

Elektromyografie, vyšetření periferních nervů – kondukční studie, repetitivní stimulace

MUDr. Petr Ridzoň

Neurologická klinika Thomayerovy nemocnice a 3. LF UK, Praha

Vyšetření vedení periferním nervem, neboli neurografie (kondukční studie) je základní elektromyografickou technikou k posouzení léze periferních nervů (neuropatie v širším slova smyslu). Vyšetřujeme motorická a silně myelinizovaná senzitivní vlákna. Metoda umožní stanovit stupeň a typ postižení (motorické, senzitivní a také axonální či demyelinizační). K vyšetření vedení jsou vhodné polyneuropatie všech etiologií (metabolické, malnutriční, toxické, hereditární, zánětlivé, paraneoplastické) i mononeuropatie (kompresivní, traumatické, zánětlivé), dále nejasné nálezy, nebo kombinované léze centrální a periferní, kde je nutné upřesnit podíl případné polyneuropatie. Při technice repetitivní stimulace se používá stimulace periferních motorických nervů opakovaně v určité frekvenci a její provedení je přínosné při podezření na poruchu nervosvalového spojení. Pochopení základních principů elektromyografie, správná indikace k vyšetření a dobře položená otázka je předpokladem správně provedeného vyšetření s validní a pro klinického neurologa užitečnou odpovědí (nálezem).

Klíčová slova: neurografie, kondukční studie, vyšetření vedení, polyneuropatie, indikace EMG.

Electromyography, nerve conduction studies, repetitive nerve stimulation

Nerve conduction studies are basic electrophysiologic technique for evaluation of damage of peripheral nerves (neuropathies). Motor and thick myelinated sensory fibers are examined, and the method allows to determine the degree and type of the damage (motor, sensory as well as axonal or demyelinating). Indications for the examination of nerve conduction are as follows: polyneuropathies of all kind of aetiology (metabolic, malnutrition, toxic, hereditary, inflammatory, paraneoplastic), mononeuropathies (compressive, traumatic, inflammatory), further unclear findings, as well as combined central and peripheral lesions where it is necessary to assess the potential share of polyneuropathy. The technique of repetitive nerve stimulation is based on the repetitive stimulation of the peripheral motor nerves and is useful in suspected neuromuscular junction disorders. Understanding of the basic principles of EMG, right indication for examination and adequate clinical question are prerequisite for the properly performed examination and valid and meaningful clinical answer/finding.

Key words: neurography, nerve conduction studies, polyneuropathy, indication of EMG.

Základní principy vyšetření, patofyziologické poznámky

Vyšetření **vedení periferním nervem**, neboli **neurografie** či **kondukční studie**, je založeno na základní vlastnosti nervové tkáně – schopnosti přenášet elektrický vzruch/potenciál a na stimovatelnosti axonů elektrickým proudem/změnou napětí. Toto platí pro myelinizovaná i nemyelinizovaná vlákna, ale z technických důvodů jsme schopni měřit jen myelinizovaná mo-

torická a rychle vedoucí senzitivní vlákna. Nerv se stimuluje stimulační elektrodou v místě, kde probíhá blízko pod kůží. U motorických nervů pak registrujeme **sumační svalový akční potenciál** (Compound Muscle Action Potential – **CMAP**), neboli M odpověď nad inervovaným sva-lem (např. abductor pollicis pro n. medianus). U senzitivních nervů registrujeme **senzitivní nervový akční potenciál** (Sensitive Nerve Action Potential – **SNAP**) nad průběhem senzitivních vláken nervu v určité

vzdálenosti od stimulační elektrody. CMAP i SNAP mají přibližně sinusoidní tvar a můžeme kromě tvaru hodnotit i **jeho amplitudu, trvání, rychlost vedení** (Nerve Conduction Velocity – **NCV**), u motorického vedení tzv. **distální motorickou latenci** (Distal Motor Latency – **DML**). Pro všechny tyto parametry jsou známy normy, a tedy lze posoudit jejich posun do patologických hodnot a určit stupeň patologie/léze (Kincaid, 2017; Tankishi et al., 2005).



KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

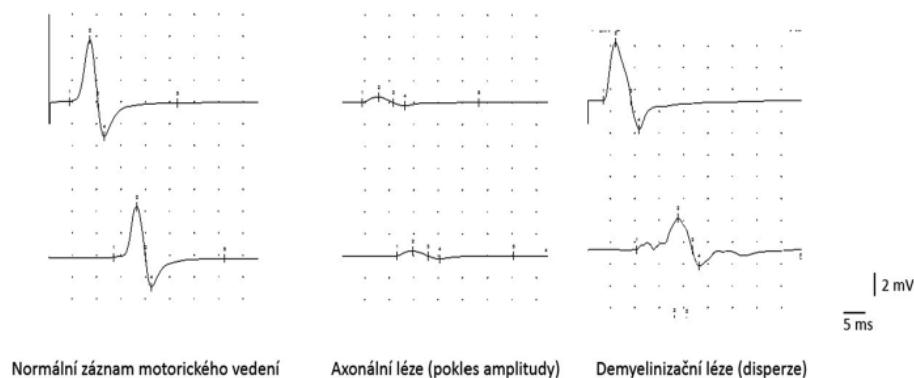
MUDr. Petr Ridzoň, petr.ridzon@ftn.cz

Neurologická klinika Thomayerovy nemocnice a 3. LF UK, Vídeňská 800, 140 00 Praha

Cit. zkr: Neurol. praxi 2020; 21(4): 264–267

Článek přijat redakcí: 3. 2. 2020

Článek přijat k publikaci: 25. 5. 2020

Obr. 1. Normální nález a nálezy axonální a demyelinizační léze u motorické neurografie (archiv autora)**Tab. 1.** Přehled patologických nálezů u demyelinizační a axonální léze

Typ léze	Typ vedení	DML	NCV	Amplituda	Tvar AP	Jehlová EMG
Demyelinizační	motorické	prodloužena	výrazně zpomaleno	normální nebo mírný pokles	disperze	normální
	senzitivní	-	výrazně zpomaleno	normální nebo mírný pokles	disperze	-
Axonální	motorické	normální	normální	výrazný pokles	normální	s denervačním a reinervačním nálezem
	senzitivní	-	normální	výrazný pokles	normální	-

DML – distální motorická latence; NCV – rychlost vedení; AP – akční potenciál

Základním modelem léze axonu a jeho myelinu je model **axonální léze a demyelinizační léze** (obrázek 1). Tyhle modely nám umožní pochopit nálezy při vyšetření vedení periferním nervem.

Při **axonální** lézi ubývají axony a **amplituda** odpovědi se snižuje, ale rychlost vedení není postižena. Při **demyelinizační** lézi je naopak **zpomaleno** vedení pro poškozený myelin, který je nositelem **rychlosti** vedení, může docházet k **disperzi** odpovědí, nebo **bloku** vedení. U motorického vedení bývá **prodloužena distální motorická latence**. Obvykle nebývá pokles amplitudy odpovědi, nebo je minimální (Kimura, 2001).

Částečný blok vedení je charakterizovaný poklesem amplitudy negativního peaku CMAP o více než 50 % a arey o více než 40 % při stimulaci proximálně proti distální stimulaci. Úplný blok znamená chybění odpovědi na stimulaci proximálně od místa léze. Pokud dojde k poklesu amplitudy CMAP při proximální stimulaci, ale zachování arey odpovědi, pak při prodlouženém trvání potenciálu mluvíme o **časové disperzi (chronodisperzi)** (Franzen et van den Bergh, 2006) (tabulka 1).

Nežádka se oba typy léze – axonální i demyelinizační – vyskytují současně. Proto elektromyografista často provádí vyšetření svalu i jehlovou EMG, kdy u axonálních lézí nachází-

me denervační a reinervační procesy ve svalu, a lze určit, zda u demyelinizační léze není i podíl sekundárního axonálního postižení.

Kromě časných M odpovědí, kterých parametry se hodnotí při vyšetření rychlosti vedení, lze vyšetřit ještě **pozdní odpovědi (F vlnu a H reflex)**, které jsou vhodné pro posouzení léze v proximálním úseku nervu při podezření na polyradikuloneuritidu, segmentové radikulární léze a plexopatie.

Indikace k vyšetření

Klinik, obecný neurolog se setkává s podezřením na postižení periferních nervů (neuropatii) poměrně často, a to zvláště při obtížích projevujících se **poruchami čítí** (hypestezie, parestezie, dysestezie), dále při **pohybových poruchách** (slabost, nejistota při chůzi), trofických změnách (atrofie svalů, trofické změny na kůži, deformity nohou).

Indikací k vyšetření kondukčními studiemi jsou **mono- i polyneuropatie** různých etiologií.

Z mononeuropatií jde nejčastěji o **kompresivní neuropatie** nervů horních končetin (n. medianus, n. ulnaris), výjimečně o komprese jiných nervů (n. ischiadicus a n. femoralis po operacích kyčle), nebo n. peroneus, n. radialis.

Z polyneuropatií jsou nejčastější **polyneuropatie metabolického původu** – při **diabetes**

mellitus, ledvinném selhávání, případně malnutriční. Další poměrně častou skupinou jsou polyneuropatie **toxické** etiologie a zvl. alkoholové a způsobené léky (nejčastěji cytostatiky).

Zánětlivé polyneuropatie a polyradikuloneuritidy jsou relativně vzácné, ale důležité pro možné těžké průběhy a postižení, a zároveň dobrou léčitelnost (Guillain-Barrého syndrom, chronická zánětlivá demyelinizační polyradikuloneuropatie, multifokální motorická neuropatie).

Hereditární neuropatie mají většinou při vyšetření vedení velmi výrazný nález.

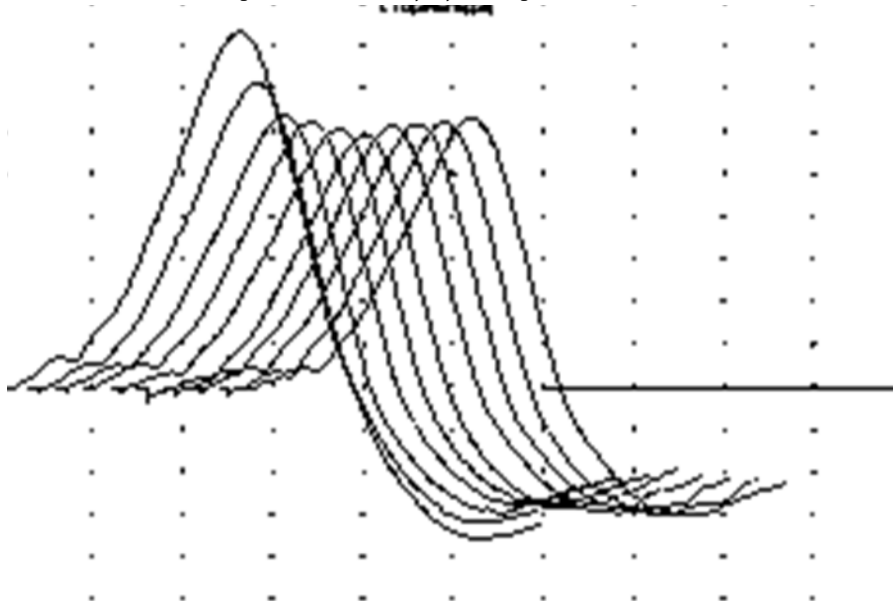
Strategie a rozsah vyšetření elektromyografista přizpůsobí zkoumanému problému a provedeným vyšetřením by měl určit rozsah postižení (mononeuropatie, polyneuropatie), typ postižených vláken (senzitivní, motorická, autonomní) a případný vývoj nálezu u kontrolního vyšetření. Polyneuropatie v EMG obraze mají výraznější nález na dolních končetinách (vyjma některých specifických neuropatií např. mononeuropatií nervů horních končetin a multifokální motorické neuropatie), proto se většinou při podezření na polyneuropatii vyšetřují končetiny dolní. Toto může být problematické, resp. technicky **obtížně proveditelné u otoků nohou**, nebo při zánětlivých procesech a otevřených ranách na příslušné končetině (např. u bérco-vých vředů). V tomto případě dolní končetiny nelze validně vyšetřit a vyšetření je omezeno na horní končetiny. I při mírných otocích nohou je ale výpovědní hodnota a spolehlivost vyšetření limitována. Jinak platí, že při dobře vyšetřitelném a správně vyšetřeném pacientovi je spolehlivost (senzitivita, specifita, reprodukovatelnost) a přínos vyšetření velmi vysoké.

Kontraindikací ke kondukčním studiím jsou výše uvedené zánětlivé procesy a rány v místě vyšetření a stimulace v těsné blízkosti kardiostimulátoru (Erbův bod). Vyšetření vedení periferním nervem u antikoagulovaných pacientů je zcela bezpečné.

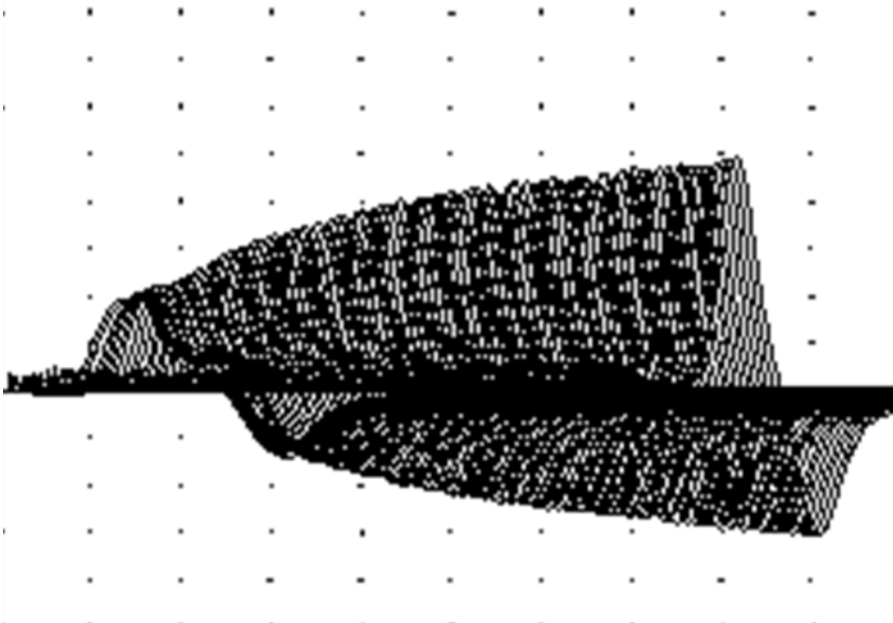
Rozsah vyšetření, zpráva o EMG vyšetření

Rozsah vyšetření sice většinou určí/provede elektromyografista, v žádance by ale měly být uvedeny základní údaje – typ, doba, intenzita obtíží, jejich rozsah (dolní, horní končetiny), **klinické podezření**, neboli pracovní diagnóza (polyneuropatie, polyradikuloneuritidy, syndrom karpálního tunelu...), případně **požadovaná**

Obr. 2. Decrement o 25 % u generalizované formy myastenii gravis, frekvence stimulace 3 Hz (archiv autora)



Obr. 3. Repetitivní stimulace 30 Hz n. ulnaris sin, amplitudový inkrement o 148 % (archiv autora)



vyšetření. Záznam o EMG vyšetření (zpráva) by měl obsahovat **anamnézu** relevantní ke zkoumanému problému (obtížím), včetně případné **rodinné anamnézy** při podezření na hereditární etiologii, nebo **pracovní zátěže** u kompresivních neuropatií. Dále klinický náález zaměřený na zhodnocení postižení periferního nervového systému (je potřeba zaznamenat případné trofické změny, výbavnost reflexů, poruchy taktilního a vibračního cití, případné nálezy pyramidových jevů) a vlastní EMG provedené v rozsahu odpovídající zkoumanému problému. Pokud jde o vyšetření s cílem prokázat případnou polyneuropatii, pak je vyšetřených více nervů jak z dolních, tak i horních končetin, například dva motorické a dva senzitivní

nervy dolních končetin, jeden až dva motorické a senzitivní nervy na horních končetinách. Dle potřeby je možné k motorickému vedení doplnit alespoň u jednoho nervu F vlnu ke zhodnocení postižení proximálních úseků nervu. Výběrově je vhodné doplnit vyšetření svalu jehlovou EMG k upřesnění denervačních a reinnervačních změn ve svalu, která upřesní stupeň axonálního postižení (Johnsen et Fuglsang-Frederiksen, 2000).

Závěr EMG vyšetření by měl obsahovat jednak **souhrn** zjištěných elektrofyziologických abnormit a vlastní srozumitelný a konkrétní **závěr** s klinickou a elektrofyziologickou korelací.

Při vyšetření **mononeuropatií** (nejčastěji jde o syndrom karpálního tunelu, případně lézi

n. ulnaris, n. radialis, peroneus) je vyšetření méně rozsáhlé a je kromě postiženého nervu rozšířené o vyšetření referenčních (nepostižených) nervů. Tedy široké vyšetření nervů ostatních končetin není obvykle ani požadováno, ani vykonáno, pokud k tomu není jiný důvod (např. syndrom karpálního tunelu u diabetika, kdy můžeme čekat i polyneuropatické postižení na dolních končetinách).

U některých mononeuropatií profesionální etiologie (léze n. medianus v karpálním tunelu, léze n. ulnaris v oblasti lokte) je určený přesný a závazný postup vyšetření a jeho hodnocení vyhláškou Ministerstva zdravotnictví.

Repetitivní stimulace

Technika repetitivní stimulace je vlastně variantou vyšetření periferních nervů, kdy elektrickou stimulaci používáme opakovaně v určité definované frekvenci. Sledujeme pak eventuální pokles, nebo vzestup maximální amplitudy sumačního svalového potenciálu. Metoda se uplatní při vyšetření poruch nervosvalového přenosu a můžeme nejen potvrdit poruchu přenosu, ale i upřesnit typ poruchy na postsynaptickou (nejčastěji myastenii gravis, kongenitální myastenické syndromy) nebo presynaptickou (Lambertův-Eatonův myastenický syndrom nebo botulismus). Postsynaptické poruchy se vyšetřují stimulací o nízké frekvenci (nejčastěji 3 Hz). Pro postsynaptické poruchy je typický postupný dekrement (pokles) amplitud, hodnotí se nejčastěji 4., nebo 5. odpověď a za pozitivní – tedy významný se považuje dekrement o více než 10 % proti první odpovědi (obrázek 2). Senzitivitu vyšetření můžeme zvýšit po krátké cca 30 sekund trvající izometrické zátěži svalu (tzv. pozátěžová exhauce). Presynaptické poruchy se vyšetřují vysokofrekvenční stimulací (nejčastěji 20 Hz) a je pro ně typický vzestup amplitud, kdy při použití 100 stimulací bývá hodnocen vzestup poslední amplitudy a bývá pozitivní při větším než 100 % vzrůstu amplitudy (AAEM 2001) (obrázek 3).

Kontraindikace pro repetitivní stimulaci jsou obdobné jako u neurografie – je to stimulace v těsné blízkosti kardiostimulátoru (Erbův bod, krk). Většina autorů sice uvádí bezpečnou stimulaci i na krku a Erbu, ale jen pro kardiostimulátory a kardiovertery-defibrilátory s konfigurací bipolárního snímání. U přístrojů s unipolárním snímáním se můžou vyskytnout nepravidelnosti ve funkci (Cronin et al., 2013).

Typické indikace klinika k EMG vyšetření vedení periferním nervem

- **Pacient s paresteziemi, dysesteziemi dolních končetin** (podezření na polyneuropatii).
- **Pacient s poruchami chůze – nestabilita, slabost** (podezření na polyneuropatii).
- **Pacient s deformitami chodidel** – pes cavus (podezření na Charcot-Marie-Toothovu nemoc).
- **Akutně se rozvíjející parestezie a slabost končetin** (podezření na akutní polyradikuloneuritidu).
- **Podezření na polyneuropatii u diabetika** (k potvrzení/vyloučení polyneuropatie).
- **Parestezie jedné nebo obou rukou v mediánové inervační oblasti (1.–4. prst), v inervační oblasti n. ulnaris** (4., 5. prst) (podezření na mononeuropatii).
- **Parézy útlakové, pooperační, potraumatické odpovídající postižení jednoho, či více nervů** (radialis, ischiadicus, peroneus, femoralis, facialis (podezření na mononeuropatii)).

Podmínky k vyšetření vedení nervů na končetinách

- **Končetiny musí být zahřáté, čisté** (doporučit pacientovi v zimním období rukavice, teplé oblečení, teplé boty, umyté nohy, nepoužívat krémy na kůži).

- **Bez otoků nohou** (pokud se vyskytují otoky a pacient užívá diuretika, použít před vyšetřením vyšší dávku diuretik).
- **Neposílat k vyšetření pacienty s otevřenými ranami v místě předpokládaného vyšetření** (běrcové vředy, rozsáhlé kožní defekty, záněty).

Typické otázky, které se vyskytují v žádosti o EMG vyšetření

Logické a správné

- Má pacient polyneuropatii?
- Jsou postižena periferní senzitivní vlákna?
- Má pacient syndrom karpálního tunelu?
- Má pacient lézi nervus ulnaris, je možné upřesnit místo léze? (Variantně pro jiné nervy – peroneus, radialis atd.)
- Lze určit stupeň postižení/polyneuropatie, došlo k progresi/regresi?

Nelogické a nesprávné

- Má pacient parézu?
- Žádost o určení stupně parézy z amplitudy odpovědi v kondukčních studiích.
- Nesouhlas v klinice a otázce – dotaz na medianus, klinicky jde zjevně o parézu n. ulnaris.
- Pacient s bolestí zad a kořenovou iritací, žádost o potvrzení radikulárního syndromu.

- Pacient s bolestí zad a kořenovou iritací, žádost o EMG indikaci k operačnímu řešení.
- Pacient s allodynii, žádost o EMG potvrzení léze tenkých vláken.

Nejčastější chyby a chybné interpretace nálezu vyšetřujícím elektromyografistou

- Nedodržení standardního postupu vyšetření (umístění elektrod, impedance, pohybové artefakty, špatné uzemnění, nedodržení teplota, supramaximální stimulace).
- Nesprávná interpretace záznamů s artefakty.
- Neschopnost rozeznat relativní abnormality.
- Neschopnost poznat/hodnotit na věku závislé abnormality.
- Nízká amplituda, nebo nevybavená odpověď/potenciál automaticky interpretována jako těžká axonální léze nervu, případně polyneuropatie (může jít o technickou chybu vyšetření, otoky končetin, anomální inervaci, stenózu páteří).
- Zpomalení vedení, prodloužené distální latence při procházení končetiny interpretovány jako demyelinizační polyneuropatie (pokles teploty o 1 °C může zpomalit vedení o 1,2–2,5 m/s, DML může být prodloužena o 0,2–0,3 ms/ 1 °C) (Bolton, Carter et Koval, 1982; Oh, 2003; Kimura, 2001).

LITERATURA

1. AAEM Quality Assurance Committee. American Association of Electrodiagnostic Medicine. Practice parameter for repetitive nerve stimulation and single fiber EMG evaluation of adults with suspected myasthenia gravis or Lambert-Eaton myasthenic syndrome: summary statement. Muscle Nerve 2001; 24(9): 1236–8.
2. Bolton CF, Carter K, Koval JJ. Temperature effects on conduction studies of normal and abnormal nerve. Muscle Nerve 1982; 5: 145–147.
3. Cronin EM, Gray J, Abi-Saleh B, Wilkoff BL, Levin KH. Safety of

- repetitive nerve stimulation in patients with cardiac implantable electronic devices. Muscle Nerve 2013; 47(6): 840–844.
4. Franssen H, van den Bergh PY. Nerve conduction studies in polyneuropathy: practical physiology and patterns of abnormality. Acta Neurol Belg 2006; 106(2): 73–81.
5. Johnsen B, Fuglsang-Frederiksen A. Electrodiagnosis of polyneuropathy. Neurophysiol Clin 2000; 30(6): 339–351.
6. Kimura J. Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principles and Practice, 3rd Ed.; Oxford University Press, 2001.
7. Kincaid JC. Neurophysiologic Studies in the Evaluation of

- Polyneuropathy. Continuum (Minneapolis). 2017; 23(5), Peripheral Nerve and Motor Neuron Disorders: 1263–1275.
8. Oh SJ. Clinical Electromyography: Nerve Conduction Studies. 3rd ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
9. Tankisi H, Pughdahl K, Fuglsang-Frederiksen A, Johnsen B, de Carvalho M, Fawcett PR, Labarre-Vila A, Liguori R, Nix WA, Schofield IS. Pathophysiology inferred from electrodiagnostic nerve tests and classification of polyneuropathies. Suggested guidelines. Clin Neurophysiol 2005; 116(7): 1571–1580.