

NEUROFYZIOLOGICKÉ VYŠETŘOVACÍ METODY V KLINICKÉ NEUROLOGICKÉ PRAXI

MUDr. Martin Bareš

I. neurologická klinika LF MU, FN u sv. Anny, Brno

Nejběžnějšími neurofyzilogickými vyšetřovacími metodami v neurologické praxi jsou elektroencefalografie, evokované potenciály a elektromyografie. Společně s klinickým neurologickým vyšetřením a zobrazovacími metodikami tvoří důležitou součást diagnostiky onemocnění nervového systému. Výsledky neurofyzilogického vyšetření hovoří o funkčním stavu centrálního či periferního nervového systému, prokazují subklinické postižení nervové soustavy, sledují dynamiku změn funkčního stavu jednotlivých nervových systémů. Nezbytná je korelace výsledků neurofyzilogických vyšetření s klinickým neurologickým stavem pacienta.

Klíčová slova: Neurofyzilogie, klinická neurologická praxe, elektroencefalografie, evokované potenciály, elektromyografie.

Neurofyzilogie je dnes již nezbytnou součástí každodenní neurologické praxe. Jako pomocná vyšetřovací metoda výrazně pomáhá lékařům-neurologům v diagnostice onemocnění centrálního a periferního nervového systému, pomáhá odhalovat subklinické postižení nervového systému (např. polyneuropatie u pacientů s diabetes mellitus). Rovněž sleduje dynamiku změn funkčního stavu nervového systému v čase opakovaným vyšetřením a srovnáním jednotlivých závěrů neurofyzilogických metodik. Závěry neurofyzilogických vyšetření hovoří o funkčním stavu nervového systému, nezbytné je ovšem vždy přihlížet ke klinickému nálezu pacienta (tzv. elektroklinická korelace). Dnes užívané neurofyzilogické vyšetřovací metody jsou elektroencefalografie (EEG), evokované potenciály (EP), elektromyografie (EMG).

Elektroencefalografie – EEG

Je to pomocná vyšetřovací metoda sloužící k registraci bioelektrických potenciálů mozku. Elektroencefalogram (EEG) vzniká součinností neuronů thalamu a kortexu. EEG aktivita je většinou rytmická a sinusoidního tvaru (1). EEG snímáme pomocí elektrod rozložených na hlavě podle systému navrženého H. Jasperem; jde o tzv. systém 10–20, *protože vzdálenost elektrod je 10 nebo 20% v obou rovinách* – rovině sagitální (nasion-ion) i v rovině frontální (mezi oběma zvukovody). Spojení mezi elektrodami je bipolární neboli diferenční (zapojení příčné či podélné) nebo unipolární neboli referenční (zapojení konkrétní elektrody s tzv. nulovou – Goldmannovou) elektrodou, což představuje spojení všech elektrod přes odpor k zemi. Používá se rovněž spojení elektrod k ušním lalůčkům – tzv. pseudounipolární spojení, používané pro další zpracování EEG křivky různými počítačovými programy. Kromě možnosti získání EEG pomocí povrchových elektrod na hlavě se užívají na některých specializovaných pracovištích elektrody zanořené přímo do mozkových struktur, které chceme vyšetřit (2). Získaný záznam se nazývá jako stereoelektroencefalogram (SEEG) nebo elektrokortikogram (ECoG) – elektrody jsou v kontaktu s povrchem mozku.

Další možností je zavedení elektrod subdurálně nebo epidurálně (subdurální, epidurální elektrody); nevýhodou je nutnost provedení kraniotomie. Zmíněné možnosti invazivního vyšetřování EEG aktivity se provádí ke zjišťování epileptických ložisek u pacientů v epileptochirurgickém programu s epilepsií rezistentní na medikamentózní způsob léčby.

Hodnocení EEG záznamu

EEG křivka je tvořena vlnami, u kterých hodnotíme jejich frekvenci (tj. počet cyklů v 1 sekundě, měříme v Hz) a amplitudu (měříme v μV , porovnáváme s kalibrační přístroje).

Podle frekvence dělíme rytmy (aktivity) do frekvenčních pásem. Nejvýznamnější jsou čtyři pásma:

Alfa rytmus (aktivita) s frekvencí 8–13 Hz, amplituda 40–80 μV , vyskytuje se u zdravých dospělých v bdělém stavu. Je nejlépe vyjádřena v posteriorních svodech (parieto-okcipitální oblast), při zavřených očích. Je tlumena zvýšením pozornosti a otevřením očí.

Beta rytmus (aktivita) má frekvenci vyšší než 13 Hz (14–30 Hz), amplitudu 20–40 μV . Vyskytuje se především ve frontálních svodech. Většinou nereaguje na otevření očí.

Theta rytmus (aktivita) má frekvenci 4–7 Hz. U zdravého dospělého se vyskytuje jen v povrchových spánkových stadiích, v bdělém stavu jen za chorobných podmínek.

Delta rytmus (aktivita) má frekvenci nižší jak 4 Hz. U dospělého se fyziologicky vyskytuje jen v hlubokých spánkových stadiích, v bdělém stavu je hrubě patologickým nálezem.

Nad sensomotorickou (rolandickou) oblastí se občas objevuje tzv. arkádový neboli rolandický rytmus. Frekvence rolandického rytmu je kolem 8–10 Hz, amplituda kolem 40 μV . Rolandický rytmus je fyziologicky asymetrický, tlumí se prováděnými pohyby (např. sevření pěsti), lépe jej tlumí kontralaterální pohyb, netlumí se otevřením očí (3).

S rozvojem přístrojové techniky je možno provést i tzv. dlouhodobé monitorování pacienta, kdy jsou pořizovány

několikahodinové či několikadenní EEG záznamy (tzv. Holter EEG), při EEG paralelně můžeme snímat videozáznam, EKG, EOG (elektrookulogram), EMG apod.

Klinické využití EEG:

- Záchvatová onemocnění, zejména epilepsie, kdy EEG je velmi cenné, protože dokáže odhalit patologii i v mezizáchvatovém období (tzn. období, kdy pacient nemá klinické příznaky epileptického záchvatu). Podle uložení patologického ložiska, a klinických příznaků záchvatu se pak řídí adekvátní léčba jednotlivých druhů epilepsií. Kromě epilepsie je EEG používáno i k diferenciální diagnostice neepileptických stavů alterace vědomí (psychogenních poruch vědomí, kolapsových stavů).
- Poruchy spánkového rytmu (narkolepsie, hypersomnie, parasomnie, syndrom spánková apnoe).
- Traumata mozku – komoce, kontuze – ev. nasazení preventivní antiepileptické medikace pacientovi po úrazu mozku.
- Mozkové nádory – lokalizace, rozsah, recidiva nádoru (dnes spíše diagnostikujeme pomocí počítačové tomografie, magnetické rezonance mozku).
- Metabolická a toxická poškození mozku (vrozené a získané poruchy metabolismu, otravy).
- Zánětlivá onemocnění centrálního nervového systému (CNS) (infekční, parainfekční).

Kromě neurologie se EEG používá i v diagnostice jiných lékařských disciplín, jako je psychiatrie, neurochirurgie, cévní chirurgie, metabolická onemocnění (4).

Elektromyografie – EMG

Elektromyografie patří mezi neurofyzilogické techniky, které napomáhají hodnocení funkčního stavu motorického systému. Principem EMG je zjišťování akčních potenciálů vznikajících ve svalové tkáni a v nervových vláknech při snímání z nervů. Rozlišujeme jehlovou EMG a kondukční studie periferních nervů. Při **jehlové EMG** vpichujeme do svalů jehlové elektrody, v klidu, ve stadiu relaxace – ve zdravém svalu není přítomna žádná elektrická aktivita, při slabé kontrakci můžeme hodnotit jednotlivé akční potenciály, jejich tvar, dobu trvání, počet fází, stabilitu, amplitudu. Při maximální kontrakci vidíme tzv. interferenční vzorec, kdy jednotlivé potenciály nemůžeme detekovat, křivka je hustá. V případě patologie se v klidu objevuje ve svalu spontánní aktivita (fibrilační potenciály, pozitivní ostré vlny, fascikulace, myotonické výboje, komplexní opakované výboje), při kontrakci se zjednodušuje interferenční vzorec, mění se nejenom amplituda, ale i další parametry akčních potenciálů (5,6). Modernější přístroje jsou vybaveny programy sloužícími k přesnému vyhodnocení jednotlivých motorických jednotek (kvantitativní elektromyografie-manuální, zejména pak automatické metody) (7). Pomocí jehlové EMG můžeme odhalit především poškození axonů (axonopatie).

Výše popsaným vyšetřením pomocí běžné koncentrické jehlové elektrody je možné vyšetřit pouze část inervační oblasti příslušné motorické jednotky. Makro-EMG je metodou umožňující spolehlivější zobrazení a následnou kvantifikaci činnosti motorických jednotek v celém jejich teritoriu (8). Vyžaduje použití speciální jehlové elektrody.

Speciální metodou užívanou na některých pracovištích je vyšetření SFEMG (single fiber electromyography). Tato technika umožňuje selektivní registraci akčních potenciálů izolovaných svalových vláken během volní kontrakce (9). Technika SFEMG je užitečná především v diagnostice poruch nervosvalového přenosu.

Kondukční studie – principem je především dráždění nervových vláken arteficiálními elektrickými stimuly, snímání se provádí nejen ze svalů (pomocí povrchových elektrod uložených na břišních svalů, inervovaných nervem, který chceme vyšetřit – např. snímací elektroda na m. abductor pollicis brevis při vyšetření n. medianus, stimulační v průběhu nervu v zápěstí), ale i z nervových kmenů – např. při vyšetření vodivosti senzitivních nervových vláken. Vyšetřujeme motorické i senzitivní nervy, hodnotíme latenci odpovědi (distální latence), rychlost vedení, amplitudu sumačního svalového akčního potenciálu a srovnáváme s normami danými pro vzorek zdravé populace. Důležitým faktorem při hodnocení nálezu kondukční studie je věk pacienta, teplota a délka vyšetřované části těla (končetiny). Při lézi periferního nervového systému dochází ke zpomalení rychlosti vedení, snížení amplitudy sumačního svalového akčního potenciálu či ev. bloku vedení (zjistitelným na základě zpomalení rychlosti, poklesu amplitudy (arey) při stimulaci nad a pod předpokládaným místem bloku vedení).

Další možností při EMG vyšetření je použití repetitivní stimulace (stimulace opakovanými elektrickými impulzy). Rozlišujeme nízkofrekvenční (2–5 Hz) a vysokofrekvenční (30–50 Hz) repetitivní stimulaci. Při vyšetření repetitivní stimulací sledujeme pokles nebo nárůst amplitudy sumačního akčního potenciálu. Repetitivní stimulace slouží k diagnostice poruch nervosvalového přenosu.

Další elektrofyzilogické testy

Při EMG vyšetření používáme i celé řady dalších neurofyzilogických testů, mezi něž řadíme F-vlnu, H-reflex, blink reflex, maseterový reflex, dlouholatentní kortikální odpověď (long loop response). Z praktického hlediska se nejčastěji v běžné neurofyzilogické laboratoři používají H-reflex a vyšetření F-vlny.

H-reflex (Hoffmanův reflex) je reflexní odpověď zprostředkovaná monosynaptickým reflexním obloukem tvořeným aferentními silně myelinizovanými senzitivními vlákny typu Ia a míšními alfa-motoneurony. Je vybavitelný především v klidu, převážně v oblasti m. triceps surae a m. flexor carpi radialis. Hodnotíme přítomnost H-reflexu, latenci, amplitudu, mezistranovou

diferenci a srovnáváme s tabulkovými normami. F-vlna je pozdní komponenta, kterou je možné vybavit ve většině nervů obsahujících motorická vlákna supramaximálními stimuly kdekoli v průběhu nervového kmene. F-vlna je vyvolána antidromním vedením impulzu po motorických vláknech, který vede k podráždění a zpětnému výboji velkých alfa-motoneuronů v míše. Opět hodnotíme tvar, latenci, amplitudu, mezistranový rozdíl F-vlny. Na rozdíl od H-reflexu latence, tvar i amplituda jednotlivých F-vln fyziologicky kolísá. Tyto pozdní odpovědi jsou významně závislé na délce končetiny a těla. Jejich patologie se objevuje např. při přítomnosti polyneuropatie, radikulopatie, onemocnění předních rohů míšních (zde prodloužena F-vlna).

Při konečném hodnocení EMG vyšetření je třeba v závěru zhodnotit:

1. Lokalizaci léze: difúzní, multifokální, fokální. Určit zda jde o postižení symetrické nebo asymetrické, akcentace postižení akrálně či proximálně.
2. Typ postižení vláken: převážně senzitivní nebo motorická vlákna nebo postižení smíšené.
3. Zda jde o postižení převážně demyelinizační nebo axonální či smíšené.
4. Stupeň postižení: neurapraxie, parciální axonální axonotmésa, neurotmésa, úplná axonotmésa.
5. Stadium (stáří) postižení: akutní, subakutní, chronické.

EMG dokáže odlišit:

- periferní neurogenní poruchy (difúzní – polyneuropatie, lokalizované – mononeuropatie, úžinové syndromy – syndrom karpálního tunelu, multifokální mononeuropatie, plexopatie, radikulopatie),
- myopatie – svalové dystrofie, polymyozitidy, endokrinní myopatie, toxické myopatie, kongenitální myopatie, myotonie, periodické paralýzy,
- poruchy nervosvalového přenosu – myastenia gravis, Lambert-Eatonův myastenický syndrom,
- onemocnění motorického neuronu – především amyotrofická laterální skleróza, spinální svalové atrofie.

Evokované potenciály – EP

Evokovaný potenciál je bioelektrické zpracování a odpověď mozku na zevní senzorický stimulus.

V neurologii používáme evokované potenciály vyvolané podněty zrakovými – VEP – vizuální EP, sluchovými – BAEP (brainstem auditory EP), somatosenzorickými SSEP, motorickými – MEP. Rutinně se v neurologii evokované potenciály používají od 70. let. K nim se přidává v posledních letech vyšetřování tzv. pomalých evokovaných potenciálů, které mají vztah ke kognitivním (poznávacím) procesům, jejich užití je především v diagnostice demencí, neuropsychologii a oblasti výzkumné (vlna P300, contingent negative variation – CNV, movement related cortical potentials – MRCP) (10,11).

Podobně jako u EEG snímáme evokované potenciály pomocí elektrod uložených na skalpu, na páteři (ev. na míše – v rámci peroperačního monitorování míšních funkcí), jejich velikost je řádově v mikrovoltech, registrují se, sumují a zprůměrnují stovky až tisíce odpovědí (12). Výjimkou je vyšetření MEP – je možné použít jednotlivé stimuly, motorická odpověď je totiž snadno registrovatelná. Vyšetření MEP je odlišné od ostatních modalit evokovaných potenciálů rovněž tím, že se stimuluje centrální motorická struktura mozku nebo míchy a eferentní evokované odpovědi se zaznamenávají na periférii (stimulace na vertexu, registrace povrchovou elektrodou např. z bříška m. abductor digiti minimi). U ostatních modalit EP je tomu přesně naopak: stimuluje se nervová struktura na periférii a registruje se odpověď jako projev reakce CNS na aferentní podněty (např. u registrace SSEP n. medianus stimulace n. medianus při jeho průběhu zápěstím a registrace odpovědi na trnu obratle C5 – míšní odpověď, na skalpu registrace nejčastěji v oblasti postcentrální (C3, C4) – skalpová odpověď tvořená několika komponentami (N20, P25, N35) označovanými podle polaritě a latence odpovědi (13). Je nutné ovšem zmínit nejednotnost v nomenklatuře označení jednotlivých komponent různých modalit evokovaných potenciálů.

Hodnocení záznamu EP: Výsledný záznam je tvořen jednotlivými komponentami odpovědi v různých částech mozku (míchy) odpovídající generátorům daných komponent rozdílných modalit evokovaných potenciálů. Hodnotí se především přítomnost vyvolané odpovědi, její latence, dále pak amplituda a tvar evokované odpovědi. Získané odpovědi se srovnávají s normativními daty získanými na vzorku zdravé populace.

Popis jednotlivých komponent různých modalit evokovaných potenciálů a jejich generátorů přesahuje rozsah tohoto článku.

Klinické užití EP je mnohostranné a neustále se rozšiřuje. U některých onemocnění nervového systému jsou abnormální nálezy při vyšetření evokovaných potenciálů dokonce i jedním z diagnostických kritérií (roztroušená skleróza mozkomíšní, demence Alzheimerova typu).

Evokované potenciály slouží k:

- objektivizaci klinického nálezu,
- detekci subklinického postižení jednotlivých senzorických systémů,
- monitoraci funkčního stavu vyšetřovaného systému v čase.

V současné době se EP využívají především v diagnostice následujících onemocnění:

- demyelinizačních onemocnění (především roztroušené sklerózy mozkomíšní, leukodystrofií),
- vertebrogenních onemocnění a onemocnění periferních nervů (kořenová postižení),

- nádorů mozku – např. neurinomy akustiku, adenomy hypofýzy),
- expanzivních procesů nitropátečních (tumory, krvácení, abscesy),
- neurotraumatologii,
- diagnostice metabolických onemocnění, intoxikací (elthylakoholem),
- záchvatových onemocnění (progresivní myoklonická epilepsie),
- infekčních onemocnění – Guillain-Barré syndrom, neuroborrelióza, meningitidy, AIDS,
- extrapyramidových onemocnění (Parkinsonova nemoc, Huntingtonova chorea, torzní dystonie, myoklonus),
- neurodegenerativních onemocnění (Friedreichova ataxie, spinocerebellární atrofie, Alzheimerova demence, motor neuron disease, svalová onemocnění mozkové smrti a další (14).

Díky EP se diagnostika mnoha neurologických onemocnění zpřesnila a zkrátila, ve svém důsledku toto vede k časnější a tudíž teoreticky účinnější terapii.

Literatura

1. Niedermeyer E., Lopes da Silva F.: *Electroencephalography. Basic principles, clinical applications and related fields.* Urban&Schwarzenberg, Baltimore-Munich 1982
2. Bancaud J., Talairach J., Bonis A., Schaub C., Szikla G., Morel P., Bordes-Ferrer M.: *La Stéréoencéphalographie dans l'Epilepsie.* Paris, Masson, 1965: 321
3. Faber J.: *Elektroencefalografie.* Karolinum Praha, 1992
4. Morán M.: *Praktická elektroencefalografie.* IDVPZ Brno, 1995
5. Kimura J.: *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: Principles and practice.* F.A.: Davis Philadelphia 1989: 709
6. Kadaňka Z., Bednařík J., Vohánka S.: *Praktická elektromyografie.* IPDVPZ Brno 1994
7. Keller O.: *Elektromyografie.* Triton 1998: 13-21.
8. Kurča E.: *Kvantitativna elektromyografia.* Lufema Bratislava 1999
9. Ambler Z., Stalberg E.: *EMG metody při studiu motorické jednotky.* Česká a Slov Neurol Neurochirurg 1999; 1:46-52
10. Rektor I., Féve A., Buser P., Bathien N., Lamarche M.: *Intracerebral recording of movement related readiness potentials: an exploration in epileptic patients.* *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994; 90:273-283
11. Rektor I., Louvel J., Lamarche M.: *Intracerebral recording of potentials accompanying simple limb movements. A SEEG study in epileptic patients.* *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998; 107: 277 – 286
12. Chiappa KH.: *Evoked potentials in clinical medicine.* Raven Press, New York 1983
13. Stejskal L.: a spolupracovníci: *Evokované odpovědi a jejich klinické využití.* Praha Publishing, Praha 1993
14. Kaňovský P., Dufek J. a kol.: *Evokované potenciály v klinické praxi.* IDVPZ Brno, 2000