proLékaře.cz | 2.11.2026

Peroperační elektromyografie svěračového komplexu anorekta dětí s anorektálními malformacemi

Intraoperative Monitoring of Anorectal Sphincter Complex during a Surgery in Children with Anorectal Malformations

Souhrn

Orientační peroperační elektromyostimulace svěračového komplexu (SC) bipolárním Peňovým stimulátorem se používá při rekonstrukci anorekta dětí s vrozenou anorektální malformací (ARM). Peroperační elektromyografická diagnostika SC dosud nebyla v literatuře publikována. Cílem studie bylo vypracovat metodu přesného peroperačního měření stimulací vyvolaných odpovědí SC u dětí s ARM a s její pomocí určit nejvhodnější způsob celkové anestezie. Použili jsme elektromyografický přístroj Key Point v3.22 (Medtronic). V operačním poli jsme bipolární elektrodou stimulovali tkáň SC. Odpovědi jsme snímali tenkou koncentrickou jehlovou elektrodou DCN 25. Intenzita stimulace byla 14 mA, trvání stimulu 0,2 ms. Metodu jsme použili u 17 pacientů v průběhu operace anorektální malformace. Vyšetření jsme časovali dle stadia anestezie: po zahájení anestezie a během epidurálního bloku nebo po podání svalového relaxans, obojí v alternujícím pořadí. Dosažené výsledky jsme srovnali s ojedinělými literárními údaji a potvrdili jejich validitu. Vyhodnocením výsledků jsme popsanou metodu označili jako dostatečně přesnou. Nedepolarizující svalová relaxace významně měnila odpovědi vyvolané stimulací. Proto jsme jako optimální způsob anestezie určili kombinovanou anestezii s použitím inhalačního anestetika, opiátu a epidurální blokády, avšak s vyloučením nedepolarizující svalové relaxace.

Abstract

Diagnostic perioperative electromyostimulation of the sphincter complex muscles with bipolar Pena stimulator is used for anorectal reconstruction in children with congenital anorectal malformations (ARM). The objective of this study was to develop an accurate technique for perioperative measurement of electromyographic parameters in children with ARM and, consequently, to determine the most suitable method of general anesthesia. A KeyPoint EMG v3.22 (Medtronic) was used. The tissue of the sphincter complex was stimulated with a bipolar electrode and a DCN 25 thin concentric needle electrode was used for recording. Intensity of the stimulation was 14 mA administered over 0.2 ms. The method was used in 17 patients repeatedly during a surgery for anorectal malformation. The examinations were performed at various stages of anesthesia: after induction and during epidural blockade or after administration of a muscle relaxant. The results were compared to scarce data in the literature and confirmed their validity. Through evaluation of the results, the described method was found to be sufficiently accurate. A combination of inhalation anesthesia, opioids and epidural block, with an exclusion of non-depolarizing muscle relaxants, was determined to be the most useful method of anesthesia.

V. Mixa[1], J. Kraus[2], R. Škába[3], K. Cvachovec[1]

2. LF UK a FN v Motole, Praha:
[1] Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny
[2] Klinika dětské neurologie
[3] Klinika dětské chirurgie

✉
MUDr. Vladimír Mixa
Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny
2. LF UK a FN v Motole
V úvalu 84
150 06 Praha 5
e-mail: vmxa@volny.cz

Přijato k recenzi: 27. 6. 2011
Přijato do tisku: 12. 1. 2012

Klíčová slova

peroperační elektromyostimulace – anorektální malformace – svěračový komplex anorekta – kaudální epidurální anestezie – peroperační elektromyografie

Key words

perioperative electromyostimulation – anorectal malformation – anorectal sphincter complex – caudal epidural anesthesia

Úvod

V posledních 20 letech nastal v mnoha oborech lékařství rychlý rozvoj peroperační elektromyografie (PEMG). Používá se zejména v neurochirurgii, úrazové chirurgii při ošetření poraněných periferních nervů a svalových rekonstrukcích, ve spondylochirurgii, otorinolaryngologii, chirurgii štítné žlázy a chirurgii baze lební.

Od roku 1982 [1] se ve formě jednoduché myostimulace používá také při

proLékaře.cz | 2.11.2026

operacích dětí s anorektálními malformacemi (ARM). Po úvodu do anestezie se repetitivní transkutánní myostimulací vyvolává stah svalových vláken zevního análního svěrače a m. levator ani. Oba vytváří tzv. svěračový komplex anorekta (SC). Touto stimulací se vyhledá umístění pro nový zevní anální otvor (metoda PSARP). Následnou přímou myostimulací vláken SC v operačním poli se tyto svaly správně identifikují. Během hledání rektálního pahýlu a jeho preparace se pak stimulací kontroluje symetrické dělení SC. Jen tak lze zajistit, aby byl pahýl, po stažení do určeného zevního řitního otvoru na perineu, správně uložen mezi svalová vlákna SC [2].

Dosud nebyly publikovány žádné objektivní údaje o peroperačních elektromyografických nálezech pacientů s ARM. Nebyla ani popsána metodika, jak tyto parametry u této specifické skupiny pacientů během operace měřit. Proto jsou cíli našeho sdělení:

a) popis metodiky intraoperační stimulační elektromyografie (EMG) SC,
b) uvedení získaných údajů s hodnotami přímých stimulačních EMG odpovědí SC u pacientů s ARM před jejich rekonstrukcí,
c) předložení praktické aplikace naměřených výsledků k volbě nejvhodnějšího způsobu celkové anestezie.

Postupovali jsme standardní metodou randomizované prospektivní studie a řešili jsme následující otázky:

- *Je zvolená metoda experimentální elektromyostimulace vhodná pro intraoperační detekci a měření svěračového komplexu anorekta?*
- *Ve které fázi anestezie je nejvhodnější provádět elektromyostimulaci a která součást celkové anestezie výsledky měření nejvíce ovlivní?*

Domníváme se, že publikování výsledků naší studie by mohlo být užitečnou pobídkou k dalším studiím v rámci klinické neurofyziologie i mezioborové spolupráce.

Soubor a metoda

Do souboru jsme postupně zařadili 17 dětí s ARM (10 chlapců a 7 děvčat). Všechny děti byly operovány metodou PSARP. Průměrný věk pacientů v době operace byl 6,3 měsíce (14 dní–12 měsíců) a průměrná hmotnost 6,7 kg (3,6–8,8 kg).

Transkutánní diagnostická myostimulace SC slouží k identifikaci místa budoucího vyústění zevního řitního otvoru. Probíhá vždy až po uvedení dítěte do anestezie. Dítě leží v poloze na zádech, s nohama zvednutýma ke zpřístupnění anorektální oblasti. Stimulujeme na perineu v místě anticipované lokalizace svěračového komplexu. K stimulaci se používá bipolární povrchová elektroda a speciální, pro toto měření zkonstruovaný Peňův stimulátor (PS-1 Pena Muscle Stimulator and 433P-Stimulation Probe Radionics, Inc.). Intenzita stimulace je od 140 do 200 mA podle věku pacienta. Místa stahu vláken svěračového komplexu se zakreslí na kůži.

Potom je pacient uložen do pronační polohy. V sagitální rovině jsou postupně proťaty kůže, podkoží, vlákna zevního análního svěrače a m. levator ani. Operatér postupně proniká ke slepě zakončenému rektálnímu pahýlu. Při vlastní preparaci rekta stále sleduje zachovávání sagitální roviny podle symetrie kontrakce vláken SC přímým dotykem stimulační elektrody. Peňův stimulátor se přitom nastavuje na výrazně nižší intenzitu mezi 20–40 mA. Také tato část prosté myostimulace se hodnotí pouze vizuálně.

Pro získání objektivně hodnotitelných údajů svalové aktivity jsme ke standardnímu postupu stimulací přidali intraoperační snímání stimulací vyvolané EMG aktivity SC (intraoperační stimulační elektromyografie, iosEMG). Použili jsme elektromyografický přístroj KeyPoint v3.22 (Medtronic). V operačním poli jsme SC stimulovali jednotlivými podněty a bipolární elektrodou. Elektrodu jsme přikládali na oblast průběhu eferentních vláken pro SC. Konstantní intenzita stimulace byla 14 mA; trvání stimulu 0,2 ms. Vyvolané potenciálové změny odpovědí jsme snímali velmi tenkou koncentrickou jehlovou elektrodou DCN 25. Elektroda byla pod kontrolou zraku zavedena v operačním poli mezi svalová vlákna do m. levator ani. Zemnící elektrodu jsme umístili na paži pacienta. Optimální polohu snímací elektrody a její stabilní fixaci ve svalovině SC jsme docílili spoluprací chirurga a neurologa-elektromyografisty podle charakteristické kontinuální tonické aktivity svalových akčních potenciálů svalů SC. Elektrickou aktivitu filtrovanou v pásmu 20 Hz až 10 kHz jsme zobrazili se zesílením 0,2 mV/d a s časovou základnou 5 ms/d. Pacienti měli po celou dobu anestezie konstantní tělesnou teplotu a krevní tlak.

Stimulační EMG proběhla ve fázích celkové anestezie stanovených rozvržením studie.

První iosEMG byla po inhalačním úvodu, intravenózní aplikaci opiátů a nástupu celkové anestezie. Toto vyšetření jsme označili jako základní. Poté byla sestava vyšetřovaných pacientů randomizovaně rozdělena do dvou skupin (A, B).

Pacientům zařazeným do skupiny A jsme epidurální cestou podali lokální anestetikum (levobupivacain 1,25 mg/kg) a po 10 minutách nutných k nástupu účinku léku jsme provedli měření. Po něm následovalo podání nedepolarizujícího svalového relaxans (cisatracurium 0,1 mg/kg) a po pěti minutách jsme měření opakovali.

Ve skupině B bylo pořadí aplikovaných léků obráceno. Nejprve jsme podali cisatracurium a po pěti minutách jsme provedli měření. Následovala epidurální aplikace levobupivacainu a měření po uplynutí 10 minut.

Zjišťovali jsme přítomnost stimulací vyvolaných EMG odpovědí SC (iR). Měřili jsme jejich amplitudu a latenci.

Každý test jsme u každého pacienta provedli třikrát a počítali jsme průměrné hodnoty, standardní deviaci a výsledky porovnali t-testem. Studie probíhala se souhlasem etické komise.

Výsledky

Prvních šest (35,3 %) pacientů jsme ze sestavy vyloučili pro zjištěné rozdíly v metodice a v podmínkách měření. Zpracovatelná data jsme získali teprve od 11 následujících pacientů (64,7 %).

Při základním měření po podání sevofluranu a opiátu v úvodu do celkové anestezie jsme u všech jedenácti hodnocených pacientů zaznamenali přítomnost stimulací vyvolané odpovědi iR. Základní naměřené charakteristiky iR byly následující:

- latence průměrná: 4,1 ms (SD 1,4; 95% CI 3,3–4,9),
- amplituda průměrná: 0,43 mV (SD 0,74; 95% CI 0,03–0,83).

Po rozdělení sestavy pacientů na dvě skupiny jsme ve skupině A, tj. po podání lokálního anestetika epidurálním katétrem, dosáhli výsledků:

- latence průměrná: 4,0 ms (SD 1,9; 95% CI 2,4–5,5),

proLékaře.cz | 2.11.2026

- amplituda průměrná: 0,65 mV (SD 0,99; 95% CI –0,17–1,47).

Po podání svalového relaxancia jsme ve skupině A nevybavili iR.

Ve skupině B po podání svalového relaxancia jsme iR také nevybavili; následné podání lokálního anestetika již výsledek ve skupině B neovlivnilo.

Při porovnání výsledků charakteristik iR v základním měření a ve skupině A po podání lokálního anestetika epidurálním katétrem pomocí Studentova testu nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (latence p = 0,86; amplitudy p = 0,86).

Diskuze

Přesná lokalizace součástí svěračového komplexu anorekta (SC) je nezbytnou podmínkou úspěšné operace anorektální malformace. Chybná identifikace svěračového komplexu vede k nesprávnému umístění neoanu většinou s následnou inkontinencí, strikturou neoanu, dilatací rekta a především s chronickou zácpou s pseudoinkontinencí [3].

V průběhu operace ARM metodou PSARP se mimořádná pozornost věnuje interpretaci výsledků obou myostimulací SC. Jak první, provedené v úvodu operace, přes kůži, Peňovým stimulátorem a s poměrně velkou intenzitou (140–200 mA), tak i následnému peroperačnímu sledování polohy vláken SC s podstatně menší intenzitou (20–40 mA). V obou případech se stimuluje SC přímým dotykem bipolární elektrody Peňova stimulátoru. Průběh a kontrakce vláken svěračového komplexu se sledují vizuálně a hodnotí pouze subjektivně [4–6]. Výsledky měření tak nelze shromáždit a porovnat.

V této studii jsme uvedli podstatně citlivější, exaktní metodu, která tímto způsobem ještě nebyla použita. Prvních šest pacientů bylo ze studie nutno vyloučit, protože v průběhu měření byl opakovaně měněn tvar a velikost elektrod i jejich poloha ve svalech SC; měnila se intenzita stimulace. Měření tedy neproběhlo za standardních podmínek. Tato měření jsme však využili pro zjištění, jaký typ elektrody použít a jak zajistit nejvhodnější polohu i fixaci elektrod. Jako nejvhodnější se pro uskutečnění naší studie ukázala velmi malá koncentrická jehlová elektroda s tenkým hrotem, která se jemně, ale stabilně umístí mezi vyšetřovaná svalová vlákna.

Optimální intenzita proudu stimulace byla 14 mA. Při vyšší intenzitě dochází k nespecifické stimulaci nervových i svalových vláken ve druhých vzdálenějších strukturách. Tím může vzniknout i kontrakce kromě SC i v jiných nesledovaných svalech. Taková generalizovanější odpověď může mít za následek nepřesnou nebo chybnou identifikaci SC.

Latence odpovědi souvisí s rychlostí vedení vzruchu v nervových vláknech. Byla nepřímo úměrná amplitudě a v našem souboru odpovídala intervalu od 2,5 do 6,8 ms. Amplituda elektromyografické odpovědi je ovlivněna především hustotou svalových vláken. To vysvětluje poměrně velký rozptyl naměřených hodnot v předložené sestavě (0,1–2,6 mV). Všechny vyvolané odpovědi byly v záznamu snadno a dobře diferencovatelné. Ani vlastní klidová svalová aktivita SC patrná na pozadí záznamu a přibývající s opakovanou stimulací záznam nerušila. Nebylo proto třeba použít ani zprůměrnění, ani randomizované stimulace.

Elektrickou stimulací oblasti perinea lze vyvolat v perineálních svalech dvě přímé a dvě reflexní odpovědi [7]. Stimulace (a) n. pudendus v oblasti spina ischiadica kombinovanou St. Mark elektrodou má odpověď v análním sfinkteru s průměrnou latenci 5,5 ms. Elektroda přiložená (b) perineálně a někdy i perianálně může silnou stimulací n. pudendus a n. rectalis inferior vyvolat dvě stabilní odpovědi, bez habituace, označované R1 a R2 [7]. Jsou to přímé odpovědi s krátkou latencí (2–8 a 11–18 ms). Nejsou ovlivněny epidurální anestezií. Odpovědi sakrálních reflexů mají větší latence. Odpověď (c) oligosynaptického bulbokavernózního reflexu R3 bez habituace má latenci 33 ms a lze ji vyvolat stimulací perinea (i penisu a klitorisu). Nepříjemnou až bolestivou a silnou perianální stimulací (d) lze vybavit bulbokavernózní polysynaptický reflex. Vyvolaná odpověď R4 s habituací má latenci 55 ms [7].

Z našich výsledků latencí odpovědí vyvolaných elektrickou stimulací přiloženou bipolární elektrodou na SC a z intenzity použité stimulace lze stanovit, která struktura byla stimulována, ve kterém místě byla stimulace provedena a jaké hodnoty byly přesně měřeny. Hodnoty latencí vylučují vyvolání oligosynaptického i polysynaptického bulbokavernozního reflexu a měření jeho latence. Z absence vyvolaných odpovědí po aplikaci nedepolarizujícího svalového relaxans, kdy nastává porucha nervosvalového přenosu, můžeme obdobně vyloučit i přímou elektrickou stimulaci svalu. Latence vyvolaných odpovědí našich pacientů byly v rozsahu krátkých hodnot. Všechny odpovědi vykazovaly u jednotlivých pacientů určitou stabilitu tvaru a latence. Neprojevily habituaci. U žádného pacienta odpovědi nebyly ovlivněny spinálním blokem. Tato charakteristika svědčí pro přímou odpověď se stimulací periferní nervové struktury – motorických vláken pudendálního nervu a s měřením distální latence tohoto nervu (PNTML, Pudendal Nerve Terminal Motor Latency). Jedná se o určitou analogii přímé krátkolatentní odpovědi R1 [7]. Rozdíl je v místě stimulace. Odpověď R1 se vyvolává povrchovou kožní stimulací. Avšak naše korespondující intraoperačně vyvolaná odpověď, kterou jsme označili iR, měla vlastní stimulaci SC v operačním poli.

Vzhledem k tomu, že peroperační elektromyostimulace dětského pacienta se vždy provádí v celkové anestezii, byl problém zjistit v literatuře hodnoty latence a amplitudy CMAP neovlivněné jakoukoliv složkou celkové anestezie a porovnat je s hodnotami námi zjištěnými v průběhu základního měření, tedy po podání sevofluranu a opiátu.

Vyhovující údaje jsme nalezli v pracích Chantraine et al [8], kteří dosáhli hodnot latence odpovědi R1 5,1 až 5,5 ms. Při stimulaci sakrálních kořenů S3 or S4 ve foraminu jehlovou elektrodou získali Jelasic et al [9] přímé odpovědi s latencí mezi 3 a 5 ms. Dále Tørring et al [10] popsali dvě krátkolatentní odpovědi vyvolané perianální povrchovou kožní stimulací. Kratší s latencí 2–8 ms. Obě odpovědi byly při repetitivní stimulaci stabilní, bez habituace a neovlivnitelné epidurální anestezií. Vodusek et al [7] uvádějí v tabulce latence R1 odpovědi 2,6 až 8,0 ms. Velmi podobnou metodikou s povrchovou stimulací a snímáním jehlovou elektrodou Pedersen et al [11] naměřili latence mezi 2 až 8 ms. Konečně pomocí koncentrické EMG a single-fibre EMG jehlové elektrody Trontelj et al [12] detekovali přímé odpovědi s latencemi do 10 ms z musculus levator ani při stimulaci s jehlovou elektrodou zavedenou do stejného svalu (stimulující intramuskulární větvení nervu).

proLékaře.cz | 2.11.2026

Tab. 1. Srovnání literárních údajů (v závorce citace) s hodnotami naměřenými po úvodu do anestezie (základní měření) a po podání lokálního anestetika epidurálně (skupina A).

	Latence průměrná	Amplituda průměrná
údaje literatury	2,6–8,0 ms [7] 2–8 ms [8] 5,1–5,5 ms [9] 3–5 ms [10] 2–8 ms [11] do 10 ms [12]	0,24 mV [7]
základní měření	4,1 ms	0,43 mV
skupina A	4,0 ms	0,65 mV

Jediný dostupný údaj týkající se amplitudy složeného svalového akčního potenciálu pochází z práce Voduska, který zaznamenal hodnotu 0,24 mV. Lze tedy konstatovat, že uvedené hodnoty z literatury jsou řádově shodné s námi naměřenými hodnotami po úvodu do anestezie. Ty pak je možné vzít jako základní měření a porovnávat s ním výsledky získané při měřeních v dalších fázích celkové anestezie (tab. 1).

Od doby skončení předložené studie na konci roku 2009 je na základě jejích výsledků pro rekonstrukční operace ARM používána výhradně anestezie bez svalové relaxace. Subjektivně jsou podmínky pro operaci a pro vyhledání snopců SC operatérem hodnoceny velmi pozitivně, objektivně bude možno vyhodnotit snížení počtu pooperačních komplikací způsobených nesprávným umístěním neoanu až po uplynutí podstatně delšího časového intervalu.

Závěr

Přidali jsme metodu intraoperační stimulační elektromyografie SC se záznamem přímých odpovědí vyvolaných stimulací nervu v operačním poli během korekce ARM. Prokázali jsme, že tato zvolená metoda je vhodná pro intraoperační detekci a měření svěračového komplexu anorekta. Poskytuje schopnost přesně zaznamenat přítomnost stimulační odpovědi a změřit její charakteristiky. Dovoluje tím získat mnohem podrobnější informace o funkčním stavu struktur SC. Toho jsme využili k měření stimulačních odpovědí v jednotlivých fázích celkové anestezie podané dětem operovaným pro ARM metodou PSARP. Momenty měření jsme zvolili tak, aby výsledky měření přesně charakterizovaly míru ovlivnění elektromyografické odpovědi právě probíhající fází celkové anestezie.

Zjistili jsme tak, že inhalační a opiátová anestezie kombinovaná s epidurální blokádou elektromyografické vyšetření neovlivní, a tudíž i výsledek peroperační stimulace Peňovým stimulátorem nebude modifikován.

Naopak, nedepolarizující svalová relaxace stimulační odpověď zcela potlačí. Z toho vyplývá, že při podávání celkové anestezie je třeba vynechat nedepolarizující svalová relaxancia. Pokud je jejich použití nezbytné, je nutno vyčkat jejich spontánní eliminace nebo provést farmakologickou dekurarizaci.

Literatura

1. Peña A. Surgical management of anorectal malformations: a unified concept. Pediatr Surg Int 1988; 3: 82–93.

2. Peña A. Posterior sagittal anorectoplasty: results in the management of 332 cases of anorectal malformations. Pediatr Surg Int 1988; 3: 94–104.

3. Peña A, Grasshoff S, Lewitt M. Reoperations in anorectal malformations. J Pediatr Surg 2007; 42(2): 318–325.

4. Škába R, Rousková B. Současný stav léčení anorektálních malformací. Rozhl Chir 1997; 76(8): 389–393.

5. Lefaucheur JP. Neurophysiological testing in anorectal disorders. Muscle Nerve 2006; 33(3): 324–333.

6. Podnar S, Rodi Z, Lukanovic, Trsinar B, Vodusek DB. Standardization of anal sphincter EMG: Technique of needle examinaton. Muscle Nerve 1999; 22(3): 400–403.

7. Vodusek DB, Janko M, Lokar J. Direct and reflex responses in perineal muscles on electrical stimulation. J Neurol Neurosurg Psychiat 1983; 46(1): 67–71.

8. Chantraine A, DeLeval J, Onkelinx A. Motor conduction velocity in the internal pudendal nerves. In: Desmedt JE (ed). New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology, Basel: Karger 1973: 433–438.

9. Jelasic F, Fischer D, Allert ML. Diagnosis of neurologic disorders of micturition without evidence of the pathological process by measuring conduction velocity of sacral roots. Urol Int 1975; 30(1): 100–102.

10. Tørring J, Pedersen E, Klemar B, Schrøder HD. Anal sphincter responses after peri-anal electrical stimulation. Proc XI Ann Meeting Internat Continence Soc, Stockholm, Sweden, 1981: 150–151.

11. Pedersen E, Klemar B, Schroder HD, Torring J. Anal sphincter responses after perianal electrical stimulation. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1982; 45(9): 770 –773.

12. Trontelj JV, Janko M, Godec C, Rakovec S, Trontelj M. Electrical stimulation for urinary incontinence. Urol Inter 1974; 29(3): 213–220.

www.csnn.eu