

True Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome: Sebuah Tinjauan Literatur
Alyn Kristiani¹, Hayuningrat Odyssey Saint², Anggi Wulan Rahmadani³, Dhea Asih
Wulandari⁴, Blasius Hugo Auriol⁵

¹Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia, Alyn.406221015@stu.untar.ac.id

²Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia, hodyssseysaint@gmail.com

³Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia, anggi.406221021@stu.untar.ac.id

⁴Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia, dhea.406212062@stu.untar.ac.id

⁵Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia,
blasius.406211012@stu.untar.ac.id

*(Korespondensi E-mail: Alyn.406221015@stu.untar.ac.id)

ABSTRAK

Latar Belakang: *True neurogenic thoracic outlet syndrome* (TN-TOS) adalah pleksopati brakialis kompresif kronis yang melibatkan akar dari persarafan C8, T1, atau batang tubuh bagian bawah. Mendiagnosis TN-TOS secara klinis cukup sulit dikarenakan penyakit ini sangat langka dan tidak ada gold standard untuk mendiagnosa TN-TOS. Oleh sebab jarangny kasus ini, hanya ada sedikit literatur yang menggambarkan temuan neurologis, elektrodagnostik dan radiologis TN-TOS serta banyak pasien TN-TOS menjalani manajemen bedah yang tidak perlu. **Tujuan:** Penulis bertujuan menyatukan berbagai literatur dan memberikan referensi terbaru terkait TN-TOS. **Metode:** Tinjauan literatur ini mengambil sampel berupa studi ilmiah terkait yang diterbitkan dalam rentang tahun 2018-2023 dengan kata kunci "*true neurogenic thoracic outlet syndrome*" yang ditelaah melalui *database*. Literatur yang memenuhi kriteria inklusi diikutsertakan. **Hasil:** Hasil yang didapatkan TN-TOS adalah subtype dari *thoracic outlet syndrome* dan membentuk sekitar 95% dari semua kasus. Penyakit ini biasa berkaitan dengan penggunaan ekstremitas atas secara berulang, trauma maupun kelainan kongenital. Gejalanya meliputi nyeri ekstremitas atas, nyeri bahu, nyeri leher, nyeri dada, nyeri supraklavikula, sakit kepala oksipital, parestesia, dan kelemahan pada tangan, lengan bawah, dan bahu. **Kesimpulan:** Diperlukan pemeriksaan fisik, dan penunjang yang signifikan agar pasien mendapatkan penatalaksanaan yang tepat.

Kata kunci: *Thoracic Outlet Syndrome, True neurogenic thoracic outlet syndrome, Brachial plexus*

Abstract

Backgrounds: *True neurogenic thoracic outlet syndrome* (TN-TOS) is a chronic compressive brachial plexopathy involving the roots of the C8, T1, or lower trunk nerves. Diagnosing TN-TOS clinically is quite difficult because this disease is very rare and there is no gold standard for diagnosing TN-TOS. Due to the rarity of these cases, there is little literature describing the neurological, electrodiagnostic and radiological findings of TN-TOS and many TN-TOS patients undergo unnecessary surgical management. **Aim:** The author aims to bring together various literature and provide the latest references regarding TN-TOS. **Method:** This literature review takes samples in the form of related scientific studies published in the 2018-2023 range with the keyword "*true neurogenic thoracic outlet syndrome*" which was reviewed through the database. Literature that met the inclusion criteria was included. **Results:** The results obtained by TN-TOS are a subtype of thoracic outlet syndrome and make up about 95% of all cases. This disease is usually associated with repeated use of the upper extremities, trauma or congenital abnormalities. Symptoms include upper extremity pain, shoulder pain, neck pain, chest pain, supraclavicular pain, occipital headache, paresthesias and weakness in hands, forearms and shoulders. **Con-**

clusion: Required physical examination, and significant support so that patients get the right management.

Keywords: Thoracic Outlet Syndrome, True neurogenic thoracic outlet syndrome, Brachial plexus

PENDAHULUAN

Thoracic Outlet Syndrome (TOS) merupakan sekelompok gangguan yang mengakibatkan kompresi bundel neurovaskular yang keluar dari outlet toraks. Outlet toraks adalah area anatomis di leher bagian bawah yang didefinisikan sebagai kelompok tiga ruang antara klavikula dan tulang rusuk pertama yang dilalui beberapa struktur neurovaskular penting, termasuk di dalamnya adalah pleksus brakialis, arteri subklavia, dan vena subklavia. Kompresi pada area ini menyebabkan kumpulan gejala yang berbeda, yang dapat meliputi pucat pada ekstremitas atas, parestesia, kelemahan, atrofi otot, dan nyeri. TOS sendiri telah disubklasifikasikan sebagai *true neurogenic TOS (TN-TOS)* dan *non-specific TOS* (Jones et al., 2019; Kim et al., 2019).

True neurogenic thoracic outlet syndrome (TN-TOS) adalah pleksopati brakialis kompresif kronis yang melibatkan akar dari persarafan C8, T1, atau batang tubuh bagian bawah. Abnormalitas konduksi saraf *medial antebrachial cutaneous (MABC)* dilaporkan sebagai salah satu temuan paling sensitif di pada penyakit ini (Kim & Sung, 2021). Mendiagnosis TN-TOS secara klinis cukup sulit dikarenakan penyakit ini sangat langka dan tidak ada *gold standard* untuk mendiagnosa TN-TOS. Oleh sebab jarangnyanya kasus ini, hanya ada sedikit literatur yang menggambarkan temuan neurologis, elektrodagnostik dan radiologis TN-TOS serta banyak pasien TN-TOS menjalani manajemen bedah yang tidak perlu (Kim et al., 2019).

Penelitian terdahulu telah melakukan tinjauan mengenai TN-TOS dari definisi, etiologi, patofisiologi, tanda dan gejala, pemeriksaan fisik dan penunjang hingga tatalaksananya. Namun literatur terbaru yang mengulas TN-TOS dari berbagai sumber literatur masih sulit dijumpai. Oleh sebab itu, penulis ingin meninjau berbagai literatur terkait TN-TOS serta memberikan referensi terbaru yang terkait.

METODE

Tinjauan literatur ini mengambil sampel berupa studi ilmiah terkait yang diterbitkan dalam rentang tahun 2018-2023 dengan kata kunci "*true neurogenic thoracic outlet syndrome*" yang ditelaah melalui *database Google Scholar, PubMed, Cochrane Library*. Literatur yang memenuhi kriteria inklusi diikutsertakan. Kriteria inklusi meliputi studi ilmiah yang menjelaskan mengenai TN-TOS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi

Peet dkk. pertama kali menjelaskan terminologi *thoracic outlet syndrome (TOS)* sebagai kelainan yang disebabkan oleh kompresi salah satu atau kedua pleksus brakialis dan pembuluh subklavia. Area ini dibatasi oleh klavikula, skapula, tulang rusuk pertama, skalenus anterior, dan skalenus tengah dan terdiri dari tiga kompartemen. Dari medial ke lateral,

pleksus brakialis dan arteri subklavia berjalan melalui *scalene triangle*, ruang *costoclavicular*, dan ruang *retropectoralis minor* (Akkuş et al., 2018; Rabe & Emery, 2023; Wang et al., 2019).

Sindrom outlet toraks dibagi menjadi vaskular (VTOS), neurogenik (NTOS), dan vaskular-neurogenik (VNTOS). NTOS sendiri telah disubklasifikasikan ke dalam subtype berdasarkan etiologi spesifik sebagai *true neurogenic TOS* (TN-TOS) dan *non-specific TOS*. *True neurogenic thoracic outlet syndrome* (TN-TOS) sendiri adalah pleksopati brakialis kompresif kronis yang melibatkan akar dari persarafan C8, T1, atau batang tubuh bagian bawah. Temuan klinis umum NTOS dicirikan sebagai 3 dari 4 kriteria berikut: adanya gejala lokal (nyeri pada area yang bersangkutan) dan perifer (mati rasa, kelemahan pada ekstremitas atas), *scalene positif* dan terdapat injeksi blok pada otot pektoralis minor (Illig et al., 2021; Jones et al., 2019; Kim et al., 2019).

Epidemiologi

Prevalensi TOS telah dilaporkan sekitar 1%-2% dari populasi umum, dan rentang usia TOS yang bergejala adalah antara 20 dan 60 tahun. Ada kekurangan data tentang TOS pada remaja dan efeknya pada pertumbuhan lanjutan mereka dari hasil intervensi bedah (Al Shakarchi et al., 2020).

Sementara itu, TN-TOS adalah sebuah sindrom yang sangat langka dengan perkiraan prevalensi hanya 1 per 1.000.000 orang. TN-TOS sendiri membentuk sekitar 95% dari semua kasus *thoracic outlet syndrome*. Penyakit ini paling sering menyerang wanita (rasio antara 4:1 dan 2:1) dan jarang terjadi pada anak-anak dan dalam kebanyakan kasus, manifestasi klinis ini didominasi oleh keluhan subyektif, yang sulit dikaitkan secara pasti dengan kompresi saraf proksimal di outlet toraks (Kim et al., 2019).

Etiologi dan Faktor Risiko

NTOS biasanya terjadi pada populasi orang dewasa dan mewakili 90% kasus. Penyakit ini biasa berkaitan dengan penggunaan ekstremitas atas secara berulang pada individu yang berpartisipasi dalam aktivitas pekerjaan atau rekreasi. Atlet yang melakukan gerakan *overhead* berkecepatan tinggi dan berulang berisiko mengembangkan NTOS karena penyebab fungsional. Olahraga yang berisiko antara lain bisbol, *softball*, bola voli, tenis, renang, angkat besi, dan lain-lain. NTOS juga dapat terjadi setelah lesi traumatis (termasuk fraktur *midshaft* unilateral dari kecelakaan kendaraan bermotor kecepatan tinggi atau olahraga kontak dan kecepatan seperti *rugby* ataupun ski yang mengakibatkan cedera saraf atau vaskular primer atau pembentukan kalus sekunder dan lesi yang menempati ruang di ruang kostoklavikular) atau terkait dengan faktor predisposisi anatomis yang menyebabkan kelemahan otot, parestesia, nyeri, mati rasa, dan disfungsi motorik halus pada bahu, lengan dan tangan ipsilateral. Namun, gejala ini juga dapat disebabkan oleh kondisi yang lebih parah seperti radikulopati pleksus brakialis, kelainan pada tulang belakang servikal, atau tumor (Nava et al., 2020; Storari et al., 2021; Warrick & Davis, 2021).

Anomali kongenital tidak selalu berkorelasi dengan diagnosis NTOS; kebanyakan pasien dengan kelainan pada tulang belakang servikal tidak menunjukkan gejala. Variasi anatomi yang menjadi predisposisi ditambah peristiwa pemicu lainnya seperti trauma leher (seperti dari kecelakaan kendaraan bermotor) atau cedera dan stres berulang dapat menyebabkan jaringan parut dan hipertrofi otot skalen, yang selanjutnya menimpa pleksus brakialis pada segitiga interskalen. Penelitian lain menyebutkan kecenderungan faktor

keluarga dalam sindrom outlet toraks ada, bahkan tanpa adanya anomali anatomi yang jelas walaupun mekanisme masih belum jelas. Hanya anomali pada gen HOX yang telah diidentifikasi dapat meningkatkan kemungkinan tersebut. Pada anak-anak, kompresi vaskular sebagian besar disebabkan oleh malformasi tulang yang terjadi di masa pubertas. Kompresi arteri menyebabkan otot dingin dan lemah, sedangkan kompresi vena menyebabkan edema, perubahan warna kulit, dan nyeri (Nava et al., 2020; Warrick & Davis, 2021).

Pada kasus yang sangat jarang, *displacement* pada *posterior sternoclavicular joint* (SCJ) bisa berakibat fatal karena struktur vital yang terletak di posterior klavikula sebelah medial. Struktur mediastinum superior seperti pleksus brakialis, pembuluh darah besar, trakea, dan kerongkongan hanya dipisahkan oleh otot dan dapat mengalami kompresi sederhana atau cedera yang lebih serius yang dapat bermanifestasi sebagai TOS (McAleese et al., 2020). TOS juga dikatakan dapat terjadi pada orang dengan gangguan depresi berat, dikarenakan mengalami perubahan postur yang meliputi peningkatan fleksi kepala dan peningkatan kifosis pada tulang belakang torakal. Peningkatan ketegangan otot pernapasan, hipertrofi, dan *trigger point* juga ditemukan pada pasien dengan kecemasan tinggi. Orang dengan gangguan pernapasan seperti pada pasien asma yang menggunakan otot skalenus secara berlebihan juga memiliki faktor risiko mengalami TOS (Rezaei, 2020).

Patogenesis

Cedera dan stres berulang dapat merobek serat otot, menyebabkan perdarahan dan jaringan parut mikroskopis di dalam otot skalenus yang menyebabkan fibrosis otot kumulatif. Insiden jaringan parut tiga kali lebih besar pada otot skalenus pada pasien NTOS dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, otot yang hipertrofi menyebabkan ketidakseimbangan otot, pemendekan otot adaptif, dan perubahan biomekanik sendi, yang selanjutnya berkontribusi pada gejala NTOS fungsional. Terdapat pemahaman yang terbatas tentang kompleks interaksi biomekanik dari daerah bahu. Setiap scapula bergerak melalui enam derajat kebebasan; tujuh belas otot individu mengontrol gerakan ini. Kejang atau kelemahan pada bagian dari otot-otot ini dapat menyebabkan dinamika abnormal skapula, yang diyakini mengarah kepada kelainan TOS ini (III et al., 2021; Nava et al., 2020; Warrick & Davis, 2021).

Faktor bawaan, traumatis, dan fungsional, atau kombinasi dari faktor-faktor di atas berkontribusi pada perkembangan potensi NTOS. Anomali kongenital yang menyebabkan lesi yang menempati ruang pada ruang interskalenus termasuk pita fibromuskular, otot aksesori skalenus minimus, variasi posisi atau insersi otot skalenus (sindrom *scalenus anticus*), tulang belakang servikal, prosesus transversus C7 yang memanjang dan anomali tulang rusuk pertama (Warrick & Davis, 2021).

Ada tiga lokasi yang paling rentan terhadap kompresi: 1. Kompresi di daerah *scalene triangle*. Di tempat ini kompresi terjadi terutama di batang inferiornya, dibentuk oleh akar C8 dan T1. 2. Kompresi pada ruang costoclavicular merupakan bentuk dari TOS biasanya dipicu oleh gerakan berulang yang mendekat ke arah klavikula dan tulang rusuk pertama. Aktivitas fisik yang berkaitan dengan mengangkat benda berat dan gerakan hiperabduksi berkepanjangan lebih terkait dengan bentuk TOS ini. 3. Kompresi di ruang subcoracoideus adalah bentuk TOS yang menunjukkan hubungan yang kuat dengan hiperabduksi bahu (de Magalhães et al.)

Tanda dan gejala

Presentasi klinis NTOS mencerminkan sifat sindrom yang beragam. Pleksus brakialis bagian bawah berpengaruh pada sekitar 80% kasus NTOS dan berhubungan dengan kompresi akar saraf C8 dan T1. Selanjutnya, sebagian besar pasien dengan NTOS timbul dengan gejala di tangan dan lengan bawah dalam distribusi saraf C8 dan T1. Gejalanya meliputi nyeri ekstremitas atas, nyeri bahu, nyeri leher, nyeri dada, nyeri supraklavikula, sakit kepala oksipital, parestesia, dan kelemahan pada tangan, lengan bawah, dan bahu. Distribusi nyeri yang tepat dapat berkorelasi dengan lokasi kompresi brakialis pleksus sesuai dermatom. Gejala juga dapat memburuk dengan gerakan atau aktivitas, terutama dengan gerakan di atas kepala yang mengurangi ruang di dalam ruang *interscalene* atau aktivitas yang meregangkan pleksus seperti lengan terentang dan abduksi. Perubahan biomekanik dapat menyebabkan nyeri miofasial lebih proksimal ditandai dengan nyeri kepala, leher, dan bahu (Hale & Cheng, 2020; Warrick & Davis, 2021).

Pada pasien neurogenik yang berusia di atas 40 tahun dan memiliki ketergantungan narkotika dalam jangka waktu yang lama, memiliki masalah lainnya seperti penyakit pada diskus servikalis, masalah bahu, dan memiliki blok *scalene* negatif tidak dapat dilakukan baik dengan intervensi bedah (Freischlag, 2018).

Diperlukan anamnesa mengenai karakteristik onset dan jenis nyeri, adanya postur antalgik pada leher dan bahu, gerakan leher atau bahu yang menyakitkan, dan distribusi gejala secara dermatom. *QuickDASH* (Disability of Arm, Shoulder and Hand) dan *Cervical Brachial Symptom Questionnaire* (CBSQ) dapat diberikan untuk mengevaluasi nyeri brakialis servikal dan nyeri bahu yang menjalar (Storari et al., 2021).

Pemeriksaan Fisik

Temuan pemeriksaan fisik dapat mencakup atrofi otot tangan, serta temuan positif pada tes tekanan lengan yang ditinggikan (EAST) atau tes ketegangan ekstremitas atas (tes provokasi), tes kompresi, tes Adson, tes Wright, tes Roos dan tes Millary Brace. Tes provokasi semacam ini mungkin membantu diagnosis, tetapi validitasnya masih kontroversial dikarenakan bersifat subjektif. Akan tetapi, kepekaan dan spesifisitas sebagian besar tes meningkat ketika beberapa tes provokasi dikombinasikan. Pemeriksaan *Tinel's sign* juga dapat dilakukan untuk menyingkirkan diagnosa sindrom *carpal tunnel* (Bennett, 2022; Hwang et al., 2021; Nassar et al., 2018).

Pemeriksaan Penunjang

Pasien yang mengalami gambaran klinis pleksopati brakialis pada batang tubuh bagian bawah dan struktur anomali yang menekan bundel neurovaskular pada studi pencitraan dapat didiagnosis dengan N-TOS. Perkembangan teknik pencitraan dapat mengungkapkan lebih banyak kasus (Kim & Sung, 2021). Alat pencitraan seperti *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) dan *electromyography* (EMG) adalah modalitas yang berguna untuk menyingkirkan penyebab dan diagnosis pembanding lainnya (Priyanto et al., 2022). Weaver dan Lum merangkum modalitas diagnostik dan pengobatan baru untuk pasien dengan NTOS, dimana kelainan ditinjau dengan teknik *computed tomography* (CT) dan MRI bersama dengan nilai *median antebrachial cutaneous nerve* (MABC) potensial aksi saraf sensorik dalam mengidentifikasi jikalau terdapat masalah pada pleksus brakialis (Freischlag, 2018).

Sementara itu, *high-resolution ultrasound* (HRUS) dapat langsung memvisualisasikan ligamen costocupular aksesori dalam konteks anatomi pada pasien dengan gejala NTOS.

Menggabungkan HRUS dengan MRI merupakan pendekatan pencitraan yang sangat sensitif dan optimal dalam mendiagnosa kasus ini dan dikatakan dapat meningkatkan perawatan pasien NTOS secara signifikan (Jengojan et al., 2022).

Tatalaksana

Terapi konservatif (medis dan fisioterapi) merupakan pengobatan lini pertama pada pasien dengan NTOS. Akan tetapi terapi konservatif masih dianggap kontroversial dikarenakan pada kebanyakan kasus, diperlukan terapi definitif yakni dengan diikuti oleh prosedur pembedahan. Perawatan bedah termasuk dekompresi pleksus brakialis melalui pelepasan ketegangan otot skalenus dan otot subklavius perlu dilakukan dalam kasus gagal pengobatan konservatif ataupun terdapat gejala neurologis seperti kelemahan. Reseksi tulang rusuk pertama *transaxillary* (TFRR) atau neuroplasti supraklavikula dari pleksus brakialis (SNBP) adalah modalitas perawatan bedah pilihan (Akkuş et al., 2018; Lee et al., 2022).

Beberapa penelitian melaporkan perbaikan klinis yang lebih baik dengan perawatan bedah dibandingkan dengan hanya pasien NTOS yang dirawat secara konservatif. Kami juga mencatat bagus hasil klinis dan elektrodagnostik pada pasien NTOS yang dirawat dengan TFRR. Sebaliknya, satu studi tidak menemukan perbedaan yang signifikan dalam hasil jangka panjang antara pasien yang dioperasi dengan SNBP dan pasien yang tidak dioperasi (Akkuş et al., 2018). Pada beberapa pasien dengan sindrom outlet toraks neurogenik, dekompresi bedah tidak selalu menyebabkan resolusi gejala. Kegigihan atau kekambuhan gejala melemahkan dan, namun, cenderung dikelola secara konservatif (Still et al., 2019).

Dari segi farmakologi, dapat diberikan terapi analgesik seperti obat anti inflamasi non-steroid (NSAID), opioid, relaksan otot, dan obat nyeri tambahan lainnya untuk mengobati nyeri neuropatik (Hale & Cheng, 2020).

Prognosis

Meskipun telah dilakukan manajemen bedah, beberapa pasien mungkin tidak memiliki peningkatan yang memuaskan, atau terdapat kekambuhan gejala setelah perbaikan awal. Pasien dapat mempertimbangkan operasi ulang, tetapi tingkat keberhasilan operasi berulang tidak diketahui (Hale & Cheng, 2020).

KESIMPULAN

Pada tinjauan literatur ini telah diulas mengenai TN-TOS mulai definisi hingga prognosis dari berbagai sumber literatur. Telah diketahui bahwa *true neurogenic thoracic outlet syndrome* (TN-TOS) adalah subtype dari thoracic outlet syndrome dan merupakan pleksopati brakialis kompresif kronis yang melibatkan akar dari persarafan C8, T1, atau batang tubuh bagian bawah. TN-TOS sendiri membentuk sekitar 95% dari semua kasus thoracic outlet syndrome. Penyakit ini biasa berkaitan dengan penggunaan ekstremitas atas secara berulang, trauma maupun kelainan kongenital. Gejala meliputi nyeri ekstremitas atas, nyeri bahu, nyeri leher, nyeri dada, nyeri supraklavikula, sakit kepala oksipital, parestesia, dan kelemahan pada tangan, lengan bawah, dan bahu. Mendiagnosis TN-TOS secara klinis cukup sulit dikarenakan penyakit ini sangat langka dan tidak ada *gold standard* untuk mendiagnosa TN-TOS. Diperlukan pemeriksaan fisik, dan penunjang yang signifikan agar pasien mendapatkan penatalaksanaan yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akkuş, M., Yağmurlu, K., Özarslan, M., & Kalani, M. Y. S. (2018). Surgical outcomes of neurogenic thoracic outlet syndrome based on electrodiagnostic tests and QuickDASH scores. *Journal of Clinical Neuroscience*, *58*, 75-78.
- Al Shakarchi, J., Jaipersad, A., Morgan, R., & Pherwani, A. (2020). Early and late outcomes of surgery for neurogenic thoracic outlet syndrome in adolescents. *Annals of Vascular Surgery*, *63*, 332-335.
- Bennett, E. (2022). *Physical Therapy Treatment for a 56-Year-Old Female with Suspected Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome: A Case Study* [Marymount University].
- de Magalhães, M. J. d. S., Souza, C. F., Figueiredo, C., Fernandes, C. M. A., Cruz, C. M. P., Galvão, D. P., Nunes, H., & Oliva, P. Thoracic Outlet Syndrome Caused by Hodgkin's Lymphoma-Case Report.
- Freischlag, J. A. (2018). The art of caring in the treatment of thoracic outlet syndrome. In (Vol. 8, pp. 35): MDPI.
- Hale, J. E., & Cheng, J. (2020). Spinal cord stimulation for neurogenic thoracic outlet syndrome: a case report. *A&A Practice*, *14*(6), e01194.
- Hwang, J. S., Kim, J., Kim, S., Bae, K. J., Lee, Y., & Baek, G. H. (2021). Diagnosis of neurogenic thoracic outlet syndrome based on the clinical status. *Annals of Vascular Surgery*, *76*, 454-462.
- III, A. L. J., Werden, S., Hawks, C., & Talajkowski, S. (2021). Thoracic outlet syndrome: Its complexity is not disputed. *Journal of Surgery*, *1*(1), 3-7.
- Illig, K. A., Rodriguez-Zoppi, E., Bland, T., Muftah, M., & Jospitre, E. (2021). The incidence of thoracic outlet syndrome. *Annals of Vascular Surgery*, *70*, 263-272.
- Jengojan, S., Bernathova, M., Moritz, T., Bodner, G., Sorgo, P., & Kasprian, G. (2022). High-Resolution ultrasound and magnetic resonance imaging of abnormal ligaments in thoracic outlet syndrome in a series of 16 cases. *Frontiers in Neuroscience*, *15*, 817337.
- Jones, M. R., Prabhakar, A., Viswanath, O., Urits, I., Green, J. B., Kendrick, J. B., Brunk, A. J., Eng, M. R., Orhurhu, V., & Cornett, E. M. (2019). Thoracic outlet syndrome: a comprehensive review of pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Pain and therapy*, *8*, 5-18.
- Kim, S. W., Jeong, J. S., Kim, B. J., Choe, Y. H., Yoon, Y. C., & Sung, D. H. (2019). Clinical, electrodiagnostic and imaging features of true neurogenic thoracic outlet syndrome: Experience at a tertiary referral center. *Journal of the neurological sciences*, *404*, 115-123.
- Kim, S. W., & Sung, D. H. (2021). Case report: neurogenic thoracic outlet syndrome without electrophysiologic abnormality. *Frontiers in Neurology*, *12*, 644893.
- Lee, D., Lee, C., & Son, B.-c. (2022). Paralysis of the Upper Extremity Due to Acute Thoracic Outlet Syndrome Caused by the Subclavius Posticus Muscle: A Case Report With Literature Review. *Korean Journal of Neurotrauma*, *18*(2), 425.
- McAleese, T., Curtin, M., & Collins, D. (2020). Posteriorly displaced salter halter fracture-dislocation at the sternoclavicular joint with associated thoracic outlet syndrome: A case report. *International Journal of Surgery Case Reports*, *72*, 245-250.
- Nassar, N. M., Yasaky, A. Z., Farrag, D. A., & Magdy, M. M. (2018). The value of neuromuscular ultrasound in relation to clinical and electrophysiological testing in the diagnosis of thoracic outlet syndrome. *Egyptian Rheumatology and Rehabilitation*, *45*, 140-147.
- Nava, F., Barrial, M., Martínez, A., Alonso, E., Barrena, S., Martínez, L., López-Santamaría, M., & de la Torre, C. (2020). Thoracic outlet syndrome in adolescents: a case series. *Cir Pediatr*, *33*(3), 110-114.
- Priyanto, B., Febrianto, R., Nandana, P. I., Antara, K. Y., Firdaus, F., Istikharoh, U., Fatrahady, L. S., & Putrawan, S. (2022). A 14-Year-Old Boy with Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome: A Case Report. *Lombok Health And Science Journal*, *1*(1), 15-21.

SUPLEMEN

Volume 15, Suplemen, 2023

<https://myjurnal.poltekkes-kdi.ac.id/index.php/hijp>

- Rabe, M., & Emary, P. (2023). APPLYING EVIDENCE TO INDIVIDUAL CASE MANAGEMENT: AN ILLUSTRATIVE EXAMPLE OF CONSERVATIVE VERSUS SURGICAL TREATMENT OF THORACIC OUTLET SYNDROME. *Journal of Contemporary Chiropractic*, 6(1), 62-71.
- Rezaei, S. (2020). The Effectiveness of Heart Rate Variability Biofeedback in Conjunction with Traditional Treatment for Thoracic Outlet Syndrome in a 25-year-old female: A Case Report.
- Still, S., Beliveau, L., Iglesias, J., Clothier, J., Tecson, K., & Pearl, G. (2019). VESS21. Reoperation for Recurrent Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome Is Effective in Achieving Symptomatic and Functional Improvement Following Surgical Decompression. *Journal of Vascular Surgery*, 69(6), e68-e69.
- Storari, L., Signorini, M., Barbari, V., Mourad, F., Bisconti, M., Salomon, M., Rossettini, G., & Maselli, F. (2021). A Thoracic Outlet Syndrome That Concealed a Glioblastoma. Findings from a Case Report. *Medicina*, 57(9), 908.
- Wang, X.-T., Yao, M., Zhong, M., Wang, Y.-J., Shi, Q., & Cui, X.-J. (2019). Thoracic outlet syndrome in a postoperative cervical spondylotic myelopathy patient: A case report. *Medicine*, 98(11).
- Warrick, A., & Davis, B. (2021). Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome in Athletes—Nonsurgical Treatment Options. *Current Sports Medicine Reports*, 20(6), 319-326.