

PERIPHERAL NERVE INJURIES OF THE UPPER EXTREMITY IN OVERHEAD ATHLETES

CEDERA SARAF PERIFER EKSTREMITAS ATAS PADA ATLET OVERHEAD

**Gerald Rolanson Yudy^{1*}, Nour Hatem Mohamed², Warlia Mursida³, Ayeshia
Ryasti Mustario⁴, Bayu Firdaus Siradz⁵**

^{1,2,3,4,5}Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan,
Universitas Mataram, Kota Mataram, Indonesia

(*) Corresponding Author: gerald.yudy@gmail.com

Article info

Keywords:

*Peripheral nerve
injury, Overhead
athletes, Neuropathy,
Upper extremity*

Abstract

Peripheral nerve injuries (PNIs) present unique diagnostic and therapeutic challenges in overhead athletes due to the complex biomechanics of sports involving rapid, high-velocity arm elevations and rotations. These injuries result from repetitive microtrauma, traction, and dynamic compression, often masked by overlapping musculoskeletal pathologies. This literature review synthesizes current findings regarding the mechanisms, pathophysiology, clinical presentations, classifications, diagnostic modalities, and management strategies for upper extremity PNIs in overhead athletes. Diagnostic pathways rely on clinical history, targeted physical examinations, electrodiagnostic (EDx) studies, and advanced imaging such as neuromuscular ultrasound and magnetic resonance neurography. While the majority of cases respond well to structured conservative rehabilitation and activity modification, refractory lesions or severe axonal loss require surgical decompression or neurolysis. In conclusion, early functional diagnostic tools, standardized severity scoring models, and evidence-based rehabilitation protocols are essential to optimize patient outcomes and safe returns to competitive play.

Kata kunci:

*Cedera saraf tepi,
Atlet overhead,
Neuropati,
Ekstremitas Atas*

Abstrak

Cedera saraf perifer (PNI) menghadirkan tantangan diagnostik dan terapeutik yang unik pada atlet *overhead* (gerakan lengan di atas kepala) karena kompleksitas biomekanik olahraga yang melibatkan elevasi dan rotasi lengan berkecepatan tinggi. Cedera ini diakibatkan oleh mikrotrauma berulang, traksi, dan kompresi dinamis, yang sering kali tertutupi oleh patologi muskuloskeletal yang tumpang tindih. Tinjauan literatur ini menyintesis temuan saat ini mengenai mekanisme, patofisiologi, presentasi klinis, klasifikasi, modalitas diagnostik, dan strategi manajemen untuk PNI ekstremitas atas pada atlet *overhead*. Jalur diagnostik bergantung pada riwayat klinis, pemeriksaan fisik terarah, studi elektrodagnostik (EDx), dan pencitraan lanjutan seperti ultrasonografi neuromuskular dan neurografi resonansi magnetik. Meskipun sebagian besar kasus merespons dengan baik terhadap rehabilitasi konservatif terstruktur dan modifikasi aktivitas, lesi refrakter atau kehilangan aksonal yang parah memerlukan dekompresi bedah atau neurolisis. Kesimpulannya, alat diagnostik fungsional dini, model penilaian

keparahan terstandarisasi, dan protokol rehabilitasi berbasis bukti sangat penting untuk mengoptimalkan hasil akhir pasien dan memastikan mereka dapat kembali bertanding dengan aman.

PENDAHULUAN

Cedera saraf tepi (PNI) merujuk pada kelompok kondisi heterogen akibat kerusakan saraf di luar sistem saraf pusat yang disebabkan oleh mekanisme seperti trauma, kompresi, iskemia, atau penyebab iatrogenik (Chan dan Ip, 2018; Hussain et al, 2020). Cedera ini dapat merusak transmisi sensorik dan motorik, yang secara klinis bermanifestasi sebagai kelemahan, hilangnya sensasi, nyeri, atau defisit fungsional (Hussain et al, 2020; Olivo dan Tsao, 2017; Radić et al, 2018). Keparahan PNI sangat bervariasi, dari blok konduksi sementara hingga transeksi saraf lengkap, sesuai dengan sistem klasifikasi klasik yang diajukan oleh Seddon dan Sunderland (Sunderland, 1951). Bentuk cedera yang lebih parah melibatkan kerusakan aksonal yang dapat mengakibatkan pemulihan yang berkepanjangan, regenerasi yang tidak lengkap, dan disabilitas jangka panjang (Hussain et al, 2020; Olivo dan Tsao, 2017).

Cedera saraf tepi ekstremitas atas sangat relevan pada atlet *overhead*, yakni individu yang berpartisipasi dalam olahraga yang membutuhkan elevasi lengan berulang di atas bahu dikombinasikan dengan gerakan rotasi yang cepat dan kuat, seperti bisbol, bola voli, tenis, dan renang (Bowers et al, 2022; Farag et al, 2025; Troyer et al, 2023; Zampeli et al, 2024). Biomekanik aktivitas ini melibatkan fase kompleks, termasuk abduksi, rotasi eksternal, akselerasi, dan deselerasi, yang memberikan tekanan mekanis substansial pada struktur neurovaskular bahu. Kombinasi gaya intensitas tinggi dan mikrotrauma berulang ini meningkatkan risiko cedera saraf tepi secara signifikan (Bowers et al, 2022; Farag et al, 2025). Namun, cedera ini sering kali menantang untuk didiagnosis karena manifestasi klinisnya yang tidak spesifik dan kecenderungannya untuk muncul bersamaan dengan patologi muskuloskeletal lainnya (Olivo dan Tsao, 2017). Akibatnya, diagnosis sering kali terlambat, berpotensi menunda penatalaksanaan yang tepat dan berdampak negatif pada performa atletik (Bowers et al, 2022; Robb dan Sajko, 2009).

Insidensi pasti PNI pada atlet sulit ditetapkan karena sering kali tidak dilaporkan atau terabaikan akibat onsetnya yang bertahap. Meskipun insidensinya hanya mencakup kurang dari 0,5% cedera terkait olahraga dan memiliki prevalensi sekitar 1,3%–2,8% di luar konteks olahraga, dampaknya terhadap fungsi atlet dapat bermakna (Radić et al, 2018). Disfungsi saraf, bahkan yang ringan, dapat mengganggu kontrol neuromuskular dan pola gerakan terkoordinasi, sehingga berpotensi menurunkan performa, memperpanjang waktu pemulihan, dan memengaruhi keberlanjutan karier atlet (Lorei dan Hershman, 1993). Secara patofisiologis, cedera yang parah memicu degenerasi Wallerian, di mana regenerasi saraf sering kali lambat dan tidak lengkap (Akuthota dan Herring, 2009). Denervasi yang berkepanjangan dapat menyebabkan atrofi otot dalam hitungan minggu dan fibrosis fungsional yang ireversibel jika reinervasi tidak terjadi (Menorca et al, 2013). Oleh karena itu, diperlukan diagnosis yang akurat dan tatalaksana yang tepat agar fungsi dan koordinasi neuromuskuler dapat dikembalikan ke tingkat performa sebelum cedera (Bowers et al, 2022). Untuk menjembatani tantangan klinis tersebut, tinjauan literatur ini bertujuan untuk menyintesis bukti terkini mengenai mekanisme cedera, patofisiologi, manifestasi klinis, modalitas diagnostik, serta strategi manajemen yang komprehensif untuk cedera saraf tepi ekstremitas atas pada populasi atlet *overhead*.

METODE

Literatur dikumpulkan melalui pencarian sistematis pada database PubMed, StatPearls, ScienceDirect, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan meliputi "peripheral nerve injuries", "overhead athletes", "neuropathy", "upper extremity", dan "sports injury". Artikel yang dipilih merupakan publikasi yang relevan dengan tujuan kajian dan terbit dalam rentang waktu sepuluh tahun terakhir (2016–2026), namun tinjauan ini juga menyertakan beberapa artikel klasik sebagai landasan teori fundamental. Dalam tinjauan ini, penulis secara khusus memprioritaskan dan mensintesis literatur berjenis artikel ulasan (*review article*), tinjauan sistematis, dibandingkan dengan artikel penelitian primer (*research article*). Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama naskah ini adalah menyajikan pemahaman yang komprehensif dan holistik mengenai kompleksitas anatomis, patofisiologi, spektrum klinis, dan konsensus tata laksana cedera saraf pada atlet *overhead*. Sintesis dari berbagai *review article* dinilai lebih efektif dalam membentuk kerangka konsep dasar yang utuh, sedangkan artikel penelitian primer umumnya memiliki fokus yang terlalu spesifik pada satu intervensi tunggal atau populasi sampel yang terbatas. Artikel yang tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap atau tidak berkaitan langsung dengan topik penelitian dikeluarkan dari analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pencarian dan ekstraksi literatur menghasilkan temuan utama terkait prevalensi, mekanisme cedera, modalitas diagnostik, dan luaran klinis dari penatalaksanaan cedera saraf tepi ekstremitas atas pada atlet *overhead*. Kajian pustaka menunjukkan bahwa sebagian besar cedera saraf pada atlet memengaruhi ekstremitas atas akibat mikrotrauma kumulatif dan stres biomekanik yang ekstrem. Fokus temuan klinis menyoroti penanganan kondisi dominan seperti neuropati ulnaris dan sindrom thoracic outlet neurogenik (nTOS), efektivitas waktu pelaksanaan studi elektrodiagnostik (EDx) untuk lokalisasi lesi, serta pentingnya perbaikan rantai kinetik dan penggunaan kriteria fungsional untuk tingkat kembali bertanding (*Return to Sport*) yang optimal. Hasil sintesis literatur dari berbagai studi kunci yang menjadi landasan utama dalam tinjauan ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintesis Literatur

Penulis (Tahun)	Jenis Literatur	Fokus Saraf / Kondisi	Temuan Utama
Dutton et al. (2024)	<i>Monograph / Review</i>	Seluruh ekstremitas atas	86% cedera saraf atlet terjadi di ekstremitas atas akibat mekanisme traksi/kompresi.
Bowers et al. (2022)	<i>Narrative Review</i>	Seluruh ekstremitas atas pada pelempar	Pelempar berisiko tinggi akibat mikrotrauma; rehabilitasi harus fokus pada biomekanika dan rantai kinetik.
Farag et al. (2025)	<i>Invited Review</i>	Pleksus Brakhialis, Supraskapular, Aksilaris, Ulnaris	Prevalensi PNI bahu 30%–45% pada atlet voli/bisbol; EDx esensial untuk lokalisasi lesi.
Troyer et al. (2023)	<i>Narrative Review</i>	<i>Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome</i> (nTOS)	nTOS perlu dipertimbangkan pada nyeri bahu pelempar;

Zampeli et al. (2024)	<i>Review</i>	nTOS, Aksilaris, Supraskapular, Torasikus Longus	operasi rilis iga memiliki tingkat keberhasilan 93-96%. Pentingnya diagnosis banding antara etiologi saraf dan muskuloskeletal pada nyeri bahu kronis.
Olivo dan Tsao (2017)	<i>Review</i>	PNI dalam Olahraga secara umum	Cedera terkait mekanika olahraga; akurasi EDx maksimal pada 10-21 hari pasca-cedera.
Conti et al. (2016)	<i>Review</i>	Saraf Ulnaris (Siku)	Transposisi anterior subkutan adalah standar emas pada rekonstruksi UCL dengan gejala neurologis.
Dowdle dan Chalmers (2020)	<i>Review</i>	Saraf Ulnaris pada pelempar	Insufisiensi UCL memicu elongasi saraf ulnaris; disarankan dekompresi in situ atau transposisi selektif.
Erickson et al. (2019)	<i>Retrospective Study</i>	Saraf Ulnaris (Siku)	Tingkat kembali bertanding (RTS) mencapai 62% pasca-transposisi saraf ulnaris pada atlet bisbol.
Bottros et al. (2017)	<i>Case report</i>	nTOS pada atlet pelempar	Blok saraf panduan USG memfasilitasi diagnosis dinamis nTOS pada atlet performa tinggi.
Povlsen dan Povlsen (2018)	<i>Review</i>	nTOS	Olahraga tingkat tinggi adalah risiko independen TOS; memerlukan protokol diagnostik ketat.
Chan dan Ip (2018)	<i>Review</i>	Saraf Ekstremitas Atas	SRNI mencakup 5,7% kasus PNI trauma, tersering mengenai pleksus brakhialis dan saraf radialis.
Radić et al. (2018)	<i>Review</i>	PNI dalam Olahraga	Neuropati proksimal memiliki prognosis yang lebih buruk dibandingkan neuropati distal.
John et al. (2020)	<i>Review</i>	Saraf area Bahu pada atlet muda	Keputusan kembali bertanding (RTS) pada atlet remaja harus berdasarkan kriteria fungsional, bukan waktu.
Matzkin et al. (2016)	<i>Review</i>	Saraf Supraskapular pada perenang	Neuropati supraskapular memicu "swimmer's shoulder"; terapi memerlukan koreksi rantai kinetik.
Petraglia et al. (2015)	<i>Handbook / Review</i>	Saraf Tepi pada Atlet	Panduan evaluasi lapangan (<i>on-field</i>) dan manajemen bedah primer untuk cedera saraf akut.
Lolis et al. (2018)	<i>Review</i>	PNI dalam Olahraga	Tatalaksana wajib mengatasi predisposisi biomekanik dan

Hussain et al. <i>Review</i> (2020)	Terapi PNI secara umum	pelatihan, bukan sekadar istirahat. Kemajuan obat neuroprotektif dan intervensi bedah dapat mempercepat regenerasi aksonal.
--	------------------------	--

Pembahasan

Mekanisme dan Patofisiologi

Cedera saraf tepi pada atlet overhead terjadi melalui kombinasi mekanisme mekanis dan fisiologis yang memicu demielinasi fokal (neurapraksia) hingga kerusakan aksonal (aksonotmesis) (Olivo dan Tsao, 2017). Mekanisme traksi sering terjadi selama posisi abduksi dan rotasi eksternal maksimal (fase cocking), sedangkan cedera kompresi dinamis banyak ditemukan pada area jebakan (entrapment sites) seperti takik supraskapular atau terowongan kubiti (Farag et al, 2025; Zampeli et al, 2024). Secara patofisiologis, PNI pada atlet umumnya merupakan model kronis yang didorong oleh mikro-trauma dan stres mekanis berulang bermagnitudo rendah (Akuthota dan Herring, 2009; Lolis et al, 2018; Radić et al, 2018). Kegagalan neurofisiologis terjadi secara bertahap; regangan mekanis sebesar 6% dari panjang istirahat saraf dapat mulai mengganggu konduksi, sementara regangan lebih dari 15% menginduksi kerusakan saraf ireversibel akibat gangguan mikrovaskular dan iskemia lokal (Zampeli et al, 2024). Selain itu, sindrom *double crush* juga dapat menurunkan ambang batas toleransi saraf, di mana adanya lesi proksimal (seperti radikulopathy servikal) menghambat aliran aksoplasma dan membuat segmen saraf distal menjadi lebih rentan terhadap kompresi tambahan (Akuthota dan Herring, 2009).

Klasifikasi dan Presentasi Klinis

Berdasarkan lokasi anatomisnya, cedera saraf tepi pada ekstremitas atas atlet dapat dibagi menjadi beberapa regio yang dipengaruhi oleh fase tertentu dalam gerakan melempar (Zampeli et al, 2024). Pada regio proksimal, sindrom thoracic outlet neurogenik (nTOS) dapat bermanifestasi sebagai sensasi lengan mati (*dead arm*), kelelahan saat beraktivitas, dan nyeri difus yang memburuk saat elevasi lengan akibat kompresi dinamis pada segitiga interskalenus atau ruang kostoklavikularis (Troyer et al, 2023; Zampeli et al, 2024). Saraf supraskapular juga rentan terhadap traksi berulang melalui mekanisme *sling effect*, yang dapat menyebabkan atrofi otot supraspinatus dan infraspinatus, sering kali tanpa disertai gangguan sensorik yang jelas (Matzkin et al, 2016). Sementara itu, neuropati ulnaris di siku (*ulnar neuropathy at the elbow/UNE*), yang umumnya terjadi pada daerah terowongan kubiti, menurut Farag et al (2025) merupakan bentuk neuropati yang paling dominan di sekitar sendi siku pada atlet, mencakup lebih dari 90% neuropati pada regio tersebut. Letak saraf ulnaris yang relatif superfisial pada daerah ini membuatnya rentan terhadap mikrotrauma berulang, terutama pada atlet *overhead* (Dowdle dan Chalmers, 2020). Kondisi tersebut dapat diperburuk oleh stres valgus ekstrem selama gerakan melempar, yang diperkirakan mencapai 64 Nm pada fase akselerasi awal, sehingga dapat menimbulkan nyeri siku medial dan parestesia pada jari keempat dan kelima, serta berpotensi menurunkan kecepatan lemparan (Bowers et al, 2022; Conti et al, 2016; Dowdle dan Chalmers, 2020). Ringkasan lokasi jepitan saraf, saraf yang terlibat, serta karakteristik presentasi klinis pada atlet disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Lokasi Jepitan dan Presentasi Klinis Neuropati Ekstremitas Atas

Saraf / Kondisi	Lokasi Jepitan	Presentasi Klinis
Neurogenic TOS (nTOS)	Segitiga interskalenus, ruang kostoklavikularis, ruang retropektoralis minor	Sensasi " <i>dead arm</i> ", kelelahan lengan saat melempar, nyeri leher/bahu yang menjalar ke tangan (seringkali distribusi C8-T1), serta kehilangan kontrol lemparan
Saraf Supraskapular	Takik (notch) supraskapular dan takik spinoglenoid	Nyeri bahu posterior yang samar dan dalam, kelemahan rotasi eksternal (External Rotation/ER), serta atrofi otot supraspinatus/infraspinatus (hanya infraspinatus jika di spinoglenoid)
Saraf Aksilaris (QSS)	Ruang kuadrilateral (dibatasi oleh teres minor, teres major, kaput longum trisep, dan leher humerus)	Nyeri bahu posterior yang tumpul, sensasi " <i>dead arm</i> ", parestesia pada aspek lateral bahu, dan kelemahan abduksi atau fleksi bahu
Saraf Ulnaris (Siku)	Terowongan kubiti, alur epikondilus medial, arkade Struthers	Nyeri siku medial, kesemutan pada jari ke-4 dan ke-5, penurunan kecepatan dan akurasi lemparan, serta tangan terasa kaku/lemah (<i>clumsy hand</i>)
Saraf Medianus (Pronator)	Ligamen Struthers, lacertus fibrosus, di antara dua kepala otot pronator teres, arkade otot FDS	Nyeri pada lengan bawah volar proksimal, mati rasa pada distribusi saraf medianus, serta kelemahan saat melakukan pronasi lengan bawah atau menggenggam
Saraf Radialis (PIN)	Otot korakobrahkialis (saat melewati atau masuk ke otot tersebut)	Kelemahan fleksi siku (bisep), atrofi otot bisep, serta nyeri atau parestesia pada aspek lateral lengan bawah (distribusi saraf lateral antebrachial cutaneous)
Saraf Muskulokutaneus	Atlet dengan keluhan yang hanya muncul saat intensitas tinggi dan membaik dengan modifikasi teknik melempar	Kegagalan untuk kembali ke level performa elit karena keterbatasan fungsional kronis
Saraf Torasikus Longus	Sepanjang dinding dada anterolateral/di bawah skapula	Skapula bersayap (<i>medial scapular winging</i>), penurunan kekuatan aktivitas <i>overhead</i> , dan nyeri bahu yang samar

Diagnosis

Evaluasi klinis yang komprehensif, meliputi anamnesis terkait biomekanik olahraga spesifik dan pemeriksaan fisik terarah, merupakan landasan utama dalam mendiagnosis cedera saraf tepi pada atlet overhead (Olivo dan Tsao, 2017). Identifikasi keluhan seperti sensasi lengan mati (*dead arm*), kelemahan non-dermatomal, kelainan postur skapula (*scapular winging*), dan reproduksi gejala secara dinamis pada posisi overhead sangat krusial untuk membedakan neuropati dari patologi muskuloskeletal di sekitarnya (Bottros et al, 2017; Zampeli et al, 2024). Sebagai pelengkap, evaluasi *sideline* yang mencakup pemetaan sensorik serta identifikasi red flags seperti atrofi otot atau kelemahan yang menetap berfungsi sebagai langkah triase awal yang krusial di lapangan (Petraglia et al, 2015). Secara definitif, elektromiografi (EMG) dan studi konduksi saraf (NCS) menjadi standar baku emas untuk mengonfirmasi kerusakan neurogenik dan membedakan antara demielinasi fokal dengan derajat degenerasi aksonal (Farak et al,

2025). Pemeriksaan EMG disarankan dilakukan dua hingga empat minggu pasca-cedera agar proses degenerasi Wallerian dapat divisualisasi secara akurat (Akuthota dan Herring, 2009; Petraglia et al, 2015; Radić et al, 2018). Selain itu, ultrasonografi neuromuskuler resolusi tinggi dan *Magnetic Resonance Neurography* (MRN) juga esensial untuk mendeteksi jebakan anatomis dinamis, kista paralabral, penebalan saraf, dan edema saraf dini (Bottros et al, 2017).

Tatalaksana

Tatalaksana konservatif menjadi pilihan utama bagi mayoritas kasus cedera saraf ringan (neurapraksia), yang berpusat pada istirahat relatif, modifikasi aktivitas, dan program rehabilitasi bertahap (Petraglia et al, 2015). Fase awal rehabilitasi ditujukan untuk mengontrol inflamasi dan mencegah kekakuan sendi, diikuti dengan fase pemulihan yang berfokus pada pelatihan rantai kinetik, penguatan stabilisator skapula (*serratus anterior* dan *trapezius*), serta aplikasi teknik *nerve gliding* untuk mengurangi adhesi perineural (Lolis et al, 2018; Robb dan Sajko, 2009). Pemberian obat antiinflamasi nonsteroid (NSAID) lebih berperan meredakan ketidaknyamanan jaringan lunak dibandingkan mengurangi nyeri neuropatik murni (Bowers et al, 2022). Atlet diizinkan kembali bertanding pada fase *Return-to-Sport* hanya setelah mampu menunjukkan jangkauan gerak bebas nyeri, kekuatan simetris, dan toleransi terhadap latihan kecepatan tinggi tanpa memicu gejala (Petraglia et al, 2015).

Intervensi bedah, seperti dekompresi *in situ*, *neurolysis*, atau transposisi saraf *ulnaris anterior* subkutan, dicadangkan bagi pasien dengan lesi kompresi struktural nyata atau mereka yang gagal merespons terapi konservatif selama tiga hingga enam bulan dan menunjukkan defisit motorik atau degenerasi aksonal progresif (Bowers et al, 2022; Niemann et al, 2013). Prognosis fungsional pascaoperasi sangat bergantung pada tindakan dini, di mana intervensi sebelum enam bulan terbukti lebih baik dalam mencegah atrofi otot yang ireversibel (Olivo dan Tsao, 2017). Sebagai langkah preventif, pencegahan cedera saraf harus mengutamakan optimalisasi rantai kinetik dan menjaga stabilitas skapula untuk menghindari stres tarik repetitif (Silver et al, 2021). Modifikasi mekanika lemparan yang benar dengan menghindari abduksi berlebih, diiringi dengan edukasi terkait tanda peringatan dini seperti kesemutan atau sensasi *dead arm*, sangat esensial untuk mencegah transisi neurapraksia menjadi degenerasi aksonal yang permanen (Bowers et al, 2022). Indikasi pemilihan tatalaksana konservatif maupun operatif pada cedera saraf tepi ekstremitas atas atlet dirangkum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Indikasi Manajemen Konservatif atau Operatif

	Manajemen Konservatif	Manajemen Bedah
Derajat keparahan (Sunderland)	Sunderland Grade I (Neuropraxia): Blok konduksi transien tanpa kerusakan aksonal	Sunderland Grade IV & V (Neurotmesis): Gangguan kontinuitas saraf atau jaringan ikat yang memerlukan perbaikan primer/graft
Durasi Gejala	Gejala akut atau subakut yang menunjukkan tanda perbaikan klinis awal	Gejala refrakter atau menetap setelah 3 hingga 6 bulan tatalaksana non-operatif yang adekuat
Temuan Klinis	Defisit motorik ringan, tidak ada atrofi otot yang nyata, dan nyeri yang terkontrol	Defisit neurologis progresif, kelemahan motorik yang memburuk, atau atrofi otot yang nyata (misalnya pada <i>infraspinatus</i>)

Penyebab Struktural	Cedera karena traksi repetitif atau kompresi dinamis tanpa lesi massa	Adanya lesi kompresif struktural seperti kista paralabral, pita fibrosa, iga servikal (pada nTOS), atau osteofit
Studi Elektrodagnostik (EDx)	Menunjukkan blok konduksi demielinasi fokal tanpa bukti degenerasi aksonal yang luas	Bukti kerusakan aksonal berat atau tidak adanya tanda reinervasi pada pemeriksaan serial setelah 3 bulan
Pertimbangan Atletik	Atlet dengan keluhan yang hanya muncul saat intensitas tinggi dan membaik dengan modifikasi teknik melempar	Kegagalan untuk kembali ke level performa elit karena keterbatasan fungsional kronis

SIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan literatur yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Cedera saraf tepi ekstremitas atas pada atlet overhead dipicu oleh tekanan mekanis dari gerakan rotasi dan elevasi ekstrem yang repetitif, yang menyebabkan spektrum cedera mulai dari demielinasi fokal (neurapraksia) hingga kerusakan aksonal kronis.
2. Penegakan diagnosis memerlukan kombinasi evaluasi klinis yang komprehensif, studi elektrodagnostik, dan pencitraan lanjutan, di mana penatalaksanaan utamanya berfokus pada rehabilitasi konservatif, sementara intervensi bedah dicadangkan untuk kasus refrakter atau defisit neurologis progresif.
3. Tindakan preventif melalui optimalisasi rantai kinetik, stabilitas skapula, dan manajemen beban kerja sangat esensial untuk mencegah pergeseran cedera menuju degenerasi aksonal permanen.
4. Sebagai prospek pengembangan dan kajian berikutnya, penelitian di masa depan perlu difokuskan pada: (a) pengembangan alat diagnosis fungsional dini untuk menutupi diagnostic delay pada evaluasi elektromiografi, (b) penyusunan model stratifikasi tingkat keparahan yang mengintegrasikan temuan klinis dan pencitraan, serta (c) pelaksanaan studi uji acak terkendali (RCT) untuk mengevaluasi efektivitas protokol rehabilitasi seperti neuromobilisasi spesifik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Mataram atas dukungan akademis dan akses sumber daya literatur yang sangat membantu kelancaran penulisan naskah ini hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Akuthota, V., & Herring, S. A. (2009). Nerve and vascular injuries in sports medicine. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-76600-3>
- Bottros, M. M., Aubuchon, J. D., McLaughlin, L. N., Altchek, D. W., Illig, K. A., & Thompson, R. W. (2017). Exercise-enhanced, ultrasound-guided anterior scalene muscle/pectoralis minor muscle blocks can facilitate the diagnosis of neurogenic thoracic outlet syndrome in the high-performance overhead athlete. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(1): 189–194. <https://doi.org/10.1177/0363546516665801>

- Bowers, R. L., Cherian, C., & Zaremski, J. L. (2022). A review of upper extremity peripheral nerve injuries in throwing athletes. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*, 14(5), 652–668. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12762>
- Chan, J. S. Y., & Ip, J. W. Y. (2018). Upper limb nerve injuries in sport. In *Hand and wrist injuries in combat sports: A guide to diagnosis and treatment* (pp. 297–303). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52902-8_18
- Conti, M. S., Camp, C. L., Elattrache, N. S., Altchek, D. W., & Dines, J. S. (2016). Treatment of the ulnar nerve for overhead throwing athletes undergoing ulnar collateral ligament reconstruction. *World Journal of Orthopedics*, 7(10): 650–656. <https://doi.org/10.5312/wjo.v7.i10.650>
- Dowdle, S. B., & Chalmers, P. N. (2020). Management of the ulnar nerve in throwing athletes. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13(4): 449–456. <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09639-7>
- Dutton, R. A., Norbury, J., & Colorado, B. (2024). Sports-related peripheral nerve injuries of the upper limb. *Muscle & Nerve*, 69(5): 527–542. <https://doi.org/10.1002/mus.28057>
- Erickson, B. J., Chalmers, P. N., D'Angelo, J., Ma, K., & Romeo, A. A. (2019). Performance and return to sport after ulnar nerve decompression/transposition among professional baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(5): 1124–1129. <https://doi.org/10.1177/0363546519829159>
- Farag, J. I., McDougall, A. N., & Catapano, M. (2025). Common sports-related nerve injuries seen by the electrodiagnostic medical consultant. *Muscle & Nerve*, 71(5): 715–731. <https://doi.org/10.1002/mus.28298>
- Hussain, G., Wang, J., Rasul, A., Anwar, H., Qasim, M., Zafar, S., Aziz, N., Razzaq, A., Hussain, R., de Aguilar, J. L. G., & Sun, T. (2020). Current status of therapeutic approaches against peripheral nerve injuries: A detailed story from injury to recovery. *International Journal of Biological Sciences*, 16(1): 116–134. <https://doi.org/10.7150/ijbs.35653>
- John, T. S., Fishman, F., Sharkey, M. S., & Carter, C. W. (2020). Current concepts review: Peripheral neuropathies of the shoulder in the young athlete. *The Physician and Sportsmedicine*, 48(2): 131–141. <https://doi.org/10.1080/00913847.2019.1676136>
- Lolis, A. M., Falsone, S., & Beric, A. (2018). Common peripheral nerve injuries in sport: Diagnosis and management. In *Handbook of clinical neurology* (Vol. 158, pp. 401–419). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63954-7.00038-0>
- Lorei, M. P., & Hershman, E. B. (1993). Peripheral nerve injuries in athletes. *Sports Medicine*, 16(2): 130–147. <https://doi.org/10.2165/00007256-199316020-00005>
- Matzkin, E., Suslavich, K., & Wes, D. (2016). Swimmer's shoulder: Painful shoulder in the competitive swimmer. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 24(8): 527–536. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-15-00313>
- Menorca, R. M. G., Fussell, T. S., & Elfar, J. C. (2013). Nerve physiology. *Hand Clinics*, 29(3): 317–330. <https://doi.org/10.1016/j.hcl.2013.04.002>
- Niemann, A., Juzeszyn, L., Kahanov, L., & Eberman, L. (2013). Suprascapular neuropathy in collegiate baseball player. *Asian journal of sports medicine*, 4(1), 76–81. <https://doi.org/10.5812/asjsm.34537>
- Olivo, R., & Tsao, B. (2017). Peripheral nerve injuries in sport. *Neurologic Clinics*, 35(3): 559–572. <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2017.03.010>
- Petraglia, A. L., Bailes, J. E., & Day, A. L. (2015). Handbook of neurological sports medicine: Concussion and other nervous system injuries in the athlete. *Human Kinetics*.

- Povlsen, S., & Povlsen, B. (2018). Diagnosing thoracic outlet syndrome: Current approaches and future directions. *Diagnostics*, 8(1), Article 21. <https://doi.org/10.3390/diagnostics8010021>
- Radić, B., Radić, P., & Duraković, D. (2018). Peripheral nerve injury in sports. *Acta Clinica Croatica*, 57(3): 561–569. <https://doi.org/10.20471/acc.2018.57.03.20>
- Robb, A., & Sajko, S. (2009). Conservative management of posterior interosseous neuropathy in an elite baseball pitcher's return to play: A case report and review of the literature. *Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 53(4): 300–310.
- Silver, S., Ledford, C. C., Vogel, K. J., & Arnold, J. J. (2021). Peripheral nerve entrapment and injury in the upper extremity. *American Family Physician*, 103(5): 275–285. <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2021/0301/p275.html>
- Sunderland, S. (1951). A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain*, 74(4): 491–516. <https://doi.org/10.1093/brain/74.4.491>
- Troyer, W., Gardner, J. E., & Bowers, R. L. (2023). Neurogenic thoracic outlet syndrome in the overhead and throwing athlete: A narrative review. *PM&R*, 15(5): 629–639. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12816>
- Zampeli, F., Marin Fermin, T., & Hagert, E. (2024). Throwing athletes and the role of nerves in shoulder pain. *Aspetar Sports Medicine Journal*. 13: 28-36.