

EVALUASI ELEKTRODIAGNOSTIK PADA CEDERA SARAF TEPI

Thomas Eko P*, Purna Putra*, Komang Arimbawa *

ABSTRACT

Electrodiagnostic studies are helpful in defining the extent and location of suspected peripheral nerve injury. Electrodiagnostic examination is a powerful tool for diagnosing and developing treatment plans for patients with diseases of peripheral nervous system and muscles. This testing provides the most valuable diagnostic information when combined with clinical diagnosis. To optimize the yield of this test, one must have a basic understanding of how it works, when and how to order it, and its inherent limitations.

Keywords: *Clinical diagnostic, electrodiagnostic, peripheral nerve injury.*

ABSTRAK

Evaluasi elektrodagnostik (Edx) adalah alat bantu diagnostik yang sangat berguna pada kasus yang dicurigai mengalami cedera saraf tepi. Untuk mendapatkan hasil seperti yang diharapkan, diperlukan pengetahuan neurologik yang memadai sehingga kombinasi antara diagnosis klinik dan pemeriksaan Edx dapat memberikan diagnosis yang lebih akurat. Informasi yang lengkap tentang gambaran dan diagnosis klinik serta pemeriksaan yang diinginkan oleh dokter yang merujuk pasien akan sangat membantu pemeriksa untuk menegakkan diagnosis.

Waktu yang tepat untuk melakukan pemeriksaan Edx juga sangat penting, Edx yang dilakukan terlalu dini akan menghasilkan kesimpulan yang kurang tepat, sedangkan penundaan yang terlalu lama dapat menghilangkan tanda-tanda kelainan pada Edx. Pemeriksaan Edx sebaiknya dilakukan secara serial untuk *follow up* pasien cedera saraf.

Kata kunci: Cedera saraf tepi, diagnosis klinik, elektrodagnostik.

*Staf Bagian / SMF Ilmu Penyakit Saraf FK Universitas Udayana /RSU Sanglah Denpasar

PENDAHULUAN

Insiden cedera saraf tepi secara keseluruhan berkisar antara 2-3 % dari seluruh trauma.^{1,2} Penyebab cedera saraf tepi antara lain adalah trauma baik trauma tumpul atau luka tembus dan kompresi akut. Cedera saraf pada ekstremitas atas lebih sering daripada ekstremitas bawah.¹ Pada ekstremitas atas yang paling sering mengalami lesi adalah nervus (n). radialis disusul oleh n.ulnaris dan n.medianus sedangkan pada ekstremitas bawah yang paling sering adalah lesi n.iskhiadikus disusul dengan n.peroneus, n.tibialis dan n.femoralis.¹

Pemeriksaan Elektrodagnostik (Edx) adalah alat bantu diagnostik yang sangat berguna pada kasus yang dicurigai mengalami cedera saraf tepi.¹⁻³ Untuk mendapatkan hasil seperti yang diharapkan, diperlukan pengetahuan neurologik yang memadai sehingga kombinasi antara diagnosis klinik dan pemeriksaan Edx dapat memberikan diagnosis yang lebih akurat. Informasi yang lengkap tentang gambaran dan diagnosis klinik serta pemeriksaan yang diinginkan oleh dokter yang merujuk pasien akan sangat membantu pemeriksa untuk menegakkan diagnosis dan meramalkan prognosis.¹⁻³ Pada kasus yang mempunyai gambaran klinik yang kompleks disarankan untuk mengkonsultasikan kepada ahli saraf terlebih dahulu sebelum dilakukan pemeriksaan Edx.³ Waktu yang tepat untuk melakukan pemeriksaan Edx juga sangat penting, Edx yang dilakukan terlalu

dini akan menghasilkan kesimpulan yang kurang tepat, sedangkan penundaan yang terlalu lama dapat menghilangkan tanda-tanda kelainan pada Edx.^{3,4} Pemeriksaan Edx sebaiknya dilakukan secara serial untuk *follow up* pasien cedera saraf. Dengan memahami lebih mendalam tentang diagnosis klinik pasien, waktu yang tepat untuk pemeriksaan Edx dan jenis pemeriksaan yang diinginkan, diharapkan pemeriksaan Edx dapat membantu untuk menegakkan diagnosis dengan lebih akurat sehingga pasien mendapatkan tata laksana yang lebih rasional dan tepat.

Cedera saraf tepi

Secara anatomi saraf tepi terdiri dari kumpulan akson dan serabut mielin yang dibungkus oleh lapisan penyangga yang berupa endoneurium, perineurium dan epineurium.¹⁻⁵ Trauma dapat menyebabkan perubahan anatomis dan fisiologis dan merusak struktur-struktur saraf tepi diatas.

Lesi pada mielin dapat menimbulkan gejala demielinisasi baik secara fokal maupun difus. Demielinisasi terutama mengenai serat saraf berdiameter besar yang diikuti oleh serat saraf yang berdiameter kecil. Demielinisasi fokal sering ditandai dengan adanya blok konduksi.⁴⁻⁷

Lesi akson akan segera diikuti oleh degenerasi *Wallerian*, yang akan menyebabkan terjadinya denervasi pada otot yang disarafi. Degenerasi *Wallerian* diperlukan untuk membersihkan *debris* saraf yang mengalami lesi sebelum terjadinya proses regenerasi. Degenerasi *Wallerian* biasanya terjadi setelah hari ke 9 pada saraf motorik dan hari ke 11 pada saraf sensorik.²⁻⁵

Secara klinik baik demielinisasi maupun degenerasi aksonal akan menyebabkan gangguan fungsi sensorik dan atau motorik pada saraf yang mengalami cedera. Pemulihan fungsi saraf dapat terjadi dengan jalan remielinisasi, regenerasi akson dan re-inervasi saraf sensorik, *motor end plate* atau keduanya.⁴⁻⁶

Lesi pada lapisan penyangga (endoneurium, perineurium dan epineurium) berperan penting untuk meramalkan prognosis cedera saraf. Bila lapisan endoneurium masih baik maka degenerasi *Wallerian* akan berjalan lebih cepat dan terarah sehingga proses regenerasi segera tercapai.³⁻⁵

Gambaran klinik akibat cedera saraf tergantung pada saraf yang mengalami cedera. Cedera saraf motorik akan menyebabkan gangguan fungsi motorik, sedangkan cedera pada saraf sensorik akan menyebabkan gangguan sensorik pada distribusi saraf yang cedera dan atau pembentukan neuroma sehingga dapat menimbulkan nyeri neuropatik.

Klasifikasi cedera saraf tepi.⁴⁻¹⁰

Klasifikasi cedera saraf yang banyak dipakai di klinik adalah menurut Seddon dan Sunderland (Tabel 1) :

A. Klasifikasi menurut Seddon.⁹

Seldon membagi cedera saraf tepi menjadi 3 yaitu :

1. Neuropraksia : merupakan lesi saraf yang paling ringan

Terjadi demielinisasi fokal dengan akson yang masih utuh sehingga tidak terjadi degenerasi *Wallerian*. Penyebab neuropraksia antara lain : kompresi mekanik, iskemik sekunder dll. Neuropraksia biasanya reversibel dan dapat kembali normal dalam beberapa hari atau minggu. Gambaran ENMG (ElectroNeuro Myo Graphy) : terjadi blok konduksi apabila pemeriksaan dilakukan pada segmen saraf yang mengalami

cedera (Tabel 1)

2. Aksonotmesis

Aksonotmesis terjadi akibat trauma yang lebih berat atau kompresi saraf, lesi yang mengenai selubung mielin dan akson. *Endoneural tube* masih utuh sehingga dapat terjadi pemulihan yang komplisit dengan re-inervasi akson pada saraf sensorik dan motorik yang sesuai dengan target aslinya. Terjadi degenerasi *Wallerian* dalam beberapa hari.

Regenerasi saraf akibat aksonotmesis memerlukan waktu beberapa bulan, tergantung panjangnya saraf dimana kecepatan regenerasi serabut saraf sekitar 1 mm perhari atau 1 inci per bulan. Gambaran ENMG menunjukkan denervasi pada otot-otot yang terkena dan bila terjadi re-inervasi akan didapatkan gambaran *motor unit potentials* (MUPs).

3. Neurotmesis

Neurotmesis merupakan cedera saraf yang paling berat. Mengenai mielin, akson dan lapisan penyangga (endo-peri-epineurium), terjadi kerusakan *endoneural tube* sehingga pada regenerasi akson re-inervasi sensorik dan motorik tidak sesuai dengan target aslinya. Termasuk dalam neurotmesis adalah lesi saraf dimana bagian luar saraf masih utuh tetapi terjadi fibrosis intraneural yang menghambat regenerasi akson. Diperlukan tindakan pembedahan untuk membersihkan jaringan yang menghalangi regenerasi akson dalam bentuk jaringan parut agar kesinambungan saraf terjaga.

Gambaran ENMG : fibrilasi pada otot-otot yang terkena, bila terjadi re-inervasi akan didapatkan MUPs.

B. Klasifikasi menurut Sunderland.¹⁰

Sunderland membagi cedera saraf menjadi 5 derajat. Derajat I dan II adalah sesuai dengan neuropraksia dan aksonotmesis menurut pembagian Seldon, sedangkan neurotmesis dibagi menjadi derajat III, IV dan V berdasarkan luasnya kerusakan jaringan penyangga akson.

Derajat III : kesinambungan akson terganggu dengan hilangnya endoneurium tetapi perineurium masih baik sehingga bila terjadi regenerasi akson bisa terjadi regenerasi abnormal karena akson memasuki selubung saraf yang salah. Gambaran ENMG : fibrilasi pada otot-otot yang terkena, bila terjadi re-inervasi akan didapatkan MUPs.

Derajat IV : fasikulus saraf (akson, endoneurium dan perineurium) mengalami kerusakan tetapi kesinambungan selubung saraf masih baik, meskipun terjadi jaringan parut intraneural yang luas pada daerah lesi. Diperlukan tindakan pembedahan untuk membersihkan jaringan parut sehingga dapat terjadi regenerasi akson dan re-inervasi sensorik dan motorik. Gambaran ENMG : perubahan denervasi pada otot-otot yang terkena dan tidak didapatkan MUPs.

Derajat V : terjadi transeksi dan kerusakan total endoneurium, perineurium dan epineurium sehingga terjadi pembentukan jaringan parut. Seperti lesi derajat IV diperlukan tindakan pembedahan pada pasien derajat V. Gambaran ENMG sesuai dengan lesi derajat IV.

Derajat VI diperkenalkan oleh Mackinnon¹¹ untuk menggambarkan lesi saraf campuran yang merupakan kombinasi dari berbagai derajat lesi saraf. Hal ini umumnya terjadi bila beberapa fasikulus saraf masih berfungsi normal sedangkan fasikulus lainnya

masih dalam tahap pemulihan sedangkan fasikulus yang lain memerlukan tindakan bedah agar terjadi regenerasi akson.

Tabel 1 Klasifikasi cedera saraf tepi menurut Seddon dan Sunderland.^{9,10}

Tipe trauma		Gangguan fungsi	Proses Patologik	Prognosis
Seddon	Sunderland			
Neuropraksia	Tipe 1	Blok konduksi fokal	Gangguan mielin fokal	Baik
Aksonotmesis	Tipe 2	Gangguan Kecepatan hantar saraf	Gangguan akson dan degenerasi <i>Wallerian</i>	Tergantung pada proses regenerasi akson
	Tipe 3	Gangguan kecepatan hantar saraf	Gangguan akson dan lapisan endoneurium	Buruk. Membutuhkan tindakan operasi
	Tipe 4	Gangguan kecepatan hantar saraf	Gangguan akson, endoneurium dan perineurium	Buruk. Membutuhkan tindakan operasi
Neurotmesis	Tipe 5	Gangguan kecepatan hantar saraf	Gangguan akson, endo, peri dan epineurium	Buruk. Membutuhkan tindakan operasi

Pemeriksaan Elektrodiagnostik pada cedera saraf tepi

Pada prinsipnya pemeriksaan Edx ada 2 macam yaitu konduksi saraf (*Nerve Conduction Velocity*) dan EMG jarum, dimana keduanya mempunyai kelebihan dan keterbatasan tersendiri (Tabel 2).⁴⁻⁸ Kedua cara pemeriksaan tersebut saling melengkapi dan sangat penting untuk mengevaluasi kelainan saraf tepi secara komprehensif. Sebagian besar Edx memerlukan kedua cara pemeriksaan tersebut kecuali dalam hal tertentu seperti cedera saraf tepi dini (kurang dari 21 hari) yang hanya dilakukan pemeriksaan konduksi saraf saja.³⁻⁴

Tabel 2 Kelebihan dan keterbatasan pemeriksaan elektrodiagnostik.^{2,3}

Konduksi saraf

Keuntungan :

- Dapat mendeteksi lesi demielinisasi subklinik
- Lebih nyaman dan tidak terlalu menyakitkan
- Kurang memerlukan kerjasama dengan pasien
- Sangat sensitif untuk membedakan demielinisasi dan kerusakan akson
- Dapat melokalisir lesi demielinisasi segmental.

Keterbatasan

- Pemeriksaan rutin terutama hanya untuk lesi saraf bagian distal
- Kurang sensitif untuk lesi akson

EMG jarum

Kelebihan :

- Dapat mendeteksi lesi pada akson subklinik
- Dapat untuk memeriksa sistem saraf tepi secara luas.
- Terutama untuk mendeteksi kelainan otot.

Keterbatasan :

- Pemeriksaan menimbulkan rasa nyeri
 - Kerjasama dengan pasien mutlak diperlukan.
 - Tidak dapat mengevaluasi saraf sensorik
 - Tidak sensitif untuk lesi demielinisasi.
-

Gambaran Elektrodiagnostik pada cedera saraf tepi.

Gambaran umum hasil pemeriksaan Edx pada cedera saraf tepi dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Lesi pada selubung mielin

Lesi pada selubung mielin dapat berupa demielinisasi segmental yang dapat dideteksi dengan pemeriksaan konduksi saraf. Lesi ini sudah dapat dideteksi pada stadium dini dari cedera. Penyebab lesi mielin yang sering adalah kompresi saraf ringan sampai berat.^{3,4} Selubung mielin berguna untuk penghantaran impuls saraf. Hasil pemeriksaan konduksi saraf pada lesi demielinisasi tergantung letak stimulator terhadap lesi. Apabila lesi demielinisasi terjadi fokal, misalnya pada lesi nervus radialis di sulkus radialis (*Saturday night palsy*), maka akan terjadi blok konduksi dan konduksi saraf yang masih normal, tetapi terjadi perlambatan pada daerah lesi. (Tabel 3)³⁻⁷

Adanya blok konduksi akan memperjelas gejala klinik (kelumpuhan, gangguan sensorik), membantu menentukan lokalisasi lesi pada neuropati jeratan (*entrapment*) dan membantu menegakkan diagnosis. Jarang didapatkan lesi demielinisasi murni, sebagian besar lesi demielinisasi terutama lesi yang kronis selalu diikuti oleh lesi pada aksonnya.^{5-7,12}

Tabel 3 Gambaran pemeriksaan ENMG pada demielinasi dengan blok konduksi¹³

Jenis Lesi	Pemeriksaan konduksi Saraf		EMG jarum		
	Motorik	Sensorik	Aktivitas spontan	Recruitment	MUAP
Lesi tunggal proksimal dari stimulator (mis. <i>Saturday night palsy</i>)	Amp: NL DL : N KHS: N Blok konduksi dan perlambatan pada lesi LR : ↑↑	NL*	NL	↓	NL
Lesi tunggal distal dari stimulator (mis CTS)	Amp: N / ↓ DL : ↑↑ KHS: N Blok konduksi dan perlambatan pada lesi LR : ↑↑	Amp: N / ↓ DL : N KHS: N Blok konduksi dan perlambatan pada lesi	NL	↓	NL
Lesi difus (mis CIDP)**	Amp: NL/ ↓ DL : ↑↑ KHS: ↓↓ Blok konduksi Dispersi temporal LR : ↑↑	Amp: N / ↓ DL : ↑↑ KHS: ↓↓	NL (sebelum <i>axonal loss</i>)	↓	NL (sebelum <i>axonal loss</i>)

MUAP = *motor unit action potensial*; NL = normal; Amp = amplitudo; DL = distal latensi; KHS = kecepatan hantar saraf; LR = Late responses **= lesi kronis hampir selalu diikuti gangguan axon ; * = sensorik normal oleh karena pemeriksaan SNAP sering hanya bisa dikerjakan pada segmen distal.

2. Lesi pada akson

Lesi pada akson paling baik dideteksi dengan pemeriksaan EMG jarum setelah 21 hari dari awitan cedera saraf. Penyebab lesi akson antara lain kompresi berat, cedera saraf dan iskemia saraf.³⁻⁴

Secara umum lesi aksonal akan memberikan hasil pemeriksaan sebagai berikut^{3-4,13}:

1. penurunan amplitudo *Compound Muscle Action Potential* (CMAP)
2. latensi distal : normal atau sedikit memanjang
3. KHS : normal atau sedikit menurun.
4. EMG jarum : adanya tanda denervasi, sesuai dengan waktu kejadiannya. Pada lesi aksonal yang sangat akut (< 4 hari) belum didapatkan gambaran denervasi,

setelah 4-7 hari akan mengalami denervasi *Wallerian*, (Tabel 4). Re-inervasi ditandai dengan adanya *Motor Unit Potential* (MUP). Waktu untuk timbulnya denervasi juga tergantung pada jarak antara otot yang diperiksa dan lokasi lesi, makin jauh jaraknya makin lama waktu timbulnya denervasi.

Tabel 4 Gambaran pemeriksaan ENMG pada kelainan aksonal berdasarkan waktu terjadinya¹³

Awitan	Pemeriksaan konduksi Saraf		EMG jarum		
	Motorik	Sensorik	Aktivitas spontan	Recruitment	MUAP
Hiperakut (<4 hari)	NL	NL	NL	↓	NL
Akut (>1 mg, <3-6 mg)	Amp: ↓ DL : NL/↑ KHS: NL/↓	Amp: ↓ DL : NL/↑ KHS: NL/↓	NL*	↓	NL
Subakut (>3-6 mg, <2-3 bln)	Amp: ↓ DL : NL/↑ KHS: NL/↓	Amp: ↓ DL : NL/↑ KHS: NL/↓	Fibrilasi, <i>Positive Sharp Wave</i>	↓	NL
Subakut – kronis (>2-3 bln, <bbrp Bln/ thn)	Amp: ↓ DL : NL/↑ KHS: NL/↓	Amp: ↓ DL : NL/↑ KHS: NL/↓	Fibrilasi, <i>Positive Sharp Wave</i>	↓	Durasi : ↑ Amp : ↑ Polifasik
Kronis (<bbrp bln/ thn)	Amp: ↓ DL : NL/↑ KHS: NL/↓	Amp: ↓ DL : NL/↑ KHS: NL/↓	NL	↓	Durasi : ↑ Amp : ↑ Polifasik

NL = normal; Amp = amplitudo; Dl = distal latensi; KHS = kecepatan hantar saraf; MUAP = *motor unit action potensial*; DL ↑ tidak lebih dari 130% nilai normal atas; KHS ↓ tidak lebih dari 75% nilai normal bawah; * tergantung pada jarak otot yang diperiksa dan tempat lesi.

Secara klinik baik lesi pada mielin atau akson memberikan gambaran yang nampaknya serupa yaitu kelemahan otot, tetapi gambaran Edx (Tabel 5) dan prognosisnya sangat berbeda (Tabel 1). Jadi Edx berperan penting dalam membedakan tipe lesi pada cedera saraf tepi.

Tabel 5 Gambaran ENMG pada trauma saraf tepi¹³

	Pemeriksaan konduksi saraf	EMG Jarum		
		Recruitment	MUAP	Aktivitas spontan
Neuropaksia	Blok konduksi	N / ↓	Normal	-
Aksonometris dan Neurometris				
• Akut (<9 Hari)	Blok konduksi	N / ↓	Normal	-
• >10 hari	CMAP :< 30-50 % kontralateral/Nihil	↓	Polifasik	+
• Regenerasi/reinervasi	CMAP : ↓	↓	Amplitudo ↑ Durasi ↑ Polifasik↑	+/-

MUAP = *motor unit action potensial*; CMAP = *compound muscle action potensial*

Kapan saat terbaik untuk melakukan pemeriksaan Elektrodiagnostik pada cedera saraf tepi ?

Penentuan waktu pemeriksaan Edx adalah sangat penting, hasil pemeriksaan konduksi saraf dan EMG jarum pada cedera saraf tepi mempunyai karakteristik yang berbeda tergantung waktu pemeriksaan setelah cedera saraf tepi.³⁻⁴

Pada transeksi saraf akut (lesi akson) pemeriksaan Edx pada tempat lesi akan menghasilkan *no response* , tetapi bila dilakukan stimulasi pada segmen distal dan perekaman pada otot-otot yang diinervasinya maka masih didapatkan respon sensorik atau motorik dalam beberapa hari sebelum terjadinya degenerasi *Wallerian*. Amplitudo CMAP akan menurun sampai minimum sejak 3 hari setelah lesi, sedangkan SNAP menurun sejak 10 hari setelah lesi. Pada pemeriksaan EMG jarum fibrilasi yang merupakan tanda utama degenerasi akson baru nampak setelah 21 hari dari awitan lesi, sebelum itu hanya terjadi penurunan rekrutmen, sedangkan konfigurasi *motor unit* masih normal.^{3-4,6-8}

Pada lesi demielinisasi segmental yang berat seperti kompresi saraf yang berkepanjangan akan didapatkan blok konduksi. Konduksi saraf pada daerah lesi menghasilkan *no response* dan EMG jarum hanya menunjukkan penurunan rekrutmen *motor unit* , sehingga bila dilakukan pemeriksaan Edx sebelum 21 hari hasilnya akan menyerupai kerusakan akson.³⁻⁴

Sebaiknya pemeriksaan Edx dilakukan setelah 21 hari dari awitan cedera³, kecuali dalam hal-hal tertentu, seperti pada kasus :

- untuk menentukan lokasi lesi karena lesi akson sulit ditentukan bila sudah terjadi degenerasi *Wallerian*.
- untuk membedakan lesi akson dan demielinisasi dengan tujuan meramalkan prognosis.

pada kasus-kasus diatas dapat dipertimbangkan pemeriksaan lebih awal, tetapi harus diulang dengan pemeriksaan EMG jarum setelah 21 hari kemudian.

Contoh kasus : seorang laki-laki sehat mengalami kelemahan akut pada pergelangan tangan yang dirasakan waktu bangun tidur , pasien dicurigai menderita neuropati n.radialis akibat kompresi pada sulkus radialis.³

Pemeriksaan konduksi saraf yang dilakukan pada stadium dini dapat mendeteksi adanya blok konduksi pada sulkus radialis sehingga dapat membantu menentukan lokasi lesi tetapi Edx belum dapat membedakan apakah lesinya karena proses demielinisasi atau lesi akson. Pemeriksaan Edx ulang setelah 21 hari lesi dapat menunjukkan hasil sebagai berikut :

- perbaikan atau hilangnya blok konduksi dan EMG jarum normal, hasil ini lebih mengarahkan pada lesi demielinisasi yang dalam proses pemulihan sehingga mempunyai prognosis yang baik.
- Pada stimulasi proksimal dari sulkus radialis hasilnya tetap *no response* disertai dengan hilangnya respon pada stimulasi bagian distal lesi yang sebelumnya normal. Hasil ini menunjukkan adanya degenerasi *Wallerian* pada bagian distal lesi karena adanya lesi akson sehingga prognosis kasus ini lebih jelek. Didapatkan potensial fibrilasi pada EMG jarum akan lebih memastikan diagnostik.

Meskipun pada kasus khusus disarankan untuk tidak melakukan Edx kurang dari 3 hari dari awitan cedera, dimana mungkin masih terjadi edema jaringan sehingga dapat mempengaruhi hasil Edx. Sebaliknya jangan menunda pemeriksaan Edx terlalu lama karena pada sebagian penyakit neuromuskuler kelainan pada Edx akan menghilang dengan bertambahnya waktu . Contohnya pada radikulopati pemeriksaan EMG jarum untuk menemukan potensial fibrilasi adalah sangat penting untuk diagnostik, tetapi fibrilasi ini lama kelamaan akan menghilang dengan bertambahnya waktu meskipun keluhan dan gejala kliniknya masih ada. Frekwensi hasil Edx negatif palsu meningkat pada sindrom servikal bila dilakukan pemeriksaan Edx > 6 bulan dan radikulopati lumbosakral 12-18 bulan setelah awitan cedera.³

Disarankan untuk melakukan Edx secara serial untuk *follow up* cedera saraf tepi, dengan mencari adanya tanda-tanda re-inervasi atau denervasi yang persisten. Bila terjadi regenerasi saraf maka potensial fibrilasi dan denervasi akan menurun jumlahnya.³⁻⁷

DAFTAR PUSTAKA

1. Dural A, Tan FC. Electrodiagnosis Medicine in Trauma and trauma rehabilitation. In : Tan FC (ed). EMG secrets. Philadelphia : Hanley & Belfus;2004:243-6
2. Novak CB, Mackinno SE, Baratz M.E. Peripheral Nerve Injuries.eMedicine Orthopedic Surgery,2009 (diakses 7 Agustus 2011). Diunduh dari : <http://emedicine.medscape.com/article/1270360-overview>.
3. Chemali KR, Tsao B. Electrodiagnostic testing of nerves and muscles : When, why, and how to order. Clev.clin J of Med, 2005;72:1.
4. Dumitru D, Zwarts M, Amato AA. Peripheral Nervous Systems, Reaction to injury. In: Dumitru et al (eds). Electrodiagnostic Medicine. 2nd ed. Philadelphia : Hanley & Belfus ; 2002:115-152.
5. Preston DC, Shapiro, BE. Electromyography and Neuromuscular Disorder : Clinical-electrophysiologic Correlations. 2nd ed.Boston : Butterworth-Heinemann; 2005:25-40.
6. Kimura J. Electrodiagnostic in Disease on Nerve and Muscle : Principles and Practice, 2nd ed. Philadelphia : FA Davis Company ; 1989:64-68.
7. Siao P, Cros D, Vusic S. Practical Approach to Electromyography. New York : Demos Medical Publishing;2011:121-40.
8. Aminoff MA. Electrodiagnosis in Clinical Neurology.4th ed Philadelphia : Churchill-Livingstone; 1999:235-40.
9. Seddon HJ. 1943. Three types of nerve injuries. Brain.1943;66:237.

Tinjauan Pustaka

10. Sunderland S A. 1951. Classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain*. 1952;74:491-516.
11. Mackinnon SE, Dellon AL. *Surgery of the Peripheral Nerve*. 1988. Diakses 7 Agustus 2011. Dunduh dari: emedicine.medscape.com/article/1270360-overview.
12. Dawson DM, Hallet M, Wilbourn AJ. *Entrapment Neuropathies*. 3rd ed. Philadelphia : Lippincott-Raven; 1999:4-16.
13. Poernomo H, Basuki M. Aspek Klinis Pemeriksaan EMNG. Dalam : Poernomo H (eds). *Petunjuk Praktis Elektrodiagnostik*. Cetakan pertama. Surabaya : Airlangga University Press;2003:199-253.