

Identifikace lumbosakrálního nervového plexu během stabilizace typu XLIF

Identification of the Lumbosacral Nerve Plexus during the Extreme Lateral Interbody Fusion Procedure

L. HRABÁLEK¹, M. ADAMUS², T. WANEK¹

¹ Neurochirurgická klinika FN a LF UP v Olomouci

² Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny FN a LF UP v Olomouci

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of this clinical observation study was to determine the extent to which muscle relaxation induced by anesthesia must be intra-operatively reversed for a reliable identification, by intra-operative monitoring, of the lumbosacral (LS) nerve roots during extreme lateral interbody fusion (XLIF).

MATERIAL AND METHODS

General anesthesia (midazolam, propofol, sufentanil, oxygen/air/sevofluran - rocuronium) was administered to all patients. Train-of-four (TOF) stimulation of the ulnar nerve at 10-second intervals and an electromyographic response of the adductor pollicis muscle were used, and the duration of neuromuscular block was measured by the value of the TOF-ratio. When the level of recovery from neuromuscular block was TOF-count = 2, reversion to normal function was still accelerated by sugammadex administration at a dose of 2 mg.kg⁻¹. Subsequently, it was determined at which level of muscle relaxation subsidence the first responses to LS nerve root stimulation were evident. Intra-operative neurophysiological monitoring (IOM) with use of the NIM - Neuro@ 3.0 device allowed for assessment of a triggered electromyographic reaction (tEMG) of LS roots to stimulation during surgery.

The neuromuscular reactions were evaluated in 11 patients, five men and six women. The results were analysed by descriptive statistics and presented as median and interquartile-range values.

RESULTS

In all patients a reliable monitoring of the depth of muscle relaxation was established. The value of supramaximal impulse was 46 mA (38 to 64 mA). The period from rocuronium administration to a spontaneous recovery of the TOF-count = 2 took 33 min (29 to 35 min).

Duration from sugammadex administration to a TOF ratio of ≥ 0.70 was 90 seconds (50 to 140) and to a TOF ratio of ≥ 0.90 was 190 seconds (100 to 220 s).

A reliable tEMG response of LS nerve roots to electric stimulation at 10 mA intensity was recorded at a TOF ratio of 0.68 (0.56 to 0.77) and at a 5 mA intensity it was reliable at a TOF ratio of 0.86 (0.75 to 0.90)..

None of the patients reported radicular symptoms after surgery.

DISCUSSION

From the anatomy of the greater psoas muscle and varied patterns of its LS plexus it is obvious that none of the zones is absolutely safe. In XLIF procedures it is therefore recommended to dissect the psoas muscle under both visual and IOM control. Intra-operative checking of the depth of muscle relaxation then will provide information that conditions not affected by rocuronium administration and necessary for the detection of LS roots have been provided.

CONCLUSIONS

1. For a reliable intra-operative identification of LS nerve roots by electric stimulation at a 10 mA intensity it is recommended to achieve the value of TOF ratio equal to at least 0.70. When stimulation at a lower intensity (5 mA) is used, a TOF ratio of ≥ 0.90 is necessary.

2. Administration of sugammadex to reverse an action of the muscle relaxant rocuronium is an effective and quick method to achieve the values required.

Key words: XLIF, neuromonitoring, electromyography, neuromuscular block, train-of-four, lumbar plexus.

ÚVOD

Extrémně boční přístup k odstranění disku a fúzi (XLIF - Extreme Lateral Interbody Fusion) je novou formou přední náhrady (6, 16, 17). Umožní přísně laterální vstup do disku přes m. psoas major, ale s tím je spojeno riziko poranění nervových kořenů z lumbosakrálního (LS) plexu. To platí pro všechny etáže kaudálně od L2/3 a zejména pro L4/5 (5, 14, 15). Pooperační parestezie v příslušném kořenovém dermatomu dosáhly až 30 % případů (6). Prevencí poranění LS plexu je použití intraoperativního neurofyzilogického monitoringu (IOM) (7, 22).

Operační výkon se provádí v celkové anestezii a během přístupu k bederní páteři vyžaduje dostatečné svalové uvolnění. V okamžiku identifikace LS kořenů naopak musí být účinek NMBA (neuromuscular blocking agent) minimální.

Cílem klinické observační studie bylo stanovit, do jaké míry musí v průběhu anestezie a operace odeznít účinek svalové relaxace, aby bylo možné peroperační stimulací spolehlivě lokalizovat LS nervové kořeny při stabilizaci typu XLIF.

MATERIÁL A METODIKA

K XLIF byli indikováni nemocní s diagnózou symptomatické diskopatie degenerativního původu, tedy „Degenerative Disc Disease“ (DDD) a pacienti s „Failed Back Surgery Syndromem“ (FBSS) bederní páteře po předchozí operaci hernie disku bez průkazu recidivy hernie, kdy příčinou obtíží byla nestabilita segmentu. Další indikací bylo doplnění náhrady disku po předchozí zadní transpedikulární (TP) fixaci u nemocných se segmentální nestabilitou, spondylolistézou I. nebo II. stupně nebo inveterovanou zlomeninou.

Kontraindikováni byli nemocní s prokázanou osteoporózou, nádorem páteře, aktivním zánětem, kostně nezhojenou zlomeninou, spondylolistézou III. a IV. stupně a signifikantní centrální stenózou kanálu.

Před operací byli všichni nemocní podrobeni standardnímu klinickému a neurologickému vyšetření. Současně byly provedeny statické a dynamické skiagrafické snímky LS páteře, část pacientů měla CT vyšetření (Computed Tomography) tří nejkaudálnějších meziobratlových plotének bederní páteře. Všem nemocným byla doplněna magnetická rezonance (MR) na přístroji Magnetom Symphony 1.5T (Siemens, Německo), v sagitální rovině v sekvenci T2 tse – rst sag pat 2 /i PAT/, v T1 tse – sag /i PAT/ a ve STIR sag Hi Res /i PAT/. Rozsah vyšetření byl biforamínální, s tloušťkou vrstvy 4 mm, TR/TE (msec) pro T2 bylo 3520/95, pro T1 bylo 564/14 a pro STIR 4500/70. V transverzální rovině bylo zobrazení jen v T2-váženém obraze.

Anestezie

Všem nemocným byla podána stejná doplňovaná anestezie (midazolam, propofol, sufentanil, kyslík/vzduch/sevofluran, okruh s nízkým příkonem čerstvé

směsi plynů, řízená ventilace). K usnadnění tracheální intubace a operačního přístupu jsme použili rokuronium. Jeho účinek jsme měřili podle zásad GCRP (Good Clinical Research Practice, Stockholmská revize) s použitím přístroje Datex-Ohmeda S/5 Anaesthesia Monitor s NMT (neuromuscular transmission) modulem. Po předchozí kalibraci systému jsme pomocí kožních elektrod stimulovali n. ulnaris supramaximálními impulzy v režimu TOF (train-of-four) s opakováním sérií každých deset sekund, vyhodnocovali elektromyografickou odpověď m. adductor pollicis, a tak stanovili průběh nervosvalového bloku pomocí TOF-ratio.

Po spontánním zotavení nervosvalového bloku na hodnotu TOF-count = 2 jsme reverzi urychlili podáním sugammadexu (Bridion®, Schering-Plough, MSD) v dávce 2 mg kg⁻¹ a určili, při jaké hloubce odeznívající svalové relaxace se objeví první reakce na stimulaci LS kořenů. V tomto okamžiku jsme hloubku nervosvalového bloku popsali pomocí hodnoty TOF-ratio.

Z anesteziologické dokumentace jsme zaznamenali demografická data nemocných, délku anestezie a operace. Zapsali jsme údaje o podání sugammadexu a data související s měřením nervosvalového přenosu (velikost supramaximálního impulzu, parametry TOF-count, TOF-ratio).

Statistické zpracování

Data jsme zanesli do tabulkového procesoru Excel (Microsoft® Office Excel® 2007 SP2 a po ukončení sběru dat importovali do počítačového programu InStat (InStat v. 3.10 pro Windows, GraphPad Software, San Diego, California, USA). Získané údaje jsme shrnuli pomocí deskriptivní statistiky. Rozložení numerických dat jsme posoudili Kolmogorov-Smirnov testem. Vzhledem k tomu, že získaná data nerespektovala normální rozložení, a vzhledem k malé velikosti souborů jsme ke statistickému zpracování použili neparametrické metody. Výsledky jsou uvedeny vždy jako medián a mezikvartilové rozmezí. Příslušné parametry byly porovnány nepárovým neparametrickým testem (Mann-Whitney). Za statisticky významnou byla považována hodnota $p < 0,05$.

Operační postup

Po úvodu do anestezie jsme nemocného přetočili na pravý bok s podložením a zalomením v bederní krajině (right lateral decubitus position). Pomocí operačního rentgenového C-ramene byla zaměřena kožní incize podle svislé projekce. Po celou dobu operace jsme dbali na to, aby poloha pacienta i rentgenu zůstala v ortogonálních rovinách. Výkon byl prováděn s využitím instrumentaria Oracle Cage System umožňující MISS (Minimally Invasive Spine Surgery) techniku a pomocí implantátů Oracle (Synthes, USA). Byly zavedeny vpichové elektrody do svalů levé dolní končetiny (do m. adductor magnus pro kořen L2, m. adductor longus pro kořen L3, m. rectus femoris pro kořen L4 nebo m. tibialis anterior pro kořen L5) tak, aby bylo možné sledovat v průběhu operace evokovanou (triggered)

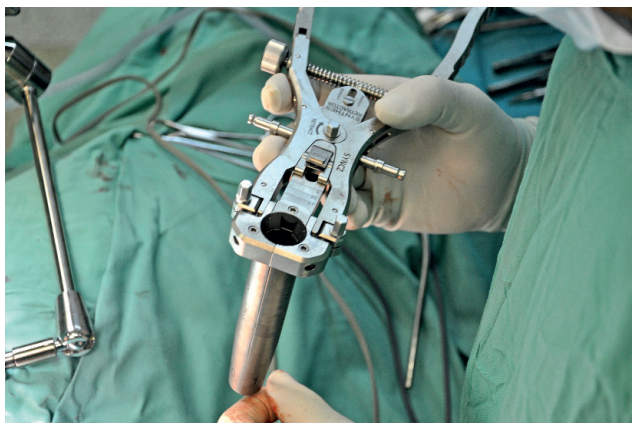
elektromyografickou (tEMG) odpověď na stimulaci. Vždy byly monitorovány dva tyto kořeny LS plexu v závislosti na operované etáži. Kaudálně od hřebene kosti kyčelní byly do podkoží zavedeny elektroda uzemnění a v její blízkosti zpětná stimulační elektroda. Neuromonitorace byla prováděna s využitím přístroje NIM-Neuro® 3.0 (Medtronic, USA).

Kožní řez délky 5-7 cm byl veden šikmo na levém boku pacienta, kraniálně od hřebene kosti kyčelní. Přístup přes břišní stěnu byl umožněn tupým odhrnutím svalů (m. obliquus externus abdominis, m. obliquus internus abdominis, m. transversus abdominis) a s šetřením zde probíhajících nervových struktur (n. iliohypogastricus, n. ilioinguinalis, n. cutaneus femoris lateralis). Při operacích na disku L2/3 byl přístup modifikován, neboť zde již zasahuje žeburní oblouk a bylo nezbytné navíc resekovat část XII. žebra a šetřit struktury subkostálního nervově-cévního svazku. Následně jsme pronikli tukem retroperitoneálního prostoru a identifikovali m. psoas major. Přes tento sval kolmo k podložce byla zavedena tupá sonda k předpokládané meziobratlové ploténce na hranici její přední a střední třetiny, a rentgenové C-rameno ve svislé projekci umožnilo ověřit správnou pozici. Následovala trans-psoatická preparace po směru svalových vláken pod vizuální kontrolou s cílem vyhnout se důsledně nervovým strukturám ve svalu (zejména n. genitofemoralis) a nervovým kořenům. Kořeny by byly ohroženy, pokud bychom chybně preparovali dorzálně od svalu nebo na úrovni zadní třetiny disku. Po identifikaci meziobratlové ploténky byla stimulační elektrodou proudem 10 mA vyloučena těsná blízkost nervových kořenů. Pokud byla odpověď negativní, byl v tomto místě do disku zaveden Kirschnerův drát (K-drát), přes něj dilatátory a nakonec speciální třístranný rozvěrač (obr. 1), jehož pozice byla zajištěna fixací ke stolu pevným ramenem. Tento rozvěrač umožnil retrakci svalů břišní stěny a m. psoas a zároveň sloužil jako pracovní kanál s ochranou veškerých břišních, cévních a nervových struktur. V případě pozitivní odpovědi na stimulaci byl volen přístup poněkud ventrálněji. Po konečné expozici meziobratlové ploténky opera-

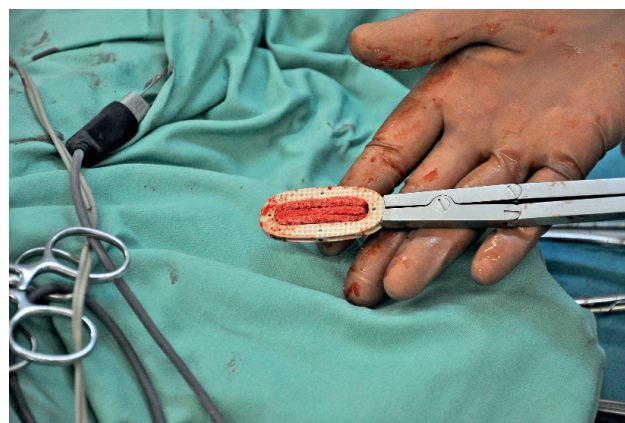
tér zahájil v 5sec intervalech paravertebrální stimulaci m. psoas major intenzitou 10 mA a v případě pozitivní odpovědi i 5 mA, vždy při ventrálním a dorzálním okraji rozvěrače, tedy v místě předpokládaného průběhu LS plexu. Po spontánním zotavení nervosvalového bloku na hodnotu TOF-count = 2 jsme reverzi urychlili podáním sugammadexu (Bridion®, Schering-Plough, MSD) v dávce 2 mg kg⁻¹ a určili, při jaké hloubce odeznívající svalové relaxace se objeví první reakce na stimulaci LS kořenů. V tomto okamžiku jsme hloubku nervosvalového bloku popsali pomocí hodnoty TOF-ratio.

Meziobratlová ploténka s krycími deskami byla odstraněna v minimální šíři 22 mm (šíře všech implantátů Oracle je 22 mm) na rozhraní její přední a střední třetiny, kompletně až kontralaterálně. Pro větší bezpečnost byla hloubka a pozice nástrojů kontrolována v této fázi již trvale zavedeným C-ramenem v horizontální projekci. K dispozici byla celá řada speciálních nástrojů k odstranění disku tak, aby současně nedocházelo k nadměrnému poškození kostních krycích desek. Nakonec zkušební sonda prokázala vhodnou délku, výšku a sklon implantátu Oracle. Klíčka byla vyplněna náhradní kostí z beta-tricalciumfosfátu (ChronOS Strip, Synthes, USA) vylisovanou do pásky, který jsme před aplikací prosákli krví a kostní dření pacienta k zajištění kvalitní kostní fúze (obr. 2). K vlastnímu zavedení byl použit speciální aplikátor se zatlučením implantátu do prostoru. Kontrola polohy a hloubky zavedení klíčky byla umožněna pomocí rentgen-kontrastních tantalových značek zapuštěných do PEEKového (poly-ether-ether-keton) nekontrastního implantátu. Poté byl odstraněn rozvěrač a uzavřena operační rána po vrstvách.

Po operaci měli pacienti podobný režim, jako u jiných stabilizací bederní páteře. Byli vertikalizováni v korzetu hned druhý den (předpokládaná doba nošení korzetu je 6 týdnů, po tuto dobu se nemocní neposazují) a zahájili rehabilitaci. Dimise byla u všech pacientů 3. až 5. den. Soubor byl sledován prospektivně s kontrolním klinickým a neurologickým vyšetřením v prvním a šestém týdnu po operaci pro odhalení všech operačních komplikací.



Obr. 1. Sestavení třístranného rozvěrače Oracle, před vložením do operačního pole.



Obr. 2. Připravený implantát Oracle s výplní pomocí ChronOs strip na aplikátoru, před vložením do meziobratlového prostoru.

VÝSLEDKY

1. Sledovaný soubor tvořilo 11 nemocných, z toho bylo 5 mužů a 6 žen. Medián věku nemocných byl 54 (mezikvartilové rozmezí 45–54) let, tělesná hmotnost 78 (70–87) kg, výška 170 (164–176) cm, BMI 26,03 (23,61–30,06) kg m⁻², tělesný povrch 1,89 (1,80–2,09) m². Délka anestezie dosáhla 100 (120–138) min, délka operace 85 (78–113) min. Rozdíl mezi délkou anestezie a operace činil 20 (20–30) min. ASA klasifikace u všech nemocných měla hodnotu 1 nebo 2. Stimulovány byly kořeny L4 a L5 při operacích na etáži L4/5 u šesti nebo na etáži L5/6 u dvou nemocných, kořeny L3 a L4 při operaci na etáži L3/4 u jednoho a kořeny L2 a L3 na etáži L2/3 u dvou pacientů.

2. U všech nemocných se podařilo založit spolehlivé monitorování hloubky svalové relaxace. Velikost supra-maximálního impulzu byla 46 (38–64) mA. Doba od podání rokuronia do spontánního zotavení na hodnotu TOF-count = 2 byla 33 (29–35) min.

3. Interval od aplikace sugammadexu do zotavení TOF-ratio $\geq 0,70$ byl 90 (50–140) s, do zotavení TOF-ratio $\geq 0,90$ byl 190 (100–220) s.

4. Spolehlivá tEMG odpověď na stimulaci LS nervových kořenů proudem intenzity 10 mA se objevila u 9 nemocných při TOF-ratio 0,68 (0,56–0,77), u stimulace proudem intenzity 5 mA bylo TOF-ratio 0,86 (0,75–0,90, $p = 0,009$ vs. TOF-ratio při 10 mA). U dvou nemocných (etáž L2/3) se nepodařilo identifikovat nervové kořeny stimulací proudem intenzity 10 mA ani při úplném zotavení z bloku (TOF-ratio $\geq 0,90$).

Peroperační a pooperační komplikace

Při operaci nedošlo k poranění žádných struktur dutiny břišní, k otevření peritoneální nebo pleurální dutiny, ani k poranění cév. Autoři nesledovali žádné ranné komplikace typu hematomu, seromu nebo infekce, a nevznikl ani žádný jiný důvod k operační revizi. Všechny operační rány se zhojily per primam.

V jednom případě při operaci disku L4/5 měla pacientka známky částečné sympatektomie, projevující se teplejší, přitom stále potivou levou dolní končetinou. V jiném případě při operaci na disku L2/3 udával pacient hypestezii v oblasti levého třísla, pravděpodobně jako následek částečného poranění n. ilioinguinalis na břišní stěně. Známky kořenového neurologického deficitu neměl žádný nemocný.

DISKUSE

První transpsoatický endoskopický přístup referoval Pimenta v roce 2001 a publikovali jej v roce 2004 Bergey *et al.* (6, 17). Techniku extrémně laterální mezitělové fúze (XLIF) bez použití endoskopu, ale z MISS přístupu prezentovali poprvé v roce 2006 Ozgur *et al.* (16). Výhoda tohoto otevřeného přístupu ve srovnání s laparoskopickým je zejména v rychlosti a bezpečnosti operace. Také kvalita ošetření intersomatického prostoru a možnost použití většího implantátu hovoří ve prospěch otevřené metody (6, 16).

Intraoperativní neurofyzilogický monitoring (IOM) je metodou používanou a propracovanou v posledním desetiletí zvláště pro bezpečné zavedení pedikulárních šroubů u transpedikulárních fixací (7, 18, 22). Tento postup získává na významu při miniinvasivních technikách, kdy nelze ověřit jiným způsobem bezpečné umístění šroubu. Intenzita proudu pod 7–8 mA je přitom dostačující k evokování akčních potenciálů ze svalových skupin inervovaných příslušným nervovým kořenem v případech, kdy implantát pronikl stěnou pediklu (7, 19). U těchto pacientů ale většinou není nezbytná svalová relaxace a interpretace svalové odpovědi tak není zatížena výraznější chybou (8, 11).

V současné době se do popředí zájmu dostal IOM u laterálního transpsoatického přístupu k páteři při XLIF (22). Pro přístup retroperitoneálním prostorem a přes m. psoas major je svalová relaxace nezbytná. Po založení rozvěrače následuje neurostimulace LS plexu. Aby byl tento postup spolehlivý, musí být v tomto okamžiku svalová relaxace již minimální. Jedním ze zdrojů chyb IOM při XLIF může být nedostatečná nebo vůbec žádná monitorace stupně svalové relaxace pacienta během anestezie. Peroperační měření hloubky svalové relaxace přitom zajistí, že jsou pro detekci LS kořenů zajištěny podmínky, které nejsou ovlivněny podáním rokuronia.

Přístrojem pro měření svalové relaxace se v režimu TOF stimuluje motorický nerv (nejčastěji n. ulnaris) čtyřmi pravoúhlými impulzy v odstupu 0,5 sec (10). Bez podání NMBA odpovídající sval (m. adduktor pollicis) reaguje na toto dráždění čtyřmi stejně velkými záškuby. Intenzitu záškubů lze kvantifikovat různými metodami, nejčastěji pomocí akcelerometrie nebo námi použité elektromyografie (1). Podáním NMBA se zhorší přenos na nervosvalové ploténce a při stejné intenzitě dráždění se snižují svalové odpovědi. S nástupem blokády po rokuroniu je kontrakce v odpovědi na čtvrtý impulz snížena více než stah vyvolaný prvním impulzem. Tento jev se označuje jako únava (fade) a je typický pro nede-polarizující blok. Parametr TOF-ratio vyjadřuje poměr mezi velikostí čtvrté a první svalové kontrakce. Při prohlubování bloku se svalové kontrakce snižují disproporcionálně (čtvrtá kontrakce více než první), a proto se snižuje hodnota TOF-ratio. Při odeznívání relaxace děj probíhá opačným směrem.

Podle současných názorů je za adekvátní zotavení z účinku NMBA považováno dosažení hodnoty TOF-ratio nejméně 0,9. Prokázali jsme, že pro spolehlivou identifikaci LS kořenů proudem intenzity 5 mA je nutné úplné zotavení z účinku rokuronia (TOF-ratio $\geq 0,9$), při použití vyššího stimulačního proudu (10 mA) je detekce bederních kořenů možná i při přítomnosti mělkého nervosvalového bloku (TOF-ratio $\geq 0,7$).

Podání sugammadexu je jednou z možností, jak lze relaxaci zrušit (2). Jeho efekt v naší studii byl spolehlivý, reverze bloku probíhala rychle a uniformně u všech nemocných. K úplnému zotavení svalové síly (TOF-ratio $\geq 0,9$) došlo vždy během 3 minut od podání sugammadexu, nežádoucí účinky po podání jsme nezaznamenali. Jediným nedostatkem použití sugammadexu jsou ekonomické souvislosti.

Podle dosavadních zkušeností z transpsoatického přístupu k páteři představuje pozitivní odpověď při stimulaci proudem pod 5 mA prakticky přímý kontakt s kořenem, při proudu 5–10 mA přítomnost menšího množství vmezežené měkké tkáně (m. psoas) mezi elektrodou a kořenem a nad 11 mA již dostatečně bezpečnou vzdálenost od nervových struktur (22). V etáži L3/4 byl takto identifikován během operace bezprostřední kontakt s kořenem ve 44 % a v L4/5 dokonce v 63 % případů (20). Přes nesporné výhody IOM je třeba si uvědomit, že ani tato metoda není ušetřena falešně pozitivních nebo falešně negativních nálezů, které v konečném důsledku mohou mít následky v podobě neurologického postižení (3). Některé nervy, jako n. femoralis, jsou smíšené a neuromonitorace není schopna detekovat jejich senzitivní vlákna (n. cutaneus femoris anterior).

Uribe et al. v kadaverózní studii rozdělili laterální plochy páteře ve svislé rovině na 4 stejné zóny (s ventrodorzálním označením I - IV) a prokázali, že v etáži L1/2 byly všechny nervové kořeny v zóně IV, v etáži L2/3 i L3/4 byl n. genitofemoralis v zóně I a kořeny v zóně IV, v etáži L4/5 se kořeny již formovali do n. femoralis a ten probíhal zónou III a IV, zatímco n. genitofemoralis zůstal v zóně I. Tedy přímé nebezpečí poranění n. genitofemoralis bylo na úrovni disku L2/3 v zóně II, na L3/4 a L4/5 v zóně I. Bezpečnou zónou pro nervové kořeny na úrovni L1/2 až L3/4 byla zóna III a na L4/5 hranice mezi zónou II–III (21). Současně může dojít k poranění n. ilioinguinalis, n. iliohypogastricus a n. cutaneus femoris lateralis při tupé preparaci břišní stěnou a retroperitoneálním prostorem kudy probíhají šikmo kaudálně a ventrálně (9). Při náhodném zavádění K-drátu svaelem může dojít k poranění nervových kořenů nebo n. genitofemoralis. V kadaverózní studii Banagana et al došlo k poškození těchto struktur drátem dokonce ve 25 % případů na etážích L3/4 a L4/5. K-drát, jehož umístění je očekáváno ventrálně od LS plexu, byl navíc lokalizován nesprávně dorzálně od kořenů na etáži L3/4 ve 25 % případů a na L4/5 v 50 % (4).

Při identifikaci neurovaskulárních struktur podle MR bylo prokázáno, že při levostranném přístupu je riziko jejich poranění v pásu 20 mm dorzálně od předních okrajů obratlových těl přiléhajících k disku L1/2 v míře 2,3 %, na L2/3 v 7 %, na L3/4 v 4,7 % a na L4/5 ve 21 %. Naopak při pravostranném přístupu by bylo riziko v průměru vyšší, na etáži L1/2 i L2/3 v 7 %, na L3/4 v 9,3 % a na L4/5 dokonce 44,2 % (13).

Na základě rozborů anatomických poměrů a možných variant průběhu LS plexu v m. psoas major je zjevné, že žádná zóna není zcela bezpečná a proto je doporučeno preparovat m. psoas pod vizuální kontrolou a současně kontrolou IOM (4, 12).

ZÁVĚR

1. Pro spolehlivou peroperační identifikaci nervových kořenů v úseku LS páteře pomocí stimulace proudem intenzity 10 mA doporučujeme docílit zotavení z nede-polarizujícího bloku na hodnotu TOF-ratio $\geq 0,70$. Při

vyhledání kořenů proudem nižší intenzity (5 mA) musí účinek rokuronia odeznít na hodnotu TOF-ratio $\geq 0,90$.

2. Peroperační antagonizace myorelaxačního účinku rokuronia sugammadexem je efektivní a rychlá metoda k dosažení potřebných hodnot.

3. Žádný pacient neměl po operaci klinické známky motorického ani senzitivního poškození monitorovaného nervového kořene.

Literatura

1. ADAMUS, M.: Monitorování nervosvalového přenosu v anesteziologii. 1. vydání, Ediční řada: Monografie. Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci 2007.
2. ADAMUS, M., HRABÁLEK, L., KOUTNÁ, J.: Sugammadex (Bridion®) – první zkušenosti s antagonizací mělkého bloku po podání rokuronia. *Anest. Intenziv. Med.*, 21: 128–133, 2010.
3. ALEMO, S., SAYADIPOUR, A.: Role of intraoperative neurophysiologic monitoring in lumbosacral spine fusion and instrumentation: a retrospective study. *World Neurosurg.*, 73: 72–76, 2010.
4. BANAGAN, K., GELB, D., POELSTRA, K., LUDWIG, S.: Anatomical mapping of lumbar nerve roots during a direct lateral transpsoas approach to the spine: a cadaveric study. *Spine*, 36: E687–691, 2011.
5. BENGLI, D. M., VANNI, S., LEVI, A. D.: An anatomical study of the lumbosacral plexus as related to the minimally invasive transpsoas approach to the spine. *J Neurosurg Spine*, 10: 139–144, 2009.
6. BERGEY, D. L., VILLAVICENCIO, A. T., GOLDSTEIN, T., REGAN, J. J.: Endoscopic lateral transpsoas approach to the lumbar spine. *Spine*, 29: 1681–1688, 2004.
7. BOSE, N., WIERZBOWSKI, L. R., SESTOKAS, A. K.: Neurophysiologic monitoring of spinal nerve root function during instrumented posterior lumbar spine surgery. *Spine*, 27: 1444–1450, 2002.
8. CIENCIALA, J., CHALOUPKA, R., REPKO, M., KRBEC, M.: Ošetření degenerativního onemocnění bederní páteře metodou dynamické neutralizace systémem Dynesys. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 203–208, 2010.
9. DAKWAR, E., VALE, F. L., URIBE, J. S.: Trajectory of the main sensory and motor branches of the lumbar plexus outside the psoas muscle related to the lateral retroperitoneal transpsoas approach. *J. Neurosurg. Spine*, 14: 290–295, 2011.
10. FUCHS-BUDER, T., CLAUDIUS, C., SKOVGAARD, L. T., ERIKSSON, L. I., MIRAKHUR, R. K., VIBY-MOGENSEN, J.: Good clinical research practice in pharmacodynamic studies of neuromuscular blocking agents II: the Stockholm revision. *Acta Anaesthesiol. Scand.*, 51: 789–808, 2007.
11. HRABÁLEK, L., MACHÁČ, J., VAVERKA, M.: Implantace interspinózní rozpěrky DIAM u pacientů s degenerativním onemocněním lumbosakrální páteře. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 76: 417–423, 2009.
12. HRABÁLEK, L., WANEK, T., ADAMUS, M.: XLIF – nová technika náhrady meziobratlové ploténky bederní páteře: první zkušenosti. *Rozhl. Chir.*, 89: 784–788, 2010.
13. KEPLER, C. K., BOGNER, E. A., HERZOG, R. J., HUANG, R. C.: Anatomy of the psoas muscle and lumbar plexus with respect to the surgical approach for lateral transpsoas interbody fusion. *Eur. Spine J.*, 20: 550–556, 2011 (Epub. 2010).
14. KNIGHT, R. Q., SCHWAEGLER, P., HANSCOM, D., ROH, J.: Direct lateral lumbar interbody fusion for degenerative conditions: early complication profile. *J. Spinal Disord. Tech.*, 22: 34–37, 2009.

15. MORO, T., KIKUCHI, S., KONNO, S., YAGINUMA, H.: An anatomic study of the lumbar plexus with respect to retroperitoneal endoscopic surgery. *Spine*, 28: 423–428, 2003.
16. OZGUR, B. M., ARYAN, H. E., PIMENTA, L., TAILOR, W. R.: Extreme Lateral Interbody Fusion (XLIF): a surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J.*, 6: 435–443, 2006.
17. PIMENTA, L.: Lateral endoscopic transpsoas retroperitoneal approach for lumbar spine surgery. Paper presentation at the VIII. Brazilian Spine Society Meeting. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, May, 2001.
18. SALA, F.: Intraoperative neurophysiology is here to stay. *Childs Nerv Syst*, 26: 413–417, 2010.
19. SUTTER, M., EGGSPUEHLER, A., GROB, D., JESZENSZKY, D., BENINI, A., PORCHET, F., MUELLER, A., DVORAK, J.: The diagnostic value of multimodal intraoperative monitoring (MIOM) during spine surgery: a prospective study of 1,017 patients. *Eur. Spine J.*, 16 (Suppl. 2): S162–S170, 2007.
20. TOHMEH, A.G., RODGERS, W.B., PETERSON, M.D.: Dynamically evoked, discrete-threshold electromyography (EMG) in the extreme lateral interbody fusion (XLIF) approach. *J. Neurosurg. Spine*, 14: 31–37, 2011.
21. URIBE, J. S., ARREDONDO, N., DAKWAR, E., VALE, F. L.: Defining the safe working zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas approach: an anatomical study. *J. Neurosurg. Spine*, 13: 260–266, 2010.
22. URIBE, J. S., VALE, F. L., DAKWAR, E.: Electromyographic monitoring and its anatomical implications in minimally invasive spine surgery. *Spine*, 35 (26 Suppl.): S368–374, 2010.

Korespondující autor:

MUDr. Lumír Hrabálek, Ph.D.
Neurologická klinika LF UP a FN Olomouc
I. P. Pavlova 6
775 20 Olomouc
E-mail: Lumir.Hrabalek@seznam.cz