

SOUČASNÉ TRENDY V EMG

doc. MUDr. Edvard Ehler, CSc.

Neurologické oddělení Krajské nemocnice Pardubice a Univerzity Pardubice

V posledním desetiletí došlo k dalšímu rozvoji a širšímu praktickému využití klasických neurofyzilogických metod užívaných v EMG laboratoři k rozpracování již zaběhlých specializovaných metod a byla uvedena do praxe celá řada zcela nových neurofyzilogických vyšetření. Při neurografii se klade stále větší důraz na parametry získané odpovědi (definice bloku vedení motorickými vlákny, amplituda a chronodisperze pro motorická i senzitivní vlákna). V hodnocení F-vln nabývá na významu nejen latence, ale také perzistence odpovědi. Při jehlové EMG je důležité jak kvantitativní hodnocení spontánní aktivity, charakter náboru MUP, ale také interferenční vzorec, frekvence pálení neuronů a hodnocení souboru MUP se zdůrazněním MultiMUP analýzy. V již zaběhlých specializovaných vyšetřeních došlo k dalšímu propracování diagnostiky, rozšíření indikačního spektra či zjednodušení metodiky. Z celé řady nových neurofyzilogických metod je možno zdůraznit testování excitability nervu, povrchové EMG (surface EMG) či TST.

Klíčová slova: EMG techniky, blok vedení, F-vlny, MultiMUP, SF-EMG.

Neurol. pro praxi, 2008; 9(2): 65–68

Seznam zkratk

CMAP – sumační svalový akční potenciál

DML – distální motorická latence

MCV – rychlost vedení motorickými vlákny

MultiMUP – metoda hodnocení souboru MUP

MUP – akční potenciál motorické jednotky

SF-EMG – single-fiber EMG

SNAP – senzitivní nervový akční potenciál

TST – Triple Stimulation Technique

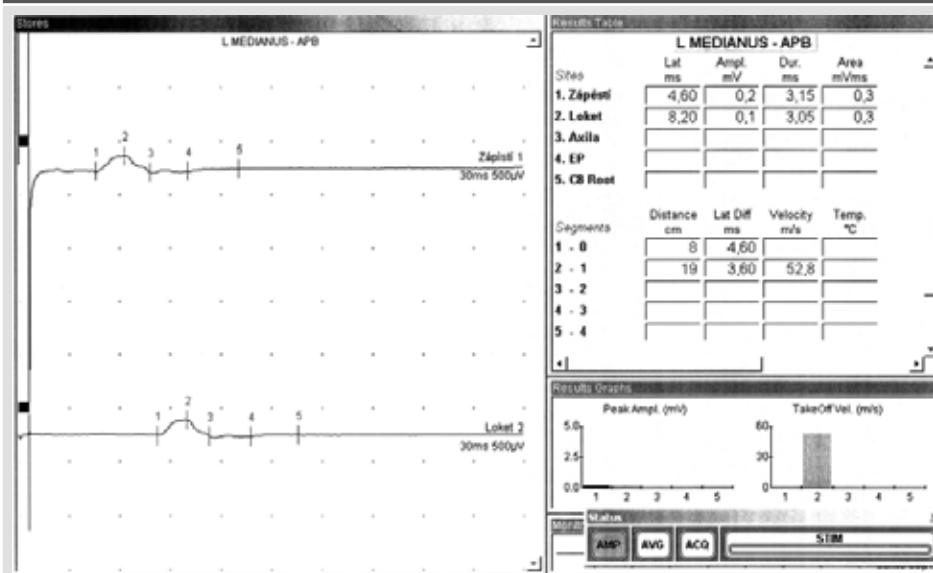
Úvod

Každý neurolog, ať již má vlastní praxi či pracuje v nemocnici, by měl mít velmi dobrý přehled o možnostech neurofyzilogických vyšetření v EMG laboratoři, o významu i omezení jednotlivých metod. Nejen s technickým rozvojem (EMG přístroje, programy), ale i po vstřebání dalších informací (získaných např. genetickým vyšetřením či zobrazovacími metodami) a s vývojem názorů na jednotlivé choroby se dále rozvíjejí i klasické metody a jejich racionální využití v každé EMG laboratoři (neurografie, jehlová EMG). Své stabilní místo si získávají některé již zavedené speciální metody (např. SF-EMG či EMG pánevního dna) a objevují se nové metody slibující další pokrok v neurofyzilogické diagnostice. Problematika rozvoje EMG metod je široká. V následujícím článku, který je určen především praktickým neurologům, ale rovněž zájemcům o EMG problematiku, bych chtěl podat informaci o trendech, které se mi jeví zásadní či očekávám jejich další rozvoj v blízké budoucnosti, a také upozornit na některé nově zavedené metody.

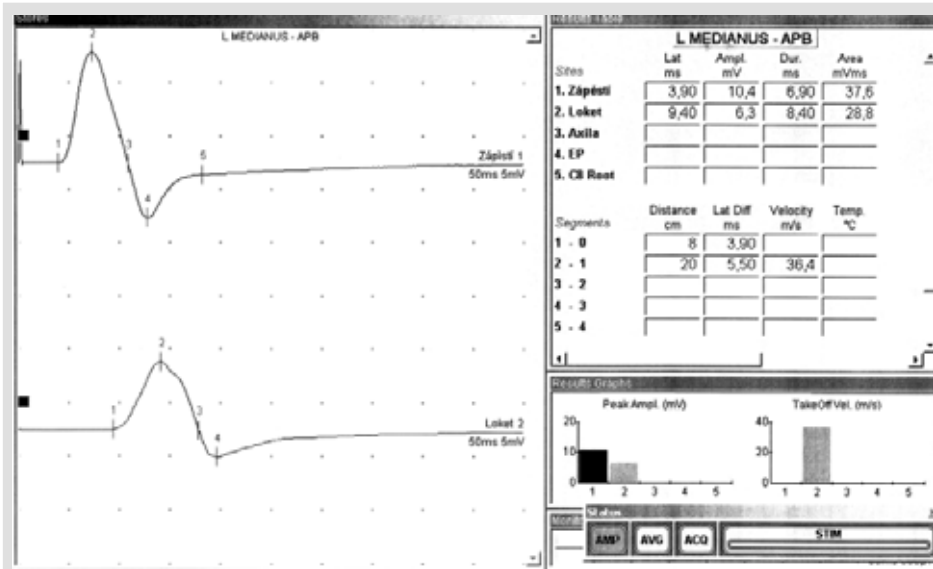
Klasické metody v EMG laboratoři

Při **stimulaci motorických či senzitivních vláken** vyšetřujeme nejen počet vláken v nervu, jejich spektrum (silná, tenká), synchronní aktivaci, ale zejména integritu axonu a jeho obalů. I když se rychlost vedení ztrátou rychle vedoucích vláken (např. při lehké polyneuropatii) mírně sníží, přesto není tento

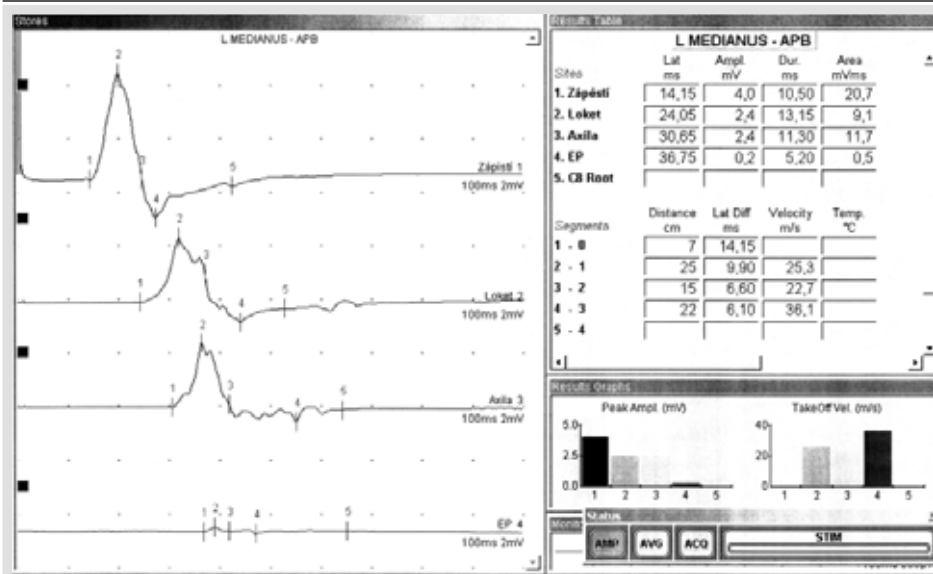
Obrázek 1. Těžká axonální léze. Při stimulaci n. medianus je velmi nízká amplituda CMAP při stimulaci proximální i distálně. 42letá žena v akutním stadiu axonální formy polyradikuloneuritidy



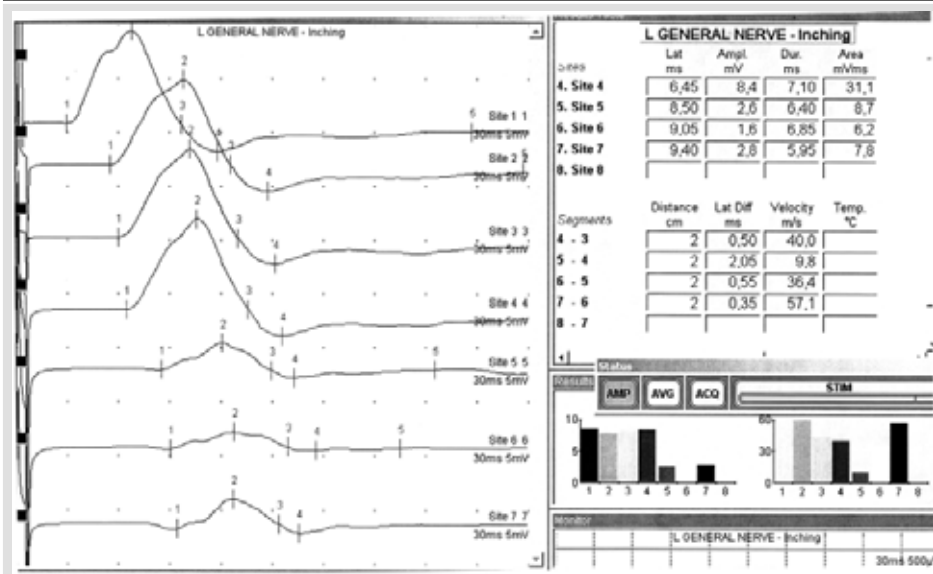
Obrázek 2. Akutní demyelinizační léze – blok vedení. Při stimulaci n. medianus na zápěstí je amplituda CMAP v normě (10,4 mV) a při stimulaci v lokti o 40% nižší (6,3 mV) bez dalších známek desynchronizace. 45letá žena v akutním stadiu recidivy polyradikuloneuritidy po 15 letech



Obrázek 3. Chronická recidivující demyelinizační léze – desynchronizace CMAP (prodloužené trvání při proximální stimulaci s polyfází), podíl bloku vedení, výrazně prodloužená distální motorická latence (14,15 ms při normě < 4,3 ms, n. medianus). 51letý muž s četnými recidivami chronické zánětlivé demyelinizační polyneuropatie



Obrázek 4. Inching n. ulnaris v loketním segmentu. V segmentu mezi 4. a 5. odpovědí je jednak zpomalení rychlosti vedení (9,8 m/s), jednak pokles amplitudy CMAP (z 8,4 mV na 2,6 mV). Jedná se o fokální demyelinizační lézi loketního nervu v sulcus retroepikondylaris se snížením rychlosti vedení i výrazným blokem vedení (o 70 %). 42letá žena s 3 měsíce trvajícím oslabením i poruchou čítí v inervační oblasti n. ulnaris vlevo



parametr podkladem klinických příznaků. Oslabení svalů inervovaných daným nervem může být důsledkem axonální léze či bloku vedení (8). Při axonální lézi je amplituda CMAP nízká při stimulaci z různých úseků motorického nervu (obrázek 1), zatímco při bloku vedení je nízká amplituda při proximální stimulaci a je vyšší při distální stimulaci (obrázek 2). Úkolem elektromyografisty je rozlišit axonální a demyelinizační polyneuropatii (blok vedení, desynchronizace CMAP, prodloužená DML) (obrázek 3) (12). Při lokalizaci fokální léze nervu (např. v rámci úžňového syndromu) se využívá metody vyšetření krátkých segmentů (např. 10 cm úsek přes loket) či tzv. inching (úseky jen 2 cm dlouhé). Fokální pokles rych-

losti vedení značí demyelinizaci a pokles amplitudy pak blok vedení či desynchronizaci vedení (v kombinaci s nestejným snížením MCV) (obrázek 4) (10). Při senzitivní neurografii dochází k ještě výraznějšímu snížení amplitudy či k desynchronizaci SNAP než tomu bývá u motorické neurografie. Je nutno vždy porovnat nervy na obou stranách.

Metodou vyšetření F-vln získáme přehled o vedení ve velmi dlouhém úseku, což je zvláště potřebné (a přesvědčivé) u polyneuropatií. U demyelinizačních neuropatií dochází ke snížení perzistence F-vlny (vyjadřuje se poměrem získaných odpovědí k počtu stimulací a bývá snížena v důsledku bloků vedení na některých motorických vlákních) i k větší

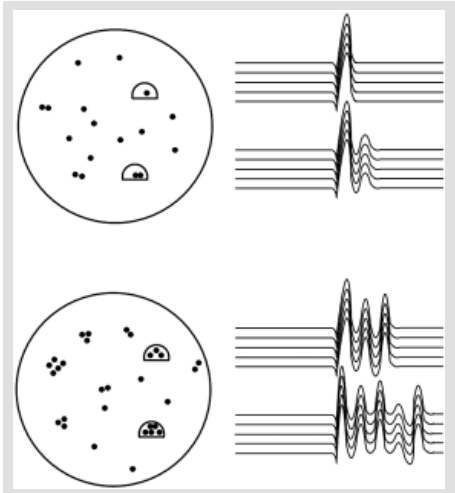
chronodisperzi latencí (rozdíl mezi minimální až maximální latencí F-vlny) (6).

Jehlovou EMG se snažíme posoudit spontánní aktivitu, a to nejen kvalitativně (převaha fibrilací v akutní fázi a více pozitivních vln v chronické fázi denervačního syndromu), ale zejména jejich kvantifikací. Hodnocení MUP prošlo již nejméně třemi vývojovými stupni. Tak Buchthal a spol. (1955, 3) hodnotili MUP při velmi slabé kontrakci svalu (5 % síly) a odečítali parametry z fotografií dosvitové obrazovky. Zavedením triggeru a zpožďovací linie (Czekajewski a spol., 1969) bylo možno MUP na obrazovce zastavit a seřadit pod sebe, a tím získat kvalitní a věrohodné parametry („klasický histogram MUP“). S rozvojem počítačového zpracování EMG dat došlo k vývoji Multi-MUP analýzy (Stalberg a spol., 1994, 1), kdy z jednoho místa svalu lze při mírné kontrakci získat 3 MUP. Při hodnocení souboru MUP však nejsou rozhodujícími parametry souboru 30 MUP jen aritmetické průměry a směrodatné odchylky trvání, amplitudy, arey a počtu fází, ale důležité jsou zejména „outliers“. Jsou to potenciály, které se nacházejí mimo referenční pole (průměr $\pm 2,5$ směrodatné odchylky). Je to metoda rychlá (30 MUP za 3–5 minut) a obsahuje i další parametry hodnocení (průměry, outliers, rychlosti pálení motoneuronů) (2) (tabulka 1). Dalším parametrem využitelným pro posouzení stability motorické jednotky je „jiggle“, který vyjadřuje stupeň variability tvaru MUP a hodnotí se 15–30 MUP jedné motorické jednotky při mírné kontrakci svalu. Zvýšená instabilita MUP je charakteristická nejen pro poruchu nervosvalového přenosu a demyelinizační léze, ale rovněž pro časné fáze reinervace či denervační poruchy s rychle nastupující reinervací (např. u ALS).

Specializované metody v EMG laboratoři

SF-EMG má své začátky již v 70. letech (Stalberg, Trontelj, Nandedkar) (15, 16) a v naší republice je rozvíjena na několika pracovištích. Pro bližší poznání struktury motorické jednotky je důležitá **denzita vláken**. V případě výpadku jednotlivých motoneuronů dochází pak k denervaci svalových vláken a následně k pučení a růstu novotvořených axonů z neporušených motorických jednotek, které v teritoriu zdravé motorické jednotky reinervují denervovaná svalová vlákna. Tím dochází k nakupení vláken inervovaných jedním motoneuronem v registračním poli SF EMG elektrody, což nazýváme shlukováním vláken (fibre grouping) (obrázek 5). Zvýšená denzita vláken je projevem reinervace. Pro zhodnocení neuromuskulárního přenosu je v SF EMG vypracována jak metodika **volní aktivity**, kdy měříme časovou variabilitu převodu impulsu na 2 vlákna (tedy funkci 2 nervosvalových plotének) jedné motorické jed-

Obrázek 5. Princip měření denzity vláken (SF-EMG). V registrační oblasti speciální SF elektrody se za normálních okolností nachází 1 až 2 vlákna (horní polovina obrázku – vlevo zakresleny registrační oblasti elektrod a vpravo křivky s 1 či 2 potenciály motorických vláken). U neurogenních poruch s reinervací se v registrační oblasti SF elektrody nachází více vláken (dolní polovina obrázku, 3 a 5 vláken). Došlo ke zvýšení denzity vláken (norma 1,5–2,0). (Volně dle Stalberga, 14)



notky – tzv. *jitter* i případné blokování přechodu. Při **axonální stimulaci** a snímání jehlovou elektrodou ze svalu registrujeme jak jitter a blokování (ale pouze přes 1 nervosvalovou ploténku). Můžeme měnit frekvenci stimulace (běžně užíváme 3 Hz a při podezření na presynaptický typ poruchy 20 Hz). Zvýšený jitter a blokování přechodu se nevyskytují pouze u poruch nervosvalového přechodu, ale také u neurogenních lézí (více v reinervační fázi – na aktivitě závislý blok vedení). Vzhledem k současným přísným předpisům na sterilizaci (a požadavek EMG jehel na jedno použití – viz HIV, či prionové nemoci) se stále častěji používají ke snímání stimulované SF-EMG koncentrické bipolární elektrody (14); tabulka 2.

Respirační EMG nachází stále širší využití u nemocných s poruchou ventilace (zánětlivé či metabolické neuropatie, traumata, nemocní na ventilátoru). Metodika motorické neurografie frenických nervů i jehlová EMG bránice patří k nezbytným vyšetřením. Určité problémy se vyskytují při výběru místa stimulace n. phrenicus (bez současné stimulace brachiálního plexu) i snímání povrchovými elektrodami (obě poloviny bránice). Největším nebezpečím jehlové EMG bránice je vznik pneumotoraxu, kterému se vyhneme zachováním přesné metodiky při výběru místa i při samotném vpichu jehly (se sledováním EMG signálu jednotlivých vrstev svalů s rozdílnou funkcí i strukturou) (13).

EMG pánevního dna našlo své místo již v mnoha EMG laboratořích. Vyšetření m. sphincter ani externus (povrchní vrstvy, všech 4 kvadrantů) je snadné a dobře hodnotitelné (jak fibrilace, tak jednotlivé MUP vzhledem ke klidové trvalé tonické

Tabulka 1. Vztah mezi jednotlivými charakteristikami MUP a patologicko-anatomickým nálezem

Abnormita MUP	Anatomický korelát
Snížení amplitudy	Atrofie svalových vláken Zmnožení vazivové tkáně
Zvýšení amplitudy	Fokální shlukování svalových vláken (reinervace, regenerace) Hypertrofie svalových vláken
Kratší trvání	Atrofie vláken Ztráta svalových vláken
Prodoužení trvání	Zvýšený počet svalových vláken (pučení)
Prodoužené trvání jednotlivých hrotů	Zvýšená variabilita průměru vláken
Zvýšený počet fází a „turns“	Zpomalení vedení v terminálních větvích Zvýšená variabilita průměru vláken
Zvýšení frekvence náboru	Ztráta motorických jednotek Myopatie
Zvýšený „jiggle“ (instabilita MUP)	Abnormální neuromuskulární převod

Tabulka 2. Změny EMG parametrů u jednotlivých klinických syndromů. (volně dle Stalberga, 14)

	Fibrilace/ pozit. vlny	Amplituda/ trvání MUP	Polyfázie	Instabilita MUP	Nábor MUP
Akutní denervační syndrom	↑	–	–	–	↓
Subakutní neurogenní léze	↑	↑	↑	↑	↓
Chronická neurogenní léze	↑	↑	↑	↑	↓
Myogenní léze	↑	↓	↑	–	↑
Porucha nervosvalového přenosu	–	–	–	↑	–
Centrální neurogenní porucha	–	–	–	–	↓

aktivitě svalu, i kontrakční křivku s interferenčním vzorcem). Nejčastější indikací je inkontinence stolice (na doporučení proktologa), ale má svou důležitost i při neurologické diferenciální diagnostice (u multisystémové atrofie dochází k degeneraci Onufrova jádra s rozvojem denervačního syndromu m. sphincter ani externus; u Parkinsonovy nemoci se fibrilace v m. sphincter ani externus nevyskytují). Obtížnější je vyšetření vedení motorickými vlákny n. pudendalis. Bulbokavernózní reflex vybavitelný stimulací n. dorsalis penis a registrací motorické odpovědi koncentrickou jehlovou elektrodou zavedenou do m. bulbocavernosus je u mužů snadný. Podstatně častěji se používá anální reflex, kdy při stimulaci n. dorsalis penis registrujeme jehlovou elektrodou z m. sphincter ani (latence M odpovědi do 45 ms, je nutno vybavit několik odpovědí). Mezi nejdůležitější indikace patří léze kaudy a konu (17).

Při **kožní periodě útlumu** dochází k potlačení volní EMG aktivity po bolestivých podnětech, a to konkrétně při stimulaci senzitivních vláken (např. digitálních nervů) až 10násobkem intenzity prahového stimulu. Touto metodou je možno testovat nejen aferentní tenká vlákna vedoucí bolest (A-delta), ale zejména integritu míšních segmentálních spojů

i úroveň excitace a inhibice míšních struktur. Testování periody kožního útlumu se stále více využívá pro testování míšních poruch (syringomyelie, cervikální myelopatie, vaskulární i degenerativní míšní poruchy) (9).

Nové metody v EMG laboratoři

Dochází k rozvoji další metodik povrchové EMG, nyní ve formě „**High-density surface EMG**“. Z kůže na povrchu svalu se neinvazivně snímá speciálními mnohotnými a oddělenými elektrodami elektrická aktivita svalu při kontrakci. Kromě možnosti lépe lokalizovat aktivitu ve svalu přináší tato metoda další nové informace. Lze přitom měřit rychlost vedení vláken svalu, hodnotit jednotlivé motorické jednotky. Tuto metodu využívají autoři (Stegeman, Zwarts a spol., Nijmegen, Nizozemí) pro analýzu stavů svalové únavy, chorob motoneuronu, neuropatií, myopatií, při poruchách iontových kanálů, u sponátní svalové aktivity a při analýze rychlosti pálení motoneuronů (4, 18).

Testování excitability nervu je novou metodou zaváděnou v některých neurofyzilogických laboratořích. Měřením změny prahových hodnot pro vznik akčního potenciálu po aplikaci depolarizujících či hy-

perpolarizujících pulzů se získají důležité informace týkající se excitability axonu. Z původní zdlouhavé laboratorní procedury je nyní po zavedení programů se semi-automatickým hodnocením (např. TROND) pouhých 5 minut. Výsledky vyšetření obsahují informace o iontových kanálech, měnící se excitabilitě axonu v průběhu vedení (refrakterní či supernormální fáze), o funkční integritě různých oblastí nervových vláken (např. paranodální), o bloku vedení (stabilní či na aktivitě závislý) a mnoha dalších důležitých oblastech fyziologie nervových vláken. Testování excitability nervu se využívá k bližší diagnostice vedení i axonálních poruch při zánětlivých či hereditárních neuropatiích, mononeuropatiích (včetně syndromu karpálního tunelu), neurodegenerativních chorob (ALS), při reinervačních procesech (5, 11).

Technika trojí stimulace – TST kombinuje transkraniální magnetickou stimulaci s periferní

stimulací elektrickým stimulatorem. Využívá se 3 stimulů, které mezi sebou mají 2 kolize. Nejprve se magnetickou cívkou stimuluje motorický kortex, pak po propočtené latenci se stimuluje loketní nerv na zápěstí (kolize podnětů je proximálně od zápěstí, průměrná latence 17 ms) a 3. stimulus je elektrický stimulus v Erbově bodu. Ke druhé kolizi dochází mezi ascendentně procházejícím potenciálem vzniklým při stimulaci na zápěstí (nebyl zcela „vyrušen“ kolizí s descendentním potenciálem vyvolaným magnetickou stimulací kortexu) a descendentně probíhajícími potenciály vyvolanými stimulací v Erbově bodu (kolize je na paži, průměrná latence 7 ms). A tato odpověď po 3. stimulaci je podrobena analýze. Používá se u demyelinizačních poruch (autoimunitní neuropatie, zejména lokalizované proximálně), ALS a u kořenových demyelinizačních lézí. Je již k dispozici

komerčně dostupný program (Medtronic, Keypoint) (7).

Informace podané ve zkrácené formě jsou podnětem k hlubšímu zájmu o danou problematiku. Kromě doporučené literatury však mohou zájemci získat bližší informace i praktické zkušenosti v rámci akcí Neuromuskulární sekce České neurologické společnosti (Brno, Chomutov) a Dne praktické neurologie (Brno).

*Práce byla podpořena grantem IGA MZ ČR
8404-3/2005.*

doc. MUDr. Edvard Ehler, CSc.

Neurologické oddělení Krajské nemocnice, Pardubice
Kyjevská 44, 530 00 Pardubice
e-mail: ehler@nem.pce.cz

Literatura

1. Bischoff C, Stalberg E, Falck B, Edebol Eeg-Olofsson K. Reference values of motor unit action potentialis obtained with multi-muap analysis. *Muscle Nerve* 1994; 17: 842–851.
2. Bischoff C, Stalberg Falck B. Outliers – a way to detect abnormality in quantitative EMG. *Muscle Nerve* 1994; 17: 392–399.
3. Buchthal F, Rosenfalck P. Action potential parameters in different human muscles. *Acta Physiol Scand* 1955; 30: 125–131.
4. Drost G, Stegeman DF, van Engelen Bg, Zwarts MJ. Clinical applications of high-density surface EMG: a systematic review. *J Electromyogr Kinesiol* 2006; 16: 586–602.
5. Kaji R. Physiology of conduction block in multifocal motor neuropathy and other demyelinating neuropathies. *Muscle Nerve* 2003; 27: 285–296.
6. Kimura J. Long and short of nerve conduction measures: reproducibility for sequential assessments. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2001; 71: 427–430.
7. Klein BU, Schelhaas HJ, Stegeman DF, Zwarts MJ. A prospective, blind study of the triple stimulation technique in the diagnosis of ALS. In: Trontelj JV (Ed.) *Proceeding of IXth Quantitative EMG Conference*, Ljubljana, 2007: 163.
8. Krarup C. Nerve conduction studies in selected peripheral nerve disorders. *Curr Opin Neurol* 2002; 15: 579–593.
9. Leis AA, Štětkařová I, Berič A, Stokič DS. Spinal motor neuron excitability during the cutaneous silent period. *Muscle Nerve* 1995; 18: 1464–1470.
10. Merlevede K, Theys P, van Hees J. Diagnosis of ulnar neuropathy: A new approach. *Muscle Nerve* 2000; 23: 478–481.
11. Nodera H, Kaji R. Nerve excitability testing and its clinical application to neuromuscular diseases. *Clin Neurophysiol* 2006; 116: 1902–1916.
12. Oh SJ (Ed.) *Clinical elektromyography. Nerve conduction studies*. 2nd ed. Baltimore: Williams Wilkins, 1993. 696 s.
13. Podnar S. Respiratory electrodiagnosis. In: Trontelj JV (Ed.) *Proceeding of IXth Quantitative EMG Conference*, Ljubljana, 2007: 124–136.
14. Sanders DB. Clinical impact of single-fiber elektromyography. *Muscle Nerve* 2002; Suppl. II: S15–S20.
15. Stalberg E (Ed.) *Clinical Neurophysiology of Disorders of Muscle and Neuromuscular Junction, Including Fatigue*. Amsterdam: Elsevier, 2003. 436 s.
16. Stalberg E, Trontelj JV. *Single fiber elektromyography in healthy and diseased muscle*. New York: Raven Press, 1994. 384 s.
17. Vodušek DB, Fowler CJ. Pelvic floor clinical neurophysiology. In: Binnie C, et al (Eds.) *Clinical neurophysiology. Vol.1 EMG, nerve conduction and evoked potentials*. Boston: Elsevier, 2004: 281–307.
18. Zwarts MJ, Stegeman DF. Multichannel surface EMG: basic aspects and clinical utility. *Muscle Nerve* 2004; 28: 1–17.