

INTRAOPERAČNÍ STIMULAČNÍ MONITORACE V NEUROCHIRURGII

Lubor Stejskal
a kolektiv

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umísťování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.



Copyright © Grada Publishing, a.s.

Obsah

Předmluva	1
1 Úvod (Lubor Stejskal)	3
2 Technické aspekty intraoperační monitorace a bezpečnost pacienta a obsluhy (Pavel Čelakovský)	13
2.1 Výběr přístroje	13
2.2 Instalace přístroje na sále	14
2.3 Snímání signálů a odstranění rušení	15
2.4 Stimulace	17
2.5 Koagulace	19
3 Monitorace při operacích hemisferálních nádorů (Svatopluk Ostrý)	21
3.1 Senzitivní dráhy	21
3.1.1 Korové SEPs – metodika	22
3.1.2 SEPs – hodnocení	23
3.2 Motorické dráhy	23
3.2.1 Korové MEPs – metodika	24
3.2.2 MEPs – hodnocení	27
3.3 Řečové funkce	28
3.3.1 Operace s bdělou fází „awake craniotomy“ – metodika	29
3.3.2 Hodnocení při „awake“ operacích	29
3.4 Anestezie	31
4 Epilepsie (Lubor Stejskal)	35
5 Monitorace při operacích tumorů lební báze a zadní jámy (Svatopluk Ostrý)	39
5.1 Senzitivní dráhy	39
5.1.1 SEPs – metodika	39
5.1.2 SEPs – hodnocení	39
5.2 Motorické dráhy	40
5.3 Sluchová dráha	40
5.3.1 BAEPs – metodika	41
5.3.2 BAEPs – hodnocení	42

5.4	Jádra, supranukleární a internukleární spoje na spodině IV. komory	43
5.5	Motorické hlavové nervy	45
5.5.1	EMG – metodika	45
5.5.2	EMG – hodnocení	48
5.6	Anestezie	49
6	Monitorace při operacích tumorů páteřního kanálu	51
	<i>(Svatopluk Ostrý)</i>	
6.1	Motorické dráhy	51
6.1.1	Transkraniální MEPs – metodika stimulace	51
6.1.2	Míšní MEPs – metodika stimulace	52
6.1.3	MEPs – metodika neurogenní registrace	53
6.1.4	MEPs – metodika myogenní registrace	53
6.1.5	MEPs – hodnocení	54
6.2	Senzitivní dráhy	56
6.2.1	Skalповá registrace SEPs	57
6.2.2	Míšní registrace SEPs	57
6.3	Míšní kořeny	58
6.4	Cauda equina	58
6.5	Anestezie	59
7	Monitorační techniky u cévních onemocnění mozku a míchy	63
	<i>(Filip Kramář)</i>	
7.1	Karotická endarterektomie	63
7.1.1	Somatosenzorické evokované potenciály n. medianus	63
7.1.2	SEPs n. tibialis	64
7.1.3	Transkraniální dopplerovské vyšetření	65
7.2	Operace mozkových aneurysmat	66
7.2.1	Aneurysma na MCA, ACI	67
7.2.2	Aneurysma na ACA, AComA	68
7.2.3	Aneurysma na tepnách v zadním povodí	68
7.3	Kavernomy a arteriovenózní malformace	69
7.3.1	Supratentoriální kavernom a arteriovenózní malformace	69
7.3.2	Pontinní kavernom	72
7.3.3	Kavernomy a AVM na spodině IV. komory	72
7.4	Monitorace útlumu mozkové aktivity při dočasných uzávěrech velkých tepen	72
7.5	Mikrovaskulární dekomprese (MVD)	73
7.5.1	MVD při neuralgii n. trigeminus	73
7.5.2	MVD při faciálním hemispazmu	73
7.6	Míšní kavernom, AVM	75
8	Neurofyziologická monitorace při výkonech na aortě	79
	<i>(Lubor Stejskal)</i>	
9	Intraoperační monitorace poranění periferních nervů, míšních kořenů, míchy a mozku	81
	<i>(Robert Tomáš)</i>	
9.1	Intraoperační monitorace u poranění periferních nervů	81
9.2	Intraoperační monitorace u poranění brachiálního plexu	87
9.3	Intraoperační monitorace u poranění míšních kořenů	87
9.4	Intraoperační monitorace u poranění míchy	90
9.5	Intraoperační monitorace u poranění mozku	91

10	Neurofyziologická monitorace při korektivních operacích páteře	95
	<i>(Lubor Stejskal)</i>	
	Seznam zkratek	97
	Rejstřík	101

Předmluva

Předložená publikace uvádí současný stav neurochirurgické monitorace a její postupující vývoj z praktického hlediska a je doplněna osobními dlouholetými zkušenostmi autorů.

Monitorace znamená sledování funkcí. Neměla by takový význam, kdyby nebyla spojena s topografií: funkce je možno sledovat v živé, elektricky dobře vodivé tkáni, avšak místa elektricky hypoaktivní nebo inaktivní, např. nádor, ukážou trojrozměrné navigační techniky. Prostorová identifikace ve spojitosti s identifikací funkční je základem úspěšného chirurgického výkonu: jednotlivé situace jsou popsány s doporučením dalšího způsobu řešení.

Hlavním přínosem intraoperační monitorace je ochrana nemocného. Jsou definovány změny stimulačních odpovědí, které jsou při průběžné monitoraci podnětem ke třem stupňům upozornění: informace – varování – alarm. Každý stupeň má pro operujícího specifický význam a je důvodem buď ke klidnému pokračování v operaci, nebo ke změně operační taktiky, nebo k přerušení operace.

Knihla obsahuje kapitoly řazené podle chirurgických témat: nádorová onemocnění, cévní onemocnění, úrazové stavy. Mezi hlavní témata nepatří epilepsie, protože určení epileptogenní zóny je zajišťováno především nestimulačními způsoby. Uvedeno je stimulační vymezení elokventních oblastí. Jsou zmíněny profylaktické výhody, které poskytuje monitorace při operacích na aortě a při operacích skoliózy.

Publikace dokládá, že shromažďování zkušeností, jejich vzájemné srovnávání a jejich konfrontace s operačními výsledky zpřesňuje hodnocení nálezu a podněcuje aplikovaný výzkum.

Knížku napsalo pět lékařů, kteří všichni mnoho let na neurochirurgických sálech stimulují mozek, míchu a periferní nervy a snímají odpovědi ze svalů, z nervů, z míšních kořenů, z míchy a z mozku. Nedělali by tuto práci, kdyby jejich výsledky nepřinášely operovaným užitek a operujícím nezmenšovaly vzdypřítomný stres. Většinu kapitol sepsali s vědomím odpovědnosti podložené vlastní zkušeností. Ve dvou kapitolách o ochraně míšních funkcí jsou sděleny výhradně zkušenosti cizí. U těch byli požádáni přední odborníci o názor a rady, které poskytl a za které jim patří poděkování: u operací aorty prof. MUDr. Janu Pirkovi, DrSc., u korektivních operací páteře MUDr. Ladislavu Tóthovi. Je přáním autorů, aby se obě krátké kapitoly staly inspirací pro kardiochirurgy a spondylochirurgy k zavedení neurofyzilogické monitorace. Poděkování patří také MUDr. Petru Marusičovi za jeho cenné připomínky k monitoraci v epileptochirurgii.

Autoři nacházeli vždy podporu u svých kolegů, v samých začátcích zejména u prof. Fuska, později a stále i v současné době při rozvíjení nových metod u profesorů Beneše a Hanince. Konečně patří díky všem zúčastněným anesteziologům.

Prof. MUDr. Lubor Stejskal, DrSc.

Práce byla finančně podpořena granty:

IGA MZ ČR 0530–3 (1991–1993)

IGA MZ ČR 2315–3 (1994–1996)

FRVŠ 1322/97 (1997)

IGA MZ ČR ND 5747–3 (1999–2001)

IGA MZ ČR NF 6985–4 (2002–2005)

1 Úvod

(Lubor Stejskal)

Anesteziolog je pro neurochirurga nezbytným spolupracovníkem. Klinický neurofyziolog je pro neurochirurga strategickým partnerem.

V českých zemích je v současné době výkon neurofyziologické monitorace při neurochirurgických operacích řízen velmi volnými pravidly: teoreticky může provádět neurofyziologickou monitoraci na operačním sále každý lékař, který je v zaměstnanec-kém poměru k dotýcnému zdravotnickému zařízení. V jiných zemích je k tomu nutná licence na úrovni atestace. Například v USA je to od roku 1999 Certifikace pro neurofyziologickou intraoperační monitoraci (CNIM), kterou vydává příslušná odborná společnost (American Board of Neurophysiologic Monitoring).

Indikace intraoperační monitorace v neurochirurgii se v posledních letech nebyvale rozšířily, zvláště v jiných chirurgických oborech, kde jsou při operaci ohroženy nervové struktury. Například ORL pracoviště, kde jsou operovány neurinomy n. VIII trans-labyrinthovým přístupem. V Japonsku, kde páteřní operace nejen skolióz, ale také stenóz míšního kanálu i foramin i měkkých výhřezů, provádějí ortopedové. Někteří cévní chirurgové vyžadují monitoraci spinálních odpovědí při operacích na descendentní a torakoabdominální aortě. Důvody, které k rozšíření neurofyziologické monitorace vedly, jsou dvojí: bezpečnostní a technické.

Nejde jen o prvořadé zajištění pacienta, ale také o právní zabezpečení chirurga, který se může při případné žalobě o zanedbání povinné lékařské péče, jichž bude při stoupající rentabilní aktivitě advokátů přibývat, vykázat dokladem o využití zajišťovacích opatření při operaci.

Druhým důvodem velkého rozvoje neurofyziologické monitorace je vývoj spolehlivé techniky. Minula doba, kdy monitorace na sále byla pro neurologa obávaným úkolem. Instruktáže pro tento výkon začínaly konstatováním, že operační sál je pro neurofy-

ziologa nepřátelským prostředím (Møller 1995). Bylo to opravdu tak, záznamy byly často zaplněny artefakty z interference nejružnějšího původu a namísto sledování funkcí mozku bylo nutné se nejdříve zbavit rušivých signálů. Chirurg se stával netrpělivým, a tak byla monitorace utkáním se dvěma soupeři: s přístrojem a s chirurgem.

Současný přístrojový park je nesrovnatelně kvalitnější než před 10, natož před 30 lety, kdy jsme s monitorací začínali. Interference síťového kmitočtu 50 Hz se záznamem nepatří dnes mezi časté nebo dokonce obvyklé obtíže – ovšem pokud jsou snímací elektrody v úplném pořádku.

Neurofyziologická monitorace začíná chirurgovou objednávkou. To je důležité: **vztah mezi neurochirurgem a klinickým neurofyziologem je založen na poptávce, nikoliv na nabídce.** Většina dnešních neurochirurgů je seznámena s možnou pomocí monitorace. Neurofyziolog na základě výzvy chirurga uvede možnosti monitorace a společně se dohodnou, co a jak budou stimulovat a registrovat. Teprve když se intraoperační monitorace stane na pracovišti rutinní metodou, standardně zařazovanou do operačního programu, stane se se spolehlivou a hodnověrnou.

Jen ve vzácných případech lze najít důvody pro to, aby nemocný, jehož operace bude monitorována, nebyl elektrofyziologicky vyšetřen před operací. **Vyšetření předoperační modeluje vyšetření intraoperační.** Výsledky ovlivní hodnocení intraoperačních záznamů. Předoperační výsledky mohou intraoperační vyšetření zkontraindikovat: nemá smysl plánovat intraoperační SEPs (somatosenzorické evokované potenciály) u cervikální myelopatie nebo u diabetické neuropatie, jestliže jsou už před operací na hranici výbavnosti, nebo hledat MEP (motorický evokovaný potenciál) u intramedulárního tumoru s těžkou paraparézou nebo dokonce s paraplegií.

Ten, kdo je vypsán k operaci, někdy ví, někdy neví, jaké problémy ho čekají. Jsou výkony jednoduché – spojovací operace přefixnutého n. medianus, malý parietální meningeom. Jsou výkony složité a rizikové, ale tím se může stát i operace předem považovaná za bezproblémovou. N. medianus může být jen naříznutý a meningeom je svým předním okrajem v centrální rýze. Pak bude objednávka neurofyziologické monitorace akutní a neodkladná. Na první pohled je jasné, že **některé operace budou vyžadovat monitoraci určitě**, a ten, kdo sestavuje operační program, k ní vypíše neurofyziologa. **U jiných výkonů bude monitorace pravděpodobná**, a tak záleží na podmínkách pracoviště, jak rychle ji bude možné připravit: první podmínkou je stále pohotovostní vybavení operačního sálu vhodným přístrojem, který je vždy k dispozici a není nutné ho odněkud teprve přivážet, druhou podmínkou je pak připravenost sálových sester.

Obvyklý a žádoucí postup je takový, že před operací je jasná představa o tom, které funkce budou mapovány a/nebo průběžně sledovány a jak: co se bude dráždit, zdali monopolárně nebo bipolárně, co se bude snímat, kolik bude snímacích elektrod, jak budou zapojeny, kde budou referenční elektrody, jestli bude výhodné stimulovat n. ulnaris namísto obvyklého n. medianus, který má vícekořenové zásobení a rozsáhlejší kortikální projekční pole, a to proto, že operace se týká dolní části krční intumescence.

Dohoda s anesteziologem je nezbytná: některé výkony se dají spolehlivě monitorovat jen při celkové intravenózní narkóze. Některé odpovědi získáme jen při absenci myorelaxace. Obecně citlivější na podmínky anestezie jsou MEPs, odolnější jsou SEP, nejodolnější BAEPs (kmenové sluchové evokované odpovědi).

Jsou pracoviště, kde prvním, kdo přijde monitoraci připravit, je technik (biomedical engineer). Umístí přístroj na vhodné místo, zapne ho a uzemní. Zkontroluje připojení pacienta a neutrální elektrody od koagulace. Operační sál pro něj není neznámým místem: provádí zde pravidelné kontroly, kdy se ověřuje uzemnění hlavního přívodu proudu a také to, zda množství unikajících proudů z přístroje (leakage) je v předepsaných mezích. O prohlídkách vede technickou dokumentaci. Mezi pravidelné kontroly náleží měření impedance snímacích elektrod i jejich údržba (broušení).

Jsou pracoviště, kde prvním, kdo k monitoraci přijde, je lékař – klinický neurofyziolog, který si všechno připraví sám. Tak je to na většině našich neurochirurgií. Než začne s montáží snímacích elektrod, kon-

troluje nejdříve všechny elektrody již předtím připojené k pacientovi (stimulační, neutrální).

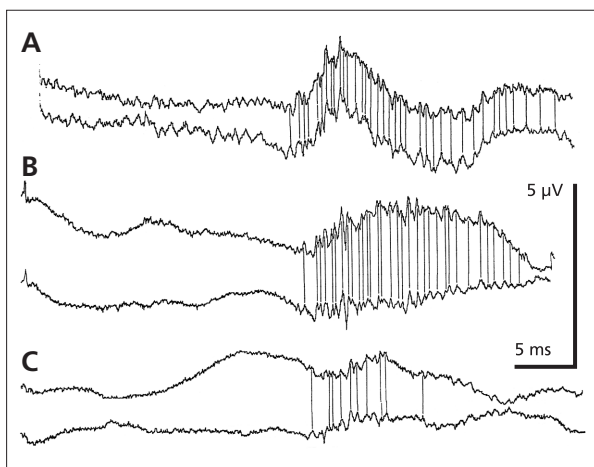
Přístroj umístíme tak, aby nevadil operujícímu, asistujícímu, stolku instrumentářky, ani operačnímu mikroskopu a anesteziologovi s jeho výbavou. To v žádném případě neznamená, že najdeme jen nevhodné místo. Pro naši práci musíme mít spolehlivě ovladatelný pult přístroje a musíme zůstat co nejbližší operačnímu stolu, protože máme krátké kabely od snímacích elektrod (dlouhé zvyšují pravděpodobnost rušení).

Umístění elektrod mimo operační pole: provádí se před prvním řezem, s výhodou u již zaintubovaného pacienta. Toto není samozřejmě možné, pokud chceme znát odpovědi neovlivněné narkózou a relaxací v případě, že z nějakého důvodu nebylo možné provést před operací vyšetření v laboratoři. Například akutně řešený spinální úraz s paraparérou, kdy v projektu intraoperační monitorace jsou myogenní MEPs dolních končetin.

Dvě základní podmínky při umisťování elektrod – jedna nesmí, druhá musí být splněna: nesmí vadit v přístupu chirurgovi a musí být pevně uchyceny.

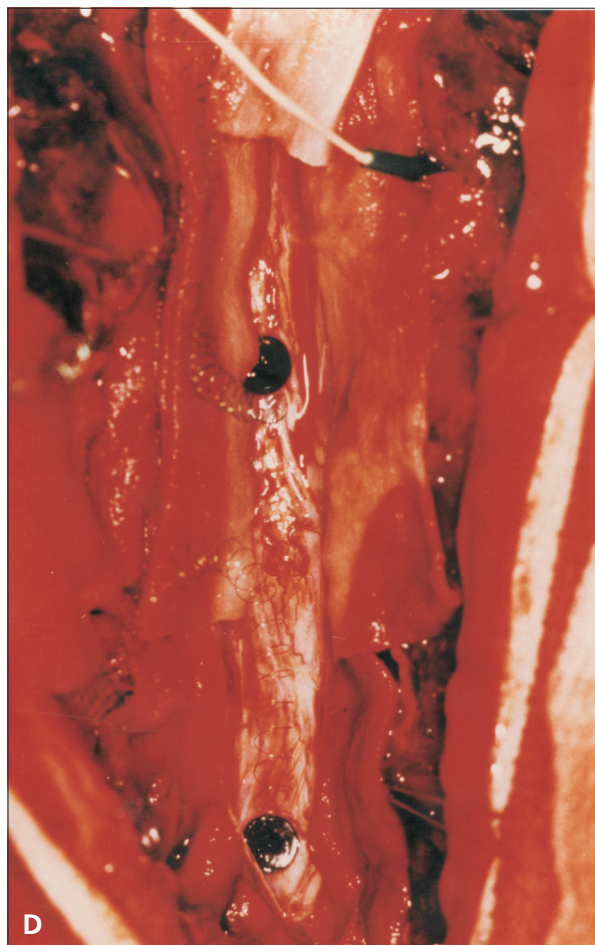
Nesmí vadit: při operacích na hlavě je nutné počítat nejen s rozsahem operačního pole, ale u supratentoriálních přístupů také s odklopením osteokutánního laloku. Navíc, během operace se (sice vzácně) může ukázat, že kraniotomii je nutné rozšířit. Registrace skalpových SEPů sotva přichází při operacích mozku v úvahu, protože SEPů registrujeme až po duratomii přímo z povrchu kortexu, ale vývrtkové stimulační elektrody pro MEPs, pokud je umisťujeme na skalp, protože možnost kortikální stimulace je nejistá, musí preventivně respektovat tříbodovou fixaci, budoucí stálý retraktor i rozsah budoucí kraniotomie. U temporálního přístupu by mohl vadit kabel vedený od jehlové elektrody v m. orbicularis oculi: pak je vhodné zanořit jehlu ne z laterální strany, ale zdola. U kraniotomie z retrosigmoidálního nebo far lateral přístupu by mohl překážet kabel elektrody v m. trapezius, když chirurg hodlá začít orientaci v zadní jámě stimulací n. XI. Proto je veden dopředu po hrudníku. Vývrtkovou registrační elektrodu na ipsilaterální proc. mastoideus umísťuje chirurg z operačního pole po zarouškování, nebo je uložena ke střední čáře.

Elektrody **musí být pevně zanořené**. Základní pravidlo neurofyziologické intraoperační registrace: žádné povrchové lepené snímací elektrody. Ty mění odpor a mohou se i odlepit. Při záznamech ze svalů, ať na hlavě, nebo na končetinách, používáme výhradně jehlové elektrody. Volba může padnout na monopolární nebo koncentrické, ale vždy jen jehlové.



Obr. 1.1 Záznam evokované odpovědi z blízkého míšního pole

Intramedulární tumor Th 6–7, stimulace n. tibialis vpravo, připínáčekové elektrody v pravém zadním míšním provazci, v místě příští longitudinální myelotomie, pod tumorem (A) a nad tumorem (B) před resekcí, nad tumorem (C) po resekcí. Všechny odpovědi mají základní tvar PNP, nad tumorem mají latenci o 1 ms delší, po resekcí je odpověď nad tumorem významně zkrácená. Všechny odpovědi vykazují superponované, v latencích i amplitudách dokonale konzistentní hroty (opakované záznamy), které odpovídají vedení různými vlákny zadního provazce. Rychlost jejich vedení = 27–84 m/s. **D (vpravo):** Umístění připínáčekových elektrod v míše a společné referenční jehlové elektrody ve svalu.



Sami užíváme koncentrické elektrody, z hlavního prostého důvodu polovičního počtu. Navíc zjišťujeme, že mezi výbavností odpovědi ze dvou monopolárních nebo jedné koncentrické elektrody nejsou významné odlišnosti.

Při záznamech ze skalpu, z konvexity (C3', C4': korové SEPs), z mastoidálního místa (A1, 2: kmenové SEPs, BAEPs), z referenčního místa na čele nebo ze šijních svalů (Cv5, spinální krční SEPs) užíváme elektrody nerez-ocelové vývrtkové (cork-screw) (*Disposable corkscrew electrode, Nicolet Biomedical Madison, WI, USA, 53711–4495*), které jsou pevně umístitelné a mají impedanci nižší než 1 kΩ. Jediné povrchové snímací elektrody, které jsou pro intraoperační registraci vhodné, jsou stripy a gridy. Jak bylo dříve uvedeno, také skalpové stimulační elektrody jsou vývrtkové. Všechny elektrody musí být pod rouškou tak pevně uchyceny, aby vzdorovaly všem manipulacím chirurga nad rouškou a v operačním poli. Kabel upevníme lepicí páskou nejméně na

dvou místech: jednou blízko elektrody a jednou nebo dalšími na kritických místech, kde by mohly být pohyby operujících strženy. Staré pravidlo EMG (elektromyografie) platí i zde: největší pravděpodobnost vzniku artefaktu je z registrační elektrody. Když máme záznam z více míst, musíme mít jasný přehled o tom, které místo přináší signál do kterého vstupu: proto jsou na konektorech značky.

Je rozdíl mezi snímáním odpovědi, která je generována z blízkého nebo naopak vzdáleného zdroje. **Blízkým generátorem (near field)** je nerv nebo zadní míšní provazce nebo nervové jádro na spodině IV. komory nebo kůra velkého mozku při kortikální registraci: struktury, na které mohou být snímací elektrody přímo přiloženy, nebo kde v přímém kontaktu brání jen tkáň s nevelkou impedancí, například tvrdá plena při epidurální registraci. Napětové změny z blízkého generátoru, ať stacionární, nebo propagované, je výhodné snímat bipolárním způsobem, kdy jsou oba členy elektrodového páru umístěny na

aktivní struktury: jednak proto, že je jistota, že není zachycována cizí aktivita, jednak proto, že je menší stimulační artefakt. Naopak **vzdálený (far field)** potenciál, generovaný v dipólech hlubokých podkorových struktur nepřístupných pro přímé přiložení registrační elektrody (BAEPs), nezbyvá než zaznamenávat referenčním způsobem, kdy diferenční elektroda je co nejblíže zdroji (proc. mastoideus) a druhá na místě, o kterém se dá předpokládat, že bude stimulací neovlivněno nebo minimálně ovlivněno (Cz). Snímání z blízkého zdroje umožňuje zachytit aktivitu jednotlivých aktivních komponent, proto je odpověď více diferencovaná, polyfázická.

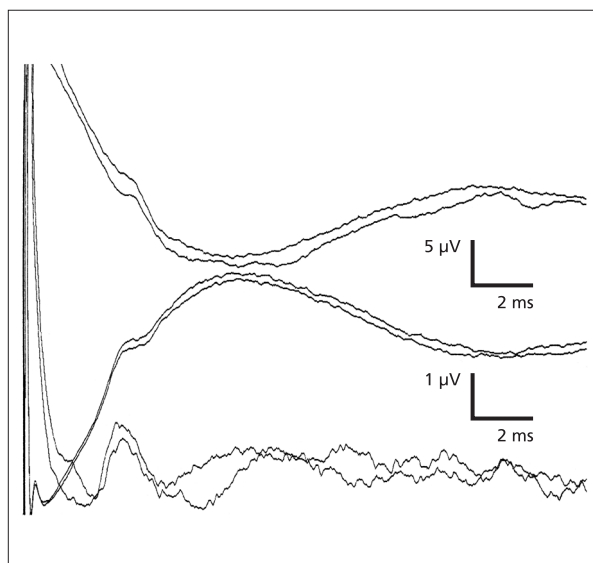
Poznámka: Elektrody připínákové (tvarem připínávacím připínáček) jsou Ag/AgCl (stříbro-chloridové) disky, 5 mm v průměru, s vyčnívající jehlou 0,15 mm v průměru, 2 mm dlouhou, která se zanořuje do míchy. Kontaktní plocha je 20 mm, kontaktní impedance 310 k Ω . Disk je spojen vinutým konstantanovým drátkem, izolovaným polyuretanem a tlumícím dechové vlny i oscilace mozkomíšního moku. Připínákové elektrody byly vyvinuty na Neurochirurgické klinice ÚVN 1. LF UK (ing. J. Skružný) pro měření rychlosti vedení míšních drah (obr. 1.1 D).

V každém případě má každá odpověď základní tvar PNP (sled napěťových vln dle polarity: pozitivní–negativní–pozitivní): první pozitivita, kdy se vzruch blíží k aktivnímu členu snímací elektrody, je funkcí terminálních dendritů vstupujících neuronů, hlavní negativita je souborem postsynaptických EPSPs (excitační postsynaptické potenciály) nebo IPSPs (inhibiční postsynaptické potenciály) místních neuronů a konečná pozitivita je znakem ustupujícího vzruchu a hyperpolarizace.

Chirurgická manipulace v operačním poli méně ovlivňuje odpovědi z blízkého pole, více ovlivňuje odpovědi ze vzdáleného pole (Schramm a Møller 1991).

Odpověď ze vzdáleného zdroje je někdy tvořena kompaktní napěťovou změnou, vlastně obalovou křivkou (**field potential**), zvláště když i diferenční elektroda je daleko od generátoru (např. frontálně umístěné skalpové elektrody při registraci SEPs).

Snímání z blízkého generátoru vyžaduje ke spolehlivému zprůměrnění několik málo přeběhů, zatímco k získání jasné odpovědi ze vzdáleného místa je potřeba několika set přeběhů. Získání vzdálené odpovědi je silně závislé na vodivosti tkáně mezi generátorem a snímací elektrodou. To je **objemový**



Obr. 1.2 Vliv polarity stimulační elektrody na stimulační artefakt

Ortodromní SNAP n. medianus. Stimulace povrchovou bipolární elektrodou na volární ploše I. prstu, registrace na zápěstí. Horní pár: stimulace anodou proximálně, 100 přeběhů. Střední pár: stimulace katodou proximálně, 100 přeběhů. Dolní pár: stimulace katodou proximálně 50 přeběhů + anodou proximálně, 50 přeběhů, 5× zesíleno.

vodič (volume conductor), kterým je vzruch veden bez zdržení, ale s amplitudou, která se snižuje se čtvercem vzdálenosti (Kimura 1989). Počet nutných přeběhů také záleží na vnitřní organizaci generátoru. Jestliže jsou **aktivní elementy (neurony) uspořádány tak, že jejich výboje jsou prostorově souznačné (open field)**, je vypracování odpovědi generátorem a vylovení odpovědi z kontinuálního šumu přístrojem rychlejší: SEPs z arey 3b. Jestliže jsou **aktivní neurony vektorově neuspořádané (closed field)**, trvá vypracování odpovědi generátorem i přístrojem dlouho: BAEPs z kmenových jader. Odpověď při intraoperační monitoraci je však nutné získat brzo a rychle – naštěstí si alespoň při registraci senzoric- kých odpovědí můžeme dovolit rychlou frekvenci stimulace, 10 Hz i 30 Hz.

Odpověď se může opožďovat, zmenšovat nebo vymizet. To jsou známky **blokády vedení**, které mohou být buď místní (mechanickým nebo tepelným poškozením), nebo systémové (nejčastěji při poklesu TK).

Stimulační elektrody na skalpu (při míšních operacích) nebo na kortexu, ať epidurálně, nebo subduralně, při operacích na mozku se přikládají nad nebo