

神經傳導檢查方法及臨床應用

陳 威 宏
謝 松 蒼

前 言

近年來由於電子診斷學的進步，神經傳導檢查 (nerve conduction study, NCS) 已成為周邊神經檢查不可或缺之利器，檢查儀器不只日益普遍，也愈加精良，提供診斷上重要之參考。本文將簡單介紹神經傳導檢查之方法，並針對神經傳導檢查之臨床應用及檢查盲點作說明。

神經傳導檢查方法

運動神經傳導檢查

神經傳導檢查的基本原理乃是利用電流刺激周邊神經並觀察其反應。運動神經傳導檢查施行時，需將記錄電極置於運動神經支配之肌肉上，刺激電極則直接經皮膚刺激該運動神經，所得之反應稱為複合運動神經動作電位 (compound motor action potential, CMAP)；為求得神經傳導之速度，必須於遠端與近端兩處刺激，將兩處之距離除以潛時差 (difference in latency)，得出該段運動神經之傳導速度 (motor nerve conduction velocity, MNCA) (圖1)。以正中神經 (median nerve) 為例，將記錄電極置於拇指外展肌 (abductor pollicis brevis)；先在遠端之腕部刺激，再於肘部彎曲處刺激，將兩處之距離除以潛時差，即可得出正中神經之運動傳導速度 (圖2)。運動神經作電位之振幅 (amplitude) 可以反應軸突 (axon) 傳遞電流的能力及軸突的數量，運動傳導速度則代表髓鞘 (myelin) 的完整性。

感覺神經傳導檢查

感覺神經傳導檢查施行時，則將刺激電極置

於感覺神經支配區域，記錄電極則置於感覺神經上，所測得之反應稱為正向感覺神經動作電位

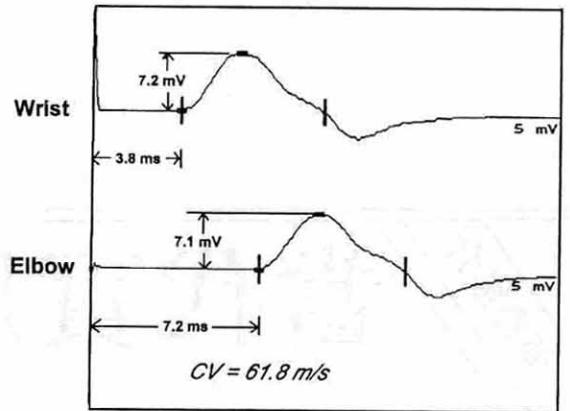


圖1：運動神經傳導檢查記錄的波形：正中神經運動傳導檢查。

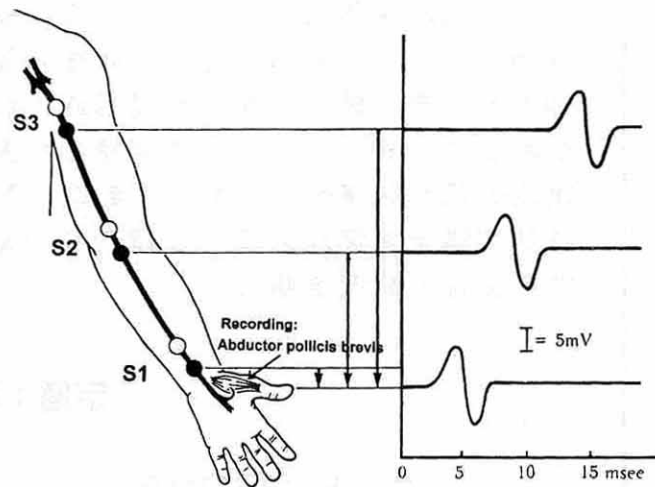


圖2：上肢正中神經運動傳導檢查之方法：記錄在拇指外展短肌 (abductor pollicis brevis)；S1 腕部刺激，S2 肘部刺激，S3 腋下刺激。

(orthodromic sensory nerve action potential, SNAP)；反過來，若將記錄電極置於感覺神經支配區域，刺激電極則置於感覺神經上，所測得之反應稱為逆向感覺神經動作電位(antidromic SNAP) (圖3)。由於刺激電極與記錄電極皆直接置於感覺神經上，要求得神經傳導之速度，只需將刺激電極與記錄電極間之距離直接除以潛時(latency)，所得即為遠端之感覺神經傳導速度(sensory nerve conduction velocity, SNCV)。同樣，由動作電位之振幅大小與傳導速度之快慢，可反應感覺神經之功能。

F波

傳統神經傳導檢查只能檢查遠端與表淺之神經，對於近端之神經根病變(radicalopathy)及神經叢病變(plexopathy)之診斷就有困難，這時便需要利用所謂的延遲反應(late response)來幫忙，即包括F波與H反射。F波之檢查，同運動神經傳導檢查施行，記錄在運動神經支配之肌肉上，刺激遠端之運動神經，讓超極量(supramaximal)之電流逆向至近端，激發脊髓內之前角運動神經元細胞，再沿原來之運動神經下行至肌肉造成F波反應(圖4)。所以F波是繞了一圈，沿著運動神經進入脊髓再沿著運動神經回來，其間所需的時間稱為F波潛時，由於F波不見得每次都激發一前角運動神經元細胞，F波的波形與潛時會有變異，F波潛時可記錄最小值或平均值，F波出現的頻率稱F波持續性(persistence)(圖5)。F波之檢查包括了近端之神

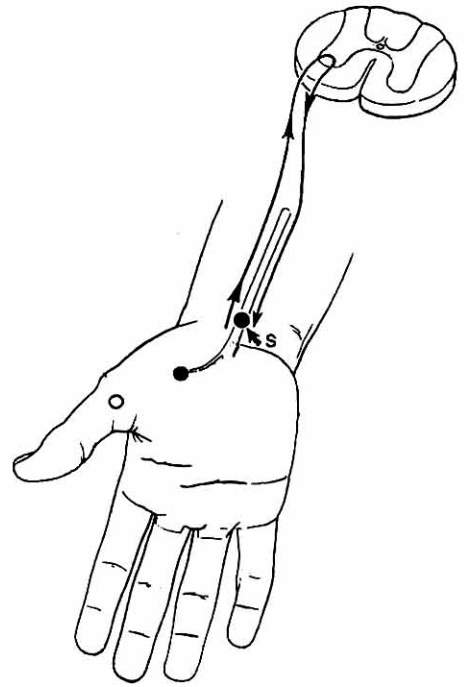


圖4：F波檢查：●記錄電極，○參考電極，S刺激電極。

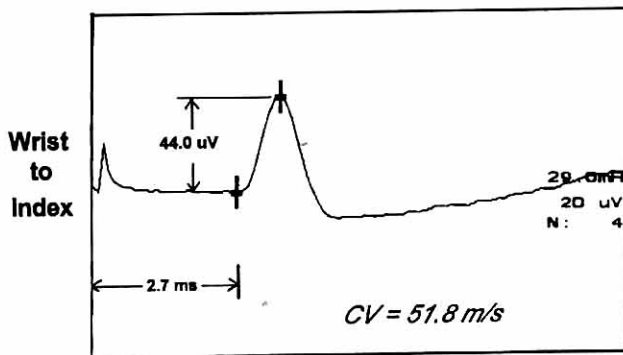


圖3：感覺神經傳導檢查記錄的波形。正中神經感覺傳導檢查，逆向感覺神經動作電位，於食指記錄，腕部刺激。

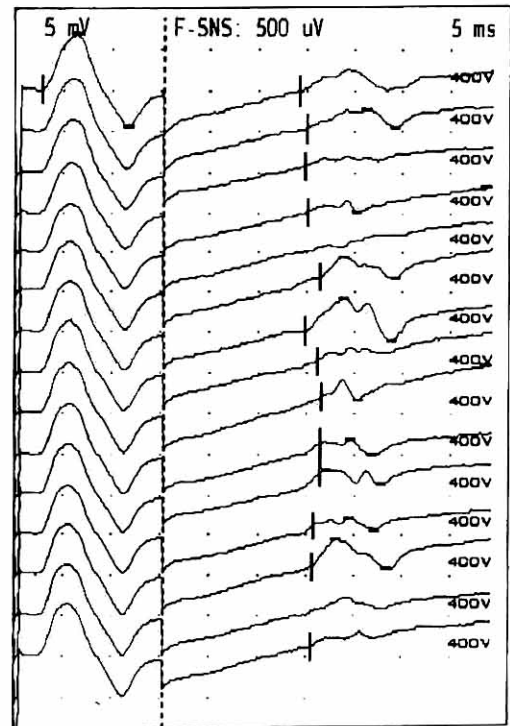


圖5：F波檢查記錄的波形。

經根及神經叢功能，可補傳統神經傳導檢查之不足。

H 反射

H 反射之原理相當於臨床檢查之肌腱反射 (tendon reflex)，如膝反射 (knee jerk)，亦即使用反射錘敲擊肌腱，利用肌腱伸張，刺激 Ia 感覺神經纖維，沿感覺神經進入脊髓經由單突觸反射 (monosynaptic reflex)，激發脊髓內之前角運動神經元細胞，再沿運動神經出來刺激肌腱造成收縮。H 反射檢查，利用電流特別刺激 Ia 感覺神經纖維，記錄所引發的反射 (圖 6)。與 F 波不同的是 H 反射需完整的感覺—運動迴路 (sensory—motor loop)，故可同時評估近端之感覺神經路徑，另外 H 反射檢查時刺激所用的電量小，得到的反應較大與固定 (表 1)。

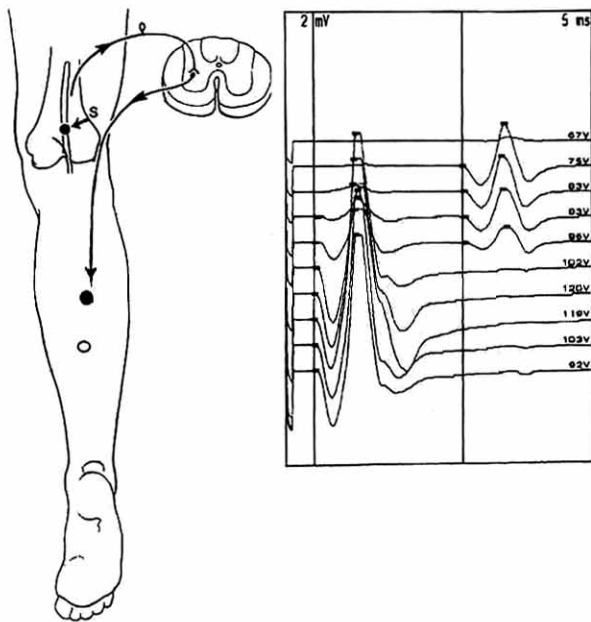


圖 6：H 反射檢查：● 記錄電極，○ 參考電極，S 刺激電極。

表 1：F 波與 H 反射之比較

	F 波	H 反射
反應型態	重複放電 (非反射)	單突觸反射
刺激所需強度	大	小
單次超極量刺激之反應	存在	消失
反應之持續性	變動	固定潛時
振幅大小	小	大

瞬眼反射

瞬眼反射 (blinking reflex) 之原理在眼部之感覺神經受刺激會反射性眨眼，相當於臨床檢查之角膜反射 (corneal reflex)。我們利用電流刺激眼眶上之三叉神經 (trigeminal nerve)，感覺神經進入腦幹經由單突觸反射或多突觸反射激發顏面神經運動神經元細胞，造成眼輪匝肌 (orbicularis oculi) 收縮，依據記錄到的反應，可分為同側之 R1、R2 與對側之 R2 (圖 7)。瞬眼反射利用到感覺與運動迴路，並且需要腦幹之功能，臨床上可應用於檢查三叉神經，顏面神經與腦幹之病變。

臨床應用

多發性神經病變

神經傳導檢查已成為診斷多發性神經病變不可或缺之利器。診斷多發性神經病變的一個重要步驟，是能區別脫髓鞘性周邊神經病變 (demyelinating neuropathies) 或軸突退化性神經病變 (axonal neuropathies) (圖 8)，臨床症狀與神經理學檢查並無法得知，唯有神經傳導檢查可提供診斷之參考。我們若將周邊神經比擬為傳遞電流的電線，則軸突等於是電線內的銅線，負責所有電流的傳遞不變，反應所傳遞電量的大小；而髓鞘則等於是包圍在銅線外的絕緣塑膠或橡膠，其功能則在提高傳導速度。因此軸突退化性神經病變的神經傳導變化在動作電位的振幅下降，而傳導速度不變或只略為減慢；相反的，脫髓鞘性神經病變的神經傳導結果是，傳導速度明顯減慢遠超過振幅下降的程度，一般而言，於脫髓鞘性神經病變，其神經傳導速度小於正常傳導速度下限的 80% (表 2)。

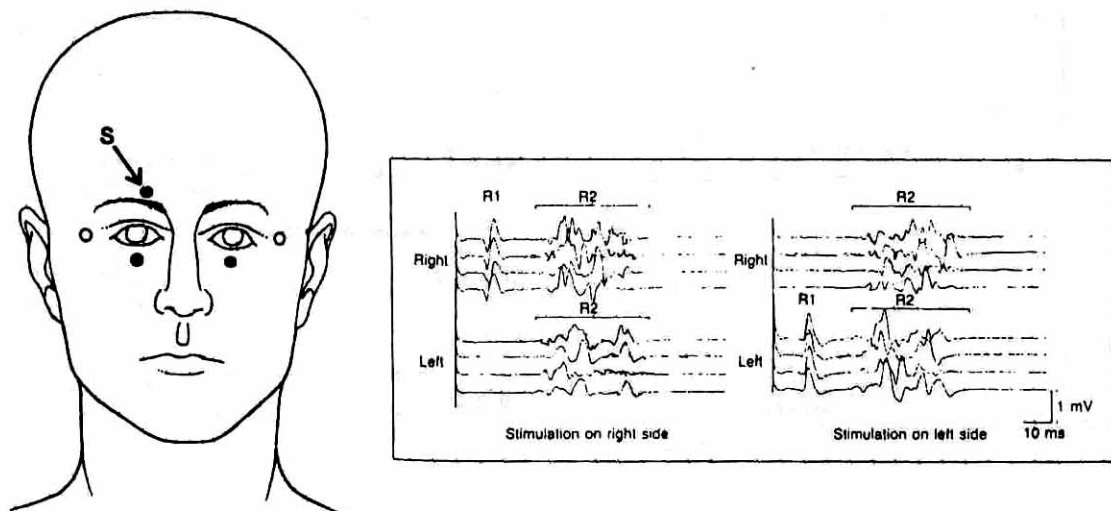


圖7：瞬眼反射檢查：●記錄電極，○參考電極，S刺激電極。

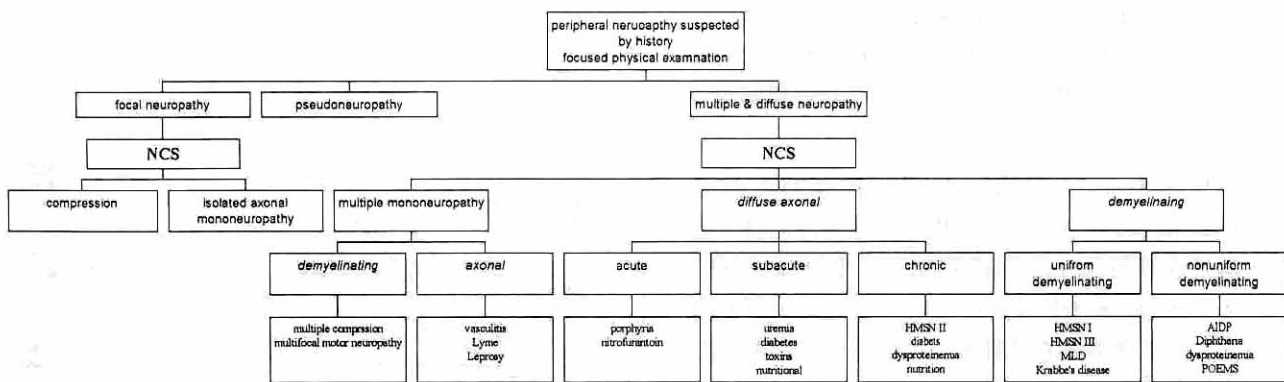


圖8：鑑別診斷多發性神經病變的流程圖。

表2：診斷脫髓鞘性神經病變的神經傳導變化

神經傳導結果	不正常值
上肢神經傳導速度	<40 m/sec
下肢神經傳導速度	<30 m/sec
正中神經遠端潛時	>7 msec
尺骨神經遠端潛時	>6 msec
脛/腓骨神經遠端潛時	>10 msec
上肢 F 波最短潛時	>40 msec
下肢 F 波最短潛時	>70 msec

自體免疫有關的脫髓鞘性神經炎，如急性脫髓鞘性神經炎 (acute inflammatory demyelinating polyneuropathy, AIDP, Guillain-Barre syndrome) 或慢性脫髓鞘性神經炎 (chronic in-

flammatory demyelinating polyneuropathy, CIDP)，神經傳導檢查還可出現特殊的傳導阻斷 (conduction block) 與時間散亂 (temporal dispersion) 的現象 (圖9)。

神經根及神經叢病變

頸椎或腰椎神經根病變及神經叢病變，無法單以神經傳導檢查確定診斷，必須佐以 F 波與 H 反射來評估近端之神經功能，及針極肌電圖來證實神經根支配肌肉出現去神經變化。

單一神經或局部神經病變

臨床上常會遇到病人出現局部無力與麻木的症狀，有時很明顯容易診斷是某一神經之局部病變，但是大多仍需借助神經傳導或肌電圖檢查以確定診斷。單一神經或局部神經病變如上肢的腕隧道症候群 (carpal tunnel syndrome)，尺骨神

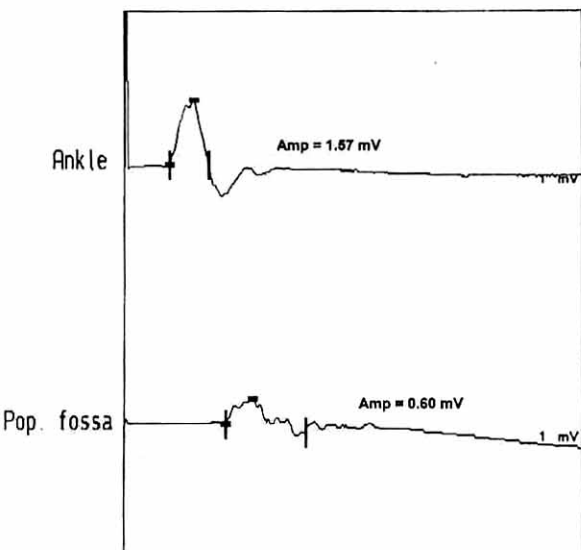


圖9：傳導阻斷（conduction block）與時間散亂（temporal dispersion）為脫髓鞘性神經炎的特徵。脛骨神經（tibial nerve）運動傳導檢查，分別於踝部與後膝窩刺激。

經麻痺（tardy ulnar palsy），橈骨神經麻痺（radial nerve palsy）；下肢之腓骨神經麻痺，足隧道症候群（tarsal tunnel syndrome）等。病因多為局部之壓迫造成神經失用（neurapraxia），因此以神經傳導檢查診斷單一神經之局部病變，需在懷疑病變位置之近端與遠端分別刺激，可以發現經過受壓迫部位的神經傳導變慢，及出現傳導阻斷的現象（圖10）。若在遠端刺激就發現神經電位振幅減小甚或消失，極可能病情較厲害已造成軸突退化，有必要外科減壓治療。

神經傳導檢查的盲點

檢查方法需標準化

神經傳導檢查的方法一般而言並不困難，但是要能得到正確可信的結果，仍需遵照固定與標準化的步驟，許多技術上的因素會影響到結果，例如記錄電極黏貼的位置（圖11）、記錄電極與參考電極之距離（圖12）、刺激電量的大小、距離的測量（表3）等都可以導致誤差，需格外當心。另外也有些生物性與物理性的因素與神經傳

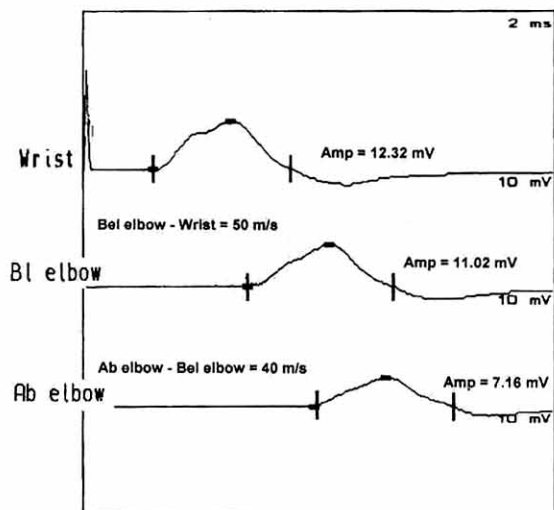


圖10：尺骨神經於肘關節附近受壓迫造成神經傳導變慢及傳導阻斷的現象。

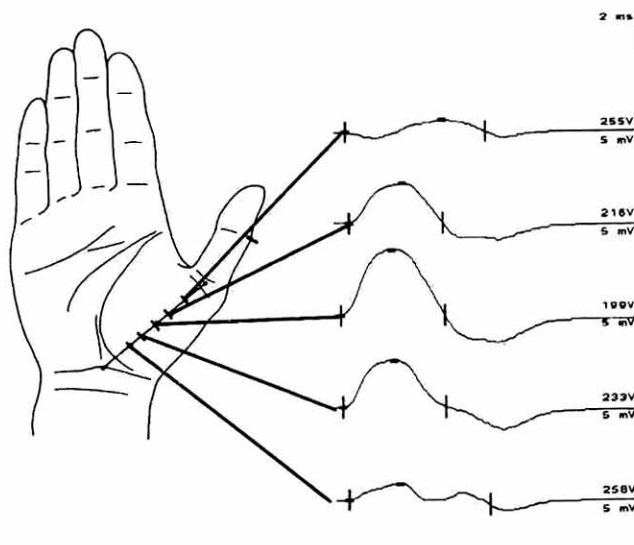


圖11：記錄電極黏貼的位置改變影響記錄的波形。正中神經運動傳導檢查，於拇指外展短肌記錄，腕部刺激。

導檢查有密切相關，值得注意。

年齡：成人以後，年紀愈大，神經傳導速度愈慢。大概每增加十歲，傳導速度會減少0.8至1.5 m/s。

身高：身高與神經傳導速度成反比，身高每增加10公分，傳導速度會減少2至3 m/s。

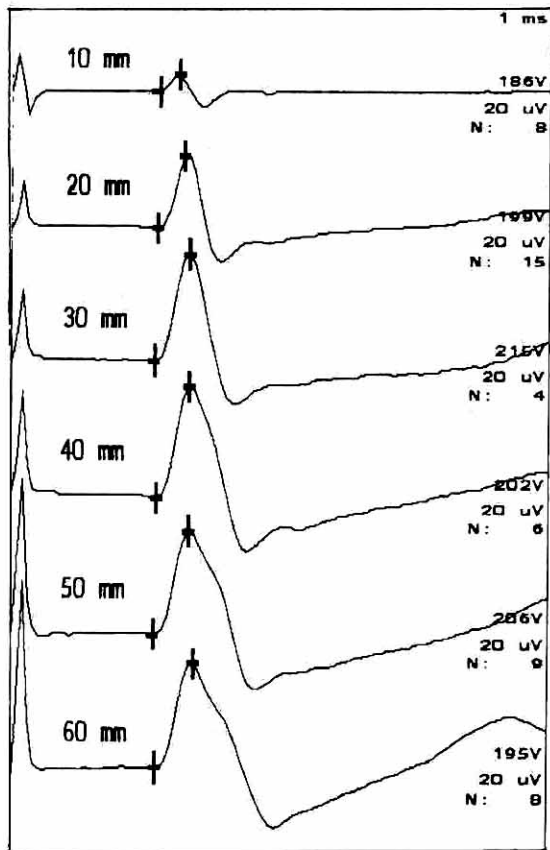


圖12：記錄電極與參考電極之距離影響電位振幅，記錄感覺神經電位，電極間之距離以3至4公分最理想。正中神經感覺傳導檢查，於中指記錄，腕部刺激。

性別：通常影響不大，但也有報告女性的運動神經傳導速度較男性稍慢，但感覺神經電位之振幅較大。

溫度：神經傳導速度受溫度影響很大，體表溫度每降低一度，傳導速度減少1.2至2.4 m/s。運動神經動作電位之振幅則可能因溫度下降反而增大，感覺神經動作電位之振幅則較不受影響。在作神經傳導檢查時，需嚴格控制室溫與受檢者之體表溫度，通常上肢之體表溫度需維持在攝氏32°C以上，下肢則在30°C以上。

檢查室之標準值：各個檢查室可能有個別的檢查方法，所使用的儀器與設定的參數不同，檢查的環境也不一樣，應該用一致的檢查方法，固定可能的變數，統計自己檢查室的正常值作參考（表4及表5）。

並非所有的周邊神經都能以神經傳導檢查

神經傳導檢查實際操作受限於刺激部位與記錄部位，只能選取較表淺之神經作檢查，因此並非所有的周邊神經都能以神經傳導檢查，較深層或較近端的神經常無法正確檢查，例如上肢之腋下神經(axillary nerve)、肩胛上神經(supras-

表3：肘關節彎曲的角度影響量取距離，進而影響所求得的傳導速度

角度	量取距離	正常傳導速度下限
0	8	34
35	10	45
90	12	50
135	13	49

表4：臺大醫院神經部運動神經傳導速度正常值

	遠端潛時上限 (msec)	遠端刺激振幅下限 (mV)	傳導速度下限 (m/sec)
正中神經	3.9	4.1	50
尺骨神經	3.2	4.4	49
腓神經	5.0	1.6	43
脛神經	5.2	6.2	40

表5：臺大醫院神經部感覺神經傳導速度正常值

	潛時上限 (msec)	振幅下限 (μ V)	傳導速度下限 (m/sec)
正中神經	2.7	13.7	51
尺神經	2.5	13.2	47
腓腸神經	2.7	5.1	43

capular nerve) 及下肢之坐骨神經 (sciatic nerve) 都是比較困難檢查的神經。臨床容易施行, 常規之檢查包括上肢之正中神經之運動與感覺神經傳導、尺骨神經 (ulnar nerve) 之運動與感覺神經傳導, 下肢之腓骨 (peroneal nerve) 與脛骨 (tibial nerve) 神經之運動神經傳導, 及腓腸神經之感覺神經傳導。因此, 若非上述神經有關之病變, 常需佐以 F 波與 H 反射, 及肌電圖之檢查。

神經傳導檢查無法評估周邊神經之所有功能

神經傳導檢查只能反應一部份周邊神經之功能, 尤其我們記錄的主要是大型髓鞘 (large myelinated nerves) 之運動或感覺神經纖維, 其他小髓鞘或無髓鞘神經, 如冷、熱、疼痛之感覺神經纖維及自主神經纖維, 便無法由傳統之神經傳導檢查得知其功能。更有甚者, 神經傳導速度應有快慢之分佈, 但我們利用發生潛時 (onset of latency) 所求得神經傳導之速度, 也是大型髓鞘神經纖維其中傳導速度最快者, 在神經病變早期只有部份神經纖維受損, 或受損部份神經纖維是傳導速度較慢者, 其神經傳導檢查結果常為正常。因此神經傳導檢查無法完全反應周邊神經之所有功能, 在以神經傳導檢查結果判讀周邊神經病變需格外當心。

結 論

神經傳導檢查是周邊神經疾病最重要的檢查工具, 但是不可否認的神經傳導檢查有些限制, 無法隨心所欲檢查所有的周邊神經, 也不能完全反應出周邊神經的所有功能。神經傳導檢查也常不是定型常規的一套檢查, 如上肢就一定只作正中與尺骨神經的檢查, 或下肢就只作脛骨與腓骨神經的檢查, 而是需配合臨床的資料與診斷, 設計出需檢查的神經與檢查的步驟。基本上, 上肢的疼痛麻木懷疑腕隧道症候群、尺骨神經麻痺等需

包括上肢的運動與感覺神經傳導檢查, 若懷疑頸椎神經根病變則需進一步包括上肢的 F 波與 H 反射及肌電圖之檢查; 下肢的疼痛麻木懷疑腓骨神經麻痺、足隧道症候群等需包括下肢的運動與感覺神經傳導檢查, 若懷疑腰椎神經根病變則需進一步包括下肢的 F 波與 H 反射及肌電圖之檢查; 但若懷疑是多發性周邊神經病變, 則需安排上下肢的運動與感覺神經傳導檢查, 可視需要加作 F 波與 H 反射, 但不必要作肌電圖檢查。了解神經傳導檢查的原理及方法, 有助於我們善加利用與發揮檢查的功效。

推薦讀物

1. Bromberg MB et al: Patterns of sensory nerve conduction abnormalities in demyelinating and axonal peripheral nerve disorders. *Muscle Nerve* 16: 262, 1993.
2. Chang YC et al: Ulnar nerve motor conduction in normal subjects and in patients with tardy ulnar palsy. *J Formos Med Assoc* 79: 323, 1980.
3. Chen RC et al: Normal motor nerve conduction velocity amongst Chinese in Taiwan. *J Formos Med Assoc* 77: 394, 1978.
4. Cornblath DR et al: Conduction block in clinical practice. *Muscle Nerve* 14: 869, 1991.
5. Donofrio PD et al: AAEM minimonograph 34: polyneuropathy: classification by nerve conduction studies and electromyography. *Muscle Nerve* 13: 889, 1990.
6. Kaku DA et al: Uniform slowing of conduction velocities in Charcot-Marie-Tooth polyneuropathy type 1. *Neurol* 43: 2664, 1993.
7. Katz JS et al: Electrophysiologic findings in multifocal motor neuropathy. *Neurol* 48: 700, 1997.
8. Kimura J: *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principles and practice*. 2nd ed. Philadelphia: F. A. Davis, 1989.
9. Stewart JD: *Focal Peripheral Neuropathies*. 2nd ed. New York: Raven Press, 1993.
10. Sturtz FG et al: Modelization of motor nerve conduction velocities for Charcot-Marie-Tooth (Type-1) patients. CMT-France Network. *European Neurology* 36: 244, 1996.