

Uvajanje neurofiziološkega nadzora med operacijami hrbtenice in hrbtenjače v SBM

Introduction of neurophysiological monitoring during operations on spine and spinal cord in the General Hospital Maribor

Gorazd Bunc¹
Breda Jesenšek Papež²
Janez Ravnik¹
Zoran Rodi³

Izvleček

Medoperacijski elektrofiziološki nadzor (MEN) med operacijskimi posegi na hrbtenici in hrbtenjači pri skoliozah, med rekonstrukcijskimi operacijami pri obsežnih poškodbah, tumorskih, osteoporotičnih ali degenerativnih sprememb na nosilnih strukturah hrbtenice in zlasti pri nevrokirurških posegih pri tumorjih, ob in še zlasti v hrbtenjači, ko je potrebno odstraniti tumor, ne da bi pri tem poškodovali živčno tkivo, je postal v zadnjih desetih letih že rutina v večjih zdravstvenih centrih po svetu.

Pri MEN gre za evociranje in opazovanje somatosenzoričnih in motoričnih potencialov. Pri tem električno dražimo živčne strukture na enem koncu, na drugem pa detektiramo odzive. Med mestom draženja in mestom odjemanja je operacijsko polje. Med operativnim posegom lahko takšno monitoriranje zazna morebitno motnjo, ki jo s svojim poseganjem povzroči kirurg. Kirurg je tako pravočasno opozorjen na nastanek elektrofiziološke motnje, tako da lahko modificira operativni postopek in tako prepreči trajno nevrološko okvaro, saj je motnja prevajanja reverzibilna, če ne traja predolgo.

V ljubljanskem kliničnem centru je MEN na voljo kot pripomoček spinalnim kirurgom že nekaj let in ker se število spinalnih operativnih posegov povečuje tudi v mariborski bolnišnici, smo sklenili to metodo vpeljati tudi pri nas. Sestavek opisuje izkušnje pri prvih treh primerih MEN v SB Maribor.

Abstract

Intraoperative electrophysiological monitoring (IEM) during operative procedures has become mandatory and routine in major spinal world centers for the operative procedures on the spine and spinal cord for scoliosis, reconstructive operations in extensive traumatic injuries, tumorous, osteoporotic and degenerative changes on spinal structure and particularly for neurosurgical procedures on extra and intramedullary tumors where lesion should be excised with no additional harm to the nervous tissue.

During »IEM« the somatosensory and motoric potentials are evoked on one side of the nervous pathway and monitored on the another. Between these two parts lies the operative field. During operative procedure »IEM« could detect possible electrophysiological changes provoked by surgical activity. According to the information given by »IEM« the surgeon is able to modify his operative maneuvers and to prevent possible permanent neurologic deficits. Such electrophysiological impairments are reversible in most cases when they do not last too long.

In the Ljubljana Clinical Centre »IEM« has been available for spinal surgeons for several years. Due to increased frequency of such procedures also in Maribor General Hospital the »IEM« was recently introduced in our institution. The first three cases with »IEM« are presented.

¹ Oddelek za nevrokirurgijo, UKC Maribor

² Oddelek za fizioterapijo, UKC Maribor

³ Inštitut za neurofiziologijo, UKC Ljubljana

Ključne besede

elektrofiziološki nadzor, operacije na hrbtenici, operacije na hrbtenjači

Key words

electrophysiological monitoring, operative procedures on spine, operative procedures on spinal cord

Uvod

Med operacijskimi posegi na hrbtenici in hrbtenjači vedno grozi možnost okvare hrbtenjače in korenin hrbtenjačnih živcev (1, 2). To velja tako za korekcijske posege pri skoliozah, za rekonstrukcijske operacije pri obsežnih poškodbah, tumorskih, osteoporotičnih ali degenerativnih spremembah na nosilnih strukturah hrbtenice (3, 4) kot tudi za nevrokirurške posege pri tumorjih hrbtenjače, še zlasti intramedularnih, ko je treba odstraniti tumor in pri tem ohraniti živčno tkivo, največkrat stisnjeno v tanko plast, in z njim tudi nevrološke funkcije (5-7).

Medoperacijski elektrofiziološki nadzor (MEN) se je razvil zaradi želje, da bi se izognili nastanku nevroloških okvar med operacijami ali pa vsaj zmanjšali njihovo število in resnost. Pred dobrim desetletjem je bil MEN izključno raziskovalno področje, zadnjih deset let pa postaja rutina (8, 9).

Osnova MEN je evociranje in opazovanje potencialov – somatosenzoričnih in motoričnih – tehnike pa so se prilagodile kirurškim razmeram in se spreminjale s časom: gre za električno draženje živčnih struktur na enem koncu in detekcijo (odjemanje in zapisovanje) odzivov na drugem koncu. Med mestom draženja in mestom odjemanja je operacijsko polje, kjer lahko nastanejo okvare živčnega tkiva in s tem motnje prevajanja vzbujenih akcijskih potencialov: motnjo prevajanja je mogoče zaznati in nanjo takoj opozoriti kirur-

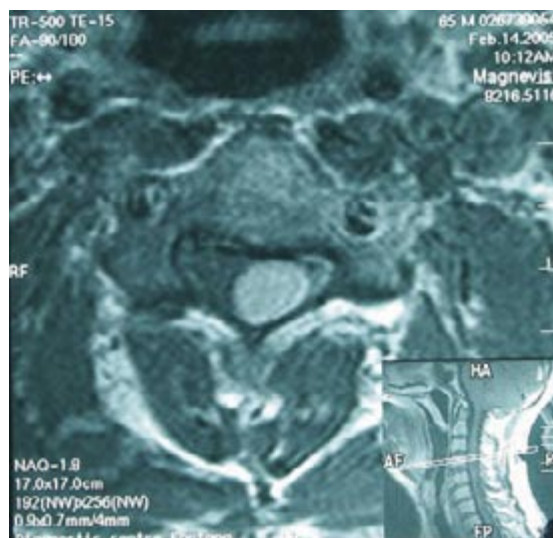
ga. Če torej kirurg pravočasno odstrani vzrok motnje, lahko prepreči trajno nevrološko okvaro, saj je motnja prevajanja reverzibilna, če ne traja predolgo. Kaj to pomeni, ni povsem jasno, vendar velja, da je pri pritiskih na hrbtenjačo in pri njenih raztegih časa za ukrepanje 15-20 minut (10).

Najprej so se za MEN uveljavili somatosenzorični evocirani potenciali (SEP), vendar so motorične okvare nastajale tudi pri operirancih, pri katerih so se SEP med operacijo ohranili (11-14). Pred dobrimi 10 leti so začeli za MEN razvijati dotlej le laboratorijsko uporabljano metodo motoričnih evociranih potencialov (MEP): gre za transkranialno električno rafalno draženje motorične možganske skorje in spremljanje mišičnih odzivov (15-18). Za spremljanje delovanja spodnjih ledvenih in križnih segmentov hrbtenjače je mogoče uporabiti tudi refleksne odzive, npr. refleks H in bulbokavernozni refleks (19-21). Tako je za spremljanje prevajanja po senzoričnih in motoričnih dolgih progah ter refleksne funkcije hrbtenjače na voljo več metod, s katerimi je mogoče razlikovati delovanje zadajšnjih in sprednjih kvadrantov hrbtenjače ter beline in sivine. Z MEN je torej mogoče delovanje hrbtenjače opredeliti nevroanatomsko.

Pri SEP in vzbujanju refleksnih odzivov dražimo periferne živce, pri MEP pa motorične predele možganov. SEP in MEP je načeloma mogoče odjemati kjer koli vzdolž poteka živčnih poti, v osnovi pa SEP odjemamo nad somatosenzoričnimi predeli možganov, MEP in refleksne odzive pa nad mišicami (na spodnjih udih stan-



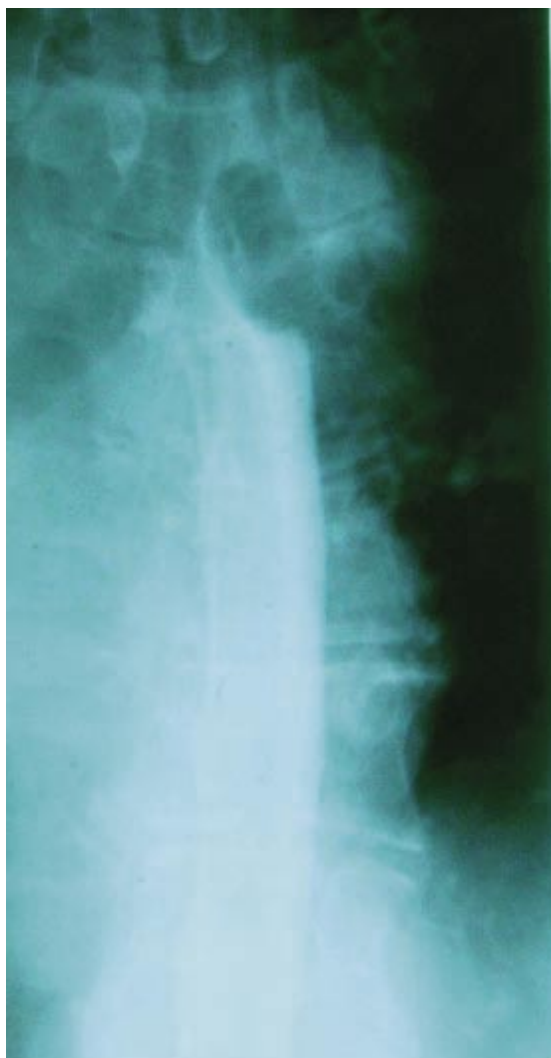
Slika 1: MR slika v sagitalni ravnini kaže preostalo ventralno utesnitev hrbtenjače v višini Th11-Th12



Slika3: Ascendentna mielografija v AP projekciji pokaže najčast defekt polnitve kontrasta in odrinjenost hrbtenjače po intraduralnem in ekstraduralnem tumorju v višini Th 5

dardno na mišici tibialis anterior). Če operacijski pogoji dopuščajo in je celotni tim tudi dovolj izurjen, je SEP in MEP mogoče odjemati tudi s površine hrbtenjače (16, 22, 26). Tehnološki razvoj je omogočil celo kombiniranje več metod hkrati pri istem bolniku, s čimer se doseže večja občutljivost in specifičnost; tak multimodalni MEN se je izkazal za koristnega pri vseh omenjenih področjih spinalne kirurgije (22-25).

Medoperacijski nevrofiziološki nadzor delovanja hrbtenjače je v Sloveniji že nekaj let na voljo kot pripomoček spinalnim kirurgom v Kliničnem centru v Ljubljani (16, 21, 26-29). Potrebe po njem pa so seveda tudi v mariborski bolnišnici, kjer se povečuje število kirurških posegov na okostju hrbtenice in v hrbteničnem kanalu – ortopedskih, travmatoloških in zlasti nevrokirurških.



Slika 2: MR slika v aksilarni ravnini pokaže intraduralni in ekstramedularni tumor dorzolateralno levo v nivoju C4

Operacij zaradi ekstramedularnih in intramedularnih ekspanzivnih procesov je namreč vse več, prav tako pa rekonstrucijskih posegov na hrbtenici. V nadaljevanju so opisani prvi trije primeri MEN v SB Maribor.

Prikaz primerov

Primer 1

Pacienta R. I., 52-letnega moškega s paraparezo, ki je bila posledica utesnjenosti hrbtenjače zaradi ventralnih osteofitov in zdrsa medvretenčne ploščice v višini Th11-12, smo pred leti operirali in poskušali sprostiti hrbtenjačo s kostotransverzalnim pristopom. Bili pa smo le delno uspešni in parapareza nog se je večala. Možni vzrok tega slabšanja je bila utesnitev hrbtenjače z desne sprednje strani; bila je v dotiku z duralno vrečo in je na mestu kontakta iztisnila sprednji likvorski prostor ter pritiskala na hrbtenjačo (slika 1). Ob MEN s SEP in MEP smo naredili dekompresijsko laminektomijo, odstranili medialni dela malega sklepa Th11 in Th12 na desni strani in še preostanek kostne in hrustančne utesnitve diska. Po odstranitvi ventralne utesnitve se je z MEN pokazalo zvečanje amplitude MEP na spodnjih udih. Bolnikovo stanje se je vsaj nekoliko popravilo tudi klinično: približno leto dni po posegu se je moč v nogah zaznavno povečala.

Primer 2

Bolniku F. B., staremu 66 let, s tetraparezo s poudarjeno prizadetostjo leve strani in ugotovljenim intraduralnim in ekstramedularnim tumorjem C4 dorzolateralno levo (slika 2), smo tumor odstranili v celoti; med laminektomijo smo imeli MEN s SEP in MEP. SEP ni bilo mogoče izzvati ne na začetku operacije ne med njo, najverjetneje zaradi periferne polinevropatije, MEP pa so bili normalni in tudi med operacijo se niso občutneje spremenjali. Histološko je šlo za nevrinom. Bolnikovo klinično stanje se je po operaciji dobro popravilo.

Primer 3

Pri bolnici L. C., stari 51 let, so magnetnoresonančno dokazali intraduralni ekstramedularni ekspanzivni proces v višini Th4 in Th5, zaradi katerega se je parapareza s časom večala (slika 3). Ob MEN smo napravili laminektomijo in v celoti odstranili tumor, po histološki sliki meningiom. Motoričnih evociranih potencialov v mišic tibialis anterior nismo uspeli izvabiti, primerni za spremljanje operacije pa so bili MEP v mišici abductor hallucis. Neizvabljenost MEP v mišici tibialis anterior je združljiva s predoperacijsko okvaro hrbtenjače. Med od-

piranjem dure in med odstranjevanjem tumorja se MEP palčne mišice niso spreminjali. Tudi tej bolnici se je klinična slika po operaciji izboljšala.

Zaključek

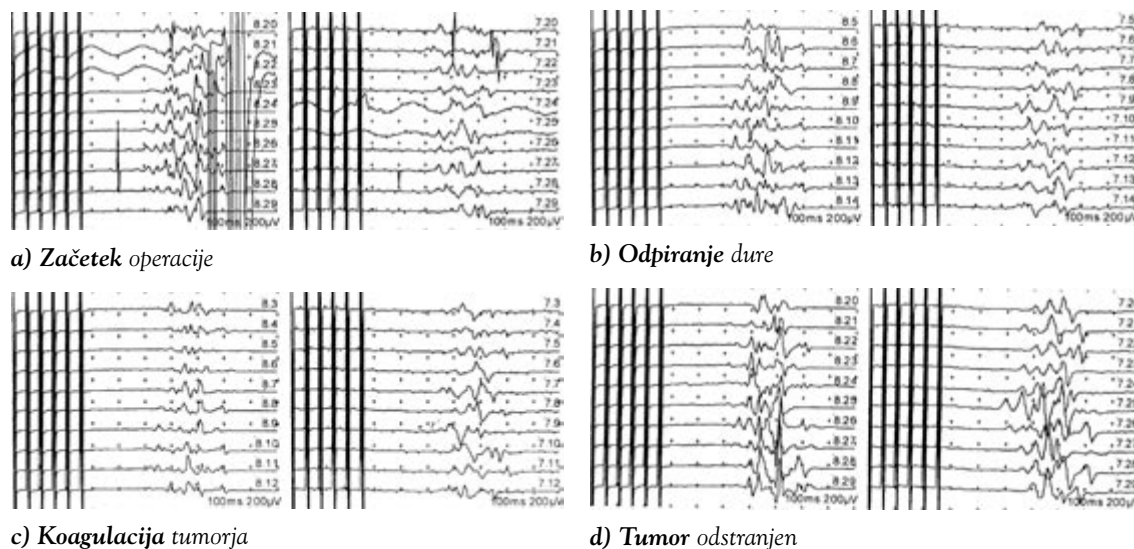
Medoperacijski elektrofiziološki nadzor delovanja hrbtenjače, ki ga želimo vpeljati pri zahtevnejših posegih v SB Maribor, se je pri prvih treh pacientih izkazal kot zanimivo in potencialno koristno orodje. MEN operacije ne moti, seveda pa mora biti ekipa – nefrofiziolog, anesteziolog in kirurg – usklajena.

Trajanje operacije se zaradi MEN ne podaljša, saj nefrofiziolog postavi elektrode za MEN med siceršnji anesteziološko pripravo bolnika za operacijo. Transkranialni električni impulzi za MEP pa med operacijo sprožajo zgbke, ki sicer niso močni, niso pa zanemarljivi. Čeprav so električni impulzi usmerjeni predvsem v primarno motorično skorjo in kapsulo interno, se vzdražijo tudi povrhnje strukture, obrazni živec in žvekalne mišice (m. temporalis). Klonični zgbki torej ne nastajajo le v ciljni mišici, ampak tudi na obrazu, trupu in udih; bolniku je treba pred njimi zavarovati jezik in orostrahealni tubus. Kirurg in nefrofiziolog se morata sporazumeti, kdaj bosta uporabila MEP; ko je kirurg z instrumenti ravno na živčnem tkivu, seveda zgbkov ne sme biti.

Za operacijo z MEN pa je treba prilagoditi anestezijo: hlapni anestetiki vplivajo na evocirane potenciale, zato

niso primerni. Uporabiti je treba intravensko anestezijo, kombinacijo sedativa in analgetika (30, 31). Med sedativi je z zmernimi učinki na evocirane potenciale in z ugodnimi farmakodinamičnimi in farmakokinetičnimi lastnostmi na prvem mestu propofol (32-34), med analgetiki pa opioidni nimajo pomembnih učinkov na evocirane potenciale (30). Ker bi mišični relaksanti zmanjšali ali povsem odstranili motorične odzive (30), se da bolniku le en odmerek na začetku operacije za olajšanje orostrahealne intubacije; njegov učinek izzveni v približno pol ure. Če operacije ni možno napraviti brez mišičnega relaksanta, ga je treba dajati s kontinuirano infuzijo, tako da je delna relaksacija stabilna, vendar tako nadzorovana, da so MEP še izvljivi (30). Anesteziolog in nefrofiziolog morata med operacijo dobro sodelovati: nefrofiziolog mora vedeti za vse anesteziološke intervencije, predvsem za morebitno povečanje kontinuirane infuzije in dodatne odmerke sedativa ali mišičnega relaksanta, sicer bi lahko spremembe evociranih potencialov napačno pripisal kirurškemu delu in po nepotrebnem alarmiral kirurško ekipo.

Naše operacije so potekale v duhu dobrega sodelovanja med nefrofiziologom, anesteziologom in kirurgom, zato so bile po anesteziološki in kirurški plati brez posebnosti. Uspešno smo jih opravili v zelenem obsegu. Znakov poslabšanja delovanja hrbtenjače med operacijo ni bilo; nasprotno, pri enem bolniku smo zaznali



Slika 4. Posnetki motoričnih evociranih potencialov v mišici abductor hallucis desno (leva kolona) in levo (desna kolona) po transkranialnem električnem draženju v štirih obdobjih operacije pri pacientki LC (primer 3). Na začetku posnetkov je artefakt zaradi dražljaja, ki je bil v tem primeru sestavljen iz 6 pulzov, med katerimi je bil presledek 5 ms. Dražljaje smo prožili s frekvenco 1 Hz. Latenca odzivov je približno 50 ms glede na prvi pulz v dražljaju. Latenca, oblika in amplituda odzivov se od posnetka do posnetka spreminja. Amplitude posnetkov po odstranitvi tumorja so višje kot na začetku operacije in med njo, kar ob stabilni anesteziji lahko pomeni izboljševanje delovanja motoričnih struktur hrbtenjače.

znake izboljšanja. Najdbe MEN je potrdila tudi klinična ocena. S prvimi pozitivnimi izkušnjami bomo seveda lahko toliko varneje nadaljevali tudi pri bolj zapletenih primerih, zlasti pri operacijah intramedularnih tumorjev, kjer je MEN skorajda že pogoj, brez katerega se

takih posegov v razvitem svetu ne lotevajo. Menimo, da bo MEN s SEP in MEP postal koristen pripomoček tudi pri ortopedskih in travmatoloških operacijah hrbtenice in hrbtenjače.

Literatura

- 1 Dawson EG, Sherman JE, Kanim LE, Nuwer MR. Spinal cord monitoring; results of the Scoliosis Research Society and the European Spinal Deformity Society survey. *Spine* 1991;16: Suppl 8:361-4.
- 2 Nuwer MR, Aminoff M, Desmedt J, et al. IFCN recommended standards for short latency somatosensory evoked potentials: Report of an IFCN committee. *International Federation of Clinical Neurophysiology. Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994;91:6-1.
- 3 Pelosi L, Lamb J, Grevitt M, Mehdian SM, Webb JK, Blumhardt LD. Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery. *Clinical Neurophysiol* 2002;113:1082-91.
- 4 Bose B, Sestokas AK, Schwartz DM. Neurophysiological monitoring of spinal cord function during instrumented anterior cervical fusion. *Spine J* 2004;4:202-7.
- 5 Koyanagi I, Iwasaki Y, Isu T, Abe H, Akino M, Kuroda S. Spinal cord evoked potential monitoring after spinal cord stimulation during surgery of spinal cord tumors. Technique and application. *Neurosurgery*;1993;33:451-460.
- 6 Morota N, Deletis V, Constantini S, Kofler M, Cohen H, Epstein FJ. The role of motor evoked potentials during surgery for intramedullary spinal cord tumors technique application. *Neurosurgery* 1997;41:1327-1336.
- 7 Quinones-Hinojosa A, Gulati M, Lyon R, Gupta N, Yingling C. Spinal cord mapping as an adjunct for resection of intramedullary tumors: surgical technique with case illustrations. *Neurosurgery* 2002;51:1199-1207.
- 8 Bruke D, Hicks RG. Surgical monitoring of motor pathways. *J Clin Neurophysiol* 1998;15:194-205.
- 9 Nuwer MR. Spinal cord monitoring with somatosensory techniques. *J Clin Neurophysiol* 1998;15:183-93.
- 10 Møller AR. Principles of intraoperative monitoring. In: Møller AR. *Evoked potentials in intraoperative monitoring*. Baltimore etc.: Williams and Wilkins, 1988: 2-9.
- 11 Lesser RP, Raudzens P, Lueders H, et al. Postoperative neurological deficits may occur despite unchanged intraoperative somatosensory evoked potentials. *Ann Neurol* 1986; 19: 22-5.
- 12 Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, Kanim LE, Sherman JE. Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: results of a large multicenter survey. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1995; 96: 6-11.
- 13 Deutsch H, Arginteanu M, Manhart K, et al. Somatosensory evoked potential monitoring in anterior thoracic vertebrectomy. *J Neurosurg* 2000; 92: Suppl. 2: 155-61.
- 14 Jones SJ, Buonamassa, Crockard HA. Two cases of quadriplegia following anterior cervical discectomy, with normal perioperative somatosensory evoked potentials. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2003; 74: 273-6.
- 15 Taniguchi M, Cedzich C, Schramm J. Modification of cortical stimulation for motor evoked potentials under general anaesthesia: technical description. *Neurosurgery* 1993; 32: 219-26.
- 16 Rodi Z, Deletis V, Morota N, Vodusek DB. Motor evoked potentials during brain surgery. *Pflugers Arch* 1996; 431: Suppl. 2: R291-2.
- 17 Pechstein U, Cedzich C, Nadstawek J, Schramm J. Transcranial high-frequency repetitive electrical stimulation for recording myogenic motor evoked potential with the patient under general anaesthesia. *Neurosurgery* 1996; 39: 335-44.
- 18 Jones SJ, Harrison R, Koh KF, Mendoza N, Crockard HA. Motor evoked potential monitoring during spinal surgery: Responses of distal limb muscles to transcranial cortical stimulation with pulse trains. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1996; 100: 375-83.
- 19 Leis AA, Zhou HH, Mehta M, Harkey HL 3rd, Paske WC. Behavior of the H-reflex in humans following mechanical perturbation or injury to rostral spinal cord. *Muscle Nerve* 1996; 19: 1373-82.
- 20 Deletis V, Vodusek DB. Intraoperative recording of the bulbocavernosus reflex. *Neurosurgery* 1997; 40: 88-93.
- 21 Rodi Z, Vodusek DB. Intraoperative monitoring of the bulbocavernosus reflex: the method and its problems. *Clin Neurophysiol* 2001; 112: 879-83.
- 22 Deletis V. Intraoperative neurophysiology and methodologies used to monitor the functional integrity of the motor system. In: Deletis V, Shils JL (ed.). *Neurophysiology in neurosurgery*. Amsterdam: Academic Press, 2002: 25-51.

- 23 Owen JH, Sponseller PD, Szymanski J, Hurdle M. Efficacy of multimodality spinal cord monitoring during surgery for neuromuscular scoliosis. *Spine* 1995;20:1480-8.
- 24 Stephen JP, Sullivan MR, Hicks RG, Burke DJ, Woodforth IJ, Crawford MR. Cotrel-Dubousset instrumentation in children using simultaneous motor and somatosensory evoked potential monitoring. *Spine* 1996;21:2450-7.
- 25 MacDonald DB, Al Zayed Z, Khoudeir I, Stigsby B. Monitoring scoliosis surgery with combined multiple pulse transcranial electric motor and cortical somatosensory-evoked potentials from the lower and upper extremities. *Spine* 2003;28: 194-203.
- 26 Prestor B, Zgur T, Dolenc VV. Subpially recorded cervical spinal cord evoked potentials in syringomyelia. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1991; 80: 155-8.
- 27 Prestor B, Golob P. Intra-operative spinal cord neuromonitoring in patients operated on for intramedullary tumors and syringomyelia. *Neurol Res* 1999; 21: 125-9.
- 28 Deletis V, Rodi Z, Amassian VE. Neurophysiological mechanisms underlying motor evoked potentials in anesthetized humans. Part 2. Relationship between epidurally and muscle recorded MEPs in man. *Clin Neurophysiol* 2001; 112: 445-52.
- 29 Rodi Z, Straus I, Denic K, Deletis V, Vodusek DB. Transient paraplegia revealed by intraoperative neurophysiological monitoring: was it caused by the epidural anesthetic or an epidural hematoma? *Anesth Analg* 2003; 96: 1785-8.
- 30 Sloan TB. Evoked potentials. In: Albin MS. *Textbook of neuroanesthesia with neurosurgical and neuroscience perspectives*. The McGraw-Hill Companies, 1997: 221-76.
- 31 Pechstein U, Nadstawek J, Zentner J, Schramm J. Isoflurane plus nitrous oxide versus propofol for recording of motor evoked potentials after high frequency repetitive electrical stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998; 108: 175-81.
- 32 Jellinek D, Jewkes D, Symon L. Noninvasive intraoperative monitoring of motor evoked potentials under propofol anesthesia: effects of spinal surgery on the amplitude and latency of motor evoked potentials. *Neurosurgery* 1991; 29: 551-7.
- 33 Taniguchi M, Nadstawek J, Langenbach U, Bremer F, Schramm J. Effects of four intravenous anesthetic agents on motor evoked potentials elicited by magnetic transcranial stimulation. *Neurosurgery* 1993; 33: 407-15.
- 34 Ubags LH, Kalkman CJ, Been HD, Drummond JC. Differential effects of nitrous oxide and propofol on myogenic transcranial motor evoked responses during sufentanil anaesthesia. *Br J Anaesth* 1997; 79: 590-4.