



PRESENTACIÓN DE CASO

Isquemia aguda de la extremidad superior secundaria a la compresión a la salida del tórax por una costilla cervical accesoria: Reporte de caso

Acute upper extremity ischemia secondary to thoracic outlet syndrome by an accessory cervical rib: Case report

Sergio Luis Jaramillo-Escobar, MD¹ , José Andrés Uribe-Múnera, MD² ,
Nicolás Dayam Rosales-Parra, MD³ , María Juliana Peralta-Vera, MD¹ 

- 1 Programa de especialización en Cirugía General, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- 2 Servicio de Cirugía vascular, Hospital Alma Máter de Antioquia, Medellín, Colombia.
- 3 Programa de subespecialización en Cirugía Vascular, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Resumen

Introducción. La isquemia aguda en extremidades superiores es una rara manifestación de la compresión a la salida del tórax (CST). Este síndrome incluye la compresión neurovascular en su trayecto hacia la extremidad superior; su subtipo arterial (CSTA) puede causar isquemia secundaria a anomalías óseas, como costillas cervicales accesorias. El objetivo de este artículo fue describir el caso de una mujer con isquemia aguda por compresión arterial, destacando el diagnóstico y tratamiento oportunos.

Caso clínico. Mujer de 35 años con antecedente de trombosis arterial braquial de causa desconocida, tratada mediante trombectomía, que consultó por dolor, parestesias y cambio de la coloración en los dedos de la mano derecha. A la exploración física se identificó una induración cervical bilateral. La angiotomografía confirmó costillas cervicales accesorias bilaterales y un defecto de llenado en la arteria radial derecha.

Resultados. Fue sometida a resección quirúrgica de la costilla cervical accesoria, parte de la primera costilla y músculos escalenos mediante un abordaje supraclavicular, logrando liberar la arteria subclavia y el plexo braquial. El tratamiento quirúrgico evitó complicaciones mayores, incluyendo el riesgo de pérdida de la extremidad. La evolución fue favorable, con resolución de síntomas y adecuada perfusión distal. El seguimiento postoperatorio evidenció una recuperación completa, sin recurrencias hasta la fecha.

Fecha de recibido: 15/12/2024 - Fecha de aceptación: 15/02/2025 - Publicación en línea: 23/07/2025

Correspondencia: Sergio Luis Jaramillo-Escobar, Calle 65 # 80A-95 Edificio 80 avenida Apartamento 2102, Medellín, Colombia.

Teléfono: +57 3137001591. Dirección electrónica: sergiolje@gmail.com

Citar como: Jaramillo-Escobar SL, Uribe-Múnera JA, Rosales-Parra ND, Peralta-Vera MJ. Isquemia aguda de la extremidad superior secundaria a la compresión a la salida del tórax por una costilla cervical accesoria: Reporte de caso. Rev Colomb Cir. 2026;41:411-8. <https://doi.org/10.30944/20117582.2836>

Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons - BY-NC-ND <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

Conclusiones. La CSTA es una causa rara de isquemia aguda en extremidades superiores, que debe considerarse en pacientes jóvenes con anomalías óseas. Un diagnóstico oportuno y el manejo quirúrgico son esenciales para prevenir complicaciones y lograr resultados favorables.

Palabras clave: síndrome del desfiladero torácico; síndrome de la costilla cervical; arteria subclavia; embolia y trombosis; isquemia; procedimientos quirúrgicos vasculares.

Abstract

Introduction. Acute upper extremity ischemia is a rare manifestation of thoracic outlet compression (TOC). This syndrome involves neurovascular compression along its pathway to the upper extremity; its arterial subtype (ATOC) can cause ischemia secondary to bony abnormalities such as cervical accessory ribs. The objective of this article was to describe the case of a woman with acute ischemia due to arterial compression, highlighting the appropriate diagnosis and treatment.

Clinical case. A 35-year-old woman with a history of brachial artery thrombosis of unknown cause, treated by thrombectomy, presented with pain, paresthesia, and discoloration of the fingers of her right hand. Physical examination revealed bilateral cervical induration. CT angiography confirmed bilateral accessory cervical ribs and a filling defect in the right radial artery.

Results. Patient underwent surgical resection of the accessory cervical rib, part of the first rib, and scalene muscles through a supraclavicular approach, successfully freeing the subclavian artery and brachial plexus. Surgical treatment prevented major complications, including the risk of limb loss. The patient's outcome was favorable, with resolution of symptoms and adequate distal perfusion. Postoperative follow-up showed a complete recovery, with no recurrence to date.

Conclusions. ATOC is a rare cause of acute upper extremity ischemia, which should be considered in young patients with bone abnormalities. Timely diagnosis and surgical management are essential to prevent complications and achieve favorable outcomes.

Keywords: thoracic outlet syndrome; cervical rib syndrome; subclavian artery; embolism and thrombosis; ischemia; vascular surgical procedures.

Introducción

La compresión a la salida del tórax (CST) comprende distintas condiciones que implican el pinzamiento de las estructuras neurovasculares que emergen desde la región cervical de la columna y del tórax, en su paso por el cuello hacia la axila y a la extremidad superior^{1,2}. Se han descrito tres presentaciones principales de la CST: neurogénica (CSTN), venosa (CSTV) y arterial (CSTA). El subtipo arteria es el menos común, con una prevalencia que oscila desde menos del 1 %³ al 5 % de todos los casos de CST, pero es la más grave debido al riesgo de pérdida de la extremidad⁴. La CSTA se debe por lo general a la compresión de la arteria subclavia, habitualmente como consecuencia de anomalías óseas como costillas cervicales o una inserción anómala de la primera costilla^{5,6}.

La prevalencia de costillas cervicales en la población general varía según los diferentes reportes, pero puede llegar a ser del 3 %^{7,8}. La existencia de costillas cervicales bilaterales es aún más rara, con una frecuencia reportada de aproximadamente el 0,4 %⁹. En pacientes con CSTA, la compresión puede llevar a complicaciones graves como trombosis, aneurismas y/o embolia a nivel distal con la presencia de síntomas isquémicos de grado variable^{10,11}, que pueden poner en riesgo la extremidad, con la pérdida subsecuente de esta.

La isquemia aguda de la extremidad forma parte del espectro clínico de la CSTA, sin embargo, es una manifestación muy poco frecuente, generalmente a consecuencia de un evento tromboembólico¹². Si bien el origen cardioembólico es el más común, con menor frecuencia los émbolos

se originan en arterias proximales (como la subclavia), lo que lleva a una oclusión arterial más distal en la extremidad o a una obstrucción in situ de esta¹³. De hecho, los eventos tromboembólicos originados en la arteria subclavia, secundarios a una CSTA, representan entre el 1 y el 6 % de todos los pacientes que desarrollan isquemia aguda en las extremidades superiores¹³⁻¹⁵.

Este artículo describe el caso de una paciente de 35 años que se presentó al servicio de urgencias con isquemia aguda en el miembro superior derecho, causada por la compresión de la arteria subclavia a causa de una costilla cervical accesoria. La detección oportuna y el tratamiento adecuado fueron fundamentales para evitar complicaciones graves relacionadas. Este caso resalta la importancia de considerar la CSTA como una posible causa de la isquemia aguda en extremidades superiores, especialmente en pacientes jóvenes con malformaciones óseas congénitas.

Caso clínico

Una paciente de 35 años ingresó a Hospital Alma Máter de Antioquia, en Medellín, Colombia, con un cuadro clínico de 2 días de evolución, caracterizado

por dolor, parestesias y cambios en la coloración de los dedos de la mano derecha. La paciente tenía antecedente de trombosis de la arteria braquial derecha, ocurrida 2 años antes, tratada en otra institución mediante tromboembolectomías desde la arteria braquial; en aquel momento, se sospechó una trombofilia como posible etiología, por lo que se instauró anticoagulación indefinida con Warfarina.

En la evaluación física inicial, la mano derecha presentaba palidez, pero con llenado capilar conservado. Los pulsos radial y cubital estaban ausentes, mientras que el pulso braquial estaba presente, y no se observaron alteraciones motoras ni sensitivas más allá de las parestesias referidas al inicio. A la palpación cervical, se evidenció una induración bilateral, que en este contexto clínico hizo sospechar la presencia de una costilla cervical accesoria.

La angiogramografía de los miembros superiores confirmó la presencia bilateral de una costilla cervical accesoria y reveló un defecto de llenado en la arteria radial derecha, acompañado de una disminución del calibre en la arteria braquial (Figura 1). El dúplex color arterial mostró

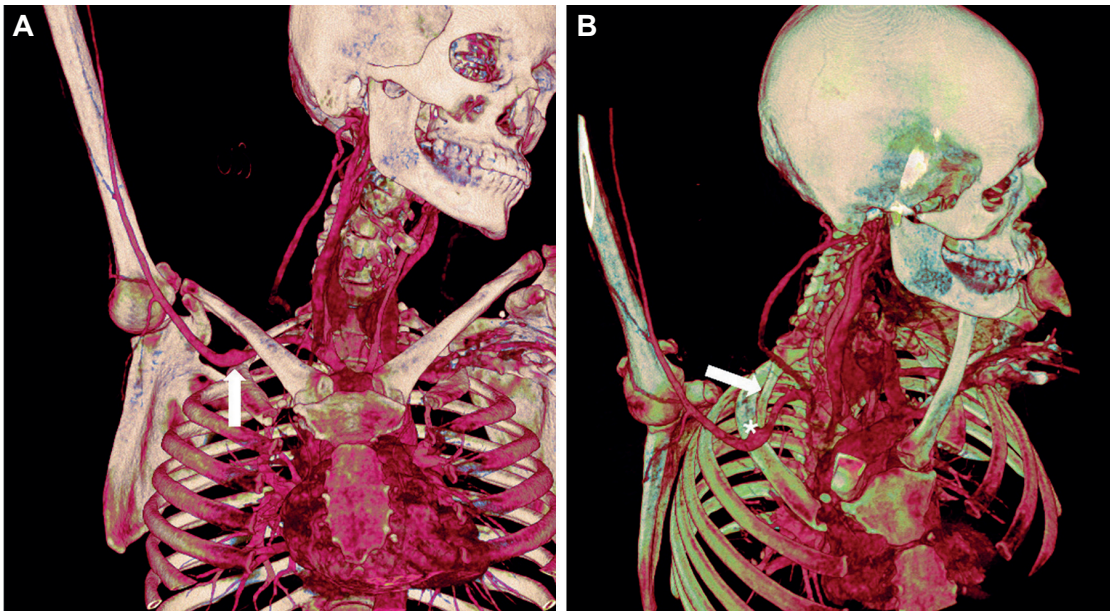


Figura 1. A: Angiotomografía computada que muestra ectasia de la arteria subclavia (flecha blanca) justo después del sitio de compresión por la costilla cervical accesoria. **B:** Extracción digital de la clavícula que permite visualizar la costilla cervical accesoria (flecha blanca) en contacto con la arteria subclavia, generando compresión de la arteria y ectasia (asterisco blanco) inmediatamente después.

Fuente: los autores.

permeabilidad de las arterias subclavia, axilar, braquial, cubital e interósea, pero se identificó la presencia de material hipoecoico y ausencia de flujo en la arteria radial distal. La pletismografía con presiones segmentarias por Doppler reveló un compromiso braquial con una onda de volumen tipo V en el antebrazo y la mano, y una caída de la presión del brazo a la mano y a los dedos (Figura 2).

Con estos hallazgos se hizo el diagnóstico de una isquemia aguda de la extremidad superior derecha secundaria a la CST, ocasionada por la presencia de una costilla cervical accesoria bilateral, que era asintomática en el lado izquierdo. Se inició anticoagulación parenteral y se programó para manejo quirúrgico, en el que se realizó un abordaje supraclavicular derecho. Tras la disección inicial, se observó una costilla cervical accesoria adherida a la primera costilla derecha, junto con

una ectasia de la arteria subclavia. Inicialmente, se identificaron y repararon el plexo braquial, el nervio frénico y la arteria subclavia. Posteriormente, fue necesaria la resección completa del escaleno anterior y parcial del escaleno medio, así como la resección completa de la costilla accesoria y parcial de la primera costilla (segmentos: posterior, lateral, y gran parte del anterior), para lograr liberar el plexo braquial y la arteria subclavia (Figura 3). El procedimiento no tuvo ninguna complicación.

La evolución postoperatoria fue favorable, con resolución completa de los síntomas, recuperación del pulso radial y adecuada perfusión en la extremidad. La pletismografía con presiones por Doppler de control mostró una mejoría importante de la perfusión de la extremidad y de las presiones de llenado a nivel distal (Figura 4). La radiografía de control confirmó la ausencia de

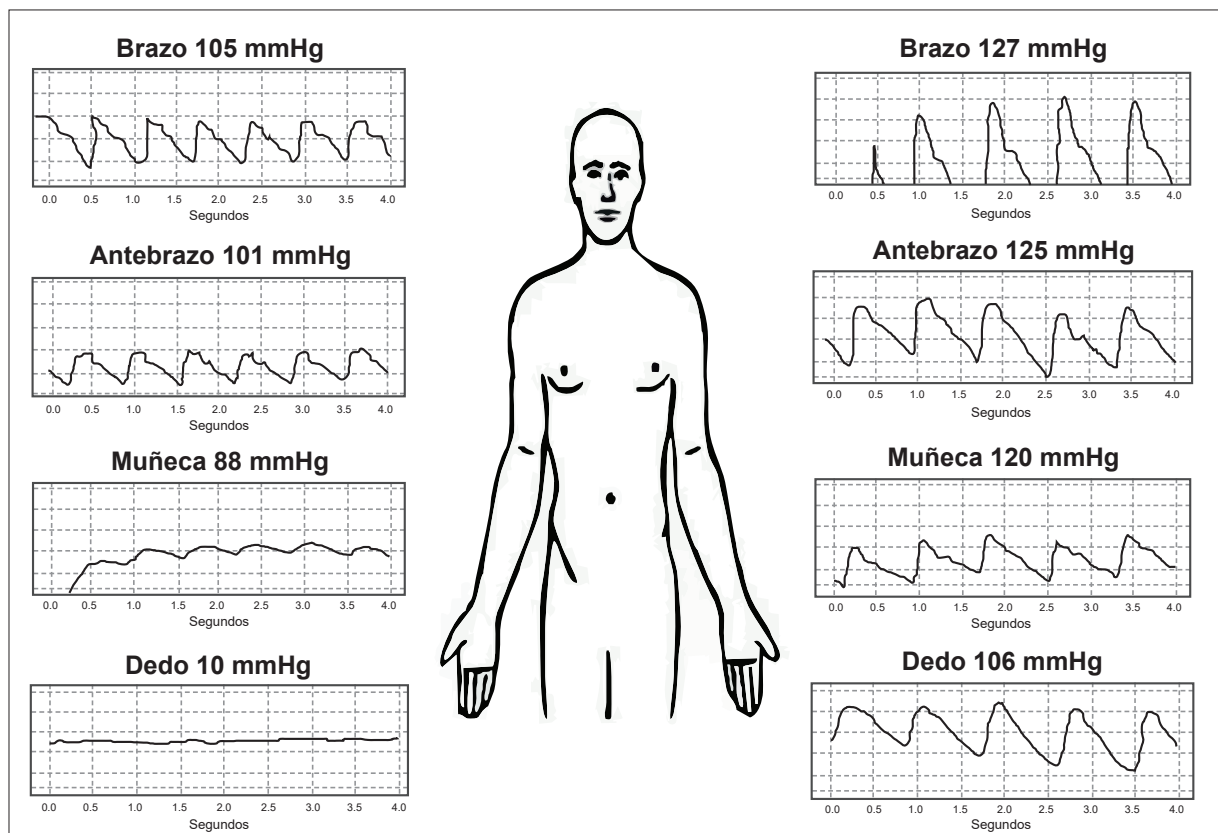


Figura 2. Pletismografía con presiones por Doppler que muestra compromiso braquial y de sus ramas del lado derecho, con ondas de volumen alteradas en el antebrazo y la mano, donde se observa una onda tipo V y una caída de la presión de 105 mm hg a 10 mm Hg.

Fuente: los autores.

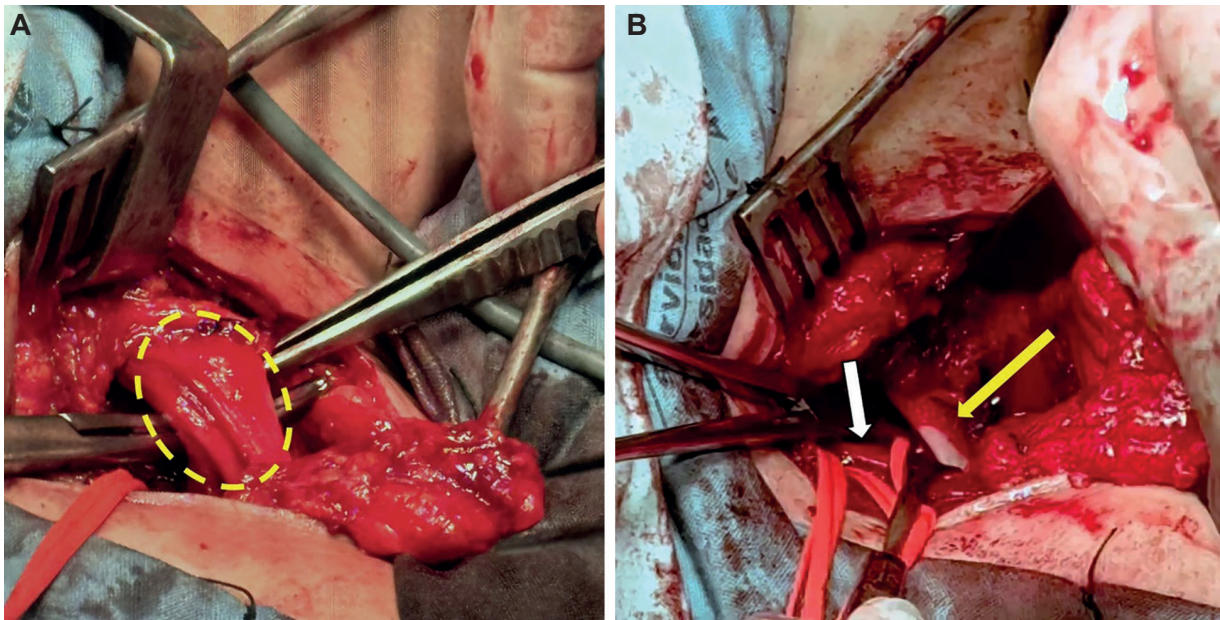


Figura 3. A: Incisión supraclavicular, el músculo escaleno anterior está señalado con una elipse en línea amarilla discontinua. **B:** La flecha amarilla señala la costilla cervical accesoria. La flecha blanca señala la arteria subclavia, reparada con un asa de vaso.

Fuente: los autores.

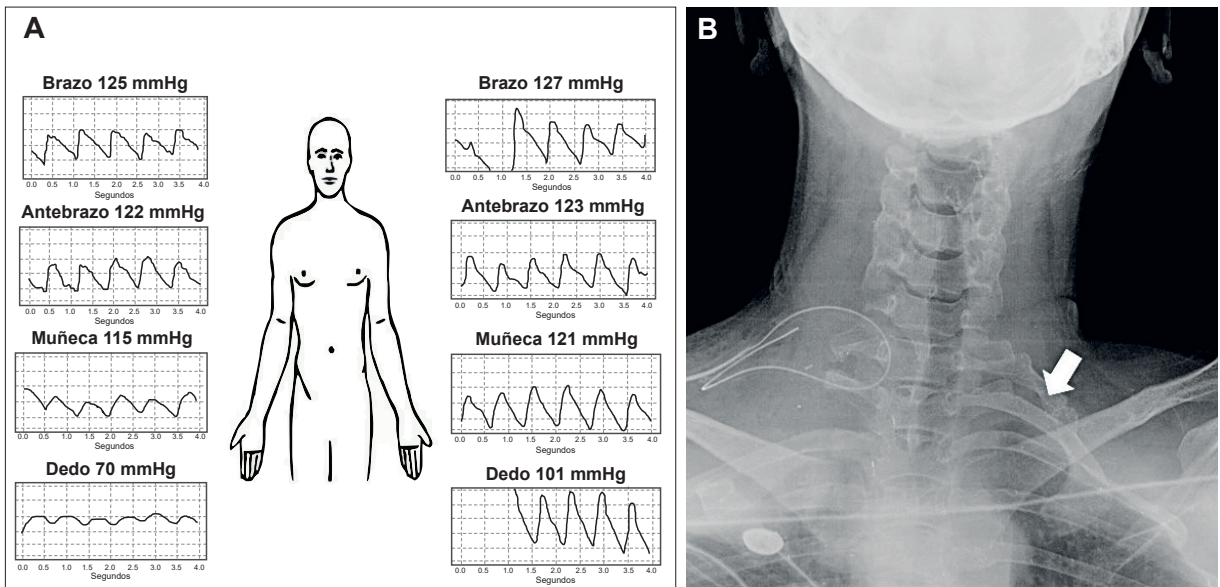


Figura 4. A: Pletismografía de control con mejoría en las ondas de volumen, de la presión y de la perfusión distal en la extremidad superior derecha. **B:** Radiografía de columna cervical anteroposterior de control postoperatorio. Se aprecia la ausencia de la costilla cervical y de gran parte de la primera costilla del lado derecho (lado de la cirugía). La flecha blanca señala la costilla accesoria del lado contrario.

Fuente: los autores.

gran parte de la primera costilla y de la costilla cervical accesoria derechas. Tras una evolución satisfactoria, la paciente fue dada de alta al séptimo día postoperatorio, con manejo médico. El seguimiento a tres meses ha sido adecuado, sin nuevos síntomas en la extremidad superior derecha, ni en la contralateral.

Discusión

En el caso que se presenta, la compresión arterial a la salida del tórax (CSTA) provocó una ectasia de la arteria subclavia que posiblemente generó trombos murales, con embolia de estos hacia distal en la primera oportunidad, con oclusión de la arteria braquial y sus ramas, que fue tratada con embolectomías desde la arteria braquial. Creemos que, al no identificarse la etiología en ese momento, se decidió dar anticoagulación de forma indefinida, bajo el diagnóstico de una trombofilia que no fue filiada. En el segundo episodio tromboembólico, dos años después, la paciente presentó una embolia que afectó la arteria radial, generando una isquemia aguda, que mejoró con la anticoagulación y la liberación de la compresión a la salida del tórax.

El diagnóstico de CSTA puede ser un desafío debido a la presentación clínica inespecífica y a la variedad de manifestaciones, que incluyen desde dolor y parestesias hasta cambios en la perfusión distal⁶. En el caso que presentamos, el primer evento isquémico de la paciente, ocurrido 2 años antes, pudo haber sido una oportunidad para detectar la causa, sin embargo, el hallazgo cervical se pasó por alto, por clínica e imágenes, lo que llevó a un manejo médico anticoagulante basado en la sospecha de trombofilia. Fue sólo tras la recurrencia de la isquemia, y la palpación cervical, junto con los estudios de imagen adecuados, que se identificó la etiología. Esto subraya la importancia de mantener una alta sospecha clínica y realizar un examen físico exhaustivo, que incluya la evaluación de la región cervical, además de solicitar estudios imagenológicos en búsqueda de estas alteraciones.

La identificación de costillas accesorias puede ser un reto y su detección con los estudios de

imagen no siempre es garantizada. El estudio de Viertel VG, et al.¹⁶, publicado en 2012, mostró que de los pacientes que se sometieron a una tomografía computarizada (TC) de la columna cervical por cualquier motivo, el 2 % tenía costillas accesorias, pero solo se informó su presencia en el 0,5 % de los casos. Esto demuestra que es un hallazgo que puede pasarse por alto, no solo al examen físico, sino en los estudios de imagen.

Ante la sospecha de la CST, el estudio imagenológico de elección es la angiotomografía, que tiene buen rendimiento diagnóstico. Vale la pena mencionar la importancia de que el grupo médico tratante haga una revisión exhaustiva de las imágenes, en búsqueda de alteraciones anatómicas que puedan ocasionar la compresión de la arteria subclavia o de otras estructuras neurovasculares a la salida del tórax.

El tratamiento de la CSTA se basa en la descompresión quirúrgica y, en casos más complejos, se requiere la reconstrucción arterial. La descompresión quirúrgica es el estándar de tratamiento y puede llevarse a cabo mediante diferentes abordajes, como el supraclavicular, paraclavicular o transaxilar^{17,18}. El abordaje supraclavicular es el más utilizado en casos de compresión arterial, ya que proporciona una excelente exposición de la arteria subclavia y el plexo braquial, lo que permite una liberación completa de todas las estructuras que salen de la columna cervical y del tórax¹⁹. Este abordaje fue el utilizado en nuestro caso, permitiendo una adecuada exposición y la resección de la costilla accesoria y del primer arco costal derecho, así como de los músculos escalenos, además de la liberación de las estructuras del plexo braquial.

El procedimiento quirúrgico incluye la resección de la primera costilla, de la costilla cervical accesoria (cuando exista) y del músculo escaleno anterior y medio; estas técnicas han demostrado ser efectivas para aliviar los síntomas y prevenir las recurrencias a largo plazo¹⁷. En casos más avanzados, donde existe un daño significativo en la arteria subclavia, con aneurisma, estenosis u oclusión, la reconstrucción arterial es necesaria. Estas reconstrucciones pueden ser tipo anastomosis

término-terminal, injerto de interposición o ligadura de los extremos de la arteria con puente de proximal a distal, con el fin de restaurar el flujo sanguíneo¹⁹. La paciente de este caso tenía una dilatación o ectasia arterial que no llegaba al rango de dilatación aneurismática y no presentaba alteraciones en la pared ni trombos; una vez se liberó la compresión, no se identificaron alteraciones estructurales en la arteria, por lo que no se consideró necesaria la realización de una reconstrucción, sólo se ordenaron imágenes de seguimiento.

En los últimos años, la terapia endovascular ha emergido como una alternativa en algunos casos, particularmente para la reparación de aneurismas subclavios. Aunque este enfoque ofrece ventajas como tiempos operatorios más cortos y menor pérdida de sangre, los índices de permeabilidad a largo plazo tienden a ser inferiores en comparación con la reparación abierta, dadas las fuerzas mecánicas a las cuales está expuesto este sector, y son mucho menos efectivos sino se ha descomprimido la salida del tórax²⁰.

Conclusiones

La compresión a la salida del tórax, aunque poco frecuente, puede manifestarse con complicaciones arteriales. Es importante, en el contexto de la isquemia aguda de los miembros superiores, tener un alto nivel de sospecha para descartar que el origen pueda ser una CST arterial, especialmente en pacientes jóvenes, y en este sentido encaminar tanto el examen físico como las ayudas diagnósticas. El manejo quirúrgico es esencial para descomprimir las estructuras comprometidas y, aunque existen diferentes abordajes quirúrgicos, el supraclavicular tiene ventajas en cuanto a la exposición de la costilla accesoria, de la primera costilla, de los escalenos, del plexo braquial, y de la arteria subclavia.

Cumplimiento de normas éticas

Consentimiento informado: Este reporte de caso se acoge a las normas bioéticas nacionales e internacionales para la investigación en seres humanos según la Declaración de Helsinki, las pautas éticas para la investigación

biomédica del Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas, el código de Núremberg y el informe de Belmont. Según el artículo 11 punto A de la resolución 008430 de 1993 y la resolución 2378 de 2008 del Ministerio de la Protección Social de Colombia el estudio se clasifica como investigación sin riesgo para el paciente, debido a que los datos necesarios para el estudio fueron obtenidos de la historias clínica archivada en el Hospital. Se obtuvo consentimiento informado de la paciente donde se autoriza la publicación del caso y las fotografías en revistas científicas médicas. El Comité de Ética Institucional y de investigación del hospital en el que se realizó el trabajo, aprobó el diseño del estudio.

Conflictos de interés: No existen conflictos de interés entre los diferentes autores del artículo.

Uso de Inteligencia Artificial: Los autores declararon que no se utilizó ningún tipo de tecnología de Inteligencia Artificial para la redacción del texto.

Fuentes de financiamiento: Para el presente trabajo no se requirió financiamiento externo alguno.

Contribución de los autores:

- Diseño y concepción del estudio: Sergio Luis Jaramillo-Escobar, José Andrés Uribe-Múnera, Nicolás Dayam Rosales-Parra, María Juliana Peralta-Vera.
- Adquisición de datos: Sergio Luis Jaramillo-Escobar, José Andrés Uribe-Múnera, Nicolás Dayam Rosales-Parra, María Juliana Peralta-Vera.
- Análisis y interpretación de datos: Sergio Luis Jaramillo-Escobar, Nicolás Dayam Rosales-Parra.
- Redacción del manuscrito: Sergio Luis Jaramillo-Escobar, María Juliana Peralta-Vera.
- Revisión crítica: José Andrés Uribe-Múnera, Nicolás Dayam Rosales-Parra.

Referencias

- 1 Grunebach H, Lum YW. Thoracic outlet syndrome: Pathophysiology and diagnostic evaluation. En: Sidawy AN, Perler BA. Rutherford's Vascular surgery and endovascular therapy. 10th Edition. Philadelphia: Elsevier; 2023. Chapter 123. p. 1626-37.
- 2 Abaúnza H, Gutiérrez R. Síndrome del opérculo torácico. Rev Colomb Cir. 1986;1:21-5.
- 3 Buero A, Olivera-Lopez S, Lyons GA, Pankl LG, Young P, Chimondeguy DJ. First rib resection using videothoracoscopy in patients with vascular thoracic outlet syndrome. EJVES Vasc Forum. 2024;62:15-20. <https://doi.org/10.1016/j.ejvsf.2024.06.004>

- 4 Marine L, Valdes F, Mertens R, Kramer A, Bergoening M, Urbina J. Arterial thoracic outlet syndrome: a 32-year experience. *Ann Vasc Surg.* 2013;27:1007-13. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2013.06.001>
- 5 Onode E, Takamatsu K, Kazuki K, Nakamura H. Thoracic outlet syndrome with subclavian artery thrombosis caused by synostosis of the first and second ribs: a case report. *JBJS Case Connect.* 2022;12:e21.00751. <https://doi.org/10.2106/JBJS.CC.21.00751>
- 6 Li J, Valentine J. Thoracic outlet syndrome: Arterial. En: Sidawy AN, Perler BA. *Rutherford's Vascular surgery and endovascular therapy.* 10th Edition. Philadelphia: Elsevier; 2023. Chapter 125. p. 1655-64.
- 7 Brewin J, Hill M, Ellis H. The prevalence of cervical ribs in a London population. *Clin Anat.* 2009;22:331-6. <https://doi.org/10.1002/ca.20774>
- 8 Spadliński Ł, Cecot T, Majos A, Stefańczyk L, Pietruszewska W, Wysiadeci G, et al. The epidemiological, morphological, and clinical aspects of the cervical ribs in humans. *Biomed Res Int.* 2016;2016:8034613. <https://doi.org/10.1155/2016/8034613>
- 9 Lahiri R, Chauhan U, Kumar A, Puliya N. Undiagnosed bilateral complete cervical rib with subclavian artery aneurysm presenting as acute ischaemic limb following high-altitude expedition. *BMJ Case Rep CP.* 2021;14:e241194. <https://doi.org/10.1136/bcr-2020-241194>
- 10 Pitcher GS, Sen I, Mendes BC, Shuja F, DeMartino RR, Bower TC, et al. Thirty-year single-center experience with arterial thoracic outlet syndrome. *J Vasc Surg.* 2022;76:523-30. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2022.03.870>
- 11 Vemuri C, McLaughlin LN, Abuirqeba AA, Thompson RW. Clinical presentation and management of arterial thoracic outlet syndrome. *J Vasc Surg.* 2017;65:1429-39. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.11.039>
- 12 Sudheer G, Naman G, Gupta A, Dogra V. Thoracic outlet syndrome—An uncommon cause of acute upper-limb ischemia. *Ultrasound Q.* 2022;38:59-64. <https://doi.org/10.1097/RUQ.0000000000000594>
- 13 Andersen LV, Mortensen LS, Lindholt JS, Faergeman O, Henneberg EW, Frost L. Upper-limb thrombo-embolism: National cohort study in Denmark. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2010;40:628-34. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2010.06.009>
- 14 Sultan S, Evoy D, Eldin AS, Eldeeb M, Elmehairy N. Atraumatic acute upper limb ischemia: A series of 64 patients in a Middle East tertiary vascular center and literature review. *Vasc Surg.* 2001;35:181-97. <https://doi.org/10.1177/153857440103500305>
- 15 Bae M, Chung SW, Lee CW, Choi J, Song S, Kim SP. Upper limb ischemia: Clinical experiences of acute and chronic upper limb ischemia in a single center. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;48:246-51. <https://doi.org/10.5090/kjtc.2015.48.4.246>
- 16 Viertel VG, Intrapromkul J, Maluf F, Patel NV, Zheng W, Alluwaimi F, et al. Cervical ribs: A common variant overlooked in CT imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2012;33:2191-4. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3143>
- 17 Teijink SBJ, Goeteyn J, Pesser N, van Nuenen BFL, Thompson RW, Teijink JAW. Surgical approaches for thoracic outlet decompression in the treatment of thoracic outlet syndrome. *J Thorac Dis.* 2023;15:7088-99. <https://doi.org/10.21037/jtd-23-546>
- 18 González di Filipo A, Palmieri A. Síndrome del estrecho torácico. Vía axilar vs vía posterior. *Rev Colomb Cir.* 1995;10:95-100.
- 19 Dalio MB, Filho ER da S, Barufi MB, Ribeiro MS, Joviliano EE. Contemporary management of arterial thoracic outlet syndrome. *Ann Vasc Surg.* 2021;74:42-52. <https://doi.org/10.1016/j.avsg.2021.01.078>
- 20 Pantoja JL, Rigberg DA, Gelabert HA. The evolving role of endovascular therapy in the management of arterial thoracic outlet syndrome. *J Vasc Surg.* 2022;75:968-975.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.10.024>