



SP.4 - BRACHIAL PLEXUS MRI: A PRACTICAL ANALYSIS

Hermina Sukmaningtyas

Department of Radiology, Faculty of Medicine, Diponegoro University- dr Kariadi Hospital Semarang

ABSTRACT

Brachial plexopathy is a form of peripheral neuropathy that may be involved in different pathological processes. The causes of brachial plexus dysfunction include traumatic injuries, mass involving or compressing the brachial plexus, brachial plexitis or thoracic outlet syndrome. Wiltenberg and Adkins reported that radiation, primary and metastatic lung cancer, and breast metastasis account for 75% of cases of brachial plexopathy.

Diagnosing brachial plexus pathology can be clinically challenging, often necessitating further evaluation with MRI. Owing to its vague symptomatology, uncommon nature, and complex anatomy, the brachial plexus presents a diagnostic dilemma to clinicians and radiologists and has been the subject of many prior reviews offering various perspectives on its imaging and pathology. MR imaging is a most valuable technique for lesion identification and differentiation between pre- and postganglionic lesions, which is crucial for surgical management.

Key word: *MRI, brachial plexopathy, brachial injury*

A. ANATOMI PLEXUS BRACHIALIS

Plexus brachialis berasal dari rami ventralis medulla spinalis C5-T1. Plexus brachialis memberikan inervasi sensorik dan motorik pada sendi bahu, dada, lengan dan tangan. Secara anatomi plexus brachialis dibagi menjadi 5 segmen: root, trunkus, divisi, cord dan cabang terminal. Plexus brachialis mempunyai 3 trunkus yaitu upper (C5-6), middle (7) dan lower (C8-T1).

Secara diagramatis anatomi plexus brachialis dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.

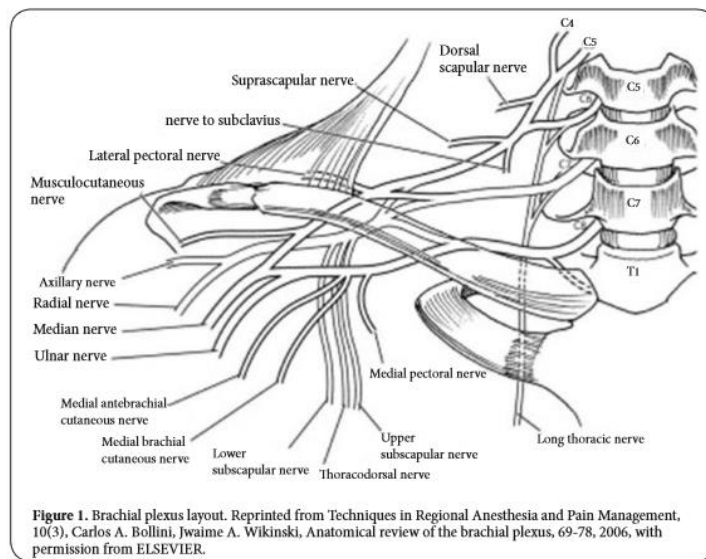
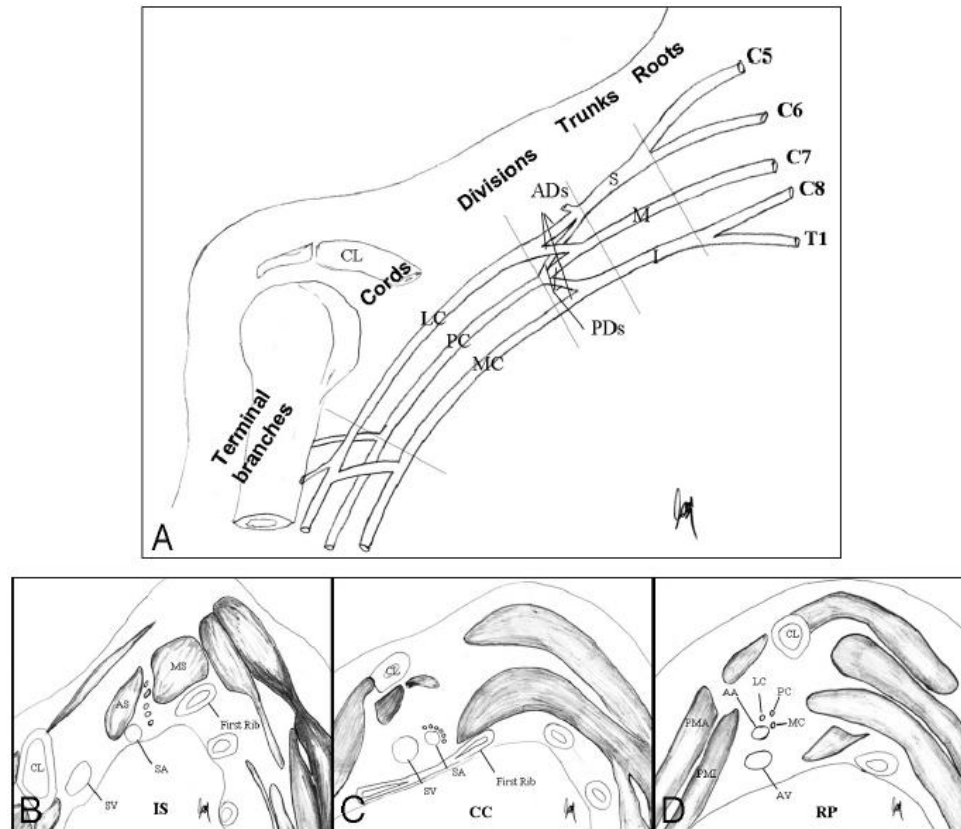


Figure 1. Brachial plexus layout. Reprinted from *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management*, 10(3), Carlos A. Bollini, Jwaime A. Wikinski, Anatomical review of the brachial plexus, 69-78, 2006, with permission from ELSEVIER.



Gambar 2. A, Coronal drawing demonstrates the basic anatomy of the BPL. B-D, Oblique sagittal drawings (B-D from medial to lateral) demonstrate 3 parts of the BPL. The supraclavicular plexus is composed of roots and trunks. Roots are seen at the interscalene triangle between the anterior and middle scalene muscles. The subclavian artery forms the floor of the interscalene triangle (B). Roots then form the trunks at the lateral border of the middle scalene muscles. The retroclavicular plexus is composed of divisions situated in the costoclavicular space between the first rib and clavicle, and the BPL is seen in the superior and posterior aspect of the subclavian artery (C). The infraclavicular plexus is composed of cords and terminal branches located in the retropectoralis minor space. The BPL is situated in the posterior and superior aspect of axillary artery (D). The subclavian artery and vein take the name of axillary artery and vein at the lateral border of first rib. (3)

B. PENCITRAAN PLEXUS BRACHIALIS

Tujuan pencitraan Plexus Brachialis adalah untuk memvisualisasi perjalanan jaringan saraf dari segmen preganglionik (segmen saraf root dan intraforamen) dan segmen postganglionik dari ganglion dorsal root (DRG) ke cabang terminal. MRI merupakan modalitas utama dalam mengidentifikasi dan mendiferensiasi lesi pre-post ganglionik, yang sangat diperlukan untuk menentukan rencana tindakan bedah. MRI multiplanar dan multisekuens dibutuhkan untuk memvisualisasikan plexus brachialis semaksimal mungkin. Coverage mencakup C4 sampai T2 untuk pre-fixed (C4-8) dan post fixed (C6-T2),



karena adanya kemungkinan variasi anatomi plexus brachialis, dan diteruskan sejauh ke axilla mencakup sampai terminal percabangan.

Potongan axial paling bagus untuk menilai rami ventralis atau root. Root dapat jelas pula tervisualisasi pada potongan sagittal. Potongan koronal dapat memberikan gambaran elemen plexus dengan keuntungan dapat menilai perjalanan plexus dalam bidang parallel dengan arteri subklavia / aksilaris.

Ada 5 kunci penting lokasi sagital yang berkorelasi dengan 5 level yang sangat membantu menentukan: root, trunk, divisi, cord dan branches. Lima kunci lokasi sagital sbb:(4)

1. Foramen intervertebralis: Root (C5-T1). Plexus dibentuk oleh ventral rami saja.
2. M skalenus, anterior dan medius: Trunk (upper trunk: C5-C6, middle trunk C7; lower trunk (C8 / T1). Pleksus berjalan di antara musculus skalenus anterior dan medius. Dan trukus yang terpendek membentuk pada aspek lateral scalene triangle.
3. Segitiga supraklavikular: Divisi (anterior dan posterior). Segitiga supraclavicular berada di atas sepertiga tengah klavikula. Trunkus dibagi ke dalam divisi anterior dan posterior tepat sebelum plexus brachialis melewati posterior klavikula dan beralih dari aspek lateral otot skalena anterior ke batas lateral kosta pertama.
4. Axilla: Cord (lateral, medial, dan posterior). Arteri subklavia menjadi arteri aksilaris pada sisi lateral kosta pertama. Cord berjalan dari mid-clavicle ke prosesus coracoid inferomedial, dan dinamai menurut lokasi terhadap arteri aksilaris. Penyebutan dari anterior ke posterior pada proyeksi lateral adalah lateral lateral, posterior, dan medial cord.
5. Coracoid / m pectoral minor: Cabang. Cabang terminal meliputi n. radialis, aksilaris, muskulokutaneus,, medianus, dan ulnaris.

B1. Teknik pencitraan

MRI yang digunakan 1.5 atau 3 Tesla. Sekuens yang dipakai sbb: (Tabel 1)



Table 1
Suggested MR imaging protocol for brachial plexus imaging at 3T (neurovascular array coil)

Sequence	Field of View, cm	TR	TE/TI	Slice Thickness, mm/Spacing	Matrix
Cor T1 FSE	22	800	14	3/0.5	512/192
Cor STIR	22	6000	45/170 ^a	3/0.5	320/192
Sag T1 FSE	18	800	10	4/1	384/192
Sag STIR	18	6000	45/170	4/1	320/192
Sag GRE	18	25	10 ^b	4/1	384/192
Ax T1 FSE	22	800	14	3/1	384/192
Ax STIR	22	6000	45/170	3/1	288/192
If needed:					
Cor T1 IDEAL post Gd	22	900	min full	3/0.5	320/192
Sag T1 IDEAL post Gd	18	900	min full	4/1	320/192

Abbreviations: Ax, axial; Cor, coronal; FSE, fast spin echo; GD, gadolinium; GRE, gradient echo; IDEAL, Iterative decomposition of water and fat with echo asymmetry and least-squares estimation; min full, minimum full; Sag, sagittal; STIR, short tau inversion recovery; TE, echo time; TI, inversion time; TR, repetition time.

^a Optimal inversion times will vary by scanner field strength and manufacturer. For 1.5 T, we use TI of 140–150 ms. For 3 T, TI is typically set at 170 ms as indicated.

^b 30° flip angle.

Teknik MR myelography dengan mudah menunjukkan avulsi root, pseudomeningoceles, separasi postganglionik, neuroma post trauma, hematoma, fibrosis, massa intrinsik dan ekstrinsik plexus brachialis, dan radang plexitis inflamasi (idiopatik, infeksius, radiasi, immune-mediated, dan toksik). MRI konvensional memberi informasi anatomi dan fisiologis pada kasus injuri. MR myelography harus dilakukan selain pencitraan MR konvensional untuk Mengevaluasi root jika persiapan pra operasi tidak ada pemeriksaan mielografi CT. MR mielografi yang dilakukan dengan FIESTA sangat baik memvisualisasikan root. Diffusion Neurography adalah teknik untuk memvisualisasikan root postganglionik. Teknik ini dengan jelas menggambarkan plexus brachialis postganglionik.

C. PATOLOGI PLEXUS BRACHIALIS

C1. Traumatic Brachial Plexopathy

Trauma plexus brachialis pada umumnya didapatkan pada neonatus karena trauma kelahiran (Erb-Duchene paralysis) dan pada dewasa karena kecelakaan lalu lintas. Brachial Plexus Injury dikelompokkan menjadi tiga kategori: lesi preganglionik, lesi postganglionik, dan kombinasi keduanya. Lesi preganglionik menandakan avulsi root, sedangkan lesi postganglionik melibatkan struktur saraf distal ke ganglion sensorik. Lesi postganglionik dikelompokkan lebih jauh ke dalam ruptur saraf dan lesi dalam kontinuitas. (6)

Cedera preganglionik biasanya berkaitan dengan lesi pada medulla spinalis. Pada T2 akan tampak sebagai lesi hiperintens menunjukkan edema (fase akut), myelomalacia, syringomyelia (fase subakut



sampai kronik). Patologi preganglionic lainnya dapat terjadi : root avulsion, pseudomeningocele, enhancement root pada exit zone atau intradural, perubahan intensitas sinyal medulla spinalis serta perubahan intensitas muskulus paraspinal.

Peningkatan intensitas otot paraspinal merupakan tanda tidak langsung yang akurat dari root avulsion. Otot yang mengalami denervasi akan memberikan enhancement pada 24 jam pertama trauma. Volume loss muskulus paraspinal terutama m. multifidus merupakan petanda yang penting pada root avulsion.

Cedera postganglionik dapat berupa:

- Stretch injury (penebalan T1 hipo-isointens dan T2 hiperintens)
- Avulsion injury dengan disrupsi saraf
- Fase kronik dapat dijumpai fibrosis (penebalan saraf)
- Post traumatic neuroma (enhanceing noduler thickening)
- Hematoma
- Edema dan fibrosis pleksus brakialis dapat bermanifestasi sebagai penebalan pleksus. (3,4,6)

Cedera saraf perifer digambarkan oleh sistem klasifikasi Seddon dan Sunderland. Klasifikasi yang diajukan oleh Seddon menggambarkan tiga kelompok cedera saraf: neurapraxia, axonotmesis, dan neurotmesis.

C2. Massa Tumor Yang Melibatkan atau Menekan Plexus Brachialis

Massa ekstrinsik yang mengenai atau menekan BPL lebih sering terjadi daripada tumor primer. Terbanyak disebabkan oleh penyebaran kanker payudara, paru, dan leher, limfoma, leukemia, melanoma, karsinoma gastrointestinal dan genitourinaria dan neurolymphomatosis. Metastasis kanker payudara adalah yang paling umum ditemui, terutama terjadi karena penyebaran limfatik. Tumor Pancoast paling mudah menginvasi plexus brachialis. Pada kasus keterlibatan plexus brachialis baik primer atau metastasis, penting untuk menentukan ada tidaknya peningkatan / penyebaran leptomeningeal, invasi ke arteri vertebral ipsilateral, dan tingkat keterlibatan root.

Tumor Plexus Brachialis Intrinsik, berupa tumor neurogenik yang terdiri dari tumor selubung saraf jinak neurofibroma [50% -65%], dan schwannoma [18% -20%]) dan malignant peripheral nerve sheath tumor (14%). Sedangkan tumor non neurogenik yang biasanya dijumpai dalam desmoid, lipoma, liposarcoma, dan limfoma.

C 3. Inflamasi Plexus Brachialis

Secara klinis sulit untuk membedakan plexitis akut dari radikulopati atau atau tear rotator cuff, karena memberikan keluhan yang serupa yaitu nyeri dan parestesi. Proses inflamasi yang paling sering



dijumpai adalah akibat iradiasi, yang biasanya muncul pada 5-30 bulan setelah radiasi, umumnya dengan dosis 6000 cGy. Radiasi plexopathy memberikan gambaran MRI sebagai penebalan difus, uniform, simetris, batas kabur, distorsi fiber (khususnya branches, cords, dan divisions dengan sparing trunkus dan roots), T2 hiperintens, dan mild enhancement tanpa disertai adanya massa pada daerah yang diradiasi. Hal terpenting pada kasus-kasus pasca radiasi adalah membedakan tumor rekuren dengan inflamasi plexus brachialis. Pada tumor rekuren akan memberikan gambaran massa dengan enhancement heterogen baik focal atau difus.

Penyebab lain dari inflamasi plexus brachialis adalah idiopatik yaitu: viral (cytomegalovirus, Cocksackie, herpes zoster, virus Epstein-Barr, Parvovirus B19), immune-mediated or toxic (berkaitan dengan serum, vaksin, antibiotic atau obat lainnya, HIV, operasi, anestesi dan persalinan) dan Lyme disease

C4. THORACIC OUTLET SYNDROME (Entrapment Syndrome)

Thoracic Outlet Syndrome (TOS) terjadi akibat kompresi dinamik pada plexus brachialis, arteri subklavia atau vena subklavia pada region cervicothoracobrachial.

Penyebab TOS :

- a. cervical rib,
- b. elongated C7 transverse process,
- c. exostosis of the first rib or clavicle,
- d. excessive callus of the clavicle or first rib,
- e. congenital fibromuscular anomalies,
- f. muscle hypertrophy (scalenus, subclavius, or pectoralis minor muscles),
- g. posture,
- h. repetitive movements, and
- i. posttraumatic fibrosis of the scalene muscles.

Thoracic outlet terdiri dari 3 kompartemen yaitu: interscalene triangle, costoclavicular space dan retropectoralis minor space. Kompresi plexus brachialis umumnya terjadi pada costoclavicular space dan pada interscalene triangle, jarang terjadi pada retropectoralis minor space. Akuisisi pada bidang sagittal merupakan teknik yang sangat penting pada kasus entrapment. Akuisisi gambar dapat diambil dengan posisi lengan kebawah, netral dan kadang diperlukan posisi hiperabduksi untuk memperoleh gambar yang optimal.



D. KESIMPULAN

MRI adalah teknik yang sangat penting untuk mengidentifikasi dan mendiferensiasi antara lesi pre dan postganglionik pada brachial plexopathy.

REFERENSI

1. Vijayasarathi, Arvind, Choksi, Falgun H. MRI of the brachial plexus: A practical review. *Applied Radiology* 2016;9-18
2. Berquist, Thomas H., et al. *MRI of the Musculoskeletal System*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013
3. Aralasmak, A., Karaali, K, *et.al*. MR Imaging Findings in Brachial Plexopathy with Thoracic Outlet Syndrome. *Am J Neuroradiol* 2010; 31:410-17
4. Lutz, Amelie M., Gold, Garry, et al. MR Imaging of the Brachial Plexus. *Neuroimaging Clinics of North America*. 2014; 24:91-108
5. Sakellariou, Vasileios I, Badilas, Nikolaos K. *et al*. Review Article. Brachial Plexus Injured in Adults: Evaluation and Diagnostic Approach. *ISRN Orthopedics*. 2014; 1-10
6. Yoshikawa, Takeharu. Hayashi, Naoto, *et al*. Brachial Plexus Injury: Clinical Manifestations, Conventional Imaging Findings, and the Latest Imaging Technique. *RadioGraphics* 2006; 26:S133-143
7. Castillo, Mauricio. Imaging the Anatomy of the Brachial Plexus: *Review and Self-Assessment Module*. *AJR*. 2005;185:S196-S204
8. Chhabra, Avneesh. Saldatos, Theodoros. *Musculoskeletal MRI Structured Evaluation*. Philadelphia: Wolters Kluwer Health; 2015
9. Chhabra, A., Thawait, G.K, *et al*. High Resolution 3T MR Neurography of the Brachial Plexus and Its Branches, with Emphasis on 3D Imaging. *Am J Neuroradiol*. 2013; 34:86-97