tendón supraespinoso (flechas) sobre la cabeza del húmero en el eje corto con el bíceps (círculo pequeño) a la derecha marcando el borde anterior del tendón supraespinoso. Tenga en cuenta que el bíceps es más ecogénico que el supraespinoso. **D**, Vientre muscular en eje largo que se extiende entre el trapecio y la escápula. **E**, Eje corto del vientre muscular que se extiende entre el trapecio y la escápula. Tenga en cuenta el tendón central en el supraespinoso anterior a la derecha. (A, Cortesía de Allie Blackburn, MD.)

corta.¹⁸³ Algunos pacientes rotan externamente sus hombros como aquellos que usan sus bíceps para la misma actividad. Debido a que el supraespinoso está confinado arriba por la bolsa subacromial y el acromion y debajo por la cabeza humeral, el tendón está en riesgo de compresión y atrición. Debido a tal compresión, las series de Grant y Smith y otras indican que 50 % de las muestras de cadáveres de individuos mayores de 77 años tienen desgarros del manguito rotador.⁸⁵ Un estudio posterior de Neer mostró una incidencia menor.¹⁶⁷

Los límites de la ruta del tendón supraespinoso se conocen como la *salida del supraespinoso*.¹⁶⁸ Este espacio se reduce por rotación interna y se abre por rotación externa, mostrando así el efecto del tubérculo mayor.¹⁶⁶ El espacio también se ve comprometido por el uso del hombro para soportar peso, como cuando se usan muletas o se hacen flexiones en una silla de ruedas.¹⁰ Martin sugirió que la rotación externa del brazo durante la elevación es producida por el arco coracoacromial que actúa como un plano inclinado en el tubérculo mayor.¹⁴⁷ Saha y cols. atribuyen esta limitación de rotación durante la elevación al control ligamentoso.^{209,210} Datos más recientes sugieren que esta rotación externa es necesaria para eliminar la angulación de 45 grados del húmero desde el plano coronal, agregando 45 grados a la elevación limitada permitida por el glenoide (Fig. 2-30).¹¹⁰ La inervación del supraespinoso es suplida por el nervio supraescapular (C5 con algo de C6). El suministro arterial principal es la arteria supraescapular. Estas estructuras ingresan al músculo cerca de su punto medio en la escotadura supraescapular en la base del apófisis coracoides. El nervio atraviesa la escotadura y está delimitado arriba por el ligamento escapular transverso. El nervio no tiene movimiento relativo a la escotadura. La arteria viaja por encima de este ligamento. Los vasos supraescapulares y el nervio irrigan la superficie profunda del músculo. Una rama también se extiende

entre el hueso de la espina escapular y el músculo. La porción medial del músculo recibe vasos de la arteria escapular dorsal.²¹²

Infraespinoso

El infraespinoso es el segundo músculo más activo del manguito de los rotadores (véanse Figs. 2-30 y 2-31).¹⁸³ Abarca el origen carnoso, de colágeno deficiente, fuera de la fosa del infraespinoso de la escápula, la fascia densa superpuesta y la espina de la escápula. Su inserción tendinosa es común con el supraespinoso anterior superior y el redondo menor inferiormente en la tuberosidad mayor. En su superficie superficial, está limitado por un espacio fascial avascular en la superficie profunda del deltoides. Es uno de los dos rotadores externos principales del húmero y representa hasta 60 % de la fuerza de rotación externa.⁴¹ Funciona como un depresor de la cabeza del húmero.¹⁰⁶ Incluso en el estado pasivo (cadáver), el infraespinoso es un importante estabilizador contra la subluxación posterior.^{178,179} Un aspecto interesante de la acción muscular en el hombro es que un músculo puede tener acciones opuestas en diferentes posiciones. El músculo infraespinoso estabiliza el hombro contra la subluxación posterior en la rotación interna al circunscribir la cabeza del húmero y crear una fuerza hacia delante. En contraposición, tiene una línea de tracción hacia atrás y se estabiliza frente a la subluxación anterior cuando el hombro está en abducción-rotación externa.^{29,183} El infraespinoso es un músculo peniforme con un rafe medio cubierto por una banda adiposa que puede confundirse en la cirugía con la brecha entre los músculos infraespinoso y redondo menor. El infraespinoso está inervado por el nervio supraescapular. El nervio hace un túnel a través de la escotadura espinoglenoidea, que no suele estar atravesado por un ligamento. Su suministro de sangre generalmente se describe como procedente de dos grandes ramas de la arteria supraescapular.

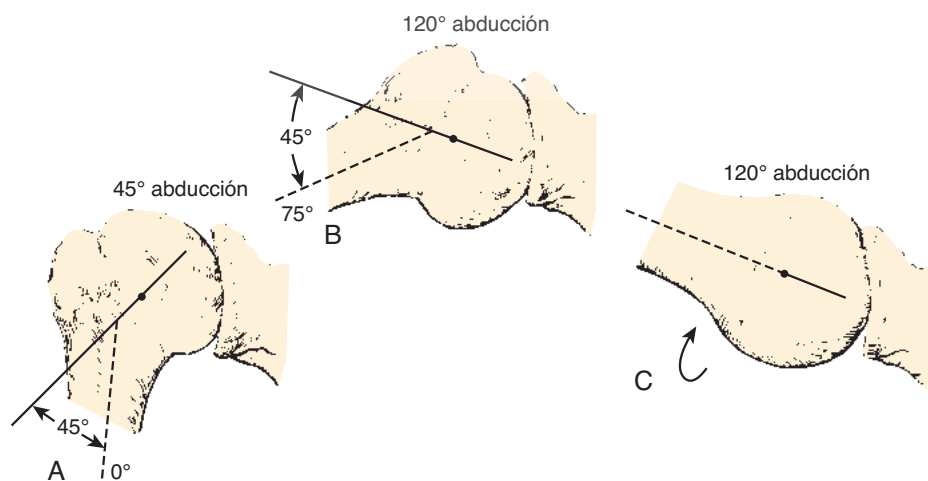


FIGURA 2-30: Con cierta compresión de los tejidos blandos en la parte superior, esta articulación glenohumeral permite casi 75 grados de abducción coronal. Sin cambiar la orientación la diáfisis de la cabeza hacia la glenoidea, 90 grados de rotación hacia arriba quitan de la vista el ángulo la diáfisis del cuello de 135 grados, lo que hace que el ángulo la diáfisis del cuello parezca de 180 grados, lo que agrega 45 grados adicionales de elevación aparente en el plano coronal. (De Jobe CM, Iannotti JP. Limits imposed on glenohumeral motion by joint geometry. *J Shoulder Elbow Surg.* 1995;4(4):281-285.)

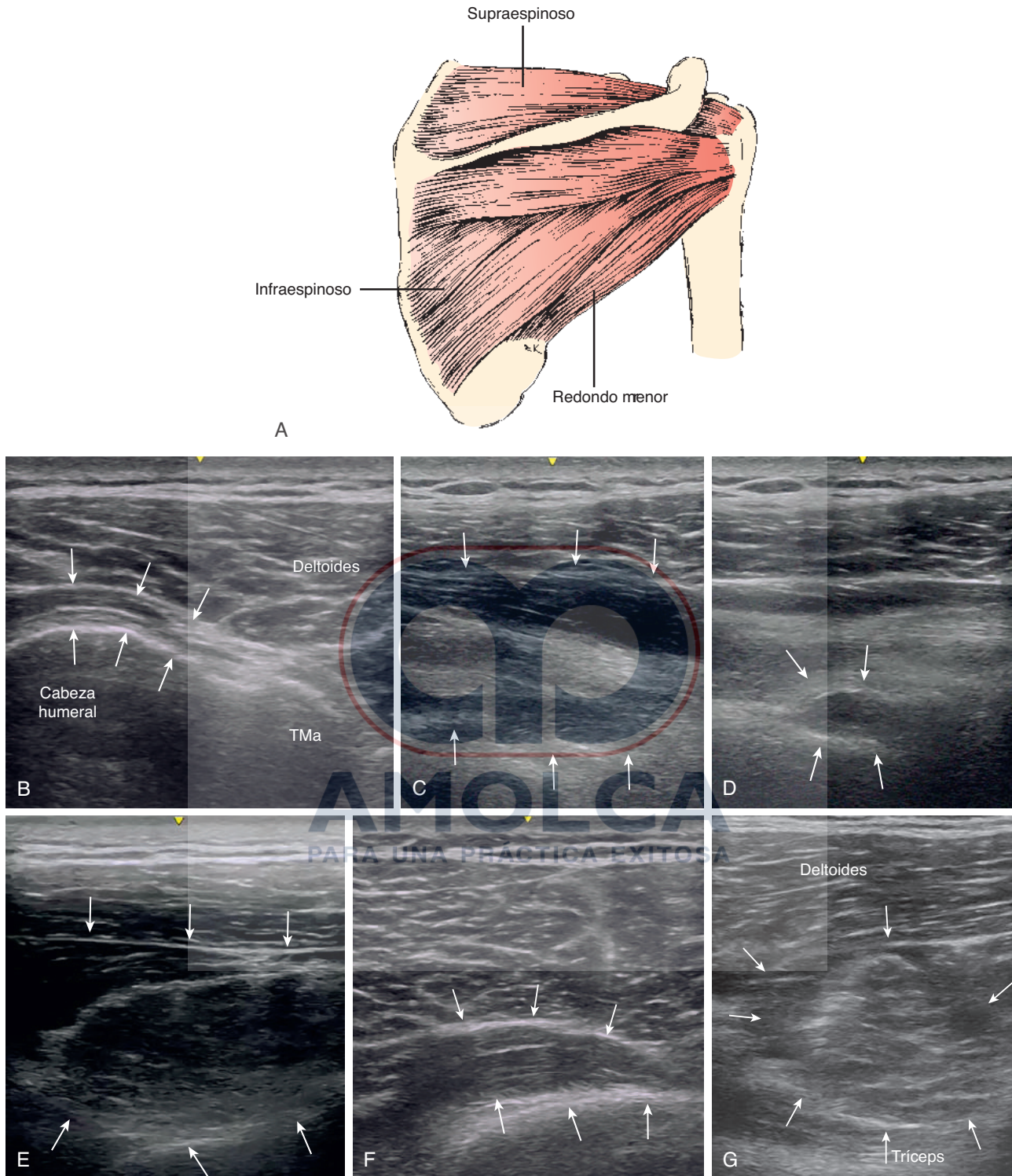


FIGURA 2-31: **A**, Los dos rotadores externos del húmero, los músculos infraespinoso y redondo menor, también son la pared posterior del manguito rotador. Tenga en cuenta el rafe mediano del infraespinoso, que a menudo se confunde en la cirugía con el límite entre el infraespinoso y el redondo menor. **B**, Eje largo del infraespinoso (*flechas*) sobre la cabeza; tenga en cuenta la delgadez de la estructura en comparación con el grosor del vientre muscular. **C**, Eje largo del vientre del músculo infraespinoso, entre el deltoides suprayacente y la escápula subyacente. **D**, Infraespinoso (el mismo músculo que se muestra en **C**), en una posición que permite dilatar la vena supraescapular (*flechas*). **E**, Eje corto del vientre muscular del infraespinoso (*flechas*). El hueso de la espina escapular se inclina hacia la izquierda mientras que el cuello inferior de la glenoide se encuentra a la derecha, marcando el borde inferior del infraespinoso. El deltoides se encuentra en la parte superior. **F**, Eje largo de teres menor cerca de la inserción. Tenga en cuenta que el tejido es músculo hasta el hueso, sin un tendón intermedio. **G**, Eje corto de teres menor (*flechas*). *Teres* significa redondo en latín. El deltoides, que es más grueso en este nivel, se encuentra en la parte superior. La cabeza larga del tríceps se origina a la derecha y se extiende hacia la profundidad del redondo.

Salmon, sin embargo, encontró en dos tercios de sus especímenes que la arteria subescapular a través de su rama dorsal o escapular circunfleja suministró la mayor parte de la circulación del músculo infraespinoso.²¹²

Redondo menor

El redondo menor tiene un origen muscular desde la porción media del borde lateral de la escápula y la fascia densa del infraespinoso (véanse las Figs. 2-30 y 2-31). Rara vez se encuentran individuos en los que el redondo menor se superpone al infraespinoso hasta el borde vertebral de la escápula.²⁵⁷ El redondo menor se inserta en la porción inferior de la tuberosidad posterior mayor del húmero. En su superficie profunda está la cápsula posterior adherente, y en la superficie superficial hay un plano fascial entre ella y la superficie profunda del deltoides. En el borde inferior se encuentra el espacio cuadrilátero lateralmente y el espacio triangular medialmente. En el espacio cuadrilátero, la arteria circunfleja humeral posterior y el nervio axilar bordean el redondo menor. En el espacio triangular, la arteria escapular circunfleja se encuentra justo por debajo de este músculo. En su superficie profunda, en la porción media, se encuentra la cabeza larga del tendón del tríceps, la grasa alveolar suelta y el subescapular. El redondo menor es uno de los pocos rotadores externos del húmero. Proporciona hasta 45 % de la fuerza de rotación externa y es importante para controlar la estabilidad en la dirección anterior.^{29,41} También es probable que participe en la pareja de fuerza corta del rotor en abducción junto con la porción inferior del subescapular. El redondo menor está innervado por la rama posterior del nervio axilar (C5 y C6). Su suministro de sangre se deriva de varios vasos en el área, pero la rama de la arteria circunfleja escapular humeral posterior es la más constante.²¹²

Subescapular

El músculo subescapular es la porción anterior del manguito de los rotadores. Este músculo toma un origen carnoso de la fosa subescapular que cubre la mayor parte de la superficie anterior de la escápula. Contiene múltiples bandas tendinosas intercaladas que se unen lateralmente en un tendón aplanado en los dos tercios superiores del músculo, mientras que el tercio inferior del subescapular tiene una unión muscular casi directamente en la cara inferior de la tuberosidad menor y la cara anterior de la metafisis humeral a través de una estructura membranosa delgada.¹⁶²

El 60 % superior del músculo subescapular se inserta a través de un tendón rico en colágeno en la tuberosidad menor del húmero. El 40 % inferior tiene una inserción carnosa en el húmero por debajo de la tuberosidad menor que rodea la cabeza y el cuello.⁹³ La estructura interna del músculo es multipeniforme, y el colágeno es tan denso en el subescapular superior que se lo considera uno de los estabilizadores pasivos del hombro.^{177,234,252} El músculo subescapular está delimitado anteriormente por el espacio axilar y la bolsa coracobraquial. Superiormente, pasa por debajo de la apófisis coracoides y el receso del subescapular, o bolsa. El nervio axilar y la arteria y las venas circunflejas humerales posteriores pasan por debajo del músculo hacia el espacio cuadrilátero. La arteria escapular circunfleja pasa al espacio triangular más medial. Lateralmente, los vasos circunflejos humerales anteriores marcan la división entre el 60 % superior y el 40 % inferior.⁹³

El subescapular funciona como un rotador interno y un estabilizador pasivo para prevenir la subluxación anterior y, especialmente en sus fibras inferiores, sirve para deprimir el cabeza humeral (Fig. 2-32).¹⁰⁶ A través de esta última función, resiste la fuerza cortante del deltoides para ayudar con la elevación. La compresión de la articulación glenohumeral también aumenta esta función. Otra característica del subescapular es que su función puede variar con el nivel de entrenamiento. La función del subescapular en la aceleración es menor en los lanzadores aficionados que en los lanzadores profesionales, lo que implica que un lanzador menos entrenado aún ajusta la articulación glenohumeral para la estabilidad, mientras que un profesional puede usar el músculo como un rotador interno.⁸⁴

Al igual que con las inserciones de los otros músculos del manguito de los rotadores, el subescapular tiene colágeno paralelo en la superficie y fascículos más divergentes en profundidad. Esto ayuda al cirujano al permitir que el tendón mantenga la sutura. Esta estructura divergente probablemente esté relacionada con la contención de la cabeza humeral y la rotación hacia arriba y hacia abajo de la cabeza sobre la cavidad glenoidea. Una de las características más prominentes de esta divergencia es un grupo superior de fibras profundas que pasa en la superficie profunda del bíceps y se inserta en el piso del surco bicipital hasta la inserción del supraespinoso.

En la superficie profunda de la porción superior del tendón subescapular se encuentra la articulación glenohumeral. El ligamento glenohumeral medio se encuentra debajo de la porción superior del tendón. El ligamento glenohumeral inferior anterior se encuentra en las partes medias e inferiores. La innervación generalmente proviene de dos fuentes: los nervios subescapulares superiores (C5), que suministran el 50 % superior, y los nervios subescapulares inferiores (C5 y C6), que suministran el 20 % inferior. El suministro de nervios a los restantes 30 % varía. Los nervios subescapulares superiores, generalmente dos nervios comparativamente cortos en la axila, salen del cordón posterior. Debido al mayor movimiento relativo de la porción inferior de la escápula, los nervios subescapulares inferiores, también dos en número, son más largos en su curso.¹⁵²

El suministro de sangre del subescapular generalmente se describe como proveniente de las arterias axilares y subescapulares. Bartlett y colegas encontraron que 84 % de sus 50 disecciones no tenían vasos significativos fuera de la arteria subescapular antes de la bifurcación en las arterias circunflejas escapular y toracodorsal.⁹ Este hallazgo indica una mayor importancia de la arteria circunfleja humeral anterior y de la arteria subescapular superior nombrada por Huelke.¹⁰³ Salmon también describió esta última arteria como un vaso constante, pero afirmó que es pequeña en su calibre. Descubrió que el suministro principal deriva de ramas de la arteria subescapular.²¹² Las ramas pequeñas de la arteria escapular dorsal alcanzan la porción medial del músculo después de penetrar el serrato anterior. El drenaje venoso se realiza a través de dos venas hacia la vena escapular circunfleja.²⁵⁸

Redondo mayor

El redondo mayor se origina en la superficie posterior de la escápula a lo largo de la porción inferior del borde lateral (Fig. 2-33C). Tiene un origen muscular desde la escápula y una inserción en el húmero posterior al dorsal ancho a lo largo del labio medial del

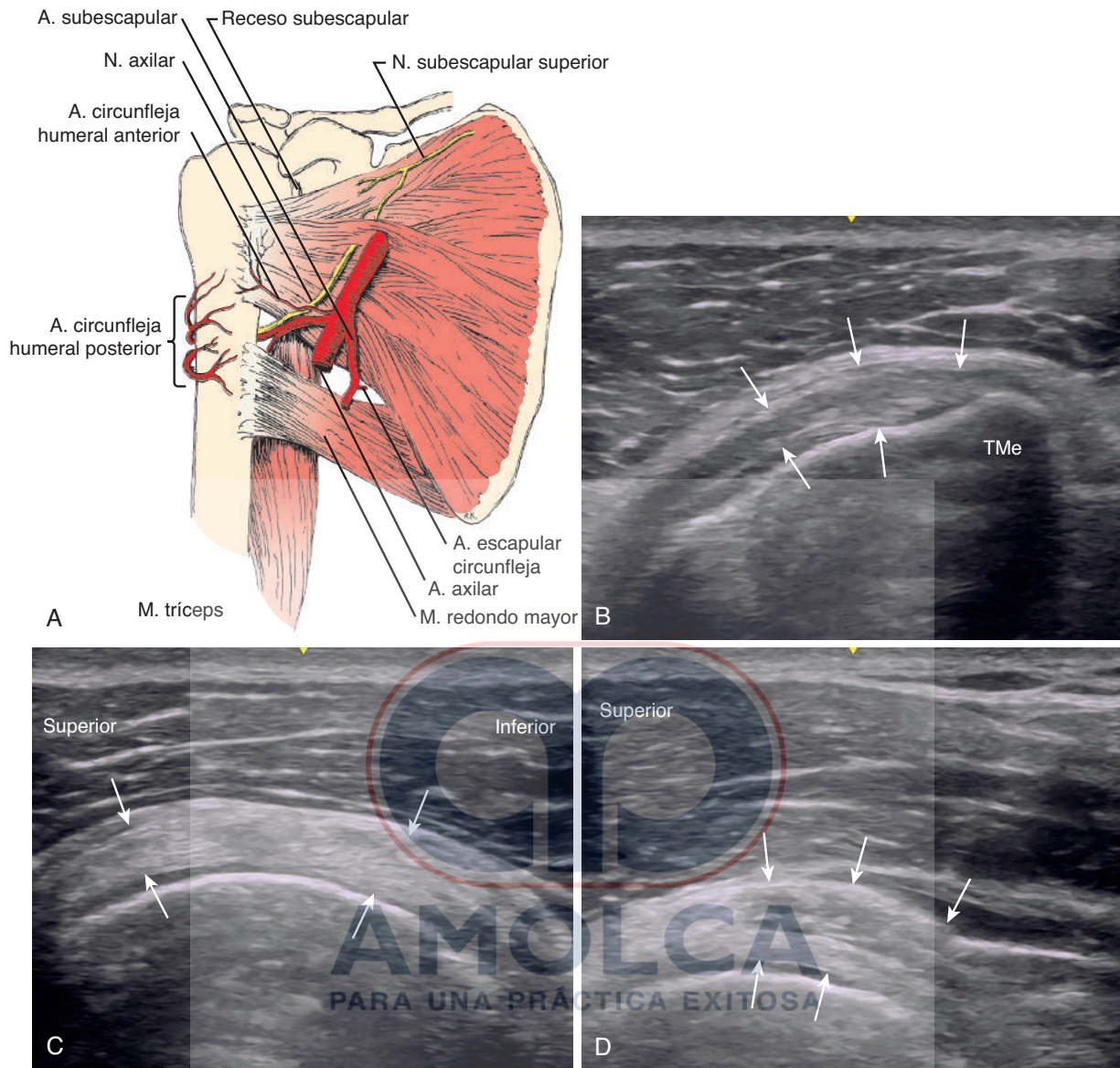


FIGURA 2-32: A, Las relaciones anterior e inferior del músculo subescapular. Los tejidos blandos que no se muestran son la grasa espacial axilar y la bolsa coracobraquial. Las estructuras vulnerables dentro del tejido adiposo son el nervio axilar, que cruza las fibras del músculo subescapular antes de entrar en el espacio cuadrilátero, y los vasos circunflejos humerales posteriores. El tamaño del espacio cuadrilátero se amplía en este dibujo con fines ilustrativos. Los vasos circunflejos humerales anteriores también son vulnerables anteriormente. El espacio triangular ha sido ampliado por el ilustrador. **B**, Inserción directa de subescapular (*flechas*) en la tuberosidad menor (TMe). **C**, Vista del eje corto del tendón del subescapular (*flechas*), sobre la cabeza del húmero. **D**, Vista del eje corto más proximal y medial. La parte superior izquierda sigue siendo tendón. El más bajo es más muscular en este nivel. El 40 % más bajo de este músculo, que no se muestra en esta imagen, es muscular.

surco bicipital, un reborde de hueso que es una continuación de la tuberosidad menor y posterior a ella. En sus cursos, tanto el dorsal ancho como el redondo mayor experimentan una espiral de 180 grados; por lo tanto, la superficie previamente posterior del músculo está representada por fibras en la superficie anterior del tendón. Por otra parte, la relación entre el redondo mayor y el dorsal ancho se reorganiza de modo que el previamente dorsal ancho posterior se vuelve anterior al redondo mayor. Además de los

límites del dorsal ancho, el redondo mayor está delimitado por encima por los espacios triangulares y cuadriláteros, posteriormente por la cabeza larga del tríceps y, anteriormente, en su parte media por el espacio axilar. La función del redondo mayor es la rotación interna, la aducción y la extensión del brazo. Este músculo está activo en estos movimientos solo contra la resistencia.⁶⁰ La rotación hacia arriba de la escápula puede ser una función adicional de este músculo durante las actividades que involucran una extremidad

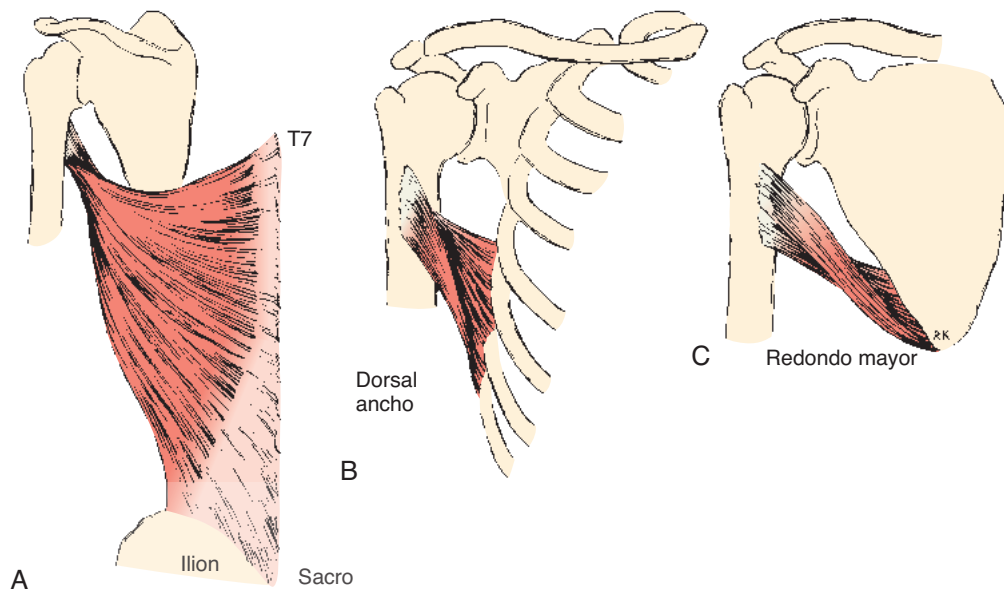


FIGURA 2-33: Vistas posterior (A) y anterior (B) del curso del músculo dorsal ancho desde su origen a lo largo de las apófisis espinosas posteriores desde el T7 hasta el sacro y a lo largo de la cresta ilíaca. Su inserción es a lo largo del labio medial y el piso del surco bicipital. C, El músculo acompañante, el redondo mayor, con sus fibras similares de rotación se inserta a la medial del dorsal ancho.

superior firmemente plantada, como la cruz de hierro que realizan los gimnastas. La inervación es suministrada por el nervio subescapular inferior (C5 y C6), y su suministro de sangre se deriva de las ramas de la arteria subescapular, con bastante regularidad un vaso único de la arteria toracodorsal.²¹² Esta rama puede originarse directamente en la arteria axilar.

Coracobraquial

El músculo coracobraquial tiene un origen carnoso y tendinoso de la apófisis coracoides, en común con y medial a la cabeza corta del bíceps, y se inserta en la superficie anteromedial en la porción media del húmero. Lateralmente, el coracobraquial está delimitado por su origen común con el bíceps (Fig. 2-34). En la superficie profunda, la bolsa coracobraquial se encuentra entre los dos músculos conjuntos y el subescapular. El deltoides, el surco deltopectoral y el pectoral mayor se encuentran en la cara superficial. Estas caras tienden a ser avasculares o están cruzadas por unos pocos vasos pequeños. La acción del coracobraquial es la flexión y la aducción de la articulación glenohumeral, con la inervación suministrada por pequeñas ramas del cordón lateral y el nervio musculocutáneo. La mayoría de los especímenes tienen un nervio directo al coracobraquial del cordón lateral, además del nervio musculocutáneo (C5 y C6) más grande. Este nervio adicional ingresa al músculo coracobraquial en su superficie profunda y proporciona una inervación adicional.⁷¹ Debido a que la entrada más grande del nervio musculocutáneo al músculo se puede ubicar a una altura de 1,5 cm desde la punta del coracoides así como tan baja de 7 a 8 cm, debe identificarse y protegerse durante ciertos tipos de reparación. El suministro principal de sangre es por una sola arteria, generalmente fuera de la axilar. Esta arteria puede surgir en común con la arteria del bíceps.²¹²

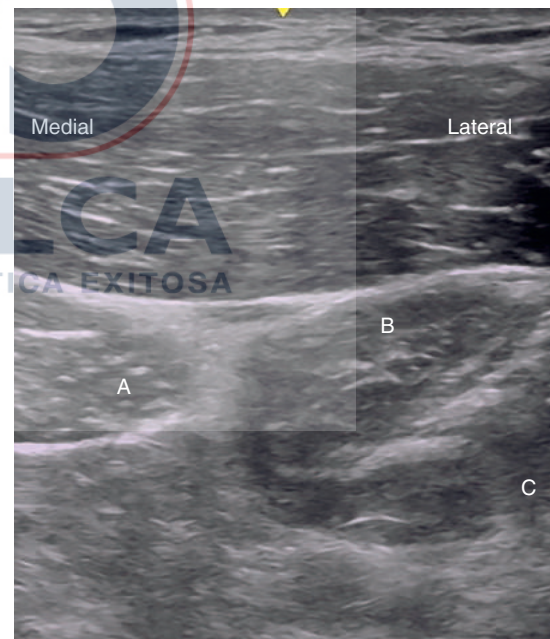


FIGURA 2-34: Vista de ultrasonido de eje corto de los tres músculos unidos al apófisis coracoides: pectoral menor (A), coracobraquial (B) y cabeza corta del bíceps (C).

Músculos articulares múltiples

Los músculos articulares múltiples actúan sobre la articulación glenohumeral y otra articulación, con mayor frecuencia la escapulotorácica. Cuando sea apropiado, se hará mención de la acción sobre ambas articulaciones.

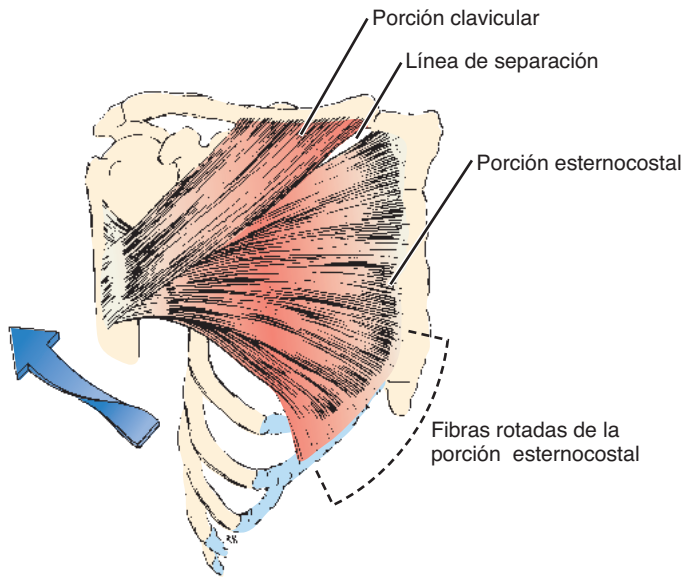


FIGURA 2-35: Dos divisiones principales del músculo pectoral mayor. La separación es a menudo fácilmente discernible. Tenga en cuenta la rotación de 180 grados de las fibras de la parte inferior de la división esternocostal.

Pectoral mayor

El pectoral mayor se compone de tres partes (Fig. 2-35). La porción superior se origina de la mitad medial a dos tercios de la clavícula y se inserta a lo largo del labio lateral de la ranura bicipital. Sus fibras mantienen una disposición paralela. La porción media se origina en el manubrio y en los dos tercios superiores del cuerpo del esternón y las costillas 2 a 4. Se inserta directamente detrás de la porción clavicular y mantiene una disposición de fibras paralelas. La porción inferior del músculo pectoral mayor se origina en el cuerpo distal del esternón, las costillas quinta y sexta, y la fascia del músculo oblicuo externo. Tiene la misma inserción que las otras dos partes, pero las fibras giran 180 grados, de modo que las fibras inferiores se insertan superiormente en el húmero. Landry notó que en presencia de musculo condroepitrocLEAR anómalo, la inserción torcida está ausente.¹²⁸ Una línea de separación a menudo está presente entre la porción clavicular y las dos porciones inferiores. El borde inferior es el borde del pliegue axilar. El borde lateral superior es el surco deltopectoral mencionado anteriormente. En la superficie profunda superior a la fijación a las costillas se encuentra el músculo pectoral menor, que está cubierto por la fascia clavipectoral.

La acción del pectoral mayor depende de su posición inicial. Por ejemplo, la parte clavicular participa algo en flexión con la porción anterior del deltoides, mientras que las fibras inferiores son antagonistas. Ambos efectos se pierden en el plano coronal. El músculo está activo en la rotación interna contra la resistencia y extenderá el hombro desde la flexión hasta alcanzar la posición neutral.²¹⁷ Este músculo también es un poderoso aductor de la articulación glenohumeral e indirectamente funciona como un depresor del ángulo lateral de la escápula. La pérdida de la porción esternocostal afecta

más notablemente la rotación interna y la depresión escapular, con alguna pérdida de la aducción.¹⁴⁶ Esta pérdida es significativa solo para el atletismo, no para las actividades diarias. La porción clavicular es más activa en la flexión hacia adelante y en la aducción horizontal.¹⁰⁶ La pérdida de la función del pectoral mayor parece ser bien tolerada.^{89,261}

La inervación del músculo es suministrada por dos fuentes: el nervio pectoral lateral (C5, C6 y C7) inerva la porción clavicular del músculo, probablemente solo con fibras de C5 a C6, y la contribución del bucle del nervio pectoral lateral al nervio pectoral medial que lleva fibras C7 continúa a través o alrededor del pectoral menor en la porción esternal superior. El nervio pectoral interno, que lleva fibras de C8 y T1, continúa a través del pectoral menor en la porción restante del músculo pectoral mayor. Klepps y cols.¹²¹ encontraron que los nervios pectorales inervan el músculo pectoral mayor bastante medialmente, lejos de la inserción humeral. Estos nervios están a salvo de la disección quirúrgica siempre que uno permanezca lateral al pectoral menor y a menos de 8,5 cm desde el punto de inserción humeral.¹²¹

El principal suministro de sangre se deriva de dos fuentes. La rama deltoidea de la arteria toracoacromial surte la parte clavicular y la arteria pectoral cubre la porción esternocostal del músculo.¹⁹⁵ Se proporciona suministro de sangre adicional a través de la arteria mamaria interna, la cuarta o quinta arteria intercostal y otras anastomosis de la arteria torácica lateral.^{195,212} El vaso hasta el área de la cuarta costilla está dentro de un origen profundo adicional que sale de esta costilla en la línea medioclavicular. El drenaje venoso lateralmente se realiza a través de dos venas hacia la vena axilar y medialmente hacia el sistema mamario interno.¹⁹⁵ En una revisión de la literatura realizada en 1902, Bing encontró que la ausencia de una porción o la totalidad del pectoral mayor era el defecto muscular más comúnmente informado, representando 28 % de los casos citados.¹⁶

Dorsal ancho

El dorsal ancho (véase Fig. 2-33A y B) se origina a través de la grande y ancha aponeurosis de las espinas dorsales de T7 a L5, una porción del sacro y la cresta del ilion. Con frecuencia, tiene orígenes en las tres o cuatro costillas más bajas y también en el ángulo inferior de la escápula.⁹ Este músculo se enrolla alrededor del redondo mayor y se inserta en la cresta medial y el piso del surco bicipital o intertubercular. Dadas las conexiones fasciales entre el latissimus y el redondo mayor,⁸³ estos dos músculos se pueden transferir juntos para proporcionar una rotación externa.¹⁷

En su superficie superficial, el músculo está delimitado por grasa subcutánea y fascia, y a lo largo del borde inferior, forma el pliegue axilar posterior. En la parte anterior, está delimitado por el espacio axilar, y su superficie profunda está delimitada por costillas y el redondo mayor. Las acciones del músculo incluyen la rotación hacia adentro y la aducción del húmero, la extensión del hombro e indirectamente a través de su atracción sobre el húmero, la rotación hacia abajo de la escápula. Scheving y Pauly encontraron que este músculo es más importante que el pectoral mayor como un rotador interno.²¹⁴ Ekholm y cols. encontraron que su acción más poderosa es en los movimientos oblicuos: extensión, aducción y abducción-rotación interna.⁶³

La inervación se produce a través del nervio toracodorsal (C6 y C7), y su suministro de sangre se deriva de la arteria toracodorsal con suministro adicional de los perforadores intercostales y lumbares. El hilio neurovascular está en la superficie anterior inferior del músculo, aproximadamente 2 cm medial al borde muscular.⁹ Dos investigadores han encontrado que este pedículo neurovascular se divide dentro de la fascia muscular en ramas superomediales e inferolaterales.^{9,247} El drenaje venoso refleja el suministro arterial.²⁵⁸ Descubrieron que tales divisiones son bastante predecibles y sugirieron que el músculo podría dividirse en dos colgajos de isla separadas o colgajos libres.

Bíceps braquial

El bíceps (Fig. 2-36) tiene su acción principal en el codo en lugar del hombro. Se considera principalmente un músculo del codo, pero se enumera aquí con los músculos del hombro debido a su participación frecuente en la patología del hombro y su uso en movimientos sustitutivos. El músculo bíceps tiene dos orígenes en el hombro, ambos ricos en colágeno. La cabeza larga se origina en el tubérculo bicipital en el borde superior de la cavidad glenoidea y en el borde posterosuperior de la cavidad glenoidea y labrum, y la cabeza corta se origina en la punta lateral de la coracoides y en común con el coracobraquial. Meyer⁴⁴ señaló que gran parte del origen de la cabeza larga es a través del labrum superior y que el tamaño del tubérculo bicipital no refleja el tamaño del tendón del bíceps. El músculo tiene dos inserciones tendinosas distales. La inserción lateral es hacia la parte posterior de la tuberosidad del radio, y la inserción medial es aponeurótica y pasa medialmente a través y hacia la fascia profunda de los músculos del antebrazo volar. La pérdida de la fijación de la cabeza larga se manifiesta principalmente como la pérdida de fuerza de supinación (20 %) con una menor pérdida (8 %) de la fuerza de flexión del codo.¹⁴⁵

Las relaciones del tendón del bíceps son más importantes en su papel en la patología del hombro. La cabeza larga del bíceps sale del hombro a través de un defecto en la cápsula entre las tuberosidades mayores y menores y pasa distalmente en el surco

bicipital. Esta porción del tendón es la que con mayor frecuencia está involucrada en la patología. Muchos estudios han intentado relacionar la construcción del surco con la patología bicipital (véase la Fig. 2-18).^{94,158} Se pensó que un surco bicipital y una cresta supratubular sobre el tubérculo menor (la tróclea del tendón) predisponen al tendón del bíceps a una luxación, con una posterior patología del tendón. Se observó que el tendón intraarticular era más ancho que el del surco.¹⁵⁸ Otros autores tempranos informaron que no hubo ruptura del tendón del bíceps en ausencia de ruptura del supraespinoso. Si existe una correlación entre la morfología del surco bicipital y el tendón del bíceps, un surco menos profundo puede ser más probable que exponga la cabeza larga del bíceps al pinzamiento.¹⁶⁷ Pfahler describió la anatomía del surco bicipital en un estudio radiográfico. La pared medial del surco bicipital fue más alta, con un ángulo de apertura de 30 a 40 grados en la fracción más grande de pacientes.¹⁸⁷

El tendón bicipital no se mueve hacia arriba y hacia abajo en el surco. Por el contrario, el húmero se mueve hacia abajo y hacia arriba con aducción y abducción en relación con el tendón. El tendón bicipital se retiene dentro del surco mediante una polea formada por fibras de los ligamentos coracohumeral y glenohumeral superior, con algún refuerzo de los tendones adyacentes.^{38,255}

En condiciones normales, la acción del bíceps es la flexión y la supinación en el codo. En ciertas condiciones, particularmente cuando se ha producido parálisis o ruptura del supraespinoso, la cabeza larga del bíceps está hipertrofiada, probablemente porque el paciente está utilizando el músculo como depresor de la cabeza del húmero colocando el hombro en rotación externa.¹⁸³ Según los informes, un paciente con una gran rotura del manguito rotador era camarero y portaba bandejas en el lado afectado, una maniobra de sustitución comúnmente observada en los días de parálisis infantil.^{106,246} Lucas informó una pérdida de 20 % de la fuerza de elevación en la rotación externa con ruptura de la cabeza larga del bíceps.¹³⁹ Por otro lado, Mariani y cols. informaron que es improbable que la pérdida de este efecto depresor de la cabeza empeore el pinzamiento.¹⁴⁵ En la rotación interna, no hay pérdida de fuerza evidente, y debemos recordar que el pinzamiento ocurre en la rotación interna.¹³⁹ En un

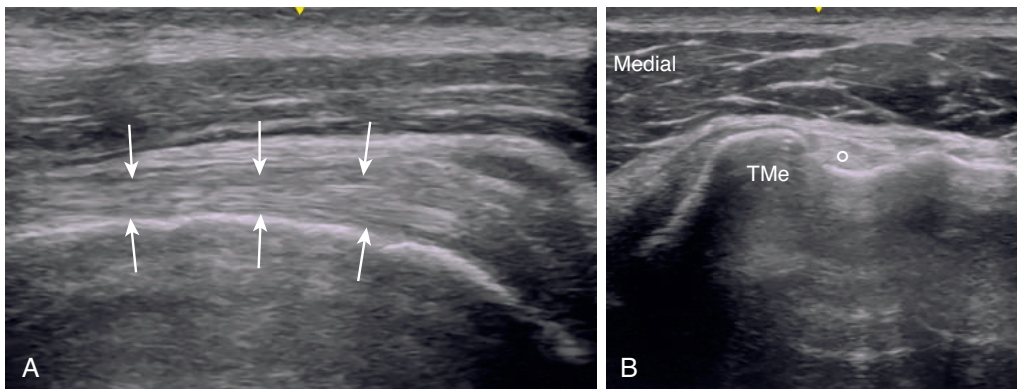


FIGURA 2-36: **A**, Vista del eje largo de la cabeza larga del bíceps (flechas) en la porción profunda del surco bicipital. **B**, Cabeza larga del bíceps (círculo pequeño) lateral a la tuberosidad menor (TMe)

estudio involucrando especímenes de cadáveres se descubrió que la cabeza larga podría contribuir a la estabilidad de la articulación y que esta estabilidad aumenta en la rotación externa y disminuye en la rotación interna.¹⁰⁸ Debe enfatizarse que estas no son las actividades habituales del bíceps en una persona sin patología de hombro determinado por electromiografía. La inervación del bíceps es suministrada por ramas del nervio musculocutáneo (C5 y C6), y el suministro de sangre se deriva de una única arteria bicipital grande de la arteria braquial (35 %), múltiples arterias muy pequeñas (40 %), o una combinación de los dos tipos.²¹²

Tríceps braquial

El tríceps es otro músculo que generalmente no se considera un músculo del hombro, pero puede estar involucrado en la patología del hombro, especialmente en la cabeza larga. La cabeza larga se origina en el tubérculo infraglenoideo. Aunque este tendón no es intraarticular como el de la cabeza larga del bíceps, la inserción está íntimamente relacionada con el labrum a una distancia de 2 cm centrada en el tubérculo. Las fibras del tendón adyacente a la cápsula irradian hacia la cápsula inferior y la refuerzan. Las fibras restantes se insertan en el hueso. Esta cápsula reforzada, una porción del ligamento glenohumeral inferior, se inserta a través del labrum e irradia fibras hacia la porción circular del labrum.

El origen de la cabeza larga está delimitado lateralmente por el espacio cuadrilátero, que contiene el nervio axilar y la arteria circunfleja humeral posterior, y medialmente por el espacio triangular, que contiene la arteria circunfleja escapular. El músculo redondo mayor anterior pasa por delante, y el redondo menor pasa posteriormente. La inervación es suministrada por el nervio radial con la inervación de la raíz a través de C6 a C8.⁹⁵ El suministro arterial se deriva principalmente de la arteria profunda braquial y la arteria colateral cubital superior. Sin embargo, cerca de su origen, la cabeza larga recibe ramas de las arterias braquial y humeral circunfleja posterior.

La acción principal del músculo es la extensión en el codo. Además, se cree que la cabeza larga funciona en la aducción del hombro contra la resistencia para compensar las fuerzas de corte generadas por los aductores primarios. En actividades más violentas como el lanzamiento, el músculo puede demostrar actividad electromiográfica hasta 200 % de la generada por una prueba muscular máxima.¹¹² Una parte de la fuerza se transmitirá al origen de la escápula.

Músculos referenciales

Algunos músculos son importantes para los cirujanos como puntos de referencia para la disección del hombro, aunque estos músculos no son del hombro en el sentido de producir un movimiento del hombro.

Esternocleidomastoideo

El más obvio de estos hitos es el músculo esternocleidomastoideo, que con las fibras superiores del trapecio forma los bordes del triángulo posterior del cuello. Se origina a través de una cabeza tendinosa desde el esternón y una cabeza muscular más ancha pero delgada desde la parte medial de la clavícula.²⁰⁸ Las dos cabezas

se unen y progresan hacia arriba, oblicuamente hacia atrás y lateralmente para insertarse en la apófisis mastoides. Este músculo comparte la misma inervación con el trapecio: el nervio espinal accesorio (nervio craneal XI). El suministro sanguíneo se deriva de dos pedículos vasculares, el superior de la arteria occipital y el inferior de la arteria tiroidea superior.

Escaleno anterior y escaleno medio

El músculo escaleno anterior se origina de los tubérculos anteriores de las vértebras C3 a C6 y tiene una inserción tendinosa en la primera costilla. El músculo escaleno medio, el más grande de los escalenos, tiene su origen en todos los procesos transversales de la columna cervical y también se inserta en la primera costilla. La primera costilla y los dos músculos escalenos forman un triángulo (Fig. 2-37) a través del cual pasan todo el plexo braquial y la arteria subclavia. La vena subclavia pasa por delante del escaleno anterior y por detrás de la clavícula. La inervación de estos músculos es suministrada por ramas profundas de los nervios cervicales. Se cree que las variaciones en los músculos y sus relaciones predisponen a un individuo al síndrome de salida torácica.²¹²

Omohioideo

El músculo omohioideo rara vez se menciona en una descripción de los procedimientos quirúrgicos, pero divide el triángulo cervical posterior en los triángulos occipitales superiores e inferiores subclavianos. Se adhiere al borde superior de la escápula justo medial a la escotadura escapular y discurre por la parte anterior, medial y superior a lo largo del triángulo cervical posterior. En lo profundo del músculo esternocleidomastoideo se encuentra un tendón en la porción media del vientre muscular. El músculo continúa hacia arriba hasta una inserción en el hioides.

NERVIOS

La discusión de los nervios del hombro incluye el plexo braquial y sus ramas, el sistema nervioso simpático, los nervios que salen de las raíces que forman el plexo braquial, el nervio craneal XI y los nervios supraclaviculares. El plexo braquial es único en el sistema nervioso humano debido a la gran cantidad de movimiento involucrado en relación con los tejidos adyacentes. A modo de introducción, primero discutimos la anatomía interna de los nervios. Las raíces, los troncos y los cordones del plexo braquial también son nervios periféricos en su anatomía transversal.^{220,230,233} Luego discutimos la disposición del sistema nervioso periférico en relación con otras estructuras de las extremidades. Como resumen, observamos una singularidad del plexo braquial en comparación con el resto del sistema nervioso; esta singularidad es producto del aumento del movimiento del hombro.

Esta sección describe el plexo braquial estándar y sus relaciones normales y luego analiza variantes no patológicas, variaciones que no afectan su función pero que pueden complicar el diagnóstico y los abordajes quirúrgicos. El nervio craneal XI, los nervios supraclaviculares y el nervio braquial intercostal también son revisados.

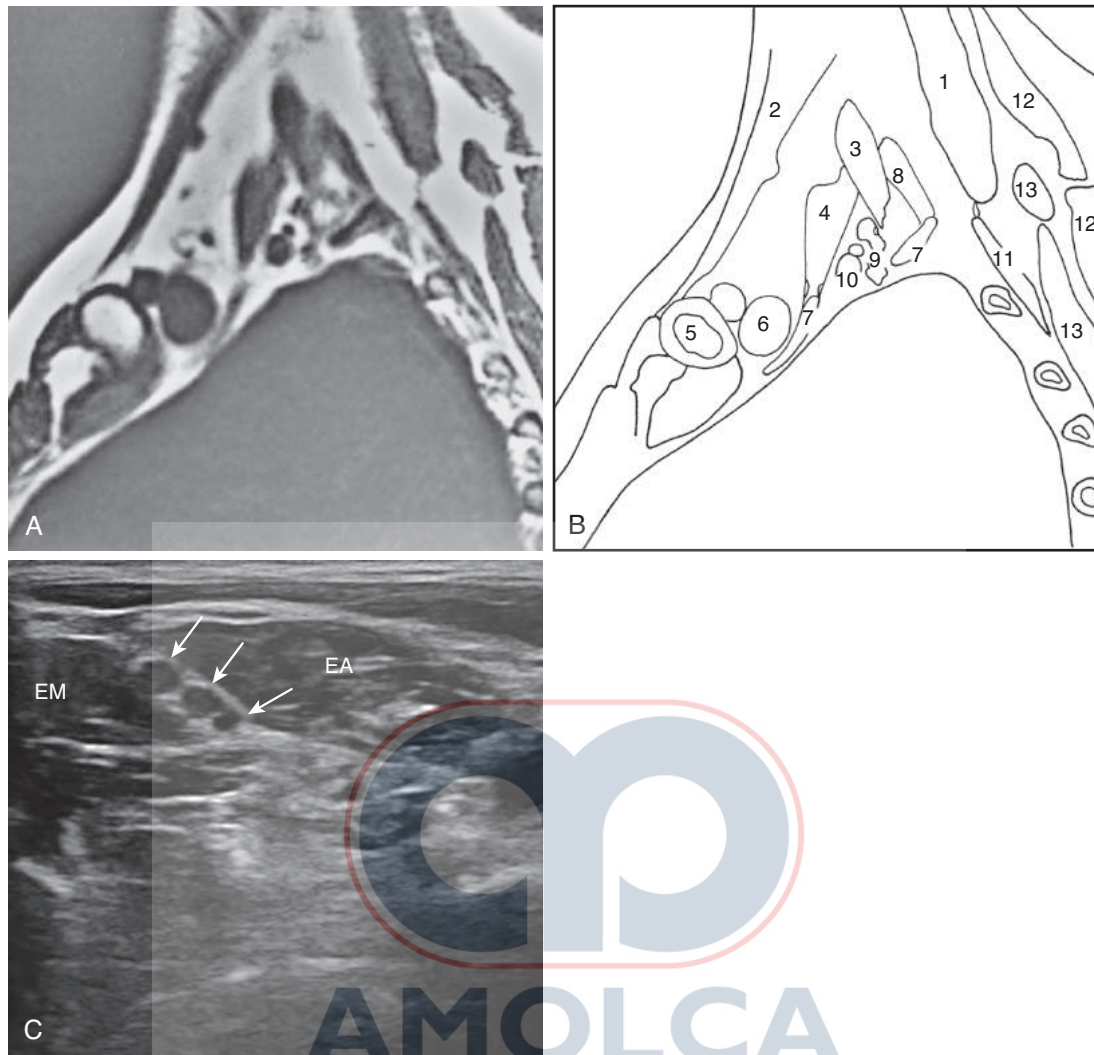


FIGURA 2-37: Escaneo de resonancia magnética (A) y diagrama (B) del triángulo escaleno que muestra sus límites y la relación de las estructuras importantes. Tenga en cuenta que la inclinación anterior de la primera costilla coloca las estructuras más posteriores en un nivel más caudal. Tenga en cuenta también el mayor grosor del elevador de la escápula (1) en comparación con el trapecio (12). Las estructuras marcadas son las siguientes: (1) elevador de la escápula, (2) esternocleidomastoideo, (3) escaleno medio, (4) escaleno anterior, (5) clavícula, (6) vena subclavia, (7) costilla 1, (8) escaleno posterior, (9) plexo braquial, (10) arteria subclavia, (11) serrato posterior superior, (12) trapecio y (13) romboides. C, Vista axial del espacio interescalénico con los tres nervios superiores (flechas). C5 se encuentra hacia la parte superior, C7 en la parte inferior.

Función nerviosa y microanatomía

La función principal de los nervios es mantener y apoyar los axones de las células nerviosas eferentes y aferentes. Los cuerpos celulares de estas fibras se localizan en la raíz dorsal y en los ganglios autónomos y en la sustancia gris de la médula espinal. Los axones se mantienen de alguna manera por flujo axoplásmico, pero se ha encontrado que la conducción del nervio y su función continua dependen de las capas que rodean a los axones y de su suministro sanguíneo.^{230,231,262} Estas capas a su vez dependen de un suministro adecuado de sangre.^{215,236}

Los axones en los nervios grandes están contenidos dentro de las células de Schwann, ya sea 1:1 o, para las fibras nerviosas más pequeñas, una relación de células Schwann de multiaxón a uno.

Estos a su vez están integrados en el endoneuro. Una lámina basal separa el endoneuro de las vainas de mielina y las células de Schwann.

El tejido endoneural es principalmente colágeno que está organizado de forma cercana y contiene capilares y vasos linfáticos.^{141,230,262} El siguiente tejido externo, denominado *perineuro*, rodea grupos de axones y sirve principalmente como una barrera de difusión y también mantiene presión intraneural. La integridad de esta capa es esencial para la función del nervio y es el tejido más importante para el cirujano. El perineuro está dividido en múltiples capas. La capa más interna tiene células planas con uniones estrechas y parece mantener la barrera de difusión. Las capas externas están lameladas con colágeno entremezclado. La capa externa del perineuro es una barrera comprobada para la

infección, mientras que la capa externa del nervio, el epineuro, no lo es.

La porción del nervio encerrado en el perineuro se conoce como un *fascículo* y es realmente la parte funcional del nervio. Todos los axones están contenidos en fascículos y los fascículos producen el entorno necesario para la función nerviosa. El tamaño y el número de fascículos varían. Los fascículos tienden a ser más grandes en tamaño y menos en los nervios espinales y más pequeños y más numerosos alrededor de los puntos de ramificación.²²⁰ A medida que se acerca un punto de ramificación, los fascículos se unen, porque el nervio ramificado se reúne en grupos de fascículos.^{220,262} Esta variabilidad en el número y tamaño del fascículo se complica aun más por el hecho de que los fascículos recorren una distancia promedio de solo 5 mm antes de ramificarse o fusionarse. Esta disposición da como resultado una anatomía interna plexiforme en lugar de la forma de cable que sería más conveniente para fines de reparación e injerto.²²⁰

El epineuro es tejido alveolar suelto que está abundantemente provisto de vasos sanguíneos y linfáticos.²⁶² Se compone de más de 80 % del área de la sección transversal del nervio hasta 25 %, ^{233,262} con una media aproximada de 40 % a 50 % en los nervios periféricos y 65 % a 70 % en el plexo.²²⁰

El suministro de sangre a los nervios incluye vasos extrínsecos e intrínsecos.¹⁴² Los vasos intrínsecos son aquellos contenidos dentro del propio epineuro, y tales vasos constituyen el suministro arterial del nervio. Terzis y Breidenbach clasificaron además los nervios y la circulación extrínseca de acuerdo con la condición de que todos los vasos extrínsecos se conectan a las mismas fuentes arteriales y venosas a los fines de la transferencia libre de tejido nervioso.³⁴² Los vasos sanguíneos dentro de los nervios son redundantes y, a menudo, tienen un curso complicado. Lundborg descubrió que un cambio promedio de 8 % en la longitud por estiramiento tenía que ocurrir antes del desarrollo de la oclusión venosa en los nervios y una tensión promedio de 15 % para el cese completo del flujo arterial. Curiosamente, la función fue normal en animales de laboratorio en los que los coágulos sanguíneos y el bloqueo en algunos de los capilares persistieron incluso después de la liberación de la tensión en el nervio.¹⁴¹

Incluso la disposición interna de los nervios está diseñada para acomodar el movimiento (Fig. 2-38). Las capas se deslizan una sobre otra y permiten casi un movimiento laminar de las capas en relación con su entorno. El límite de tensión de 15 % también tiene implicaciones para las relaciones anatómicas de los nervios, particularmente en el hombro. Cuanto más cerca esté un nervio de un centro de rotación articular, menos cambiará de longitud durante el movimiento. Dos estrategias aparentes en el diseño del plexo braquial protegen al nervio contra la sobreextensión. En primer lugar, la ubicación de los nervios directamente detrás de la articulación esternoclavicular los protege contra el estiramiento durante la elevación de la clavícula en el plano coronal. La segunda disposición crucial es que el plexo braquial en la axila no se fija a las estructuras circundantes, sino que flota libremente en una cantidad de grasa. Este diseño permite que el plexo se deslice hacia arriba con la elevación del brazo para que se mueva más cerca del centro de rotación y esté sujeto a una menor tensión. La implicación de este arreglo es que la interrupción de la biomecánica del hombro puede producir síntomas neurológicos a pesar de que el trauma o enfermedad original puede no afectar directamente a los nervios. Una disposición de protección adicional en una articulación que

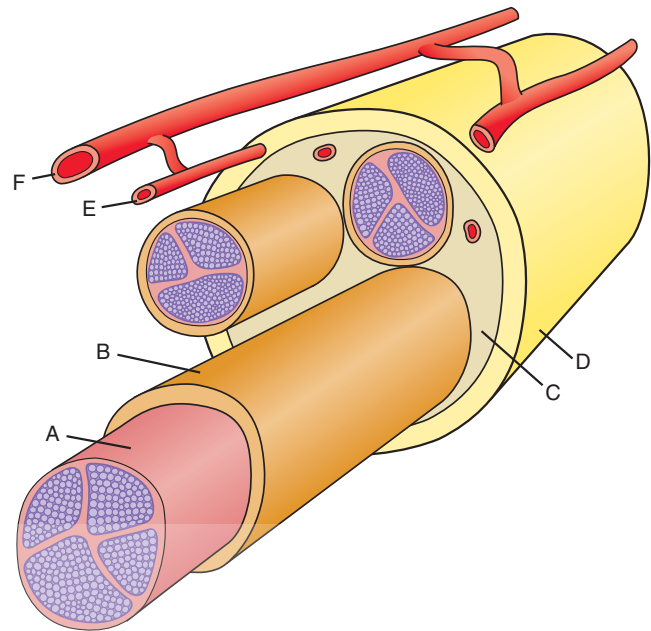


FIGURA 2-38: Anatomía interna de los nervios periféricos y cómo facilita el movimiento. A y B son las capas interna y externa del perineuro; C y D son las capas internas y externas del epineuro. E es un vaso sanguíneo dentro del epineuro, y F es el vaso sanguíneo del nervio en el exterior del epineuro. Gran parte de la sección transversal del nervio es epineuro. Los diversos componentes del tejido blando del nervio acomodan el movimiento del nervio. (De Lundborg G. *Intraneural microcirculation*, Orthop Clin North Am. 1988;19:1-12.)

es tan móvil es que la mayoría del movimiento humano se lleva a cabo hacia adelante, lo que ejerce menos estiramiento en la mayor parte del plexo. Una excepción a esta tendencia son los nervios fuertemente unidos a la escápula, que se estiran con la protracción escapular.¹²²

Los vasos extrínsecos al nervio tienden a tener una relación inversa entre su tamaño y número. Residen a una corta distancia (5 a 15 mm) de la arteria adyacente. El suministro es tal que un nervio, cuando se despoja de su suministro de sangre extrínseco, continuará funcionando hasta a 8 cm del nervorum de la arteria más cercana.^{141,143} Esta redundancia en el suministro de sangre es ventajosa para los cirujanos de tumores, que encuentran que el epineuro es un límite efectivo en ciertas disecciones tumorales. El epineuro a veces se sacrifica en cirugía con buena preservación de la función nerviosa. Además, se puede aplicar radioterapia a la axila sin pérdida de función. La redundancia se puede superar, sin embargo, con una combinación de extracción epineural y radiación, o una dosis excesiva de radioterapia sola, con un efecto adverso sobre la función nerviosa.^{66,132}

Plexo braquial

Al estudiar la circulación de la sangre a la piel, Taylor y Palmer identificaron algunos elementos comunes en la distribución de los vasos sanguíneos en el cuerpo que también se aplican a la

disposición de los nervios periféricos.²³⁸ Primero, los nervios tienden a viajar adyacentes al hueso, en los tabiques intermusculares u otras estructuras del tejido conjuntivo. Segundo, los nervios viajan de posiciones relativamente fijas a posiciones relativamente móviles. Los nervios raramente cruzan planos en los que el movimiento está involucrado, pero cuando lo hacen se cruzan de forma oblicua en un área de menor movimiento. Este diseño disminuye la tensión relativa en la que incurre el nervio al cruzar un plano móvil aunque el movimiento total real no se modifique.²³⁸

El plexo braquial parece contradecir estas tendencias. Se desplaza desde un área donde está relativamente fijo en la columna cervical a un área de gran movilidad en la axila y luego regresa a las relaciones normales del hueso y el tabique intermuscular en el brazo. Este patrón es único en el cuerpo humano y es necesario por la naturaleza altamente móvil del hombro y el movimiento de los nervios del plexo braquial en su camino para inervar las estructuras en el brazo y el antebrazo. Esta aparente contradicción se comprende cuando representamos la vaina axilar como el almacén del tejido conectivo para los nervios y los vasos y observamos que es la vaina la que se mueve en el espacio axilar.⁷⁶ Shin y cols. publicaron recientemente una excelente revisión del tratamiento y la anatomía de las lesiones del plexo braquial.²¹⁸

Raíces

El plexo braquial estándar (Fig. 2-39) está formado por la distribución distal de las ramas anteriores de los nervios espinales o raíces

C5, C6, C7, C8 y T1. El plexo a veces tiene contribuciones de C4 y T2. Un plexo con contribuciones de C4 se llama *prefijado*. Cuando se produce la contribución a partir de T2, el término es *postfijado*.²¹⁸ Para C4, esta contribución aparece en 28 % a 62 % de las muestras,²⁰ aunque en términos de tejido neural contribuye muy poco.²²⁰ La incidencia de plexos postfijados oscila entre 16 % a 73 %.^{119,218} El ganglio de la raíz dorsal contiene los cuerpos celulares. Una lesión preganglionar es aquella en la que las raíces se avulsan desde la médula espinal. Una lesión distal al ganglio de la raíz dorsal se denomina postganglionar. Distinguir entre las dos tiene implicaciones de tratamiento, ya que hay poco potencial de recuperación para una lesión preganglionar.²¹⁸

Las raíces que forman los nervios espinales carecen de una cubierta fibrosa⁶⁶ y obtienen una cantidad significativa de soporte de tejidos blandos solo cuando salen de los agujeros intervertebrales, en cuyo punto obtienen una manga dural. Herzberg y cols. encontraron un ligamento semicónico posterosuperior en C5, C6 y C7 que une los nervios espinales a las apófisis transversales.⁹¹ Los nervios espinales C8 y T1 carecen de esta protección adicional. En la mayoría de la literatura sobre el plexo braquial, las divisiones anteriores de estos nervios espinales se denominan raíces del plexo braquial. Herzberg y sus colaboradores descubrieron que las raíces C5 y C6 podrían seguirse proximalmente, pero no se pudo encontrar un abordaje quirúrgico seguro para los nervios espinales C8 y T1 porque la disección implicaba daño a las estructuras óseas.⁹¹ Otros autores mencionan la dificultad para exponer los dos nervios inferiores.¹⁴⁴

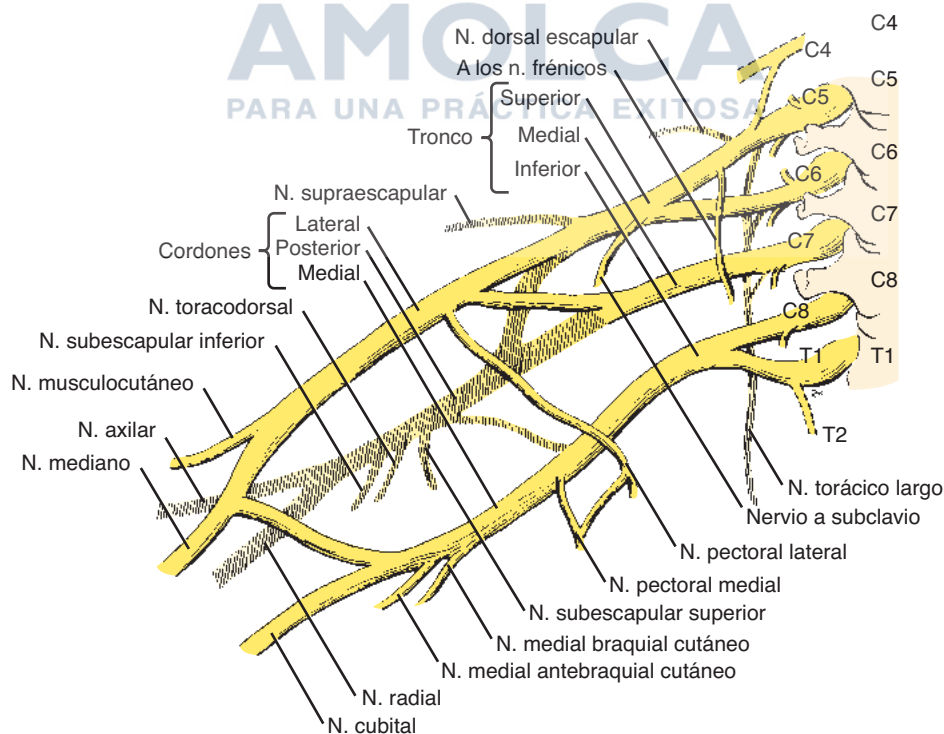


FIGURA 2-39: Disposición estándar del plexo braquial y sus troncos, cordones y ramas terminales.

Troncos, divisiones y cordones

Las raíces se combinan para formar troncos: C5 y C6 forman el tronco superior, C7 el tronco del medio y C8 y T1 el tronco inferior.²¹⁸ Los troncos se separan en divisiones anterior y posterior. Las divisiones posteriores se combinan para formar el cordón posterior, la división anterior del tronco inferior forma el cordón medial y las divisiones anteriores de los troncos superiores y medios forman el cordón lateral. Estos cordones emiten el número restante y mayor de nervios terminales del plexo braquial, con ramas de los cordones laterales y mediales que se unen para formar el nervio mediano.

El plexo braquial sale de la columna cervical y avanza hacia el brazo a través del intervalo entre los músculos escalenos anterior y medio (Fig. 2-40). La arteria subclavia sigue el mismo curso. Debido a la inclinación inferior de la primera costilla, el plexo braquial es posterior y superior a la arteria en este punto; solo el tronco inferior es directamente posterior a la arteria en la costilla. Es en este triángulo formado por los dos escalenos donde el nervio o el vaso pueden verse afectados por cualquier cantidad de anomalías.²⁴¹ El tronco inferior se forma alto detrás de la clavícula, directamente sobre la pleura, sobre una capa de tejido conjuntivo denominada fascia de Sibson. Las dos raíces superiores se unen para formar el tronco superior en el punto de Erb situado 2 a 3 cm por encima de la clavícula, justo detrás del borde posterior del músculo esternocleidomastoideo. La mayoría de los plexos son atravesados por un vaso que sale de la arteria subclavia, con mayor frecuencia la arteria escapular dorsal, entre dos de los troncos.¹⁰³ Los nervios entre los

músculos escalenos quedan encerrados en la fascia del escaleno, la fascia prevertebral. Esta vaina interescalénica es importante para contener y permitir la dispersión del anestésico local concerniente a los nervios.¹⁹

El plexo se divide en cordones en o antes de que pase debajo de la clavícula. A medida que los cordones entran en la axila, se relacionan estrechamente con la arteria axilar y alcanzan posiciones relativas a la arteria indicada por sus nombres: lateral, posterior y medial. La fascia prevertebral invierte el plexo y los vasos y forma la vaina axilar. Otras dos arterias emblemáticas son la arteria cervical transversa, que se cruza por delante del nivel de los dos troncos superiores, y la arteria supraescapular a nivel del tronco medio y la clavícula.¹³²

Ramas terminales

El plexo desprende algunas ramas terminales por encima de la clavícula. El nervio escapular dorsal sale del C5, con algunas fibras C4, y penetra en el escaleno medio y el elevador de la escápula, a veces aportando fibras C4 a este último.⁹¹ En los casos restantes, el nervio del elevador es un nervio separado. El nervio escapular dorsal acompaña la rama profunda de la arteria cervical transversa o la arteria escapular dorsal en la superficie inferior de los romboides y los inerva.

Las raicillas salen de los nervios C5, C6 y C7 directamente adyacentes a los agujeros intervertebrales y contribuyen a la formación del nervio torácico largo, que pasa inmediatamente entre los escalenos medio y posterior²⁰ o penetra en el escaleno medio.^{99,100}

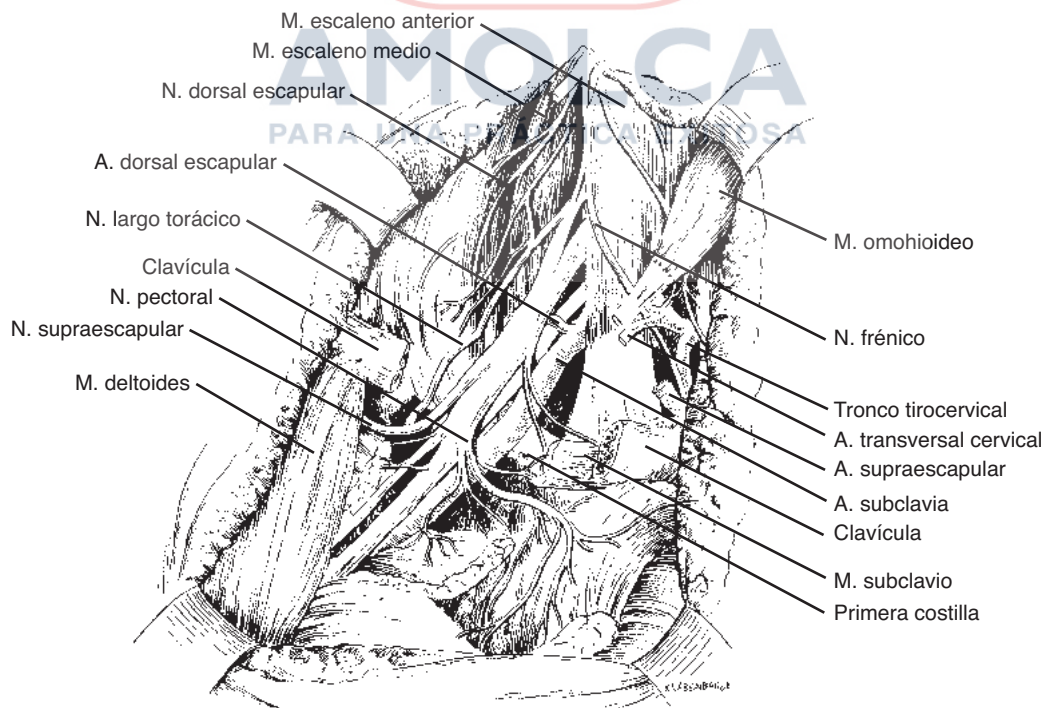


FIGURA 2-40: La forma más comprimida del plexo braquial, que se encuentra en el momento de la cirugía, y sus importantes relaciones anatómicas. (De Strohm BR, Colachis SC Jr. Shoulder joint dysfunction following injury to the suprascapular nerve. *Phys Ther.* 1965; 45: 106-111.)

Horwitz y Tocantins informaron que el nervio se forma después de que las raicillas salen del músculo, con la contribución de C7 que no pasa a través del músculo. También mencionaron que el nervio se fija más fuertemente al músculo por las ramas cerca del extremo distal del nervio. Este nervio puede no recibir una contribución de C7, pero su composición es bastante regular.^{99,100} El nervio pasa detrás del plexo sobre la prominencia causada por la segunda costilla.¹⁸⁹ Este nervio se cree que se estira por la depresión del hombro con flexión lateral del cuello en la dirección opuesta. Prescott y Zollinger reportaron dos casos de lesión con abducción, y varios mecanismos de lesión pueden ser responsables.¹⁸⁹

El nervio pequeño de la subclavia también sale del tronco superior. Kopell y Thompson señalaron una relación interesante del nervio supraescapular. La protracción de la escápula aumenta la distancia entre la columna cervical y la escotadura porque la escápula debe moverse lateralmente alrededor del tórax para viajar hacia adelante.¹¹² Esta ubicación también predispone al nervio supraescapular a la lesión en las fracturas escapulares.⁶²

El cordón lateral generalmente contiene fibras de C5, C6 y C7 y emite tres ramas terminales: la del musculocutáneo, pectoral lateral y raíz lateral del nervio mediano. La primera rama que sale del cordón lateral es la anterior lateral torácica o nervio lateral pectoral (C5 a C7), que, después de dejar el cordón lateral, pasa por delante de la primera parte de la arteria axilar. Este nervio, de 4 cm a 6 cm de longitud,⁸⁸ penetra en la fascia clavipectoral encima del pectoral menor, aproximadamente en el punto medio de la clavícula e inerva la parte clavicular y parte de la porción esternal del músculo pectoral mayor. El nervio también envía una comunicación al nervio pectoral medial, que lleva su contribución a la porción restante del músculo pectoral mayor. Este bucle generalmente pasa sobre la arteria axilar apenas proximal al tronco toracoacromial.¹⁹⁵ Miller, sin embargo, mostró que la arteria era más proximal. El nervio pectoral lateral también inerva la articulación acromioclavicular, junto con el nervio supraescapular.⁷⁵

El último nervio lateral del cordón es la raíz lateral (C5 a C7) del nervio mediano. El nervio mediano se forma por delante de la tercera porción de la arteria axilar y acompaña a la arteria braquial y la vena en el brazo.

El cordón posterior proporciona la inervación de los músculos del hombro en el siguiente orden: subescapular superior, toracodorsal, subescapular inferior, axilar y radial. Debido al gran rango de movimiento de los músculos en relación con el plexo braquial, los nervios de los músculos del hombro tienden a ser bastante largos y llegar bastante alto en relación con su destino. Por esta razón y debido a que los nervios tienden a segregarse en el tejido neural en grupos de fascículos,²⁶² varios autores informan que el cordón posterior está mal formado y puede ser una estructura distinta en solo 25 % de los cadáveres.^{19,119}

El próximo nervio distal, el nervio toracodorsal (C7 y C8), es el más largo (12 a 18 cm)⁸⁸ de los nervios terminales que salen del plexo braquial en la axila y es llamado *nervio subescapular largo*, el *nervio torácico largo* o el *nervio de Bell*. El nervio sigue la arteria subescapular y luego la arteria toracodorsal a lo largo de la pared posterior de la axila hasta el dorsal ancho.^{119,132} En el músculo

dorsal ancho, el nervio se divide en dos ramas, al igual que el suministro de sangre.⁹

La continuación final del cordón posterior es el nervio radial (C5 a C8), que continúa por detrás de la arteria axilar y, poco después de salir de la axila, desaparece en el espacio profundo hacia la cabeza larga del tríceps en la axila. Los nervios de las cabezas largas y mediales de los tríceps surgen donde el nervio está todavía en la axila. La rama cutánea posterior también sale de la axila. Una rama que sale medialmente, conocida como *nervio colateral cubital* debido a su proximidad al nervio cubital, inerva la cabeza medial del tríceps.

El cordón medial tiene cinco ramas en el siguiente orden: nervio pectoral medial, nervio cutáneo braquial medial, nervio cutáneo antebraquial medial, raíz medial del nervio mediano y nervio cubital. El nervio pectoral medial (C8 y T1) sale del cordón medial, que en este punto finalmente ha alcanzado su posición medial a la arteria. En sentido anterior, pasa entre la arteria y la vena (la vena es la estructura más medial) y entra en la superficie profunda del pectoral menor. Algunas fibras salen por delante del músculo para suministrar las porciones más caudales del pectoral mayor. La longitud del nervio varía de 8 a 14 cm.¹¹¹ Como se mencionó anteriormente, una rama comunicante del nervio pectoral lateral se une al pectoral medial antes de entrar en el músculo pectoral menor.

El nervio cutáneo braquial medial contiene fibras de T1 y es seguido en orden por los nervios cutáneos antebraquiales medial de T1 y C8. Ambos son nervios cutáneos que inervan las áreas de piel indicada por sus nombres. El nervio cutáneo braquial medial a menudo recibe una comunicación del nervio braquial intercostal. La raíz medial del nervio mediano (C8 y T1) pasa por delante de la tercera porción de la arteria axilar para unirse a la raíz lateral.

El nervio cubital es la extensión terminal del cordón medial. Esperaríamos que tuviera fibras de C8 y T1 solo, pero los investigadores han descubierto que 50 % de las muestras tienen una contribución que transporta fibras de C7 desde el cordón lateral al nervio cubital, generalmente a través de un nervio del nervio mediano.^{20,119} Las fibras C7 generalmente están destinadas al flexor cubital del carpo.¹³² El nervio cubital no tiene ramas importantes en el área del hombro; sus primeras ramas aparecen cuando se acerca al codo.

Como todos los nervios, el plexo braquial recibe su suministro de sangre de las arterias adyacentes. Debido a que hay poco movimiento relativo a los vasos, las arterias son cortas y directas. El suministro de sangre al plexo braquial de forma proximal fue trazado por Abdullah y Bowden y se encontró que se originaba en la arteria subclavia y sus ramas (Fig. 2-41).³ La arteria vertebral suministra el plexo proximal junto con las arterias cervicales ascendentes y profundas y la arteria intercostal superior. Los ganglios autónomos que yacen en el nervio anterior de la columna vertebral son suministrados por ramas de los vasos intercostales en el tórax y ramas de la arteria vertebral en el área cervical. Distalmente, las arterias adyacentes proporcionan contribuciones. La relación entre el plexo y los vasos es anormal en 8 % de los hombros,¹⁵⁹ con los nervios penetrados por los vasos.

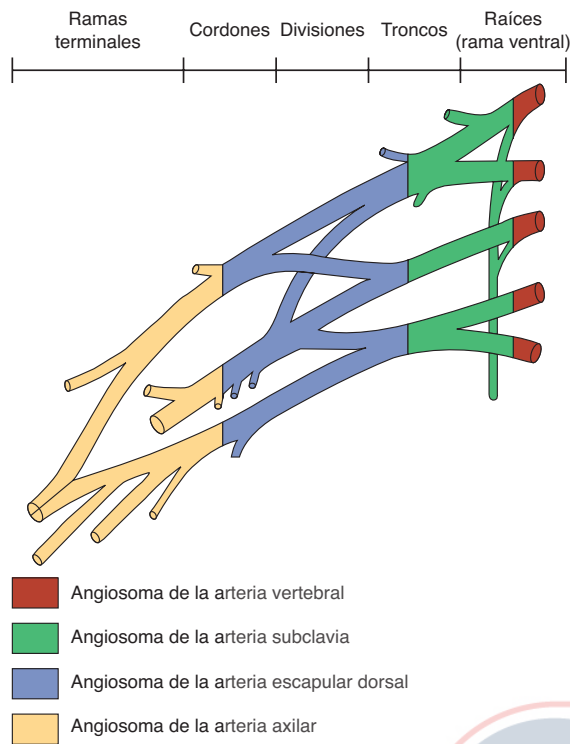


FIGURA 2-41: Suministro de sangre del plexo braquial proximal y la médula espinal. En la porción más distal del plexo braquial, el suministro de sangre se origina a partir de las arterias y venas que lo acompañan. (De Levy SM, Taylor GI, Baudet J, y cols. Angiosomes of the brachial plexus: an anatomical study. *Plast Reconstr Surg.* 2003;112[7]:1799-1806.)

RAMAS TERMINALES ESPECÍFICAS

Debido a su importancia en la disección quirúrgica en abordajes del hombro, se mencionan por separado las siguientes ramas nerviosas terminales específicas del plexo braquial.

Nervios subescapulares

Los nervios subescapulares superiores (C5) toman origen del cordón posterior y entran en el músculo subescapular bastante alto porque aquí hay menos movimiento relativo. Estos nervios son los más cortos de los que toman origen de este cordón. Suministran de dos tercios a cuatro quintos de la porción superior del músculo subescapular. Los nervios inferiores subescapulares (C5 y C6) siguen un curso largo desde su origen antes de ingresar a los músculos. Inervan la porción inferior del músculo subescapular y el redondo mayor. Yung, Lazarus y Harryman²⁶⁶ específicamente separaron los nervios subescapulares superiores e inferiores en

relación con su inervación del músculo subescapular. Describieron una zona segura para la disección quirúrgica. Encontraron que el borde anterior palpable del borde glenoideo profundo al subescapular junto con el borde medial del tendón conjunto podría servir como puntos de referencia seguros porque todas las ramas neuronales se encontraban al menos 1,5 cm medial al tendón conjunto y todas las ramas neuronales al subescapular estaban en la superficie anterior. Es de destacar que el sitio de inserción del músculo del nervio subescapular inferior está cerca del nervio axilar y las ramas son muy pequeñas. Por lo tanto, concluyeron que la ubicación y protección del nervio axilar podría servir como guía para el punto de inserción del nervio subescapular inferior.²⁶⁶ De manera curiosa, recientemente se informó que el nervio subescapular inferior se origina directamente en el segmento proximal del nervio axilar en 21 % de los casos.²⁵⁰

Nervio axilar

La última rama que sale del cordón posterior en el área del hombro es el nervio axilar (C5 y C6). A medida que desaparece en el espacio entre el subescapular y el redondo mayor, el nervio axilar se acompaña de la arteria humeral circunfleja posterior. El nervio pasa lateralmente al borde inferolateral del subescapular, donde se enrolla de 3 a 5 mm medialmente a la unión musculotendinosa. El nervio y la arteria luego pasan lateralmente a la cabeza larga del tríceps y están en contacto íntimo con la cápsula.¹³⁷ La forma cuadrilátera de este espacio no se puede visualizar desde el frente; cuando se ve desde atrás, está formado superiormente por el redondo menor e inferiormente por el redondo mayor (Fig. 2-42; véase también la Fig. 2-32). El borde medial es la cabeza larga del tríceps, y el borde lateral es el eje del húmero. El atrapamiento del nervio también se ha descrito en este espacio.²⁸

El nervio axilar se divide en el espacio y envía una rama posterior al redondo menor y el tercio posterior del deltoides y una rama anterior a los dos tercios anteriores del deltoides. Ball y cols.⁷ realizaron una disección cadavérica de la rama posterior del nervio axilar y encontró que la rama posterior se divide de la rama anterior justo anterior al origen de la cabeza larga del tríceps en la posición de las 6 en punto. Se observó que la rama hacia el redondo menor y el nervio cutáneo braquial lateral superior surgían de la rama posterior del nervio axilar en todos los especímenes disecados. En la mayoría de las muestras, se observó una rama de la rama posterior para inervar el aspecto posterior del deltoides. En todos los especímenes, se observó una rama adicional desde la rama anterior hasta el deltoides posterior.⁷ El nervio cutáneo braquial lateral suministra el área de la piel correspondiente en forma y sobre el músculo deltoides después de envolverse alrededor del borde posterior del deltoides.¹ La rama anterior se encuentra aproximadamente a 5 cm por debajo del borde del acromion cuando el nervio pasa hacia adelante para inervar los dos tercios anteriores del músculo. Una o más ramas pequeñas se unen al borde inferior del músculo deltoides posterior y, a diferencia de la rama anterior, no avanzan verticalmente hacia la espina de la escápula, sino que siguen las fibras inferiores del músculo. El nervio axilar también suministra inervación sensorial a la porción inferior de la articulación

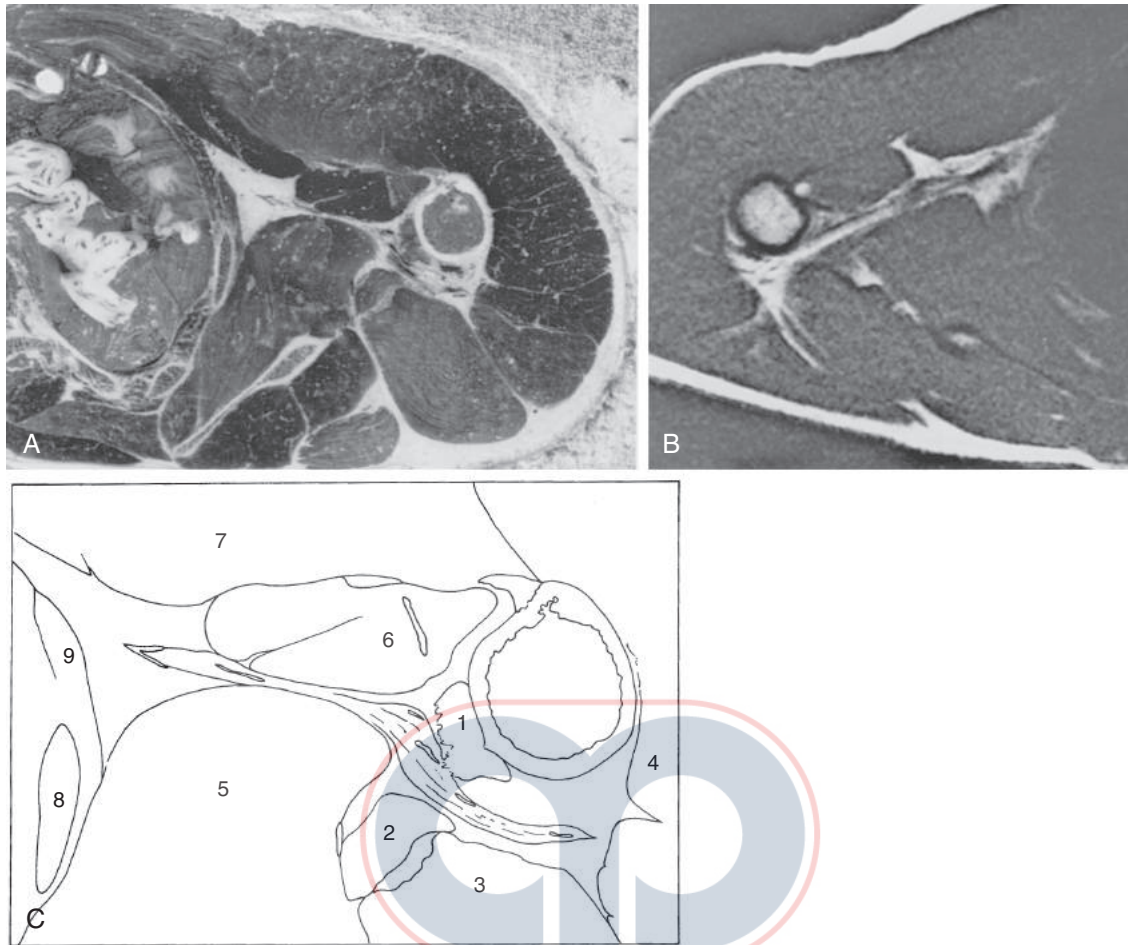


FIGURA 2-42: **A,** Sección transversal de un hombro derecho que muestra el espacio cuadrilátero con el nervio y la arteria que proviene del espacio axilar y que pasa entre el tendón conjunto y el músculo subescapular y luego entre el tríceps y el húmero. Tenga en cuenta qué tan pequeño es el espacio cuadrilátero en comparación con las representaciones habituales. **B,** Corte axial de resonancia magnética de hombro izquierdo que muestra el espacio cuadrilátero. **C,** Diagrama que indica las estructuras que se muestran en **A:** (1) redondo mayor, (2) redondo menor, (3) cabeza larga del tríceps, (4) deltoides, (5) infraespinoso, (6) coracobraquial y cabeza corta del bíceps, (7) pectoral mayor y menor, (8) costilla 3 y (9) serrato anterior.

glenohumeral a través de dos ramas articulares. La rama articular anterior se desprende antes de que el nervio entre en el espacio cuadrilátero. La segunda rama sale en el espacio. Juntos, son la principal fuente de nervios de la articulación.⁷⁵ Con frecuencia, otra rama acompaña parte de la arteria circunfleja humeral anterior a la cabeza larga del bíceps.

Los cirujanos se preocupan por la seguridad del nervio axilar con incisiones de división deltoides. Cetik y cols.³⁴ realizaron una disección cadavérica para determinar un área segura para el nervio axilar en el músculo deltoides. Encontraron que la distancia promedio desde el borde anterior del acromion hasta el curso del nervio axilar es un promedio de 6,08 cm, siendo 5,2 cm la distancia más cercana.³⁴ Stecco y cols.²²³ observaron la anatomía quirúrgica del nervio axilar durante un abordaje transdeltoides para el emplacado del húmero bloqueado proximal y encontró la distancia media entre el punto donde el nervio axilar entra en el músculo deltoides y el acromion mide 6,8 cm. Esto coincidió con los dos tornillos

distales dedicados a fijar la cabeza humeral en su placa, y recomendaron evitar la colocación de estos tornillos cuando se usa una técnica mínimamente invasiva. Cheung informó la distancia promedio desde el acromion medio al borde superior del nervio axilar como 66,6 mm con el hombro en posición neutral. La abducción vertical a 60 grados mueve los bordes superiores del nervio axilar significativamente, a una distancia de 53,9 mm.³⁶

Nervio musculocutáneo

El nervio musculocutáneo (C5 a C7) (Fig. 2-43) se origina en la axila. Se piensa comúnmente que el nervio musculocutáneo ingresa al músculo coracobraquial a una distancia de 5 a 8 cm de la apófisis coracoides.⁹⁷ Flatow y cols. descubrieron que el nervio perforaba el coracobraquial a una media de 5,6 cm de la apófisis coracoides.⁷¹ Sin embargo, descubrieron que el nervio perfora el músculo en un rango de 3,1 a 8,2 cm. También encontraron que pequeñas

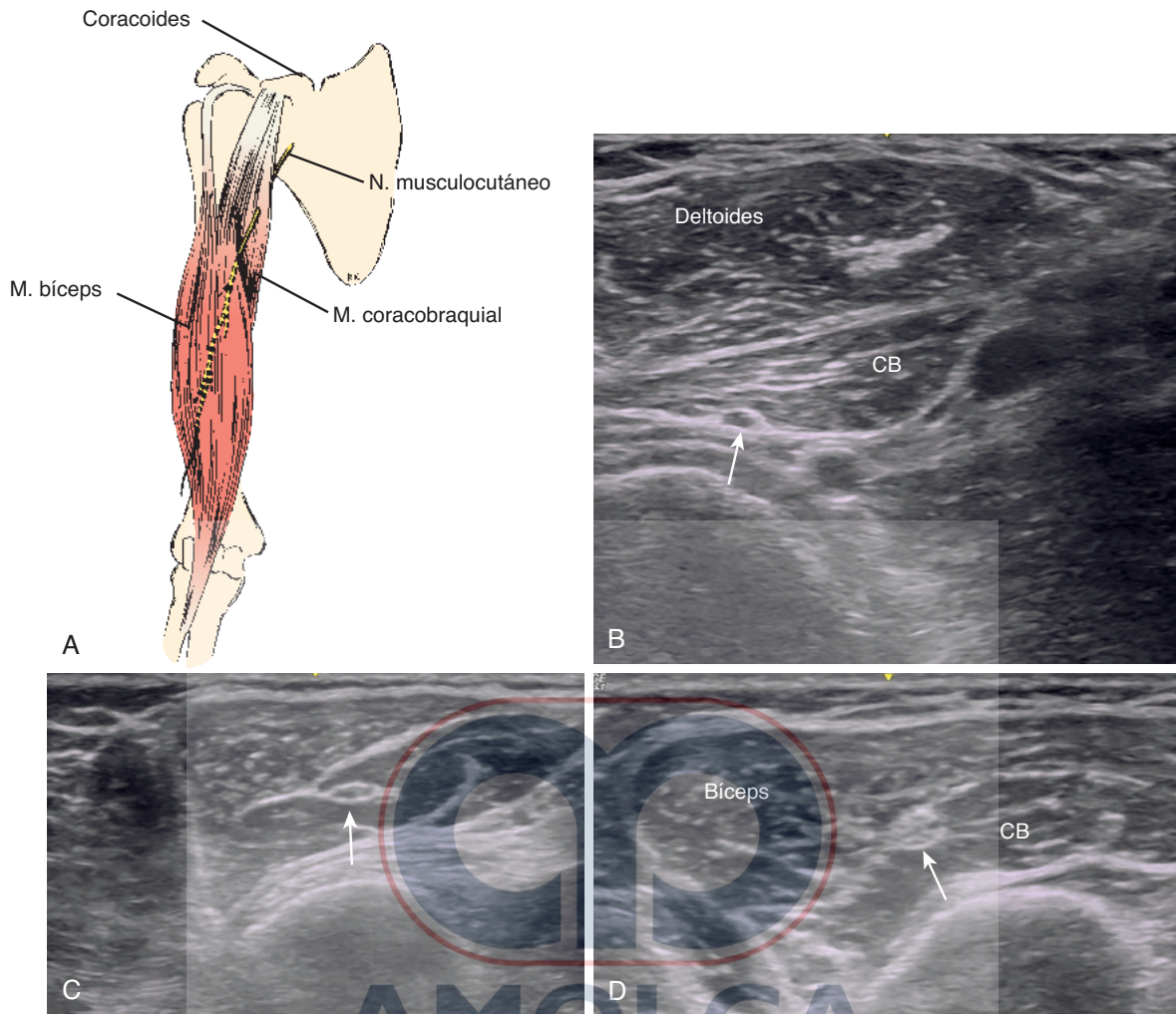


FIGURA 2-43: **A**, Curso del nervio musculocutáneo. Este nervio se origina en el cordón lateral y penetra el músculo-tendón conjunto en su superficie profunda. El punto de penetración varía; puede estar tan cerca como 1,5 cm de la punta del coracoides o tan lejos como 9 cm (promedio, 5 cm). El nervio continúa distalmente, inerva la cabeza larga del bíceps braquial y el músculo braquial y aparece en el antebrazo como el nervio cutáneo antebraquial lateral. **B**, Nervio musculocutáneo (*flecha*) en el extremo superior del coracobraquial (CB). **C**, Nervio musculocutáneo (*flecha*) en el medio de coracobraquial. **D**, Nervio musculocutáneo (*flecha*) entre coracobraquial (CB) y el bíceps.

ramitas nerviosas del nervio musculocutáneo perforan el coracobraquial aun más proximalmente, con un promedio de 3,1 cm de la apófisis coracoides, con algunas tan cerca como 1,7 cm. Concluyeron que no se podía confiar en el rango citado con frecuencia de 5 a 8 cm porque en 29 % de los casos, el nervio principal ingresaba al músculo proximal a la marca de 5 cm. Si se incluyen las ramas más pequeñas, se encontró que 74 % de los hombros tenían uno o más nervios que ingresaban al músculo en los 5 cm proximales.⁷¹ Este punto de entrada es crítico debido a la cantidad de procedimientos que pueden ejercer tracción sobre el nervio. Kerr encontró ramas nerviosas del cordón lateral o del nervio musculocutáneo en algo más de la mitad de sus especímenes.²⁴¹ El nervio musculocutáneo aparece distalmente en el antebrazo como el nervio cutáneo antebraquial lateral.

Nervio supraescapular

El nervio supraescapular surge de la cara lateral superior del tronco superior poco después de su formación en el punto de Erb. Este nervio sigue un curso largo y oblicuo hacia su próximo punto fijo, la escotadura supraescapular. Este curso es paralelo al vientre inferior del omohioideo. El nervio no se mueve en relación con la escotadura.¹⁹⁷⁻¹⁹⁹ El nervio pasa por debajo del ligamento escapular o supraescapular transverso y entra en el músculo supraespinoso, que inerva a través de dos ramas. Tanto el origen del tronco superior como las inserciones musculares se encuentran cefálicas al ligamento, que obliga al nervio a inclinarse alrededor del ligamento.¹⁹⁹ Este nervio también inerva al músculo infraespinoso a través de dos ramas después de pasar inferiormente

alrededor de la base de la espina de la escápula.³⁹ El nervio supraescapular también proporciona dos ramas articulares: una en la fosa del supraespinoso a las articulaciones acromioclavicular y glenohumeral superior y una en la fosa del infraespinoso a la articulación glenohumeral posterior superior.⁷⁵ El nervio está acompañado por la arteria supraescapular, que pasa sobre el ligamento escapular transverso. El hueso y el ligamento circundantes forman un foramen que puede atrapar al nervio. Las variaciones en la anatomía supraescapular de la escotadura pueden contribuir al atrapamiento del nervio en esta área. Incluyen un túnel clavicular óseo,¹⁷⁵ un ligamento escapular transverso osificado, un ligamento coracoescapular anterior y fibras subescapulares con orientación superior.¹⁷⁴ La parálisis de este nervio tiene efectos profundos en la función del hombro.²²⁸

Bigliani y cols.¹⁴ realizaron 90 disecciones cadavéricas para estudiar el curso del nervio supraescapular, encontrando que la rama motora del supraespinoso se ramifica dentro de 1 cm de la escotadura supraescapular en todas las muestras. Desde la base de la espina escapular, el nervio medialmente curva e inerva el músculo infraespinoso dentro de 1 cm de la base de la espina escapular en casi 90 % de los casos. Además, encontraron que el nervio se acerca al borde glenoideo posterior. La distancia desde la línea media del borde glenoideo posterior al nervio supraescapular en la base de la espina escapular promedia 1,8 cm, con algunos tan cerca como 1,4 cm.¹⁴ Gumina y cols. describieron la zona segura a una distancia de 2,1 cm del tubérculo supraglenoideo al nervio supraescapular en la escotadura escapular y a 1,1 cm de la línea media del borde glenoideo posterior.⁸⁷ Se ha informado de la compresión del nervio por el ligamento espinoglenoideo cerca de la base de la columna vertebral.^{69,188,244}

Suministro autónomo

Todos los nervios del plexo braquial llevan fibras autónomas postganglionares, con la porción más grande (27 % a 44 %) en C8 y la porción más pequeña (1 % a 9 %) en C5.²³² Una revisión de la estructura común del sistema nervioso simpático indica que las fibras que provienen de la médula espinal son mielinizadas y se recolectan en lo que se denomina ramas comunicantes «blancas» o rama tipo I. Las fibras que salen del ganglio (fibras postganglionares) no son mielinizadas y tienden a ser recolectadas en la rama «gris». Las ramas tipo II son ramas grises con pocas fibras mielinizadas (preganglionares). Las ramas tipo III son mezclas de fibras grises y blancas. Las ramas grises y blancas también pueden ser múltiples.²²⁹ El suministro simpático a C5 y C6 se produce a través de las ramificaciones grises del ganglio cervical medio, el ganglio cervical superior y los troncos intervinientes que conectan estos ganglios. Un plexo simpático se localiza en la arteria vertebral. Las ramas grises del ganglio estrellado son recibidas por los nervios espinales C7, C8 y T1. Como se mencionó anteriormente, las fibras autónomas se mezclan inmediatamente con las fibras somáticas y no viajan en fascículos separados.²²⁹ Entran en la convergencia de las raíces o proximal a ellas. La determinación de si una lesión es preganglionar o postganglionar es útil para localizar el daño al plexo braquial. La raíz nerviosa T2 a menudo se cita como el límite cefálico del origen espinal de las fibras preganglionares del sistema nervioso simpático, pero los datos indican

que pueden surgir como T1 o C8 altos.^{192,229} El límite caudal de las fibras preganglionares es T8 o T9.¹⁹² La distribución de la fibra simpática a los vasos es mucho más prevalente en la mano que en el hombro. La distribución del sudor y la función erectora de pelo probablemente difiera, pero aún es más baja en las áreas C5 y C6.²⁶⁵

Nervio craneal XI

El nervio accesorio espinal, o undécimo nervio craneal, se origina desde la médula y la médula espinal superior a través de múltiples raicillas. Luego asciende a través del foramen magno y sale en el compartimento central del foramen yugular. El nervio desciende entre la vena yugular interna y la arteria carótida interna durante una corta distancia y luego desciende lateralmente a medida que pasa posteriormente para suministrar al músculo esternocleidomastoideo. Después de salir del esternocleidomastoideo, continúa en una dirección posteroinferior a través del triángulo posterior del cuello y luego suministra el músculo trapecio. En el triángulo posterior (Fig. 2-44), este nervio recibe fibras aferentes de C2, C3 y, a veces, C4.⁴⁵ Algunas fibras superiores se distribuyen al esternocleidomastoideo y las fibras inferiores al trapecio. Debido a que el nervio se encuentra tan superficialmente en el triángulo posterior, tiene un riesgo máximo de lesión.

Nervio braquial intercostal

El nervio braquial intercostal es una rama cutánea de T2 que sale del tórax del segundo espacio intercostal y cruza la cúpula de la fosa axilar. Este nervio envía una comunicación al nervio cutáneo braquial medial (60 %)¹¹⁹ y puede proporcionar sensación en el lado medial del brazo hasta el codo.^{19,64} Como muchos de los nervios cutáneos de la parte superior del brazo, está fuera de la vaina axilar y no se anestesia mediante inyección de vaina axilar.¹⁹

Nervios supraclaviculares

Los nervios supraclaviculares (Fig. 2-44) se originan en los nervios espinales C3 y C4. Son importantes para el cirujano de hombro porque proporcionan sensación al hombro en el área descrita por su nombre, el área sobre la clavícula, además de los dos primeros espacios intercostales anteriormente y gran parte de la piel que recubre el acromion y el deltoides. Las ramificaciones ventrales de C3 a C4 emergen entre los músculos largos (de la cabeza y cuello) y escaleno medio.²⁰⁸ Las contribuciones a los nervios supraclaviculares se introducen en el triángulo posterior del cuello alrededor del borde posterior del esternocleidomastoideo. Descienden sobre la superficie superficial del platisma en tres grupos. Los nervios supraclaviculares medial van a la base del cuello y la porción medial de los dos primeros espacios intercostales. Los nervios supraclaviculares intermedios van a la mitad de la base del triángulo cervical posterior y la porción superior del tórax en esta área. Los nervios supraclaviculares laterales cruzan el borde anterior del músculo trapecio y van a la punta del hombro.²⁰⁸ Los nervios mediales pueden tener un patrón anómalo en el que pasan a través de los agujeros en la clavícula en su camino hacia la parte anterior del tórax.^{78,175,251}

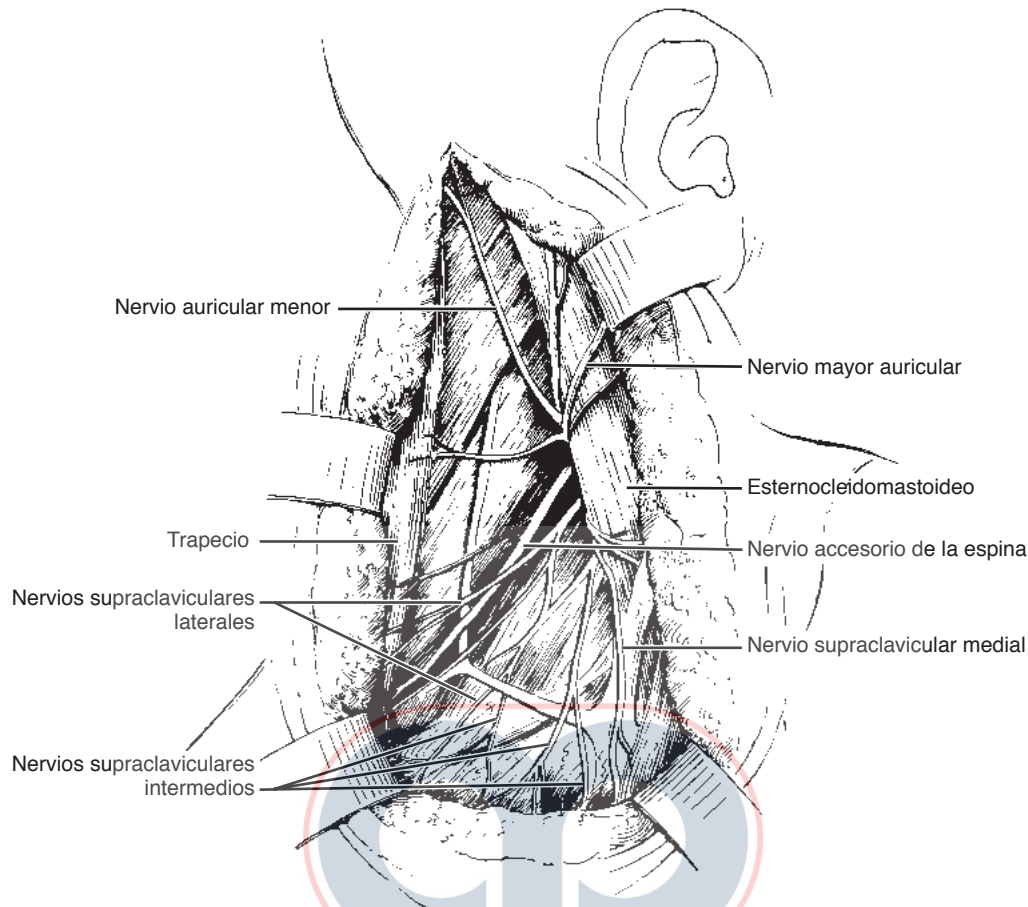


FIGURA 2-44: Nervio espinal accesorio y nervios supraclaviculares. Los nervios supraclaviculares en sus tres grupos explican gran parte de la inervación cutánea del hombro. En el triángulo posterior, el nervio espinal accesorio se extiende desde el esternocleidomastoideo hasta el trapecio, los dos músculos superficiales del cuello. El nervio espinal accesorio se encuentra adyacente a la capa más superficial de la fascia profunda en el cuello.

AMOLCA
PARA UNA PRÁCTICA EXITOSA

VASOS SANGUÍNEOS

Taylor y Palmer,²³⁸ en sus extensos estudios de circulación de la piel y su revisión de la literatura, notaron tendencias básicas en la distribución de vasos sanguíneos en todo el cuerpo, resumidas de la siguiente manera: (1) la distribución de vasos sanguíneos sigue el concepto de angiosoma, la idea de que el cuerpo es un intrincado rompecabezas, cada pieza es suministrada por una arteria dominante y las venas que la acompañan; (2) los músculos proporcionan un desvío anastomótico vital; (3) las arterias se unen para formar una red continua e ininterrumpida; (4) las cuencas intramusculares de arterias y venas coinciden; (5) los vasos viajan con los nervios; (6) los vasos siguen el marco del tejido conectivo; (7) los vasos irradian de áreas fijas a móviles; (8) la movilidad muscular está directamente relacionada con el tamaño y la densidad de los vasos suministradores (es decir, más músculos móviles tendrán menos vasos en número pero más grande en calibre); (9) las cuencas de los vasos son constantes, pero su origen puede ser variable;

(10) el territorio de las arterias intramusculares obedece a la ley del equilibrio (por ejemplo, si un vaso a una estructura es más grande que los vasos circundantes normales, sus vecinos tienden a ser más pequeños); (11) el tamaño y la orientación del vaso son el producto de la diferenciación y crecimiento del tejido en el área; y (12) los músculos son la fuerza primaria del retorno venoso.^{212,238} Agregaremos aquí la tendencia de los vasos a cruzar las articulaciones cerca del eje de rotación para que ocurra un menor cambio relativo en la longitud (Fig. 2-45), particularmente en el hombro muy móvil. Las arterias que suministran estos bloques de tejido también son responsables de suministrar la piel y el tejido subyacente. Estos bloques y la piel suprayacente se llaman angiosomas, en referencia a los ejes arteriales dominantes. Una quinta tendencia reiterada por Taylor y Palmer es una relación recíproca inversa entre el tamaño de los vasos en las regiones contiguas vecinas, conocida como la *ley del equilibrio*.²³⁸

Al hablar sobre estos temas, señalaron que los vasos rara vez cruzan planos en los que se produce una gran cantidad de

movimiento.²³⁸ Sus ilustraciones muestran que cuando los vasos cruzan estos planos, tienden a cruzarse en la periferia de los planos de movimiento o en los extremos de los músculos, donde ocurre menos movimiento relativo.²³⁸ Además, en los casos en que el vaso debe cruzar un área de alta movilidad, lo hace de forma oblicua

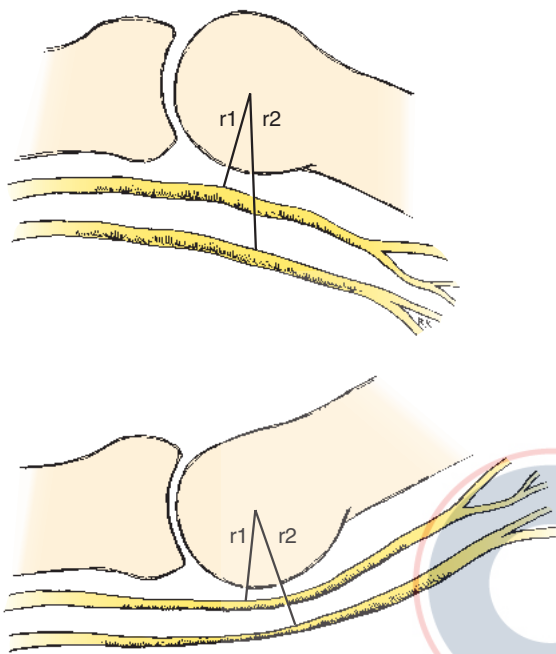


FIGURA 2-45: La tensión en un vaso en movimiento es proporcional a su distancia desde el centro de rotación.

(Fig. 2-46). Tal cruce oblicuo es deseable porque la deformación (la tensión es la deformación expresada como un porcentaje de la longitud de la arteria) se reduce mucho y, sin embargo, el movimiento absoluto entre los dos lados del plano no cambia.

La arteria axilar y sus ramas pueden parecer una excepción a tales tendencias. Esta arteria proviene de una posición fija adyacente a la primera costilla y avanza a través de un área muy móvil dentro de la axila. Regresa a otro marco de tejido conectivo adyacente al húmero, donde se convierte en la arteria braquial que continúa en el brazo. Esta aparente excepción se produce solo debido a la naturaleza altamente móvil del hombro. La arteria axilar puede ser concebida como fijada en una estructura de tejido conectivo, la vaina axilar, que tiene algunos planos de tejido adyacentes muy móviles, en particular en relación con las paredes anterior y posterior de la axila. Dada esta relación y las tendencias y la formación del sistema vascular notadas anteriormente, se ha predicho y demostrado que las ramas de la arteria axilar que van a las estructuras del hombro salen más proximales de lo que lo harían si siguieran un curso directo hacia su destino. Estas ramas tienden a ser largas y oblicuas en el curso de su entrada en los músculos y se encuentran fuera de la vaina axilar. Además, debido a que las estructuras en el hombro se mueven una respecto de la otra, uno podría predecir una serie de planos fasciales hipovasculares.^{181,212,238} Estos planos se cruzan en la periferia por unos pocos vasos nombrados grandes en lugar de directamente por un gran número de pequeños vasos. Estos planos hipovasculares se encuentran con frecuencia entre el pectoral mayor y el pectoral menor, entre el trapecio y los romboides, y en la superficie profunda de los romboides (véase la sección «Bolsas, compartimentos y espacios potenciales»). Taylor y Palmer mencionan los siguientes cinco angiosomas del hombro que tienen representación cutánea: la arteria cervical transversa, la arteria toracoacromial, la arteria supraescapular, la arteria circunfleja humeral posterior y la arteria escapular circunfleja.

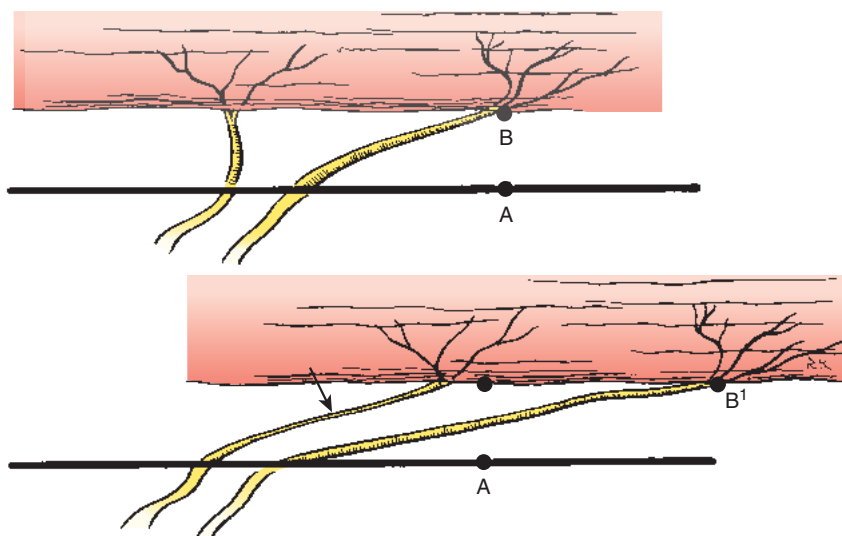


FIGURA 2-46: El curso oblicuo de los vasos que cruzan un plano de movimiento es protector. El vaso oblicuo que cruza recto a través del plano de movimiento se estira y posiblemente se rasga (flecha) con el movimiento que se ilustra, por lo tanto, donde el vaso cruza oblicuamente el estiramiento es relativamente menor. Cruzar en el borde del plano de movimiento disminuye la tensión aun más.

Las arterias y venas son estructuras huecas con abundante colágeno, algo de elastina y capas que contienen algo de músculo liso. Están bajo el control del sistema nervioso autónomo. Woollard y Weddell encontraron que la distribución de los nervios simpáticos a los vasos parece ser más abundante en la parte más distal de la extremidad que en la parte proximal.²⁶⁵ Además, las arterias y venas más grandes tienen su propio suministro de sangre desde la base del vasa vasorum.⁹⁵

Arterias

Las arterias (Fig. 2-47) tienden a ser nombradas por circunscripción de la arteria en lugar de la estructura principal que sale de la arteria axilar o subclavia.²⁴⁹ Por ejemplo, cuando el suministro de sangre a la pared lateral de la fosa axilar proviene de la rama pectoral de la arteria toracoacromial, se dice que la arteria torácica lateral se origina en la arteria pectoral y no que la arteria torácica lateral es suplantada por la arteria pectoral. Huelke ha reportado una incidencia bastante alta de ramas de la arteria axilar que salen en troncos comunes que parecen suplantarse entre sí. Una excepción interesante a la regla de denominación en el área de la arteria subclavia es la arteria escapular dorsal. Cuando esta arteria se origina en el tronco tirocervical, se llama *arteria cervical transversa profunda*, aunque Huelke ha intentado corregir esta nomenclatura.¹⁰³ *Arteria escapular dorsal* es el nombre preferido.

Arteria subclavia

El suministro de sangre a la extremidad comienza con la arteria subclavia, que termina en el borde lateral de la primera costilla. Esta arteria se divide en tres porciones en relación con la inserción del músculo escaleno anterior.⁵² La arteria vertebral se origina en la primera porción, y el tronco costocervical y el tronco tirocervical toman origen en la segunda porción. Por lo general, no se encuentran ramas en la tercera porción de la arteria. La arteria está bastante bien protegida por las estructuras circundantes. Rich y Spencer,²⁰² en su revisión de la literatura mundial sobre lesiones vasculares, no encontraron grandes series en las cuales la lesión de la arteria subclavia constituía más de 1 % de las lesiones arteriales totales. Debido a que las arterias subclavas están protegidas, las lesiones que las afectan significan un trauma más grave que las lesiones de otras arterias alejadas de los grandes vasos.

La primera rama importante de la arteria subclavia, rara vez encontrada por los cirujanos de hombro, es la arteria vertebral. Esta rama proporciona el suministro de sangre proximal al plexo braquial. La arteria mamaria interna es siempre una rama de la arteria vertebral.²³⁸ Dos vasos encontrados con mayor frecuencia por los cirujanos de hombro son la arteria cervical transversa y la arteria supraescapular, que salen del tronco tirocervical en 70 % de los casos.³⁵ En los casos restantes, se desprenden directamente o en común de la arteria subclavia. La arteria cervical transversa se puede dividir en una rama superficial que cubre el trapecio y una rama profunda que abastece a los romboides (cuando está presente). La arteria supraescapular es algo más inferior y atraviesa los tejidos blandos para entrar en el músculo supraespinoso, justo por encima del ligamento escapular transverso y el nervio supraescapular.

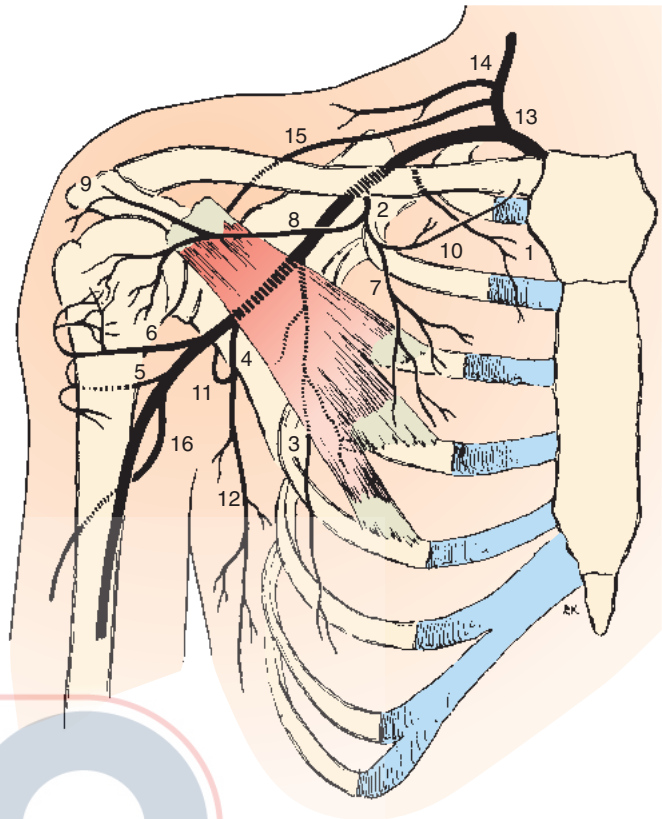


FIGURA 2-47: Ejes arteriales mayores de la extremidad superior. El eje arterial principal tiene tres nombres diferentes en su curso. Medial al borde lateral de la primera costilla, se llama arteria subclavia. Desde el borde lateral de la primera costilla justo proximal al despegue de la arteria braquial profunda, se denomina arteria axilar, y distal a la que se conoce como la *arteria braquial*. La arteria axilar se divide en tres porciones: superior al músculo pectoral menor (como se muestra), profundo al músculo y distal al músculo. Este dibujo muestra el eje toracoacromial (2) que sale en la primera parte de la arteria, una variación muy común. El eje toracoacromial generalmente sale profundo del pectoral menor. La otra variante es la rama clavicular (10), que se muestra como una rama de la arteria pectoral. Esta rama sale más comúnmente del eje toracoacromial como una trifurcación, pero puede surgir de cualquiera de las ramas del eje toracoacromial o de la propia arteria axilar. Tenga en cuenta que la mayoría de las ramas de la arteria son profundas para el pectoral menor y su continuación superior, la fascia clavipectoral. La excepción es el eje toracoacromial y sus ramas, que se encuentran por delante de la fascia clavipectoral. Las ramas marcadas son las siguientes: (1) arteria torácica superior, (2) arteria toracoacromial, (3) arteria torácica lateral, (4) arteria subescapular, (5) arteria circunfleja humeral posterior, (6) arteria circunfleja humeral anterior, (7) arteria pectoral, (8) arteria deltoidea, (9) arteria acromial, (10) arteria clavicular, (11) arteria escapular circunfleja, (12) arteria toracodorsal, (13) tronco tirocervical, (14) transversal arteria cervical, (15) arteria supraescapular y (16) arteria braquial profunda.

La parte superior de las dos arterias, la cervical transversa, se encuentra anterior a los troncos superiores y medios del plexo braquial, mientras que la arteria supraescapular se encuentra anterior al tronco medio, justo por encima del nivel de la clavícula.¹³² El origen de estas arterias de rama es muy variable, pero las arterias subclavias mismas rara vez son anómalas. La descripción de los libros de texto de las ramas de la subclavia está presente en solo 46 % o menos de las disecciones.^{103,191}

La arteria escapular dorsal es la arteria normal de los romboides y generalmente sale de la subclavia pero puede desprenderse de la arteria cervical transversa.^{202,208} Las ramas de la primera porción de la arteria subclavia, la porción entre su origen y el borde medial del músculo escaleno anterior, son la arteria vertebral, la arteria mamaria interna y el tronco tirocervical. La segunda porción de la arteria subclavia da lugar al tronco costocervical.²⁰² Una anomalía común que ocurre en 30 % de los individuos es una variación en la cual la arteria cervical transversa, la arteria supraescapular o ambas tienen su origen en la arteria subclavia y no en el tronco tirocervical.¹⁹³ En la mayoría de los casos, una de estas arterias viajará entre los troncos del plexo braquial hasta su destino.¹⁰⁴

Arteria axilar

La arteria axilar es la continuación de la arteria subclavia. Esta arteria comienza en el borde lateral de la primera costilla y continúa hasta el borde inferior del dorsal ancho, en donde se convierte en la arteria braquial. Esta arteria se divide tradicionalmente en tres porciones. La primera porción está por encima del borde superior del pectoral menor, la segunda porción es profunda para el pectoral menor y la tercera porción es distal al borde lateral del pectoral menor. El número habitual de ramas para cada una de las tres secciones corresponde al nombre de la sección. La primera porción tiene una rama, la segunda tiene dos y la tercera tiene tres.

Primera porción

La primera sección emite solo la arteria torácica superior, que suministra vasos al primer, segundo y, a veces, tercer espacio intercostal.

Segunda porción

La primera rama que se desprende en la segunda porción de la arteria es la arteria toracoacromial, uno de los proveedores de un angiosoma mayor, tal como lo definieron Taylor y Palmer.²³⁸ La arteria tiene dos ramas muy grandes, el deltoides y el pectoral, y dos ramas más pequeñas, el acromial y el clavicular. La rama acromial normalmente sale del deltoides, mientras que la rama clavicular tiene un origen mucho más variable y puede desprenderse de cualquiera de las otras ramas, el tronco o la arteria axilar.¹⁹⁵ La arteria toracoacromial perfora la fascia clavipectoral y desprende sus cuatro ramas.²⁰⁸ La rama pectoral viaja en el espacio entre el pectoral menor y el pectoral mayor. En su serie de inyecciones, Reid y Taylor informaron que la arteria pectoral suministró la

porción esternocostal de los músculos pectorales mayores en todos los casos. No encontraron una irrigación arterial del pectoral al pectoral menor en 46 % de las disecciones e informaron que el pectoral menor recibió una contribución de la arteria pectoral en solo 14 % de las disecciones. En 34 % de las disecciones, parecía que el pectoral menor recibía un suministro directo del tronco toracoacromial.¹⁹⁵

El suministro arterial al pectoral mayor coincide estrechamente con el suministro nervioso único del pectoral mayor, con la arteria deltoidea que suministra la cabeza clavicular y la arteria pectoral que abastece a la porción esternocostal.²³⁸ Los autores también encontraron que el plano entre el pectoral mayor y menor es relativamente avascular pero tiene una rica capa de anastomosis, con la arteria torácica lateral en los bordes laterales del pectoral mayor. Cuando el pectoral mayor se une a la cuarta y quinta costillas, se observa una conexión anastomótica alrededor del área de la cuarta costilla. La rama pectoral también surte la mayor parte de la piel anterior al pectoral mayor a través de los vasos que rodean el borde lateral del pectoral mayor.²³⁸

La arteria deltoidea está orientada lateralmente e irriga la cabeza clavicular del pectoral mayor y gran parte del deltoides anterior. Esta arteria también proporciona un área de piel sobre el surco deltopectoral a través de vasos que emergen del surco deltopectoral, generalmente incluyendo un perforador fasciocutáneo o musculocutáneo grande.

La arteria acromial generalmente es una rama de la arteria deltoidea que avanza hasta la articulación acromioclavicular. Esta arteria tiene una red anastomótica con otras porciones de las arterias deltoidea, supraescapular y circunferencial humeral posterior y con frecuencia tiene una rama cutánea importante.²³⁸

La arteria clavicular a menudo sale del tronco o de la arteria pectoral y corre hacia la articulación esternoclavicular. Reid y Taylor notaron que cuando se inyectaba la arteria clavicular, había una tinción del periostio en la mitad medial de la clavícula y la piel en esta área.²³⁸ La arteria clavicular también tiene conexiones anastomóticas con la arteria torácica superior, la primera perforante de la mama inferior y la arteria supraescapular.

La segunda arteria que sale de la segunda porción de la arteria axilar es la arteria torácica lateral, la más variable de las arterias de la axila en términos de origen.^{104,249} En aproximadamente 25 % de las muestras se origina en la arteria subescapular.²⁴⁹ En otras ocasiones, se origina en la rama pectoral de la arteria toracoacromial. La arteria torácica lateral se extiende profundamente dentro del pectoral menor y suministra sangre al pectoral menor, serrato anterior y a los espacios intercostales 3 a 5. Forma un rico patrón anastomótico con las arterias intercostales 2 a 5, la arteria pectoral y la rama toracodorsal de la arteria subescapular. En algunos casos, la arteria toracodorsal da origen a los vasos de la distribución torácica lateral. Una variación de la segunda porción de la arteria axilar que Huelke encontró en 86 % de los cadáveres es una arteria subescapular superior cuyo curso es paralelo al nervio subescapular superior.¹⁰⁴ Este vaso puede demostrar ser una arteria importante para el subescapular debido a la ausencia de ramificaciones importantes de la arteria subescapular antes de la escapular circunfleja.⁹

Tercera porción

La rama más grande de la arteria axilar, la arteria subescapular, se origina en la tercera parte de la arteria axilar. Esta arteria corre caudalmente en el músculo subescapular, que supuestamente surge.⁹⁵ Sin embargo, Bartlett y cols. no encontraron ramas importantes de la arteria subescapular antes del origen de la arteria escapular circunfleja.⁹ La arteria subescapular emite una rama a la porción posterior del hombro, la arteria escapular circunfleja, que pasa posteriormente por debajo del borde inferior del subescapular y luego medial a la cabeza larga del tríceps a través del espacio triangular, donde suministra una rama al ángulo inferior de la escápula y una rama a la fosa del infraespinoso.¹⁵⁰ Estas dos ramas anastomosan con el supraescapular y las arterias cervicales transversales. La arteria escapular circunfleja tiene una gran rama cutánea adicional que se utiliza en un colgajo libre axial.¹⁵⁰

La continuación del subescapular es la arteria toracodorsal, que corre con el nervio toracodorsal hacia el dorsal ancho en el subescapular, redondo mayor y dorsal ancho y tiene ramificaciones a la pared torácica lateral.

La circunfleja humeral posterior se desprende posteriormente en la tercera porción y desciende al espacio cuadrilateral con el nervio axilar. Después de emerger en el lado posterior del hombro debajo del redondo menor, la arteria se divide de manera similar al nervio. La rama anterior viaja con el nervio axilar, aproximadamente 2 pulgadas por debajo del nivel del acromión, y suministra los dos tercios anteriores del deltoides. Tiene una pequeña rama comunicante sobre el acromion con la rama acromial del eje toracoacromial y tiene una rama comunicante posterior con la rama deltoidea de la arteria braquial profunda. Esta arteria también tiene pequeñas ramas en la articulación glenohumeral. Surte un área de piel sobre el deltoides, particularmente el tercio medio de ese músculo, a través de vasos de conexión que viajan directamente a la piel que está adherida firmemente al deltoides subyacente. La rama posterior corresponde y acompaña al nervio axilar posterior.

La siguiente rama es la arteria circunfleja humeral anterior, que es más pequeña que la circunfleja humeral posterior. Es un hito quirúrgico importante porque se desplaza lateralmente en el borde inferior del tendón del subescapular, donde marca el límite entre la inserción tendinosa superior del subescapular y la inserción muscular inferior. La arteria tiene anastomosis profundas al deltoides con la arteria circunfleja humeral posterior. Suministra algunas ramas al músculo subescapular. Una rama de la arteria circunfleja humeral anterior cruza el tendón del subescapular anteriormente, donde se encuentra con regularidad durante la reconstrucción glenohumeral anterior.¹⁰⁶ Otra rama corre superiormente con la cabeza larga del bíceps y suministra la mayor parte de la cabeza humeral. Gerber⁷⁹ y cols. encontraron que la rama ascendente anterolateral de la arteria circunfleja humeral anterior suministra la mayor parte de la cabeza del húmero. Esta rama corre paralela a la cara lateral de la cabeza larga del tendón del bíceps y tiene un punto de inserción constante donde el surco intertubercular se encuentra con la tuberosidad mayor. La rama del extremo terminal se llama arteria arcuata. Aunque el suministro principal de sangre arterial a la cabeza del húmero es

a través de esta rama terminal, Brooks y cols.²⁵ encontraron anastomosis intraóseas significativas entre la arteria arcuata y los vasos posteromediales de la circunfleja humeral posterior. Concluyeron que cuando persiste cierta perfusión de la cabeza humeral, como en una fractura, el fragmento de la cabeza se extiende distalmente por debajo de la superficie articular. Esta conclusión ha sido confirmada clínicamente en un nuevo esquema de clasificación de fracturas de húmero proximal.⁹⁰

Anomalías no patológicas

La función de las arterias para administrar sangre está relacionada con el área transversal de la arteria que entrega, en lugar de la ruta particular que toma la arteria porque las arteriolas son los vasos de resistencia.^{224,225} Por lo tanto, las arterias dependen menos de la continuidad en línea recta para su función que los nervios. Uno esperaría una mayor tasa de desviación de la norma anatómica sin consecuencia fisiológica entre los vasos que en los nervios, y ese resulta ser el caso.^{144,249} Este concepto es aun más comprensible cuando recordamos que las cuencas contiguas son conectadas por ahogadores y que cuando los vasos en un área son grandes, los del área adyacente son pequeños.^{181,238} Los tipos de anomalías arteriales son similares a los de los nervios: un cambio en la posición de origen de la arteria, duplicación o reducción en el número de arterias del tallo, y la ausencia total de la arteria con su función asumida por otra arteria.

La ruta oblicua de las arterias a medida que avanzan hacia su destino es necesaria por el movimiento en el hombro. Como era de esperar, un desplazamiento proximal del origen arterial es más frecuente que uno distal. El ejemplo más común es el desplazamiento proximal del eje toracoacromial, que se encuentra en al menos un tercio de los cadáveres.^{104,119,242}

El siguiente vástago arterial desplazado con mayor frecuencia es la arteria subescapular, que se origina en la segunda parte de la arteria axilar⁵⁴ en 16 % a 29 % de los casos.^{104,191} En un pequeño porcentaje de casos, la arteria torácica superior se mueve proximalmente para tomar origen de la arteria subescapular. Se han informado pocos casos de arterias movidas distalmente.

Otra variación frecuente es un aumento o disminución en el número de ramas directas de la arteria axilar^{54,104,191,249}. Por ejemplo, además de las ramas discutidas anteriormente, Huelke describió una séptima rama que encontró en 86 % de sus disecciones.¹⁰⁴ Esta rama corta y directa acompaña al nervio subescapular superior corto (y es similar en anatomía), lo que sugiere el nombre de *arteria subescapular superior*.

Un cambio en el número de ramas ocurre cuando una rama de uno de los seis tallos arteriales nombrados que salen de la arteria axilar se origina directamente de otra arteria o cuando dos o más se unen en un tallo común. En la serie de disecciones de Huelke, encontró siete ramas en solo 26,7 % de las disecciones, seis ramas en 37 %, cinco ramas en 16 % y menos de cinco en 11 %. De Garis y Swartley informaron hasta 11 ramas separadas de la arteria axilar.⁵⁴ Los tallos comunes más frecuentes son los de las arterias cervical y

supraescapular transversales, que forman un tallo común fuera del tronco tirocervical en hasta 28 % de los cadáveres.¹⁹³ El siguiente origen más común es la arteria circunfleja humeral posterior con la circunfleja humeral anterior (11 %) o la arteria subescapular (15 %). Lo opuesto a la consolidación también puede ocurrir cuando las ramas principales de estas seis o siete ramas nombradas se originan directamente de la arteria axilar. Esta anomalía se observa con mayor frecuencia en el eje toracoacromial, donde las diversas ramas pueden desprenderse por separado de la arteria axilar, aunque solo se ha informado un pequeño número de casos.

La anomalía no patológica final es la ausencia total de una arteria con su función realizada por una de las otras ramas. La arteria torácica lateral es la más comúnmente ausente, y su función es suplantada por ramas fuera del subescapular, la rama pectoral del toracoacromial, o ambas. Esta variante se ha visto hasta en hasta 25 % de los especímenes.^{54,104,249}

Circulación colateral

Una cantidad de anastomosis significativas contribuyen a una buena circulación colateral alrededor del hombro (Figuras 2-48 y 2-49). La arteria subclavia se comunica con la tercera porción de la arteria axilar a través de la anastomosis con las arterias transversales cervical, escapular dorsal y supraescapular y las ramas de la arteria subescapular. Además, se pueden encontrar comunicaciones entre la arteria circunfleja humeral posterior y las arterias circunfleja anterior, deltoidea, supraescapular y profunda braquial. También se pueden encontrar comunicaciones entre la arteria toracoacromial y las arterias intercostales, particularmente el cuarto intercostal.

Esta abundante circulación colateral es tanto un activo para la viabilidad del tejido y una desventaja para la evaluación de la posible lesión arterial. La circulación colateral mejora algunos de los efectos de una lesión o bloqueo repentino de la arteria axilar. Una extremidad puede sobrevivir con una presión de flujo tan baja

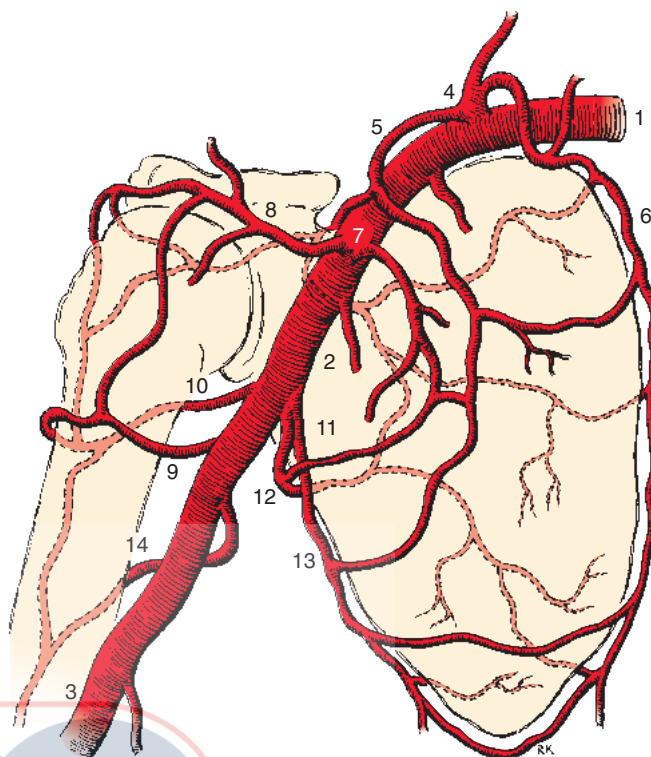


FIGURA 2-48: Diagrama que demuestra la gran cantidad de circulación colateral alrededor del hombro. Se ha tomado alguna licencia en la que se muestran las colaterales supraescapular y escapular dorsal anteriores al eje arterial principal. Las arterias marcadas son las siguientes: (1) subclavia, (2) axilar, (3) braquial, (4) tronco tirocervical, (5) supraescapular, (6) escapular dorsal, (7) tronco toracoacromial, (8) deltoidea, (9) circunferencia humeral anterior, (10) circunfleja humeral posterior, (11) subescapular, (12) escapular circunfleja, (13) torcodorsal y (14) profunda brachii. (Modificado de Rich NM, Spencer F. *Vascular Trauma*. Philadelphia: WB Saunders, 1978).

PARA UNA PRÁCTICA EXITOSA

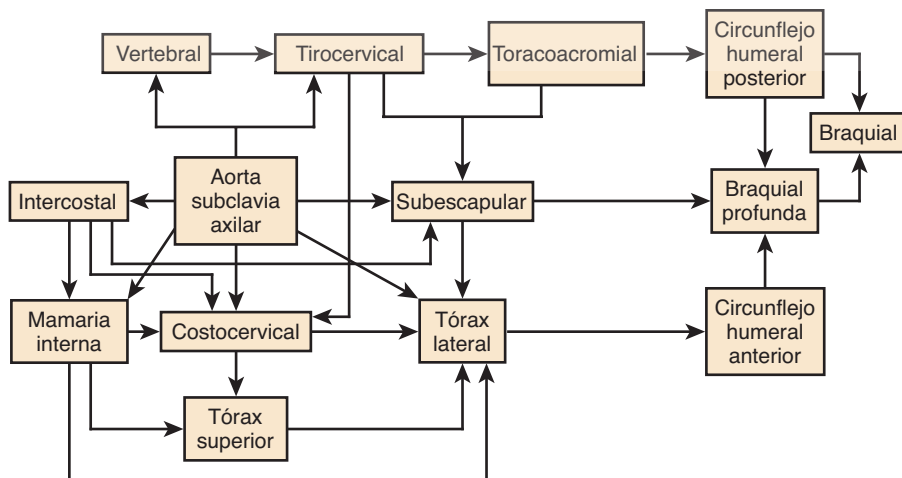


FIGURA 2-49: Diagrama de la circulación colateral. El número de colaterales disminuye en áreas donde las estructuras colágenas densas deben moverse adyacentes entre sí (por ejemplo, cerca de la articulación glenohumeral). (Modificado de Radke HM. *Arterial circulation of the upper extremity*. En: Strandness DE Jr, ed. *Collateral Circulation in Clinical Surgery*. Philadelphia: WB Saunders, 1969:294-307.)

como 20 mm Hg, que sería fatal para el cerebro o el corazón.²²⁴ En la Guerra de Vietnam, la lesión de la arteria axilar tuvo la menor tasa de amputación de cualquiera de las regiones del árbol arterial.²⁰⁰ Estas anastomosis pueden en ocasiones oscurecer el diagnóstico, aunque la circulación colateral puede transmitir una onda de pulso (13 a 17 m/s), puede no ser suficiente para permitir una onda de flujo (40 a 50 cm/s) porque el flujo varía con la cuarta potencia del radio de los vasos. Aunque las colaterales pueden tener un área de sección transversal total cercana a la de la arteria axilar, la resistencia aumenta mucho.^{184,224} Además, la misma lesión que interrumpe el flujo en la arteria axilar o subclavia puede dañar la circulación colateral.^{155,202}

La gravedad de un diagnóstico perdido en una lesión se demuestra por los informes sobre la ligadura arterial. Ferguson y Holt citan a Bailey mostrando una tasa de amputación de 9 % para la ligadura de la arteria subclavia y una tasa de amputación de 9 % para la ligadura de la arteria axilar durante la Primera Guerra Mundial.⁷⁰ Estadísticas más recientes del campo de batalla de DeBakey y Simeon⁵³ en la Segunda Guerra Mundial y Rich y cols.²⁰⁰ en la Guerra de Vietnam revelan una tasa de amputación mucho mayor: aproximadamente 28,6 % para la lesión de la arteria subclavia en Vietnam y 43 % para la lesión de la arteria axilar en la Segunda Guerra Mundial.⁵³ Una excepción sobresaliente a este sombrío informe es el tratamiento de la fístula arteriovenosa y aneurisma falso, donde la ligadura tiene una morbilidad muy baja, tal vez debido a la ampliación de los vasos colaterales.²⁰¹ Curiosamente, en los 10 casos de ligadura de la arteria subclavia encontrados en el registro de la Guerra de Vietnam, no se necesitaron amputaciones posteriores, a diferencia de una tasa global de 28 % con las heridas subclavas. Por el contrario, las dos ligaduras axilares de la arteria terminaron en amputación.²⁰² Radke señala que los vasos colaterales son menos cuando los tejidos compactos y móviles se extienden por la articulación.¹⁹¹

Los porcentajes de amputaciones reflejan la tasa de gangrena que requiere amputación después de la ligadura e ignoran los síndromes de dolor nervioso grave que a menudo ocurren con una circulación inadecuada.²⁰² Rich y Spencer creen que el aumento de las tasas de gangrena entre los militares en la Segunda Guerra Mundial y Vietnam con respecto a la Primera Guerra Mundial refleja la gravedad cada vez mayor de las heridas de guerra. En cualquier caso, ni la tasa de gangrena antigua ni la moderna son aceptables. Las lesiones axilares o de la arteria subclavia necesitan una reparación, si es posible, no una ligadura, y por lo tanto requieren un diagnóstico temprano.²⁰²

Venas

Axilar

La vena axilar comienza en el borde inferior del dorsal ancho como una continuación de la vena basilica continúa hasta el borde lateral de la primera costilla y se convierte en la vena subclavia.^{95,171} Esta vena es una estructura única, en contraposición a muchas venas comitantes, que a menudo son dobles. La vena subescapular también es un vaso único.⁹ Las venas axilar y subclavia generalmente tienen una sola válvula cada una,²⁵⁹ mientras que la mayoría de las venas musculares tienen muchas válvulas.²⁵⁹ Cada vena se encuentra anterior a su arteria y, especialmente en su porción proximal,

medial o inferior a la arteria. La mayor parte del drenaje venoso es hacia la vena axilar, a excepción de las ramas que acompañan a la arteria toracoacromial, donde más de la mitad se vacía en la vena cefálica en lugar de continuar hasta la vena axilar.¹⁹⁵ Las relaciones de la vena axilar son la arteria, que tiende a ser posterior y lateral, y el plexo braquial. El nervio pectoral medial emerge del plexo braquial entre la arteria y la vena. El nervio cubital se encuentra directamente detrás de la vena mientras desciende por el brazo. La extremidad superior es similar a la extremidad inferior, que utiliza una acción de bombeo muscular para ayudar al retorno venoso. En la extremidad superior, los músculos deltoides y tríceps reciben venas aferentes del tejido muscular y subcutáneo adyacentes.²⁵⁸

Cefálica

La vena cefálica es una vena superficial en el brazo que se encuentra profundamente en la fascia profunda después de alcanzar el surco deltopectoral y finalmente perfora la fascia clavipectoral y desemboca en la vena axilar.⁹⁵ La vena cefálica está ausente en 4 % de los casos. Esta vena no recibe ramificaciones del músculo pectoral mayor en el surco y, por lo tanto, drena principalmente el músculo deltoides y a menudo se preserva lateralmente cuando se realiza un abordaje deltopectoral. La vena cefálica es un hito importante en la identificación del intervalo deltopectoral. Está cubierto por una banda grasa constante en el surco deltopectoral que puede ser útil tanto para identificar la vena como para determinar su ausencia.

Los ganglios linfáticos de la axila se encuentran en la superficie de las estructuras venosas. La vena axilar a menudo necesita ser extirpada para obtener una disección adecuada de los ganglios en la mastectomía. Se cree que la oclusión linfática, en lugar de la extirpación de la vena, es la causa de edema en el brazo.^{51,116,169} Tal mecanismo podría mitigar la reparación venosa, pero Rich y sus colaboradores informan que la alteración del retorno venoso en las extremidades inferiores da como resultado una mayor tasa de amputación.²⁰¹ Se cree que la preservación de la vena cefálica durante la cirugía reduce potencialmente las molestias postoperatorias.

Drenaje linfático

El drenaje linfático en las extremidades está más altamente desarrollado superficialmente, donde los canales linfáticos siguen las venas superficiales, que en la porción profunda de la extremidad, donde los canales linfáticos siguen las arterias.^{95,208} Los vasos linfáticos en el brazo generalmente fluyen a los ganglios axilares (Fig. 2-50). Los vasos linfáticos ubicados más radialmente en el brazo pueden cruzar hacia el lado cubital y, por lo tanto, hacia la axila o pueden drenarse consistentemente con la vena cefálica y el nodo deltopectoral, en cuyo caso pasan por la axila y drenan hacia los nódulos cervicales.⁵¹

Los ganglios linfáticos se nombran por el área de la fosa axilar en la que se encuentran en lugar de por el área que drenan. Las áreas que drenan son bastante constantes, y cada grupo de nódulos recibe de uno a tres aferentes grandes.³⁵ Los nodos están abundantemente provistos de sangre arterial y parecen tener una relación constante con sus arterias.²⁷ El drenaje del área de la mama y la pared torácica anterior pasa a los nódulos pectorales (nódulos torácicos), que se encuentran en la superficie lateral de las costillas 2 a 6, en profundidad o dentro de la fascia del serrato anterior en ambos

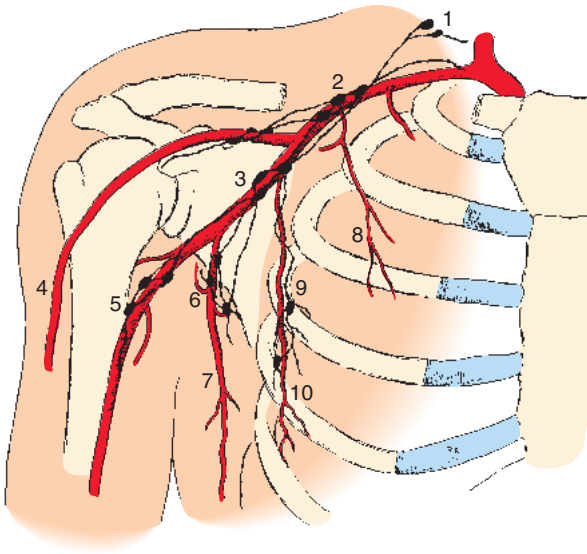


FIGURA 2-50: La ubicación de grupos de ganglios linfáticos o nódulos en la axila y algunas de sus principales interconexiones. El drenaje principal está en la vena, pero también tiene conexiones a los ganglios cervicales profundos. Los nódulos y vasos marcados son los siguientes: (1) cervical profundo, (2) apical, (3) central, (4) vena cefálica, (5) lateral, (6) subescapular, (7) arteria toracodorsal, (8) arteria pectoral, (9) nodos pectorales y (10) arteria torácica lateral.

lados de la arteria torácica lateral. Este grupo es casi contiguo con el grupo central. En la pared posterior de la fosa axilar hay ganglios subescapulares que se encuentran en la pared del músculo subescapular. Se encuentran junto a la arteria y nervio toracodorsal y drenan la linfa de esta área, así como de la superficie posterior del hombro, la espalda y el cuello. Estos dos grupos drenan en los nodos centrales o más grandes y en los nodos superiores. Los ganglios centrales también reciben drenaje de los nódulos laterales (o ganglios braquiales) en la superficie medial de los grandes vasos en la axila y están relacionados con las arterias torácica lateral y toracodorsal. Todos estos nodos drenan en los nódulos apicales (nódulos subpectorales), que pueden producir un aferente en el tronco linfático subclavio. Luego se unen al conducto torácico del lado izquierdo o directamente a la vena de la derecha. Algunos aferentes drenan en los ganglios cervicales profundos y tienen una entrada separada en el sistema venoso a través de la vena yugular.

Relaciones

La arteria axilar se encuentra en el espacio axilar, bien amortiguada por la grasa, y está relativamente bien protegida del daño por compresión. Como se mencionó anteriormente, se producen relativamente pocas lesiones en la arteria subclavia. Por lo general, no está involucrada en el síndrome de salida torácica. Un caso en el que una arteria normal está involucrada en un síndrome de compresión se encuentra en el espacio cuadrilateral, donde la circunfleja humeral posterior puede comprimirse. Aunque las arterias en el hombro están dispuestas alrededor de la mecánica normal, uno podría predecir que las alteraciones en la mecánica podrían poner

en peligro las arterias, pero ese no suele ser el caso. La mayoría de los daños arteriales indirectos incluyen casos de arterias enfermas, como ocurre en la dislocación glenohumeral.^{82,114}

BOLSAS, COMPARTIMENTOS Y ESPACIOS POTENCIALES

Con cualquier estudio de anatomía regional, las estructuras que permiten o restringen la diseminación de sustancias hacia o desde esa parte del cuerpo son consideraciones importantes. Las sustancias pueden ser anestésicos locales, edema por trauma, infección o tumor. Los cirujanos pueden extender su exposición quirúrgica o se les impide hacerlo por dichos espacios y barreras. La suficiencia de la barrera está relacionada con la velocidad con la que la sustancia se puede propagar. Por ejemplo, preferimos que los anestésicos locales actúen en unos pocos minutos. Una barrera fascial que impide dicha diseminación puede ser insuficiente para prevenir la propagación del trauma posterior a la lesión que prolifera durante un período de horas. De manera similar, una barrera que puede contener edema, causando así un síndrome de compartimiento, puede ser insuficiente para actuar como una barrera de compartimiento contra la propagación de un tumor que se agranda durante un período de semanas o meses.

Compartimentos tumorales

Los cirujanos de tumores musculoesqueléticos han enfatizado el concepto de compartimentos anatómicos durante muchos años. Señalan que los tumores crecen centrífugamente hasta que encuentran una barrera de colágeno de la fascia, el tendón o el hueso que limita su crecimiento. Los tumores tienden a extenderse más rápidamente en la dirección en la que no se encuentran barreras anatómicas. Por lo tanto, un compartimento es un espacio anatómico delimitado por todos lados por una densa barrera de colágeno.⁶⁷

Enneking⁶⁷ enumeró cuatro compartimentos en el hombro: la escápula y su envoltura muscular, la clavícula, el extremo proximal del húmero y el deltoides. El espacio axilar es un ejemplo primario de un espacio que es, por definición, extracompartimental. Está limitado por la fascia en dirección posterior, medial y anterior, y tiene hueso a lo largo de su borde lateral, pero no proporciona un corredor anatómico para la diseminación del tumor en dirección proximal o distal.

Infección

Afortunadamente, las infecciones en el área del hombro son raras en comparación con la mano, probablemente debido a la menor exposición a los traumatismos y cuerpos extraños en el área del hombro. Crandon señaló que una característica anatómica potenciadora para el desarrollo de la infección en las manos es un espacio cerrado, que es poco frecuente en el hombro.⁴⁸ El hombro tiene tres articulaciones diartrodiales: la esternoclavicular, la acromioclavicular y la glenohumeral. En ausencia de trauma penetrante u osteomielitis, estas áreas son las más propensas a infectarse, especialmente en individuos que están predispuestos por una enfermedad sistémica.

Síndromes de compartimiento

Gelberman informó que los síndromes del compartimento del área del hombro se encuentran en el bíceps, el tríceps y el deltoides. Estos síndromes a menudo son secundarios a los síndromes de sobredosis de drogas por compresión,⁷⁷ que ocurren cuando un individuo ha estado acostado en una posición y no se mueve para aliviar esta compresión debido a un bajo nivel de conciencia como resultado de una sobredosis de drogas. La compresión ocurre en los músculos más prominentes desde el punto de vista topográfico sobre los que se puede colocar. Los síndromes compartimentados también pueden desarrollarse después de un traumatismo grave en el que se produce compresión. Gelberman⁷⁷ señaló que el deltoides medio, debido a su naturaleza de multipeniforme, en realidad consiste en muchos compartimentos pequeños con respecto a la contención de un edema; sin embargo, con respecto a la diseminación del tumor, el deltoides es un único compartimento (Fig. 2-51). Por lo tanto, la descompresión del deltoides requiere múltiples epimisiotomías en el tercio medio para liberar adecuadamente el edema (véase Fig. 2-25).

Compartimientos regionales de anestesia

El área del hombro más cercanamente relevante para la anestesia es la vaina axilar, que comienza en el cuello como la *capa prevertebral* de la fascia cervical. Esta capa de fascia se origina en la línea media posterior y pasa más adelante, en profundidad, al trapecio. Cubre las superficies superficiales de los músculos del cuello y, a medida que avanza, forma el piso del triángulo posterior del cuello. Pasa lateralmente a los músculos escalenos y lateral a la porción superior del plexo braquial y luego justo antes del escaleno anterior, el largo del cuello y el músculo largo de la cabeza. En esta

posición anterior es verdaderamente prevertebral. La vaina axilar lateral y distal continúa rodeando el plexo braquial y la arteria y el nervio axilares. La funda sirve para confinar el material inyectado y mantenerlo en contacto con los nervios. En combinación con la fascia braquial adyacente, también es capaz de contener la presión de un hematoma postarteriografía lo suficiente como para producir la compresión del nervio.²²¹

La posición interescalénica (Fig. 2-52) del plexo braquial es bastante amplia, y la apropiada técnica anestésica requiere volumen.^{68,161} Como la vaina avanza lateralmente hacia la axila, es más densa proximalmente. Thompson y Rorie encontraron tabiques entre los diversos componentes de la vaina en disecciones anatómicas y por tomografía (Fig. 2-53).²⁴³ Al menos tres compartimentos estaban presentes, lo que puede explicar la necesidad de múltiples inyecciones en la vaina axilar para lograr una anestesia adecuada del plexo braquial y puede explicar por qué el hematoma axilar no afecta todo el plexo braquial a la vez. A medida que continuamos sin imágenes de la vaina como una estructura de tejido conectivo que se mueve en relación con las estructuras adyacentes, no debería sorprendernos saber que los nervios del hombro y la parte superior del brazo yacen fuera de la vaina en el brazo donde se realiza el bloqueo axilar, por lo que es necesario el uso de un torniquete distal para forzar la migración proximal de soluciones anestésicas.

Espacios fasciales y planos quirúrgicos

La disección quirúrgica se ve facilitada en gran medida por planos o áreas del cuerpo que son relativamente avasculares y sin nervios (véanse las secciones «Nervios» y «Vasos» para discusión). El cruce

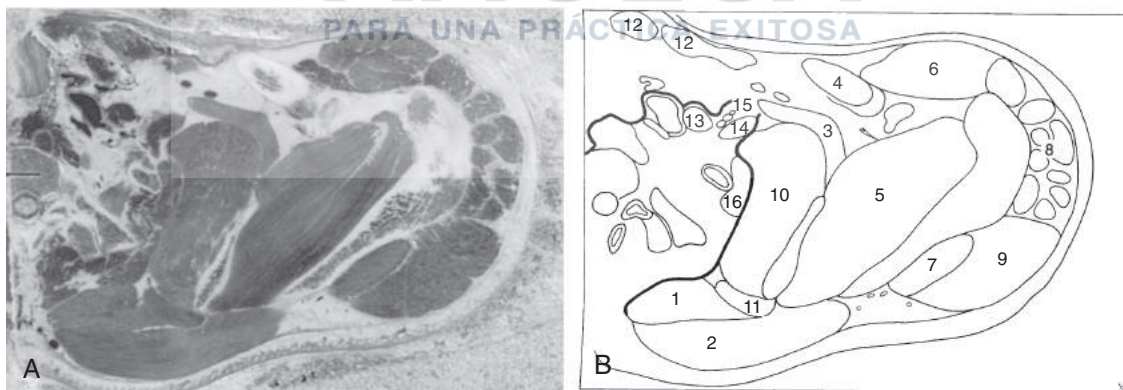


FIGURA 2-51: Imagen (A) y diagrama (B) de una sección transversal del hombro al nivel del acromion. Se muestran varios espacios importantes dentro del hombro, comenzando con la *línea gruesa* en B que muestra la fascia prevertebral, lo que contribuye a la formación de la vaina axilar. En la porción media anterior hay un depósito de tejido adiposo que es el extremo superior del espacio axilar. Posteriormente, en la base de la espina dorsal de la escápula, se ubica un cuerpo de tejido adiposo entre el trapecio y el deltoides, donde se encuentran las ramificaciones de la rama cutánea de la arteria escapular circunfleja. En la extensión más lateral se puede ver la formación multipeniforme en el tercio medio del deltoides, lo que demuestra por qué esta porción del músculo debe considerarse como compartimentos múltiples cuando se trata el síndrome compartimental. Las estructuras marcadas son las siguientes: (1) romboide mayor, (2) trapecio, (3) omohioideo, (4) clavícula, (5) supraespinoso, (6) tercio anterior del deltoides, (7) infraespinoso, (8) tercio medio del deltoides, (9) tercio posterior del deltoides, (10) serrato anterior, (11) romboide menor, (12) esternocleidomastoideo, (13) escaleno anterior, (14) escaleno medio, (15) plexo braquial, y (16) escaleno posterior.

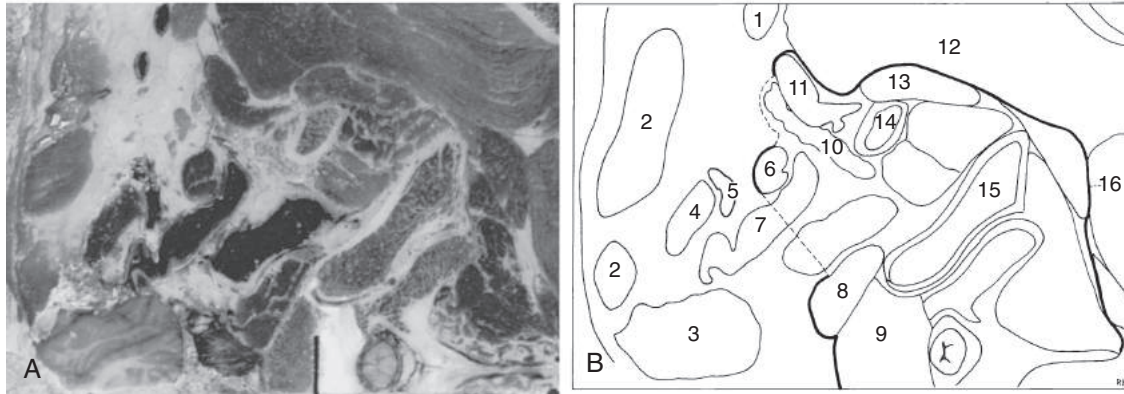


FIGURA 2-52: Imagen (A) y diagrama (B) de una sección transversal horizontal del intervalo interescalénico en el nivel donde la arteria subclavia apenas comienza a pasar detrás del escaleno anterior. La línea gruesa (16) es la fascia prevertebral, que continúa constituyendo la vaina axilar proximal en el extremo proximal. Este espacio es tan amplio que la anestesia en esta área requiere una dosis de al menos 40 ml. Las estructuras marcadas son las siguientes: (1) omohioideo, (2) esternocleidomastoideo, (3) pulmón, (4) esternohioideo, (5) vena subclavia, (6) escaleno anterior, (7) arteria subclavia, (8) largo del cuello, (9) vértebra T2, (10) plexo braquial, (11) escaleno medio, (12) serrato anterior, (13) escaleno posterior, (14) costilla 1, (15) costilla 2 y (16) fascia prevertebral.

de planos por nervios o vasos se desalienta por el movimiento a través de ese plano. Esto no significa que ningún vaso cruce esos planos, pero cuando se cruzan estos planos, los vasos tienden a ser menos numerosos y de mayor tamaño, se nombran y se cruzan de forma oblicua para acomodar el movimiento. Tienen a entrar en los músculos cerca de los puntos de origen o inserción y así disminuir el efecto de la excursión del músculo. Los vasos colaterales entre cuencas adyacentes también cruzan en la periferia de los planos de movimiento (Fig. 2-54). El hombro es la parte más móvil del cuerpo humano y, como era de esperar, contiene la mayor cantidad de adaptaciones para ese movimiento. Tres estructuras permiten específicamente el movimiento: bolsas, tejido alveolar laxo y tejido adiposo.

En el tejido alveolar laxo, las fibras y los elementos celulares están ampliamente espaciados. El propósito de este tipo de tejido es facilitar el movimiento entre las estructuras en relación con el otro: generalmente músculo y músculo o músculo y hueso subyacente. Estos espacios fasciales (Figs. 2-55 a 2-57; véase también la Fig. 2-54) pueden ser penetrados fácilmente por pus u otro líquido no deseado y, sin embargo, también son útiles para los cirujanos debido a la escasez de vasos pequeños y nervios que los atraviesan.²³⁸ Nuevamente, esto no quiere decir que no hay vasos presentes. Los vasos y nervios que cruzan tienden a ser grandes, tienen nombre, y generalmente son bien conocidos y se evitan fácilmente. Por lo tanto, estos espacios fasciales proporcionan pasajes útiles para la disección. El espacio fascial más comúnmente observado se ve en la profundidad del surco deltopectoral, debajo de los músculos deltoides y pectoral mayor, y en la superficie del músculo pectoral menor subyacente y el tendón conjunto. Este espacio profundo en los músculos pectoral mayor y deltoides está atravesado por ramas de la arteria toracoacromial cerca de la clavícula, sin otros vasos de cruce notables.

Cuando se usa una incisión de división deltoidea en un abordaje posterior del hombro, se encuentra un espacio entre

la superficie profunda del deltoides y la superficie externa del infraespinoso y redondo menor. Las estructuras de cruce son el nervio axilar y la arteria circunfleja posterior en el borde inferior del redondo menor. En lo profundo de la superficie que bordea el serrato anterior, posterior a sus orígenes, se encuentra un espacio fascial continuo con el tejido alveolar laxo que se extiende hacia los romboides. Este plano avascular es utilizado por cirujanos oncológicos cuando realizan una amputación en el cuarto delantero y por ortopedistas pediátricos cuando corrigen una escápula elevada de forma que resulta en una disección menos sanguinolenta. Tenga en cuenta en las ilustraciones que estos espacios son más delgados que la tinta que el artista utilizó para representarlos. Se debe tener en cuenta su presencia al interpretar los tomogramas y planificar los márgenes tumorales que pueden verse comprometidos por este tejido laxo. Esta misma advertencia se aplica a las bolsas.

Otra forma de analizar planos quirúrgicos es pensar en la disección en capas. Cooper y colegas⁴⁴ encontraron cuatro capas anatómicas de soporte consistentes sobre la articulación glenohumeral. La capa 1 consiste de los músculos deltoides y pectoral mayor. La capa 2 contiene la fascia claviopectoral, el apófisis coracoides, el tendón conjunto y el ligamento coracoacromial. Posteriormente, la fascia escapular posterior es continua con la fascia claviclar. La capa 3 contiene los músculos del manguito rotador y finalmente la capa 4 es la cápsula glenohumeral.

Tejido adiposo

El tejido adiposo proporciona la doble función de amortiguar los nervios y los vasos y permitir la pulsación de las arterias y la dilatación de las venas.²³⁸ También permite el movimiento de los tejidos entre sí. El hombro tiene tres depósitos de tejido adiposo que indican la posición de un nervio o arteria encerrada. El más grande es el espacio axilar, que contiene el plexo braquial y sus ramas, la

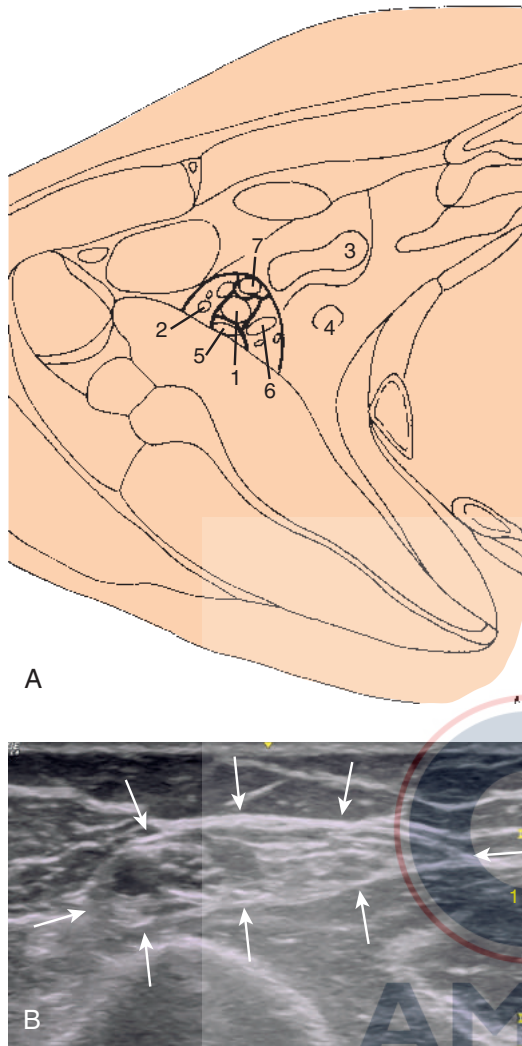


FIGURA 2-53: **A**, Diagrama de corte transversal de la vaina axilar que demuestra los tabiques entre las estructuras contenidas dentro de la vaina. Las estructuras marcadas son las siguientes: (1) arteria axilar, (2) nervio musculocutáneo, (3) vena, (4) ganglio linfático, (5) nervio axilar y (6) nervio mediano. **B**, Vista de ultrasonido de la vaina (flechas) y los nervios y vasos contenidos.

arteria y la vena axilares, y el principal drenaje linfático de la pared torácica anterior, la extremidad superior y la espalda.

El espacio axilar (Fig. 2-58; véanse también las Figs. 2-51 a 2-56) está delimitado posteriormente por una pared de músculo, que de arriba abajo son los músculos subescapular, redondo mayor y dorsal ancho. El dorsal ancho forma el músculo que rodea el pliegue axilar posterior. Estos tres músculos están inervados por el nervio subescapular superior e inferior y por el nervio toracodorsal, anteriormente denominado *nervio subescapular medio*. El límite anterior del espacio axilar es el músculo pectoral menor y la fascia clavipectoral (véase Fig. 2-58).

Superior al pectoral menor hay una capa de fascia densa, conocida como *fascia clavipectoral*, que continúa medial y superiormente desde el pectoral menor. Continúa medialmente a la primera costilla como la membrana costocoracoide. El músculo pectoral mayor y el tendón forman el límite anterior más definitivo en la extensión inferior del espacio axilar, aunque la fascia clavipectoral continúa hacia la axila. El límite medial del espacio es el músculo serrato anterior y las costillas. El límite lateral es la porción del húmero entre las inserciones del redondo mayor y el dorsal ancho y la inserción del músculo pectoral mayor, que define la extensión inferior del surco intertubercular. En la posición anatómica, el espacio axilar se asemeja a una pirámide deformada; su borde lateral en realidad se encuentra en la superficie anterior del húmero.

El próximo cuerpo importante de tejido adiposo se encuentra posteriormente, en la parte profunda de la fascia profunda (Fig. 2-59). Es inferomedial al borde medial del deltoides posterior, lateral al trapecio, y superior al dorsal ancho. Este tejido podría considerarse una continuación del espacio triangular porque contiene las prolongaciones cutáneas de la arteria escapular circunfleja, y es aquí donde el cirujano microvascular busca la arteria y las venas del colgajo cutáneo escapular.¹⁵⁰

El tercer depósito profundo del tejido adiposo en el hombro se encuentra entre el tendón supraespinoso y la clavícula y la articulación acromioclavicular por encima (véase Fig. 2-29). El tejido amortigua y protege las ramas de la arteria acromial, que se encuentra con frecuencia en secciones debajo de la articulación acromioclavicular. En resumen, para fines de disección, el tejido adiposo sirve para indicar la presencia de vasos o nervios.

Bolsas

Las últimas estructuras que facilitan el movimiento son las bolsas. Aparentemente, las bolsas se forman durante el desarrollo como una coalescencia de los espacios fasciales.²⁰⁸ Las bolsas tienden a tener revestimientos incompletos en su estado normal, pero pueden engrosarse bastante en los estados patológicos que con frecuencia se encuentran en la cirugía. Las bolsas, al ser espacios huecos, son totalmente avasculares y pueden usarse como espacios para la disección. Debido a que son los espacios lubricantes más completos, se encuentran entre los tejidos más rígidos: entre el tendón y el hueso o la piel y el hueso y ocasionalmente entre el músculo y el hueso cerca de una inserción de tendón.

El cuerpo humano tiene aproximadamente 50 bolsas con nombre, y varias muy importantes se encuentran en el hombro.^{95,208} La bolsa subacromial y la estrechamente relacionada bolsa subdeltoides son las más importantes. Estas bolsas sirven para lubricar el movimiento entre el manguito de los rotadores y el acromion suprayacente y las articulaciones acromioclaviculares. Estas dos bolsas generalmente se unen en una (Fig. 2-60). Son las bolsas más importantes en los procesos patológicos del hombro y las que causan más dolor cuando se inflaman. Aunque la bolsa subacromial normalmente solo es un espacio potencial y, por lo tanto, no se ve en la sección transversal (véase Fig. 2-29) o con técnicas de imagen, tiene una capacidad de 5 a 10 ml cuando no se ve comprometida por adherencias o edema.²²⁷ Normalmente no se comunica con la articulación glenohumeral.⁶⁵

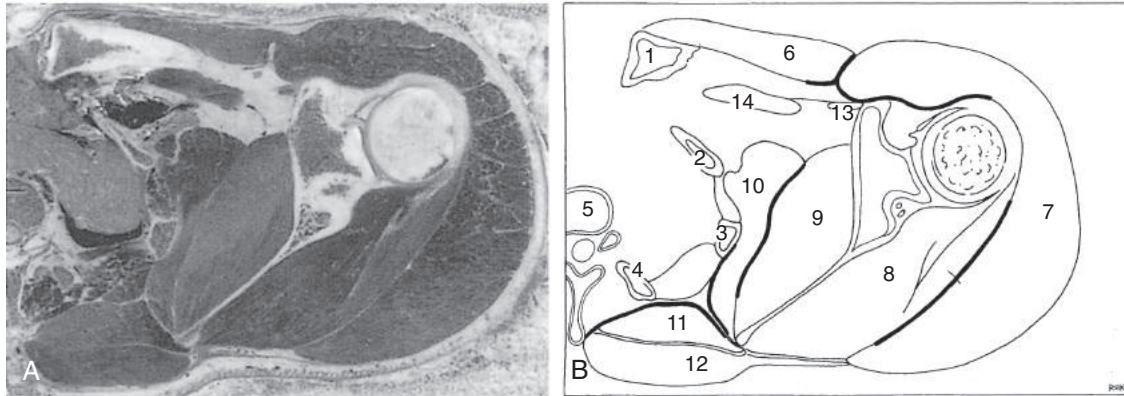


FIGURA 2-54: Sección transversal (A) y diagrama (B) que muestran las relaciones a nivel de la apófisis coracoides. Los planos donde se produce la mayor parte del movimiento y que tienen más probabilidades de ser hipovasculares están indicados por las líneas gruesas en B. Es probable que los vasos que cruzan estos planos se encuentren en los bordes de los planos de movimiento. Por ejemplo, en el plano entre el serrato anterior y el subescapular, es probable que los vasos que se cruzan se encuentren cerca del borde de la escápula, donde el movimiento relativo entre estas dos estructuras es menor. También se muestra en esta sección la proximidad del nervio y la arteria supraescapular al borde posterior de la cavidad glenoidea. (Consulte la Fig. 2-57 para ver la clave del diagrama).

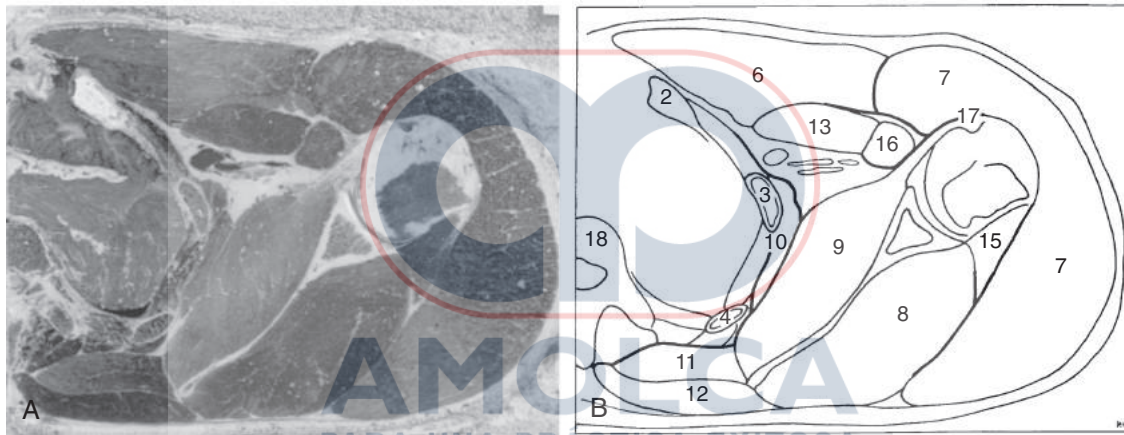


FIGURA 2-55: Sección transversal (A) y diagrama (B) ligeramente debajo del ecuador de la cavidad glenoidea. Los planos tisulares que probablemente sean hipovasculares se muestran con líneas gruesas en B. (Consulte la Fig. 2-57 para ver la clave del diagrama).

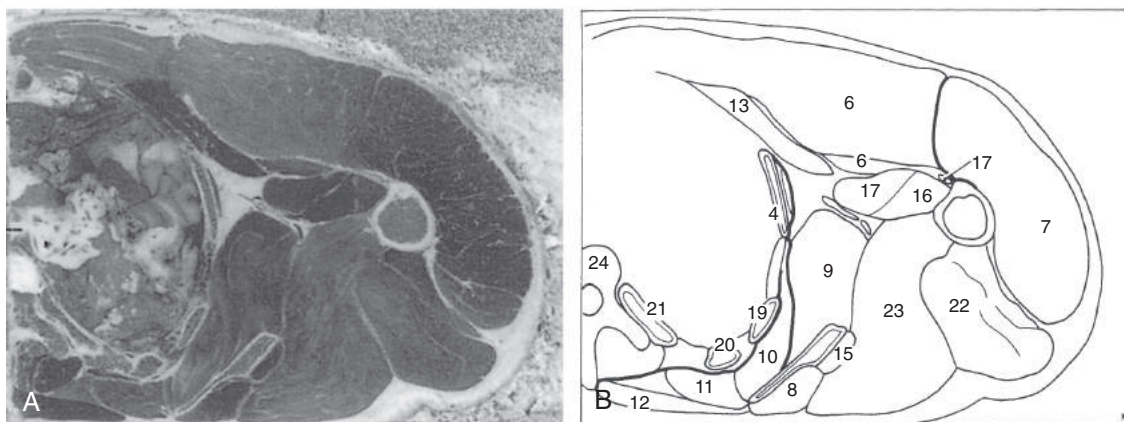


FIGURA 2-56: Una sección transversal inferior (A) y un diagrama (B) por debajo del nivel del espacio cuadrilateral. El examen cuidadoso de A muestra las dos capas de inserción mayor del pectoral en el borde lateral del surco bicipital. En el borde anterior del redondo mayor, se puede observar que las fibras del redondo principal y del dorsal ancho se insertan en el labio medial y el piso del surco bicipital. La posición del plexo braquial está bien demarcada. (Consulte la Fig. 2-57 para obtener una clave del diagrama).

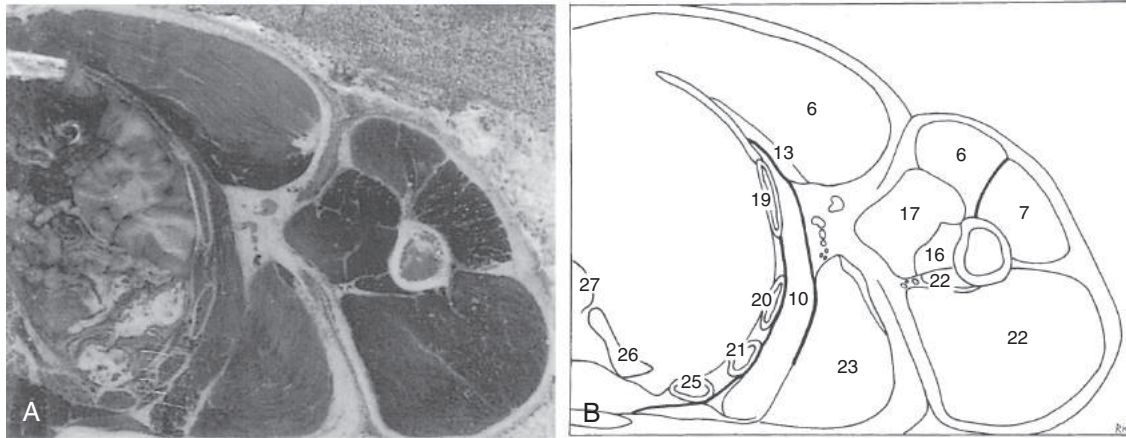


FIGURA 2-57: La sección transversal (A) y el diagrama (B) solo unos pocos milímetros por encima de la piel de la fosa axilar. Los planos hipovascuales nuevamente se enfatizan. Tenga en cuenta los ganglios linfáticos pectorales grandes y los grandes vasos toracodorsales. En el lado lateral del redondo mayor, se puede ver el tendón y algunas fibras musculares restantes del dorsal ancho. Las estructuras marcadas para las Figs. 2-63 a 2-66 son las siguientes: (1) clavícula, (2) costilla 1, (3) costilla 2, (4) costilla 3, (5) vértebra T3, (6) músculo pectoral mayor, (7) músculo deltoides, (8) músculo infraespinoso, (9) músculo subescapular, (10) músculo serrato anterior, (11) músculo romboidal, (12) músculo trapecio, (13) músculo pectoral menor, (14) músculo subclavio, (15) músculo redondo menor, (16) músculo coracobraquial, (17) músculo bíceps, (18) vértebra T5, (19) costilla 4, (20) costilla 5, (21) costilla 6, (22) músculo tríceps, (23) redondo mayor y dorsal ancho, (24) vértebra T6, (25) costilla 7, (26) costilla 8 y (27) vértebra T8.

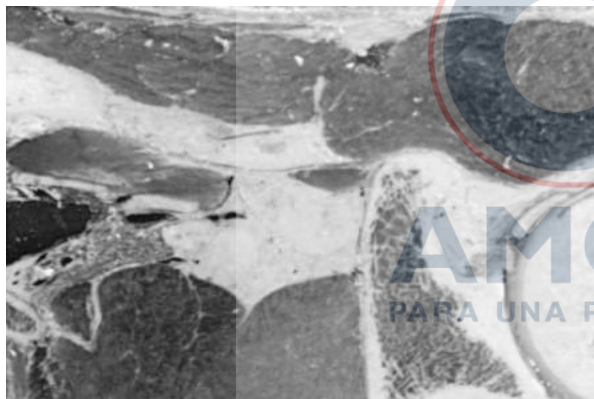


FIGURA 2-58: Una vista ampliada del espacio axilar demuestra una fascia clavipectoral bastante prominente comenzando desde la punta del coracoides y corriendo hacia la izquierda a través de la fotografía. Justo en esta ubicación y junto a la coracoides se encuentra la inserción del pectoral menor. El músculo a la izquierda es el subclavio. Inmediatamente posterior al subclavio se pueden ver el plexo braquial y los vasos axilares.



FIGURA 2-59: Esta vista en corte transversal de la parte posterior del hombro demuestra la almohadilla grasa dentro de la cual se encuentran las ramas cutáneas de la arteria escapular circunfleja. Los músculos de la izquierda son el deltoides y la cabeza lateral del tríceps. El redondo menor es anterior, y el infraespinoso es lateral. Este tejido adiposo podría considerarse una continuación del espacio triangular. De nuevo, la presencia de un cuerpo de tejido adiposo es indicativa de una arteria o nervio.

Otra bolsa frecuente es la bolsa subescapular, que se desarrolla entre la porción superior del tendón del subescapular y el cuello de la cavidad glenoidea y, en la mayoría de los casos, se conecta realmente con la cavidad glenohumeral. Por lo tanto, generalmente es un receso de la articulación glenohumeral en lugar de una bolsa separada. Se pueden encontrar bolsas bastante constantes cerca de las inserciones tendinosas de la siguiente manera: entre la inserción muscular y ósea de varios músculos, incluido el trapecio, cerca de la base de la espina escapular; el infraespinoso y el redondo mayor

cerca de sus conexiones al húmero; y una bolsa intermuscular entre los tendones del dorsal ancho y el redondo mayor.

Se ha encontrado una bolsa menos constante entre el apófisis coracoides y el músculo coracobraquial y el músculo subescapular subyacente. Hemos visto tales bolsas inflamadas por procesos de pinzamiento subcoracoideo, la mayoría de las veces son iatrogénicas o postraumáticas, pero se han observado dos que no fueron el resultado de una cirugía previa o un trauma. La bolsa coracobraquial es a menudo (11 % de los especímenes) una extensión de

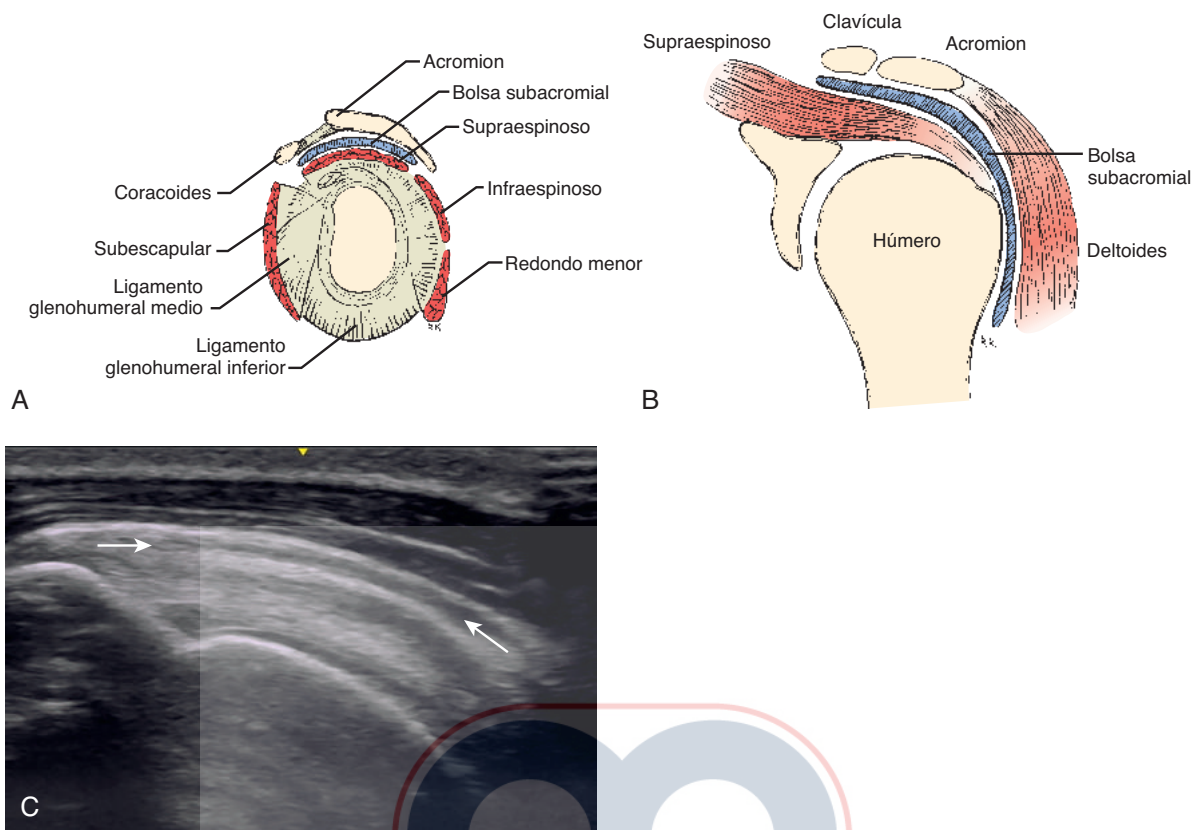


FIGURA 2-60: Vistas sagital (A) y coronal (B) de la distribución de la bolsa subacromial. C, Bolsa subacromial con más líquido de lo normal.

la bolsa subacromial.¹⁰⁰ En tales casos, la punta del coracoides se puede visualizar a través de un artroscopio colocado en la bolsa subacromial.

PIEL

Se deben considerar tres requisitos con respecto a la piel en la planificación quirúrgica. El primer requisito es la viabilidad continua de la piel en el postoperatorio, el segundo es el mantenimiento de la sensibilidad de la piel y el último es la estética.

Circulación

La piel tiene varias capas de vasos sanguíneos. Un plexo de vasos interconectados se encuentra dentro de la propia dermis. Los vasos dérmicos más grandes se encuentran en el rete cutaneum, un plexo de vasos en la superficie profunda de la dermis.¹³¹ Otra capa más grande de vasos se encuentra en la tela subcutánea, o fascia superficial.⁹⁵ El suministro de sangre a estas capas varía en diferentes áreas. Varios factores se relacionan con la disposición de la circulación. El primero es el crecimiento relativo del área del cuerpo bajo consideración. El número de arterias cutáneas que un

individuo tiene permanece constante durante toda la vida.²³⁸ El crecimiento aumenta la distancia entre los vasos de la piel al colocar una mayor demanda sobre ellos, lo que lleva a un aumento en el tamaño de los vasos.

El segundo factor es el camino tomado por los vasos directos a la piel. Los vasos directos son aquellos cuyo principal destino es la piel, mientras que los vasos indirectos son aquellos cuyo destino principal es algún otro tejido, como los huesos o los músculos, pero que también refuerzan los vasos cutáneos. Las vías de los vasos directos se ven afectadas por el movimiento entre los tejidos, y se produce un gran movimiento entre la grasa subcutánea y la fascia profunda (Fig. 2-61). Con el pectoral mayor, por ejemplo, los vasos dominantes se cruzan en el borde del plano de movimiento (es decir, la axila). Algunos de estos vasos pueden tomar origen directo de la arteria axilar cerca de su unión con la arteria braquial, pero se originan principalmente en el área pectoral.²³⁸ El vaso viaja en el plexo subdérmico en la fascia subcutánea y envía vasos al rete cutaneum. El plano entre la fascia profunda y la grasa subcutánea es un campo casi sin derramamiento de sangre; la disección se puede realizar sin poner en peligro la circulación primaria de la piel.²³⁸

Cuando la piel está más fija, los vasos dominantes pueden yacer sobre la superficie superficial de la fascia profunda, y los vasos hacia el plexo dérmico pueden correr más verticalmente que oblicuamente. En estas áreas, común en la parte superior del brazo, la

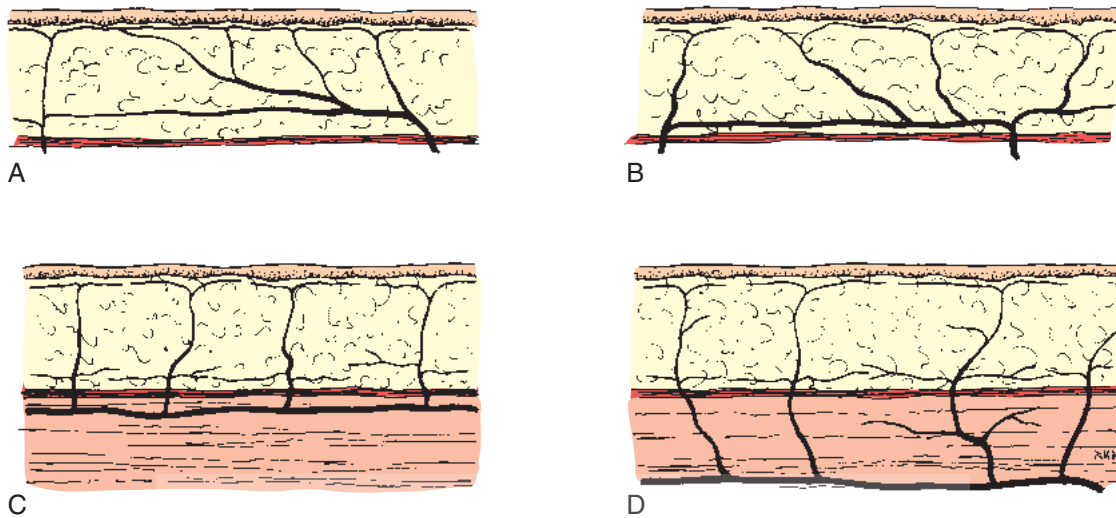


FIGURA 2-61: Los cuatro tipos diferentes de circulación directa a la piel. **A**, El tipo A se encuentra por delante del pectoral mayor, donde se produce un movimiento considerable entre la fascia subcutánea de la piel y la fascia profunda del músculo. El suministro de sangre se adapta a este movimiento cruzando oblicuamente en el borde del plano de movimiento y enviando un vaso dominante justo hacia la *tela subcutanea* (fascia subcutánea). A partir de ahí, el vaso envía ramas al plexo dérmico. **B**, La circulación de tipo B ocurre en situaciones con menos movimiento entre la fascia subcutánea y la fascia profunda. De hecho, puede haber un movimiento relativo entre la fascia profunda suprayacente y el músculo subyacente. Los vasos directos se ramifican en la superficie de la fascia profunda y posteriormente envían ramas al plexo dérmico. En el área del hombro, tal ramificación ocurre sobre la fascia del bíceps. **C**, En el tipo C, la piel está muy unida a la fascia profunda subyacente, que tiene una arteria que corre justo debajo de ella. Esta situación especializada ocurre en la fascia palmar y plantar. **D**, En el tipo D, el vaso dominante que cubre esta área de la piel se encuentra profundamente en el músculo y envía perforantes directos al plexo dérmico. Como era de esperar, este tipo de circulación también ocurre en lugares con muy poco movimiento entre la piel y el músculo subyacente. (Modificado de Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories [angiosomes] of the body; experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg*. 1930;40[2]:133-137.)

retención de una capa de fascia profunda con colgajos de piel mantiene otra capa de circulación.¹⁵³ Las perforantes de este plexo en la fascia profunda viajan en los tabiques intermusculares más que a través del músculo, donde hay movimiento entre el músculo y la fascia profunda, incluido el músculo en un colgajo que no ofrece circulación adicional.¹⁰¹ Se han diseñado varias clasificaciones de colgajos fasciocutáneos sobre la base de cómo los vasos alcanzan la fascia profunda.^{46,127,154,165}

En la superficie, los vasos tienden a moverse desde las superficies cóncavas del cuerpo hacia las convexidades. Por lo tanto, es probable que se encuentren originadas en un rico suministro adyacente a los bordes de la axila y, menos comúnmente, en convexidades tales como el pecho o la prominencia externa del hombro, que son cuencas distales. A medida que el crecimiento aumenta la longitud de las extremidades y la altura de las convexidades, los vasos se vuelven más largos y de mayor diámetro debido a la mayor demanda.²³⁸

En áreas especializadas del cuerpo donde los vasos dominantes se encuentran justo debajo de la fascia profunda y la piel está muy bien fijada, como las superficies palmar y plantar, los vasos dérmicos se extienden verticalmente. En otras áreas del cuerpo, como en el tercio medio del deltoides, la piel está muy bien fijada al músculo subyacente. Los vasos dominantes, en este caso la arteria y vena circunflejas humerales posteriores,²³⁸ en realidad

discurren en la superficie profunda de los músculos, con vasos directos que corren verticalmente a través de los tabiques intermusculares del músculo deltoides hasta la piel. La disección a cada lado de la fascia profunda dividirá estos vasos. Solo un colgajo miocutáneo ofrecería vasos adicionales para la circulación de la piel.¹⁷⁶

Estos tipos de circulación de la piel no son mutuamente excluyentes y pueden reforzarse mutuamente. Sobre el músculo pectoral mayor, por ejemplo, los vasos directos de los vasos mamarios internos refuerzan los vasos tipo A de la axila.²³⁷ Sobre el surco deltopectoral, los vasos perforantes de la arteria deltoidea refuerzan la circulación de la piel. Gran parte de los vasos del músculo deltoides en la fascia subcutánea están reforzados por vasos tipo D provenientes de la arteria circunfleja humeral posterior. En el tercio medio del deltoides, es probable que haya menos superposición, por lo que el desarrollo de colgajos en esta área debería ser menos extenso.

Sensación

La sensación relacionada con la cirugía de hombro es menos preocupante para el cirujano y el paciente que la sensación en otras áreas del cuerpo. La incidencia de neuroma postoperatorio del hombro es baja (Fig. 2-62).

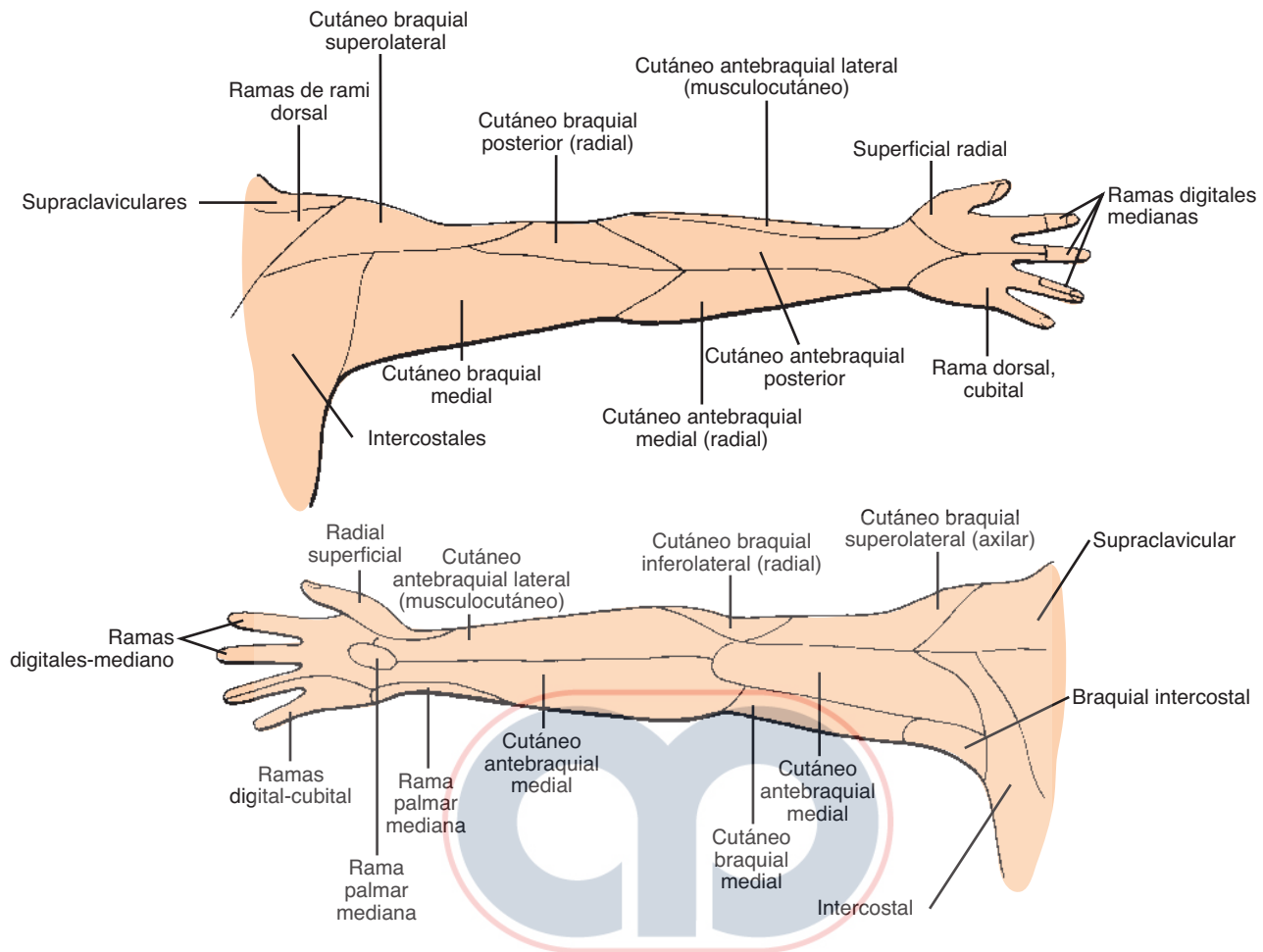


FIGURA 2-62: Representación de la sensibilidad cutánea de los nervios de la extremidad superior. Tenga en cuenta que, de todos los nervios en el hombro, solo el nervio axilar tiene una representación cutánea. El resto del área del hombro está inervado por los nervios supraclaviculares y la rama dorsal de los nervios espinales. No se observa una demarcación aguda entre el área de la piel internamente cubierta por los nervios cutáneo intercostal braquial y medial braquial debido a la comunicación del primero. El entumecimiento braquial intercostal después de la mastectomía radical es el único problema de sensibilidad nerviosa cutánea común en el hombro. (Modificado de Hollinshead WH. *Anatomy for Surgeons*. 3rd ed. Philadelphia: Harper & Row, 1982).

Los nervios más superiores que inervan la piel del hombro y la parte inferior del cuello son los nervios supraclaviculares. Se ramifican desde la tercera y cuarta raíces nerviosas cervicales y luego descienden desde el plexo cervical hasta el triángulo posterior del cuello. Penetran la fascia superficial anterior al platisma, descienden sobre la clavícula e inervan la piel sobre los primeros dos espacios intercostales en la parte anterior.⁹⁵ Curiosamente, los nervios supraclaviculares mediales pueden pasar a través de la clavícula.

La porción posterior del hombro y el cuello es inervada a partir de ramas cutáneas de la rama dorsal de los nervios espinales. En la columna dorsal, el área de la piel que está inervada generalmente está orientada caudalmente hacia el foramen intervertebral a través del cual sale el nervio. Por ejemplo, la representación cutánea C8 está en línea con la espina de la escápula, que está a la misma altura que la tercera o cuarta vértebra torácica.⁹⁵

Gran parte de la parte anterior del tórax está inervada por los nervios intercostales anteriores. Las primeras ramas se acercan

cerca de la línea media adyacente al esternón e inervan la porción anterior del tórax, superponiéndose un tanto con las ramas cutáneas intercostales laterales. Curiosamente, el primer nervio intercostal no tiene ninguna rama cutánea anterior.

Las ramas cutáneas laterales del nervio intercostal emergen en la cara lateral del tórax entre los deslizamientos del músculo serrato anterior e inervan la piel en esta área. También suministran la porción más grande del tórax anteriormente, incluido el pecho.²⁰⁸

Solo tres nervios del plexo braquial tienen una representación cutánea en el hombro, el más proximal es el nervio cutáneo braquial lateral superior, una rama del nervio axilar que inerva el lado lateral del hombro y la piel que recubre el deltoides. El lado medial superior del brazo está inervado por el cutáneo braquial medial y los nervios braquiales intercostales combinados. En la porción anterior del brazo sobre el músculo bíceps, la piel está inervada por el nervio cutáneo ante braquial medial.⁹⁵

Líneas de tensión de la piel relajada

Aunque se han realizado numerosos intentos en los últimos 200 años, y en los últimos años, para delinear las líneas óptimas para la incisión, la mejor descripción de los principios básicos es la de Langer. Langer descubrió que la tensión en la piel está determinada por la prominencia de las estructuras subyacentes y por el movimiento, siendo la topografía subyacente la influencia predominante.^{129,130} Langer realizó dos experimentos clásicos. En el primer experimento, perforó cadáveres con un punzón redondo y observó las divisiones lineales que se desarrollaron debido a la orientación del colágeno subyacente. Esto lo llamó divisibilidad de la piel. En el segundo experimento, midió la tensión de la piel de varias maneras. En cadáveres, hacía incisiones circulares y observaba la retracción de la herida. Luego movería la extremidad para buscar cambios en la retracción. En pacientes vivos, como mujeres en la sala de partos que estaban a punto de experimentar un cambio repentino en la topografía subyacente, dibujaba un círculo sobre la piel con tinta y observaba los cambios postparto.

En el siglo XX, los cirujanos estéticos han descubierto que las líneas de Langer son incorrectas en ciertas áreas del cuerpo.^{47,123} Aunque los principios esbozados por Langer aún se consideran válidos, se han buscado nuevas técnicas para localizar las líneas óptimas en individuos vivos. Estas técnicas han incluido incisiones circulares adicionales, patrones de arrugas e impresiones químicas. Todas estas técnicas concuerdan con las incisiones que se encuentran empíricamente mejores en algunas regiones y no en otras.

Los cirujanos plásticos contemporáneos ahora hablan de líneas de tensión de la piel relajada (Figs. 2-63 a 2-65), que se refieren a

su técnica de relajar la tensión en la piel entre el pulgar y el dedo índice del cirujano y observar el patrón de líneas finas en la piel. Cuando la relación es exactamente perpendicular a la incisión óptima, las líneas finas que se forman son rectas y paralelas. La piel es pellizcada en otras direcciones. El patrón de línea es romboide u oscuro.^{21,22} Esta técnica permite al cirujano compensar la variabilidad individual.

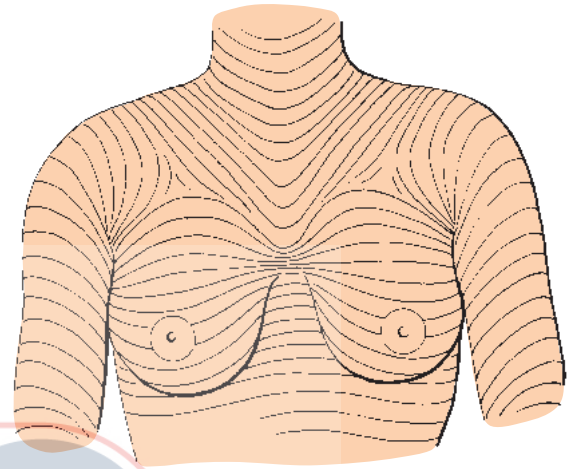


FIGURA 2-64: Debido a la diferente topografía subyacente, las líneas de tensión de la piel en las mujeres difieren en varios aspectos de las de los hombres. (Modificado de Kraissel CJ. Selection of appropriate lines for elective surgical incisions. *Plast Reconstr Surg.* 1951;8[1]:1-28.)

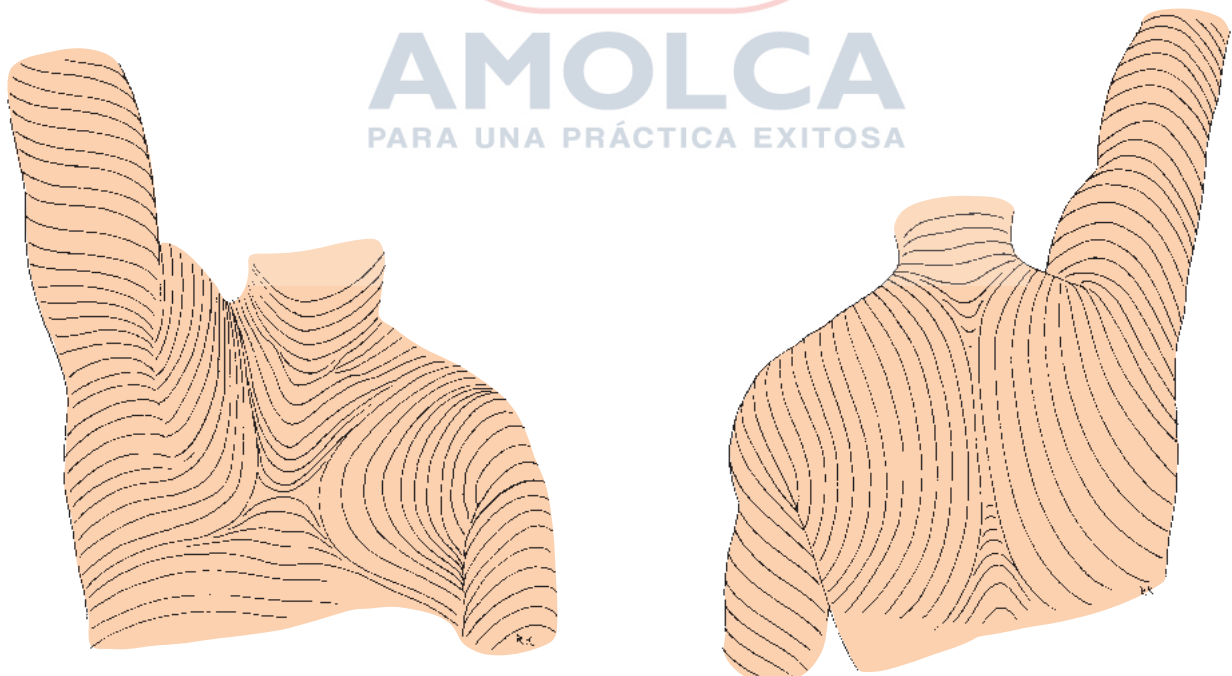


FIGURA 2-63: Las ubicaciones habituales de las líneas de tensión de la piel relajada en un hombre. La posición de estas líneas varía entre individuos; deberían determinarse en cada operación. (Modificado de Kraissel CJ. Selection of appropriate lines for elective surgical incisions. *Plast Reconstr Surg.* 1951;8[1]:1-28.)

FIGURA 2-65: La posición habitual de las líneas de tensión de la piel relajada en las superficies posteriores de la región del hombro. (Modificado de Kraissel CJ. Selection of appropriate lines for elective surgical incisions. *Plast Reconstr Surg.* 1951;8[1]:1-28.)

COMENTARIO DEL EDITOR

Steven B. Lippitt

Mi interés personal en la anatomía del hombro aumentó durante la residencia en ortopedia ya que supervisé la enseñanza de la anatomía macroscópica de las extremidades superiores a los estudiantes de medicina durante una rotación electiva. Las limitaciones actuales de horas de trabajo en la residencia han limitado dicha actividad extracurricular. La educación de los residentes está potencialmente más centrada en los procedimientos quirúrgicos y, sin instrucción didáctica, puede pasar por alto la relación funcional general de la anatomía del hombro. La anatomía funcional del hombro sigue siendo la columna vertebral para comprender los principios del examen físico, los estados patológicos del hombro y las exposiciones quirúrgicas seguras y los procedimientos reconstructivos.

Los autores del capítulo han proporcionado una revisión exhaustiva de la anatomía general del hombro, incluidas las modalidades de imagen actuales y los nuevos puntos de vista de significación clínica. El material está muy bien organizado en forma de capas que se mueve a través de los huesos y las articulaciones, los músculos, la inervación, el suministro vascular, los compartimentos de la bolsa y la cubierta del tegumento.

La función del hombro depende del movimiento coordinado de las articulaciones glenohumeral, acromioclavicular y esternoclavicular y la articulación escapulotorácica. Me gustaría añadir el concepto de la «quinta articulación del hombro», la interfaz de movimiento humeroescapular que inicialmente fue establecida por el Dr. Rick Matsen.^{155,156} Delineada principalmente por la bursa subacromial y subdeltoidea, esta interfaz de movimiento humeroescapular se encuentra entre las estructuras internas del húmero proximal, el manguito de los rotadores, el ligamento coracohumeral y la vaina del tendón del bíceps y la capa superficial del acromion, el deltoidees, el ligamento coracoacromial, el apófisis coracoides y el tendón conjunto (Fig. 2-66). El movimiento suave y sin restricciones en esta interfaz es vital para la movilidad del hombro como se evidencia cuando se compromete, tales como las adherencias subacromiales en la enfermedad del manguito o después de la fractura del húmero proximal (Fig. 2-67).

El nervio axilar tiene una relación íntima dentro de esta interfaz de movimiento humeroescapular (Fig. 2-68). Debido a la importancia primordial de la función deltoidea inervada al hombro, vale la pena una revisión detallada de la anatomía del nervio axilar. El nervio es una rama terminal que sale del cordón posterior del plexo braquial justo proximal a la apófisis coracoides, pasando debajo del tendón conjunto por delante del subescapular de 3 a 5 mm medial a la unión musculotendinosa y luego se extiende adyacente a la cápsula inferior antes de entrar en el espacio cuadrilátero posteriormente. El nervio axilar se divide en las ramas anterior y posterior dentro del espacio cuadrangular. El músculo deltoidees anterior y medio recibe la inervación única de la rama anterior del nervio axilar. La inervación del músculo deltoidees posterior varía, con un estudio que muestra el aporte solo de la rama anterior en 2,3 % de los casos, de la rama posterior en 8,5 % y de ambas ramas en 89,1 %.¹³⁶ La rama posterior del nervio axilar se ramifica para irrigar el músculo redondo menor y luego termina como el nervio cutáneo braquial lateral superior.

En el abordaje deltopectoral anterior, el nervio axilar puede palparse barriendo un dedo hacia abajo a través de la interfaz del tendón del músculo subescapular (Fig. 2-69). La palpación del nervio puede confirmarse al sentir que el nervio se enseña con la rotación interna del húmero. Antes de cruzar el tendón del subescapular, el nervio puede estar relajado y el tendón alejado lateralmente por la rotación externa del húmero. La rama motora anterior también debe observarse en la superficie inferior deltoidea que emerge posterior a anterior con la arteria circunfleja humeral posterior acompañante. Flatow y cols. describieron una «prueba de tirón» que ayuda a confirmar la identidad del nervio axilar (Fig. 2-70).⁷³

En el abordaje de división deltoidea anterolateral, el nervio axilar cruzó aproximadamente 5 cm por debajo del ángulo acromial anterolateral (Fig. 2-71). Sin embargo, Burkhart y cols. identificaron que 5 cm no describen la zona segura absoluta para el paso del nervio axilar y que la abducción del hombro acerca el nervio al punto de referencia del acromion.²⁷ Gardner y cols. no mostraron ramas motoras accesorias al deltoidees anterior cruzando el rafe tendinoso entre el deltoidees anterior y lateral, por lo que extender una incisión a través

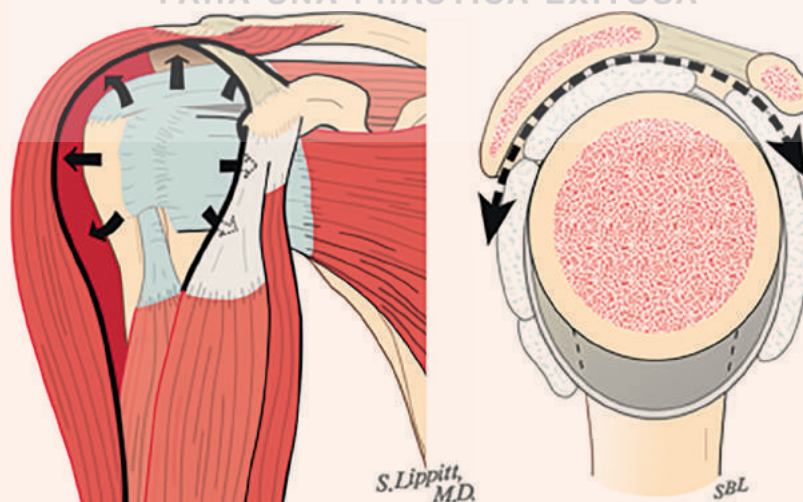


FIGURA 2-66: La interfaz de movimiento humeroescapular es una ubicación importante del movimiento de deslizamiento entre la escápula y el húmero. El lado superficial de esta interfaz consiste en la superficie inferior del deltoidees, acromion, ligamento coracoacromial, apófisis coracoides y tendones conjuntos, mientras que el lado profundo consiste en el húmero proximal, el manguito rotador y la vaina del tendón del bíceps. (Modificado de Matsen FA III, Lippitt SE, Sidles JA, y cols. *Practical Evaluation and Management of the Shoulder*. Philadelphia: WB Saunders: WB Saunders, 1994).

COMENTARIO DEL EDITOR - *Continuación*

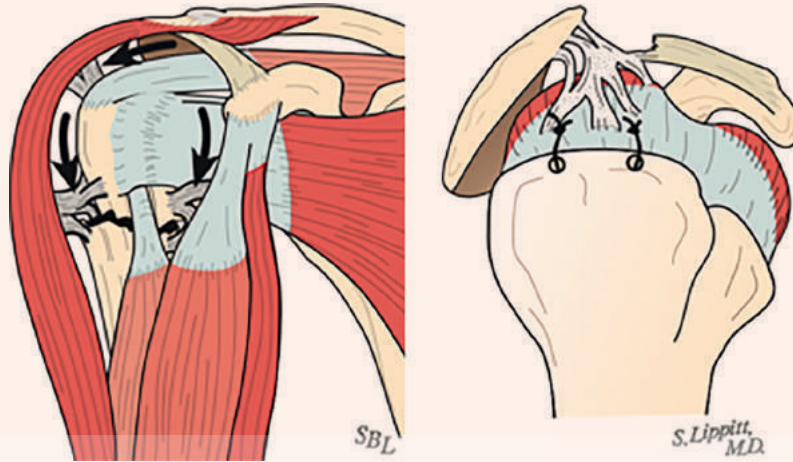


FIGURA 2-67: Las adherencias en la interfaz de movimiento humeroescapular pueden limitar la movilidad del hombro, como por ejemplo las cicatrices después de un traumatismo por fractura de húmero proximal (*izquierda*) y después de la reparación con acromioplastia y rotura del manguito rotador (*derecha*).

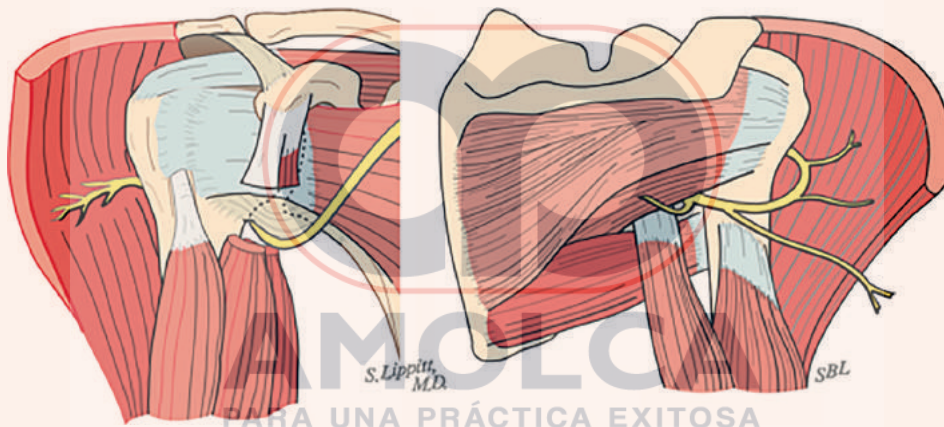


FIGURA 2-68: El nervio axilar en la interfaz de movimiento humeroescapular entre el manguito y el húmero en el interior y los músculos coracoides y el deltoides en el exterior.

de este rafe después de proteger la rama motora principal del nervio axilar no coloca la inervación del deltoides anterior en mayor riesgo (Fig. 2-72).⁷⁹ Este abordaje del deltoides anterolateral extendido es más directo a la cara lateral del húmero proximal que con placas de una fractura de húmero proximal y puede disminuir el riesgo al suministro de sangre humeral anterior en comparación con el abordaje deltopectoral.^{94,136}

En el abordaje de división del deltoides posterior, el nervio axilar está aproximadamente a 7 cm del ángulo acromial posterior (Fig. 2-73).¹⁵⁵ El rafe tendinoso entre el deltoides lateral y posterior se puede dividir distalmente al nervio axilar saliente en el borde inferior del músculo redondo menor. La extensión de este abordaje de división deltoidea excede la del similar abordaje de división deltoidea anterior porque el nervio discurre más proximal después de emerger del espacio cuadrilateral. La articulación glenohumeral posterior puede exponerse de manera segura por encima del nervio axilar a través del plano internervioso entre el infraespinoso y el redondo menor.

El curso del nervio axilar está íntimamente relacionado con la cápsula articular inferior. En un estudio fresco de disección cadavérica, Uno y cols. demostraron que el nervio axilar se sujeta a la cápsula inferior del

hombro con tejido areolar suelto en la zona entre las posiciones de las 5 y las 7 en punto con respecto a la glenoidea (Fig. 2-74).²⁶² El nervio está relativamente cerca de la cavidad glenoidea en rotación neutral, extensión y rotación interna. Con la abducción del hombro, la rotación externa y la tracción de la articulación lateral, la cápsula se tensa y el nervio se aleja de la cavidad glenoidea, aumentando la zona segura para la cirugía capsular adyacente al labrum glenoideo inferior.

Price y cols. informaron la distancia promedio entre el nervio axilar y el borde glenoideo inferior como 12,4 mm. Se observó que el nervio estaba más cerca del borde inferior en la posición de las 6 en punto, siendo las fibras motoras del redondo menor las más cercanas.¹⁹⁸ Eakin y cols. demostraron un margen relativamente seguro para la colocación de sutura artroscópica dentro de 1 cm desde el borde glenoideo inferior.⁶³

Comprender la anatomía normal mejorará la confianza del cirujano en la protección de tales estructuras vitales en la cirugía del hombro. El cirujano también debe reconocer que esta anatomía puede verse significativamente alterada por el tejido cicatricial, los implantes y la transferencia de tendones y huesos cuando los pacientes han tenido procedimientos previos.

COMENTARIO DEL EDITOR - Continuación

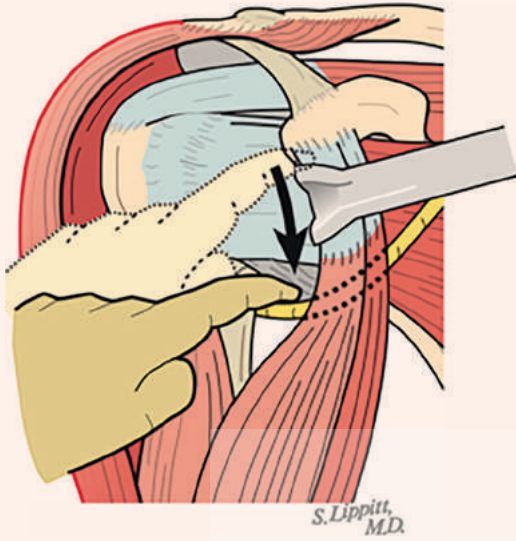


FIGURA 2-69: El nervio axilar puede engancharse al deslizar el dedo índice hacia abajo sobre el músculo subescapular anterior.

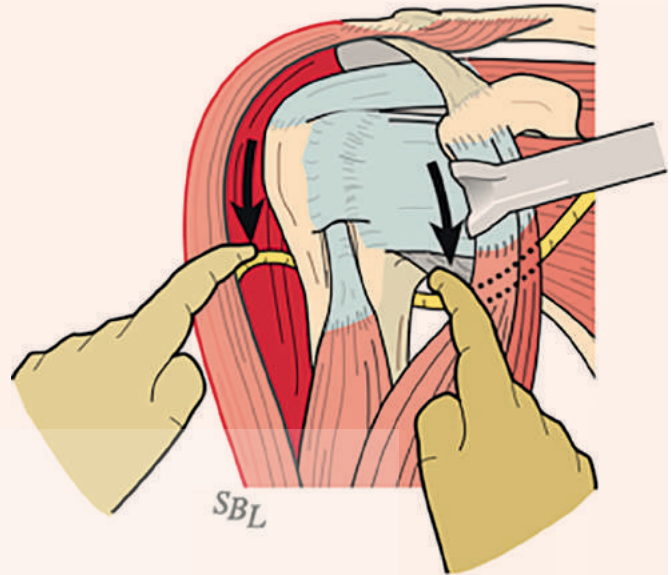


FIGURA 2-70: La «prueba del tirón» se realiza palpando simultáneamente el nervio axilar inferiormente en el subescapular con un dedo índice y la rama motora anterior en la parte inferior del deltoides lateralmente con el otro dedo índice. Un suave tirón aplicado con cualquiera de los dedos será palpable en el otro y ayuda a confirmar la identidad del nervio axilar. (Modificado de Flatow EL, Bigliani LU. Tips of the trade. Locating and protecting the axillary nerve in shoulder surgery: the tug test. *Orthop Rev.* 1992;21[4]:503-505.)

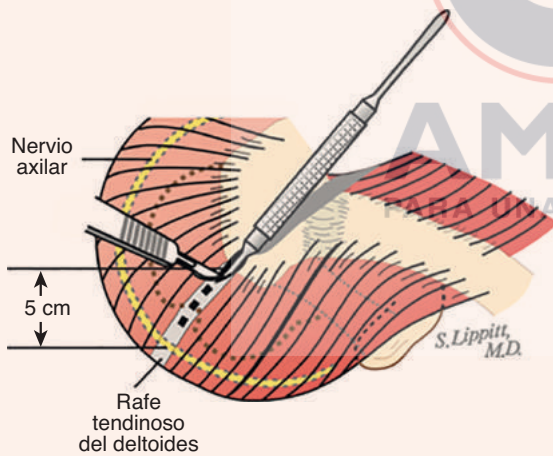


FIGURA 2-71: En el abordaje de división deltoidea anterolateral, el rafe tendinoso entre el deltoides anterior y lateral se puede dividir longitudinalmente desde el ángulo acromial anterolateral a unos 5 cm distalmente antes de encontrarse con la rama anterior del nervio axilar en la superficie inferior del deltoides.

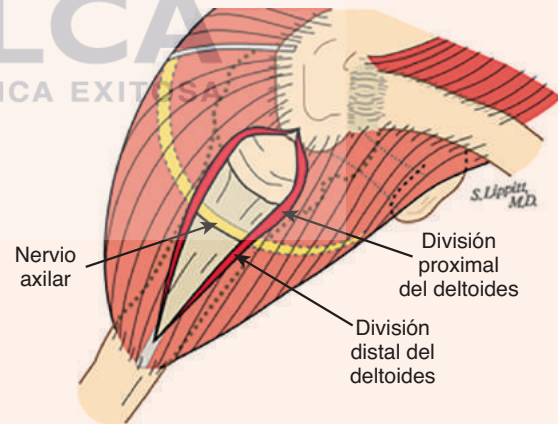


FIGURA 2-72: El abordaje deltoideo anterolateral extendido permite la división distal del deltoides más allá del nervio axilar identificado.

COMENTARIO DEL EDITOR - *Continuación*

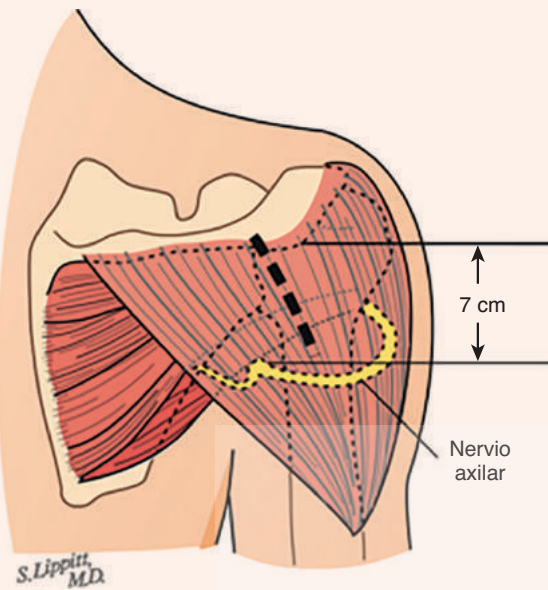


FIGURA 2-73: En el abordaje de división del deltoides posterior, el rafe tendinoso entre el deltoides lateral y posterior se puede dividir distalmente al nervio axilar saliente en el borde inferior del músculo redondo menor.

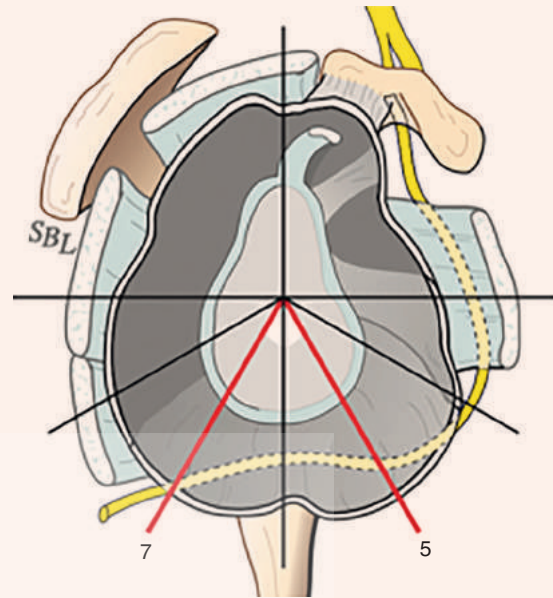


FIGURA 2-74: El nervio axilar tiene una relación íntima con la cápsula glenohumeral inferior en la zona entre las posiciones 5 y 7 en punto con respecto a la cavidad glenoidea. (Modificado de Uno A, Bain G, Mehta J. Arthroscopic relationship of the axillary nerve to the shoulder joint capsule: an anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8[3]:226-230.)

COMENTARIO DEL EDITOR EN JEFE

AMOLCA
PARA UNA PRÁCTICA EXITOSA

Frederick A. Matsen III

Este capítulo describe elegantemente la maravillosa complejidad de la anatomía del hombro. Está ilustrado por muchas figuras creadas por el Dr. Chris Jobe a partir de sus estudios personales de ultrasonido y cortes seccionales. Muy pocos, si las hay, pueden igualar los de este cirujano-anatomista. Se deben volver a enfatizar algunos puntos en relación con las ilustraciones de este capítulo.

Las Figs. 2-15 y 2-31 demuestran que el viejo concepto de los músculos del manguito como «depresores de la cabeza del húmero» puede ser enterrado. Las líneas de acción del supraespinoso, infraespinoso y subescapular no crean ninguna fuerza sustancial dirigida hacia abajo; por lo tanto, no pueden funcionar como «depresores» de la cabeza humeral. En cambio, como se demuestra en las Figs. 2-9 y 2-55, el manguito de los rotadores abarca la cabeza del húmero y la comprime en la fosa glenoidea. Estas dos figuras, así como las del comentario reflexivo del Dr. Lippitt, muestran cómo los músculos del manguito centran la cabeza del húmero en la glenoides por el mecanismo ahora conocido como *compresión de la cavidad*. La compresión de la concavidad puede ser efectiva con el brazo en cualquier posición; esta acción contrasta con el efecto estabilizador de los ligamentos, que solo pueden estar activos en posiciones extremas donde están bajo tensión.

Las Figs. 2-8A y 2-32C muestran muy bien la superficie exterior lisa de la convexidad humeral proximal que forma una articulación normal con el arco coracoacromial, como se muestra en la Fig. 2-17G. El contacto entre la convexidad humeral proximal y el arco coracoacromial no es «pinzamiento», sino más bien la forma en que la cabeza del húmero normalmente se estabiliza para resistir las fuerzas dirigidas hacia arriba.

La Fig. 2-28 es otra ilustración importante ya que llama la atención sobre la compleja intersección de las inserciones del supraespinoso y el subescapular al unirse a la cápsula glenohumeral superior y al ligamento humeral transverso. Esta intersección es el punto clave del hombro donde puede suceder mucho: desgarros de las fibras importantes del supraespinoso anterior y del subescapular superior, y desgarros del ligamento humeral transverso con inestabilidad resultante del tendón de la cabeza larga del bíceps.

La anatomía vascular, como se muestra en la Fig. 2-48, es útil para recordar porque estos vasos, que se pueden ver con arteriografía, pueden guiarnos hacia la ubicación de los nervios que corren junto con ellos. Esto es particularmente útil en casos donde la anatomía ha sido distorsionada por una fractura o cirugía previa.

Steve Lippitt ha agregado algunas ilustraciones importantes adicionales en su comentario editorial. Especialmente importante es la Fig. 2-66 que muestra de nuevo las dos superficies articulares a cada

COMENTARIO DEL EDITOR EN JEFE - Continuación

lado de la interfaz de movimiento humeroescapular: La convexidad humeral proximal en el interior y el arco coracoacromial y el deltoides en el exterior.

La Fig. 2-75 muestra el manguito abrazando el húmero a la cavidad glenoidea. También muestra cómo la labra glenoidea anterior y posterior profundiza la fosa glenoidea, lo que facilita aun más el mecanismo de compresión de concavidad que centra la cabeza del húmero en la glenoides superficial durante las numerosas actividades funcionales realizadas en el rango medio del movimiento del hombro.

Esta sección transversal muestra cuán delgado es el cartílago articular que cubre la cabeza humeral y la cavidad glenoidea; es una maravilla que aguante tanto en tantas personas. Otra imagen que vale la pena incluir es una sección del hombro con el brazo en abducción y rotación externa (en la posición de armado del lanzamiento). Muestra un pilar

estribo interno entre el borde de la cavidad glenoidea y la inserción del manguito (Fig. 2-76). Es muy probable que este contacto sea prominente en lanzadores con un amplio rango de rotación externa y puede provocar desgarros profundos en la superficie del manguito.

Dado que hay tanta anatomía del hombro importante y clínicamente relevante, me gustaría que este capítulo fuera más largo. Me hubiera encantado aprender de los autores sobre la anatomía de la inserción del manguito y cómo podría relacionarse con la patogénesis de las roturas del manguito de los rotadores. Me hubiera encantado aprender cómo el cartílago articular del hombro está tan bien unido al hueso subyacente. Me hubiera encantado aprender las variaciones en la anatomía del labrum entre los hombros normales para que podamos evitar los llamados desgarros «SLAP».

¡Quizás podamos convencer a los autores para que cubran estos temas en la próxima edición!

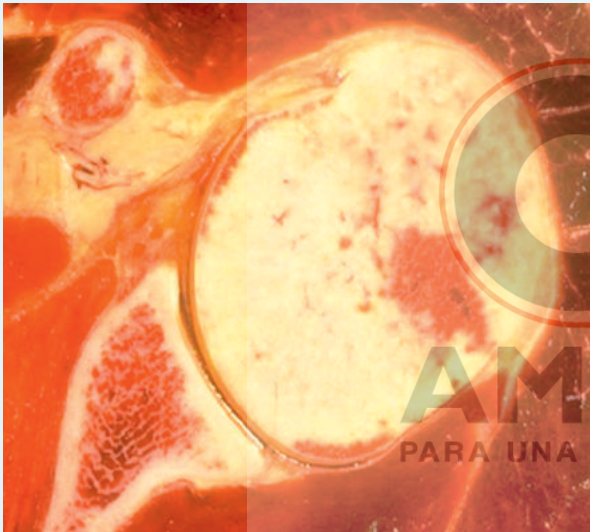


FIGURA 2-75: Sección transversal del hombro que muestra el manguito abrazando el húmero a la cavidad glenoidea. (Cortesía de Christopher M. Jobe, MD).



FIGURA 2-76: Sección del hombro con el brazo en abducción y rotación externa que muestra un estribo interno entre el borde de la glenoide y la inserción del manguito. (Cortesía de Christopher M. Jobe, MD).