

Minimálně invazivní zadní mezitělová fúze a instrumentace – výsledky po 24 měsících sledování

Minimally Invasive Posterior Lumbar Interbody Fusion and Instrumentation – Outcomes at 24-Month Follow-up

F. ŠÁMAL², P. LINZER¹, M. FILIP^{1,3}, P. JUREK¹, D. POHLODEK², P. HANINEC²

¹ Neurochirurgické oddělení Krajské nemocnice Tomáše Bati, Zlín

² Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, Praha

³ Ústav rehabilitace Lékařské fakulty Ostravské univerzity, Ostrava

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

Minimally invasive posterior lumbar interbody fusion and percutaneous instrumentation were introduced in the clinical practice with the aim to reduce the damage to musculoligamentous structures associated with open surgeries. The purpose of the study is to evaluate the clinical outcomes, radiological results and complications of the group of patients operated with the use of the minimally invasive posterior lumbar interbody fusion technique.

MATERIAL AND METHODS

The group of 31 patients operated for lumbar degenerative disc disease was followed-up prospectively. The surgical technique included a unilateral microsurgical decompression of the spinal canal with the insertion of interbody cages supplemented by percutaneous transpedicular fixation. The clinical outcomes were evaluated by means of the Oswestry Disability Index (ODI), Macnab classification, VAS score for low back pain (VAS LBP) and lower extremity pain (VAS LE) at 2, 6, 12 and 24 months postoperatively. The success rate of interbody fusion and complications was also assessed.

RESULTS

The inclusion criteria were met by 29 patients. The mean preoperative ODI score of 68.4 decreased to 25.1 at two-year follow-up ($p = 0.001$). Based on the modified Macnab scale excellent and good outcomes were achieved at two-year-follow-up by 82.4% patients. The mean value of VAS LBP score decreased from 6.2 to 2.1 and in case of VAS LE from 5.38 to 1.34 ($p < 0.001$). The mean time of operation was 157 minutes. Solid interbody fusion was achieved in 80% of patients. In one case, revision surgery for dislocation of the interbody cage was performed one year after the operation. A total of five misplaced transpedicular screws (5.2%) were recorded.

DISCUSSION

Dorsal minimally invasive spinal operational techniques, when compared with the open surgery, result in less iatrogenic injury to paravertebral muscles. From a short-term perspective, there is also less blood loss and lower frequency of infectious complications. Together with the reduction of postoperative pain and shorter hospital stay, they enable faster recovery and rehabilitation with comparable clinical effectiveness of the procedure. Apart from the above-mentioned benefits, also some shortcomings are discussed such as higher frequency of complications, longer time of operation, higher occurrence of implant malposition and higher exposure of the patient and the surgeon to radiation.

CONCLUSIONS

The minimally invasive posterior lumbar interbody fusion technique resulted in a statistically significant clinical improvement in the ODI, Macnab scale, VAS LBP and VAS LE scores. The percutaneous instrumentation technique shows an acceptable rate of incorrectly inserted screws.

Key words: degenerative disc disease, minimally invasive spinal surgery, posterior lumbar interbody fusion, spine stabilization, lumbar interbody fusion complications.

Práce vznikla za podpory grantu „Pořízení přístrojového vybavení“ ze strukturálních fondů EU OPP Konkurenceschopnost CZ.2.16./3.1.00/21532.

ÚVOD

Cílem zadní lumbosakrální mezitělové fúze (PLIF) je dosažení stabilizace deformity, redukce bolesti a funkčního zlepšení (26). Na počátku rozvoje otevřené techniky PLIF stála technika popsaná Clowardem (2). V dalším vývoji se při provádění techniky PLIF vedle autologních kostních štěpů uplatnila řada strukturálních konstrukcí v podobě mezitělových klecí z různých materiálů. Indikace k provedení PLIF zahrnuje širokou paletu změn při degenerativním onemocnění bederní páteře, mezi jinými segmentální nestabilitu, spinální stenózu, mechanickou axiální bolest, recidivy hernií meziobratlových plotének a také syndrom neúspěšné operace zad (FBSS). Unilaterální modifikací PLIF je transforaminální zadní mezitělová fúze (TLIF) využívající transfacetární přístup, který popsali poprvé Harms a Jerszensky (8).

Součástí standardního otevřeného operačního přístupu k PLIF a TLIF je značná iatrogenní traumatizace dorzálních muskuloligamentózních struktur způsobující peroperační vzestup intramuskulárního tlaku, ischemii a denervaci, krevní ztráty a pooperační bolesti (25, 27). Důsledkem je pooperační atrofie a denervace paravertebrálního svalstva (14), a to především *musculi multifidi*, které jsou považovány za struktury zodpovědné za segmentální stabilitu. Narušení jeho stabilizační funkce může vést k rozvoji pooperačních bolestivých stavů v operovaném úseku, snižovat dlouhodobý efekt operační intervence a potencovat riziko rozvoje syndromu neúspěšné operace zad (FBSS) (10, 25, 27).

Snaha o eliminaci uvedených nevýhod vedla k rozvoji mininvazivních modifikací standardních technik, které využívají perkutánní techniky k provedení mezitělové fúze i suplementární transpedikulární fixace. Minimálně invazivní technika PLIF (miniPLIF) byla vyvinuta s cílem eliminovat zmíněné nedostatky otevřené techniky PLIF při zachování stejné klinické efektivity výkonu (11).

Cílem prezentované práce je zhodnocení dlouhodobých klinických a radiologických výsledků u souboru pacientů

operovaných technikou unilaterální zadní lumbální mezitělové fúze s perkutánní transpedikulární fixací.

MATERIÁL A METODIKA

Soubor pacientů

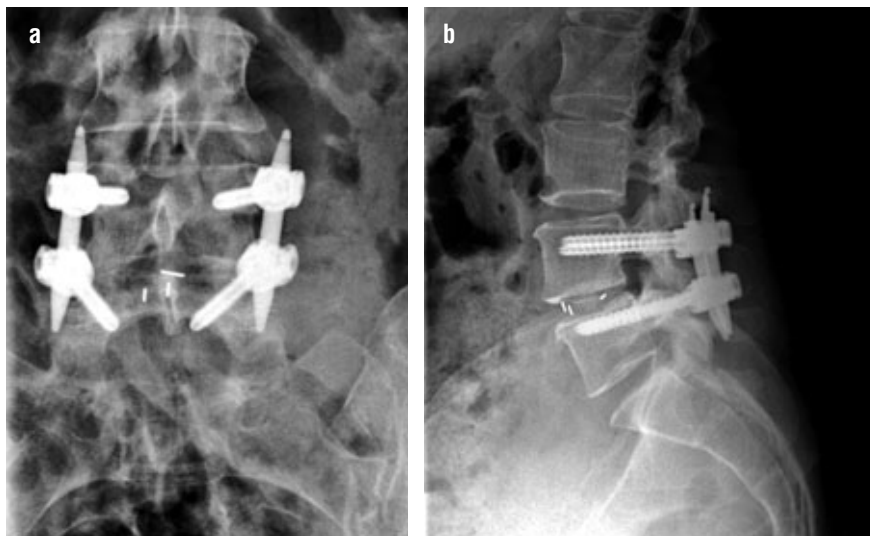
Sledovaný soubor tvořilo 31 nemocných prospektivně sledovaných pacientů operovaných v letech 2007–2011 pro degenerativní onemocnění bederní páteře technikou monosegmentální miniinvazivní unilaterální zadní mezitělové fúze s perkutánní transpedikulární fixací.

Pooperační sledování probíhalo 2, 6, 12 a 24 měsíců po operaci na základě vizuální analogové škály bolesti pro lumbalgie (VAS LS) a pro bolesti v příslušné dolní končetině (VAS DK), Oswestry disability indexu (ODI) a pomocí modifikované Macnab škály (4, 16). Rozdíly hodnot proti předoperačním byly testovány párovým t-testem; hodnoty $p < 0,05$ byly považovány za statisticky významné. Přítomnost mezitělové fúze 12 měsíců po výkonu byla posuzována podle kritérií autorů Park et al. na základě rentgenového (rtg) vyšetření v předozadní projekci, boční projekci a flekčně-extenčních snímků (23). Hodnotili jsme přítomnost kosti přemostující intersomatický prostor, absenci pohybu na funkčních snímcích a absenci souvislého radiolucenčního intersomatického prostoru. Nálezy splňující dvě ze tří uvedených kritérií byly považovány za solidní fúzi (23). Dále byly zaznamenány čas operace, chirurgické, neurologické a infekční komplikace. Pacienti byli vertikalizováni nejpozději třetí pooperační den.

Operační výkon byl prováděn v celkové endotracheální anestezii a v pronační poloze pacienta. Pod kontrolou rtg zesilovače byly v laterální a předozadní projekci lokalizovány vstupy do pediklů příslušných obratlů. Strana přístupu do kanálu páteřního byla zvolena podle převažujících příznaků kořenových symptomů. Z paramediální incize byl nejprve dilatován přístup k cílové meziobratlové ploténce a zaveden tubulární retractor. Mikrochirurgickou

technikou byla provedena dekomprese durálního vaku, nervového kořene a diskektomie s oprávněním krycích desek. Po dilataci intersomatického prostoru byla aplikována směs autologních kostních štěpů získaná při přístupu, doplněná o granule tricalcium-fosfátu. Následně byla šikmo kontralaterálně zavedena mezitělová klec z materiálu PEEK vyplněná osteogenním materiálem. Technika výkonu je shodná s technikou popsanou autory Logroscino et al. (15).

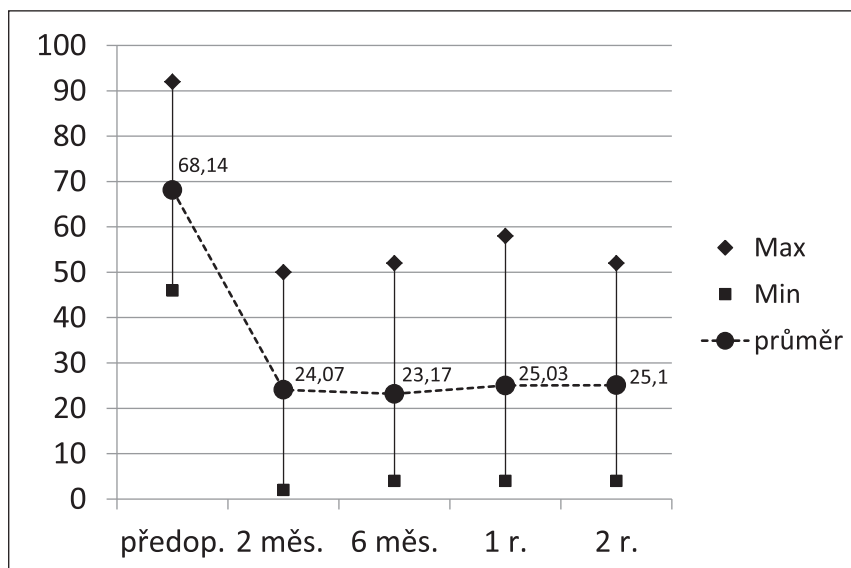
Během pooperačního sledování byli ze studie vyloučeni dva pacienti (6,4 %), kteří se nedostavili k pravidelným kontrolám, a tím vypadli z evidence. Studie za-



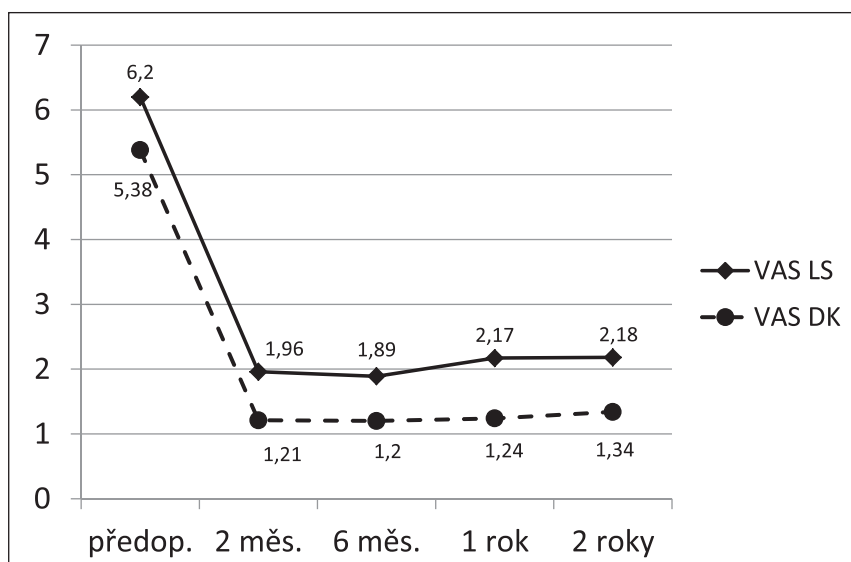
Obr. 1a, b. Pooperační rtg – mini PLIF L4/L5.

Fig. 1a, b. Postoperative radiograph – mini-PLIF L4/L5.

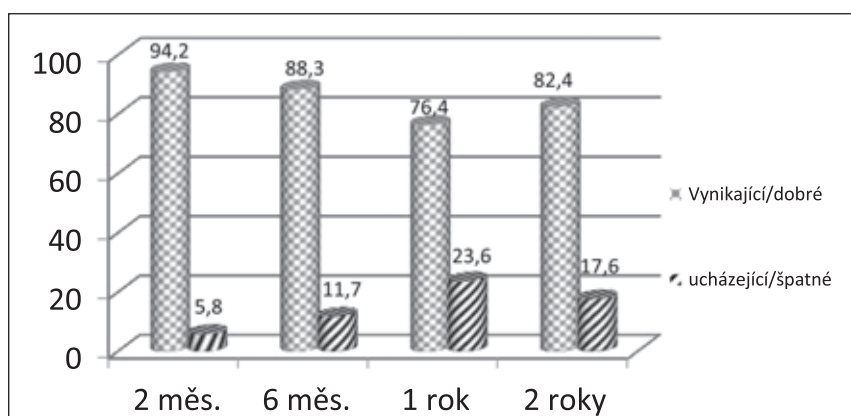
Graf 1. Hodnoty ODI u pacientů souboru ve sledovaném období
Graph 1. ODI score in patients of the group in the follow-up period



Graf 2. Intenzita bolesti LS páteře a dolních končetin a VAS u pacientů souboru ve sledovaném období
Graph 2. VAS LBP and VAS LE values in the follow-up period



Graf 3. Hodnocení v Macnab klasifikaci pacientů souboru ve sledovaném období
Graph 3. Evaluation according to Macnab classification in the follow-up period



hruje celkem 29 pacientů s minimálně dvouletým pooperačním sledováním. Věkový průměr v souboru dosáhl 47,7 let ($SD \pm 8,9$). V 17 případech se jednalo o ženy (58,6 %) a ve 12 případech o muže (41,4 %). Průměrný BMI byl 26,5 ($SD \pm 3,5$). Průměrný čas operačního výkonu ve sledovaném souboru dosáhl 157 minut ($SD \pm 27$).

VÝSLEDKY

Nejčastěji operovaným segmentem byl L4/L5 (23krát), dále pak segmenty L5/S1 (čtyřikrát), L2/L3 a L3/L4 (jednou). Ve třech případech (10,3 %) byl použit 22 mm široký tubulární retractor METRx, v 21 (72,4 %) případech retractor typu Quadrant doplněný o perkutánní fixátor Sextant (MEDTRONIC®). V pěti případech (17,3 %) byl použit retractor Spotlight doplněný o fixátor VIPER (Depuy Synthes®). Typický pooperační nález rtg nález prezentujeme na obrázku 1.

Bylo implantováno celkem 116 transpedikulárních šroubů, v 24 případech (79 %) byla intersomaticky zavedena jedna mezitělová klec a v pěti případech (21 %) byla k podpoře vzniku mezitělové fúze použita směs autologních kostních štěpů a trikalciumfosfátu.

Klinické výsledky

Předoperační průměrná hodnota ODI skóre dosáhla 68,1 ($SD \pm 13,1$), v pooperačním průběhu došlo k poklesu hodnot na 25,1 po dvou letech sledování. Rozdíl proti předoperačním hodnotám byl statisticky významný ve sledovaných intervalech ($p < 0,001$). Hodnoty ODI v jednotlivých sledovaných intervalech uvádíme v grafu 1. Mezi jednotlivými pooperačními kontrolami nebyly rozdíly hodnot statisticky významné. Porovnání intenzity předoperačních a pooperačních bolestí VAS LS a VAS DKK ukázalo na signifikantní pokles intenzity bolesti při všech pooperačních kontrolách ($p < 0,001$) (graf 2). Na základě hodnocení spokojenosti pacientů podle modifikovaných Macnab kritérií jsme dosáhli výborných a dobrých výsledků v 82,4 % při kontrole po dvou letech. Vývoj hodnot měl klesající tendenci

od 2. do 12. měsíce po operaci s následným vzestupem (graf 3).

Radiologické výsledky

Podle výše zmíněných kritérií byla solidní mezitělová fúze zjištěna u 23 pacientů (80 %), nepřítomnost fúze u čtyř pacientů (11,4 %) a u třech pacientů (8,6 %) nebyly nálezy validně hodnotitelné.

Komplikace

V jednom případě (3,4 %) jsme zaznamenali dehiscenci rány po zavedení transpedikulárního šroubu. Rána se při konzervativní léčbě zhojila bez komplikací. Jiné poruchy hojení nebo zánětlivé komplikace se nevyskytly.

Z technických chyb došlo v jednom případě k chybnému extrapedikulárnímu zavedení šroubu v L4 obratli, které bylo korigováno ještě během operačního výkonu. V pooperačním průběhu byl zjištěn motorický a senzitivní výpadek odpovídající lézi kořene L4, který se v dalším průběhu upravil pouze v motorické složce. Při pooperačním sledování ukázala kontrolní rtg vyšetření u pěti (4,3 %) transpedikulárních šroubů na možné poškození některé stěny pediklu. Vzhledem k absenci klinických a radiologických známek nestability implantátu nebyla další diagnostika ani eventuelní revize indikována.

V jednom případě došlo během pooperačního sledování k dislokaci zavedené mezitělové klíčky do páteřního kanálu s kompresí nervového kořene. Stav si vyžádal operační revizi a reinzerci klece rok po prvním výkonu. Pacient se zhojil bez neurologických komplikací.

V našem souboru jsme zaznamenali dvakrát iatrogenní durotomii (6,9 %). V prvním případě vodicím drátem při zavádění tubulárního retraktoru, v druhém při lokalizaci pediklu Jamshidiho jehlou. Uvedené léze se zhojily bez komplikací a výkony byly dokončeny v plánovaném rozsahu.

Nezaznamenali jsme žádný případ selhání transpedikulárního fixátoru nebo technické překážky s jeho zavedením.

DISKUSE

Dorzální miniin vazivní spondylochirurgické techniky byly do klinické praxe zavedeny s cílem redukovat iatrogenní poškození paravertebrálních struktur spojené s konvenčními otevřenými operačními postupy (17, 19). Z dlouhodobé perspektivy se jedná především o eliminaci poškození paravertebrálních svalů, z krátkodobého pohledu pak snížení krevních ztrát, pooperačních bolestí, zkrácení doby hospitalizace a nižší výskyt infekčních komplikací (3, 20, 23). To má ve svém důsledku umožnit rychlejší rekonvalescenci a rehabilitaci při stejné klinické efektivitě výkonu. Vedle uvedených předností jsou ovšem také diskutovány některé nedostatky jako vyšší frekvence komplikací, delší operační časy, vyšší výskyt malpozice implantátů a vyšší radiační zátěž pacienta i chirurga.

Analýza výsledků dosažených v uvedeném souboru ukazují na rychlý pokles v hodnotách ODI, VAS LS i VAS DK s dlouhodobě stabilními hodnotami. Průměrná

hodnota ODI po dvou letech sledování je srovnatelná nebo příznivější jak ve srovnání s otevřenými výkony technikami PLIF, TLIF i ALIF (5, 6, 13, 18, 25), tak s jejich miniin vazivními modifikacemi (9, 15, 20). Můžeme tedy konstatovat, že z hlediska klinických výsledků je miniin vazivní technika PLIF rovnocennou alternativou k otevřené technice. Dosažené výsledky je třeba hodnotit s ohledem na to, že k miniin vazivnímu typu výkonu byli indikováni pacienti s převážně monosegmentálním degenerativním postižením.

Dosažení solidní mezitělové fúze bylo dalším sledovaným parametrem miniPLIF techniky. Publikované hodnoty jsou u otevřených PLIF a TLIF udávány v širokém rozmezí od 77,8 % až 100 % (24, 28, 30). U miniin vazivní techniky byly dosaženy hodnoty 85 % a 96 % (15, 23). Ačkoliv standardní zadní mezitělová fúze obvykle zahrnuje použití dvou mezitělových klecí, je použití jedné klece přípustná modifikace se srovnatelnými radiologickými a klinickými výsledky. Unilaterální aplikace zkracuje dobu operace, krevní ztráty a délku hospitalizace (7, 12). Na základě stanovených kritérií bylo v tomto souboru dosaženo solidní mezitělové fúze u 80 % pacientů. Nižší hodnota ve srovnání s literárními údaji může být důsledkem nedostatečné přípravy mezitělového prostoru, eventuálně nedostatečného osteogenního potenciálu kostního materiálu získaného z kostních struktur v přístupu v kombinaci s trikalciemfosfátem. V jednom případě měla pseudoartróza za následek dislokaci mezitělové klece dorzálně. Stav si vyžádal operační revizi, po které došlo k regresi projevů kořenového dráždění.

Zavádění transpedikulárních šroubů je při perkutánní technice zbaveno možnosti anatomické orientace a je odkázáno výlučně na kontrolu rtg zesilovačem. V hodnoceném souboru jsme zjistili celkem 5,3 % peroperačně a pooperačně nesprávně umístěných transpedikulárních šroubů. Je ovšem nutno připustit, že při sledování CT vyšetřením by byl podíl chybně nebo suboptimálně zavedených šroubů pravděpodobně vyšší.

Vzhledem k omezeným možnostem anatomické orientace existuje riziko zvýšené radiační expozice pro pacienta i chirurga. Srovnání mezi otevřenými a miniin vazivními fixacemi thorakolumbální páteře ukázalo vyšší radiační zátěž u miniin vazivní techniky (29). I v případě miniin vazivního TLIF studie Bindala et al. ukázala, že ve srovnání s běžnými intervenčními rtg procedurami je zátěž pro pacienta nízká a k překročení ročních dávkových limitů by mohlo dojít pouze v případě velmi vysokého počtu výkonů (1). Průměrná doba operačního výkonu dosažená v této studii byla kratší než srovnatelná publikovaná data, rozdíl se však nezdaří významné. Při použití stejné operační techniky dosáhli autoři Logroscino et al. průměrného času 171 minut (15). Při oboustranném zavedení mezitělových klecí uvádí Park a Won ve své studii operační čas 191 minut (23).

Omezení měkkotkáňového traumatu a redukce „mrtvých prostor“ v operačním přístupu by mělo přispět k menšímu výskytu infekčních komplikací. Ve studii autorů O'Toole et al. byla u miniin vazivních instrumentovaných výkonů

zjištěna frekvence infekcí 0,74 % (22). Ve srovnání s otevřenými výkony PLIF a TLIF s nejčastěji udávanou mírou infekčních komplikací kolem 2 % by to znamenalo redukci tohoto rizika o více než polovinu (21, 31). V pooperačním sledování našeho souboru jsme neměli žádný případ hluboké infekční komplikace. Pouze v jednom případě jsme zaznamenali dehiscenci ranky po aplikaci transpedikulárního šroubu suspektní z povrchové infekční komplikace. Kultivačně se ovšem nepodařilo prokázat přítomnost infekčního agens.

Omezený pracovní koridor a ztížené možnosti anatomické orientace s sebou přináší vyšší riziko peroperačních komplikací. Vedle již zmíněné kořenové léze jsme ve dvou případech zaznamenali perforaci durálního vaku s únikem likvoru. Uvedené komplikace byly spojeny se zaváděním vodicího drátu při dilataci pracovního kanálu v počátcích zavádění operační techniky do praxe. Míra komplikací v našem souboru je srovnatelná s literaturou (3). Někteří autoři upozorňují na možné technické potíže při peroperačním ošetření eventuálních komplikací v úzkém pracovním prostoru. Dosud jsme nebyli nuceni podobnou situaci řešit a nemůžeme tedy tento názor komentovat. Nezaznamenali jsme technické potíže, které by si vynutily konverzi miniinvasivního výkonu na otevřený. Rovněž nedošlo k žádnému případu selhání fixátoru. Na základě našich zkušeností lze použít instrumentária označit za spolehlivá a technicky sofistikovaná. Jejich nedostatkem je omezení možnosti distrakčních a kompresních manévru a technicky obtížné vícesegmentové použití.

Po stabilizačních operacích nelze vyloučit s časovým odstupem rozvoj degenerativních změn v pohybovém segmentu bezprostředně přilehlého k fúzi (adjacent segment disease). Jedná se o pozdní komplikaci spinální fúze, která může v delším časovém horizontu zhoršovat výsledky stabilizační operace. V našem souboru jsme tuto komplikaci nezachytili. Vzhledem k možným pozdním komplikacím bude vhodné soubor nadále sledovat a tyto komplikace v budoucnu vyhodnotit.

ZÁVĚR

Miniinvasivní PLIF technika poskytuje příznivé klinické a akceptovatelné radiologické výsledky s minimálním výskytem peroperačních a pooperačních komplikací. Mikrochirurgická technika umožňuje dostatečnou dekompresi nervových struktur i ve stísněném prostoru tubulárního retraktoru. Perkutánní transpedikulární fixace se ukázala bezpečnou a dlouhodobě stabilní instrumentací.

Literatura

- Bindal RK, Glaze S, Ognoskie M, Van Tunner PA, Malone R, Ghosh S. Surgeon and patient radiation exposure in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine*. 2008;9:570–573.
- Cloward RB. Spondylolisthesis: the treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion. I. Indication, operative technique, after care. *J Neurosurg*. 1953;10:154–168.
- Dhall SS, Wang MY, Mummaneni PV. Clinical and radiographic comparison of mini-open transforaminal lumbar interbody fusion with open transforaminal lumbar interbody fusion in 42 patients with long-term follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2008;9:560–565.
- Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine*. 2000;25:2940–2952.
- Faundez AA, Schwender JD, Safriel Y, Gilbert TJ, Mehdor AH, Denis F, Transfeldt EE, Wroblewski JM. Clinical and radiological outcome of anterior-posterior fusion versus transforaminal lumbar interbody fusion for symptomatic disc degeneration: a retrospective comparative study of 133 patients. *Eur Spine J*. 2009;18:203–211.
- Filip M, Linzer P, Šámal F, Kremr J, Strnad Z, Strnad J. 18 month of experiences with the biotitanium replacement (Implaspin) used in treatment of degenerative lumbar spine diseases. *Pol Orthop Traumatol*. 2010;75:131–135.
- Fogel GR, Toohey JS, Neidre A, Brantigan JW. Is one cage enough in posterior lumbar interbody fusion: a comparison of unilateral single cage interbody fusion to bilateral cages. *J Spinal Disord Tech*. 2007;20:60–65.
- Harms JG, Jeszensky D. The unilateral, transforaminal interbody approach for posterior lumbar interbody fusion. *Orthop Traumatol*. 1998;6:88–99.
- Kasis AG, Marshman LA, Krishna M, Bhatia CK. Significantly improved outcomes with a less invasive posterior lumbar interbody fusion incorporating total facetectomy. *Spine*. 2009;34:572–577.
- Kawaguchi Y, Yabuki S, Styf J, Olmacker K, Rydevik B, Matsui H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery. *Spine*. 1996;21:2683–2688.
- Khoo L, Palmer S, Laich DT, Fessler RG. Minimally invasive percutaneous posterior lumbar interbody fusion. *Neurosurgery*. 2002;51(Suppl 2):166–181.
- Kim DH, Jeong ST, Lee SS. Posterior lumbar interbody fusion using a unilateral single cage and a local morselized bone graft in the degenerative lumbar spine. *Clin Orthop Surg*. 2009;1:214–221.
- Kunze B, Drascek T, Kluba T. Posterior and transforaminal lumbar interbody fusion (PLIF/TLIF) for the treatment of localised segment degeneration of lumbar spine. *Z Orthop Unfall*. 2011;149:312–316.
- Linzer P, Filip M, Jurek P, Šálek T, Gajdoš M, Jarkovský J. Comparison of biochemical response between the minimally invasive and standard open posterior lumbar interbody fusion. *Neurol Neurochir Pol*. 2016;50:16–23.
- Logroscino CA, Proietti L, Pola E, Scaramuzza L, Tamburelli FC. A minimally invasive posterior lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spine instabilities. *Eur Spine J*. 2011;20(Suppl 1):41–45.
- Macnab I. Negative disc exploration: an analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. *J Bone Joint Surg Am*. 1971;53:891–903.
- Matejka J, Zuchová M, Koudela K, Pavelka T. Changes of muscular fibre types in erector spinae and multifidus muscles in the unstable lumbar spine. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2006;19:1–5.
- Matejka J, Zeman J, Belatka J. Střednědobé výsledky 360st. lumbální spondylodézy s použitím tantalové náhrady ploténky. *Acta Chir Orthop Traum Cech*. 2009;79:388–393.
- Matejka J, Zeman J, Belatka J, Zeman P, Matejka T. Histochemical and histological changes of paraspinal muscles in patients with thoracic and lumbar spine fractures treated with open and minimally invasive stabilisation. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2019;32:803–810.
- Ntoukas V, Müller A. Minimally invasive approach versus traditional open approach for one level posterior lumbar interbody fusion. *Minim Invasive Neurosurg*. 2010;53:21–24.
- Olsen MA, Nepple JJ, Riew KD, Lenke LG, Bridwell KH, Mayfield J et al. Risk factors for surgical site infection following orthopaedic spinal operations. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90:62–69.
- O'Toole JE, Eichholz KM, Fessler RG. Surgical site infection rates after minimally invasive spinal surgery. *J Neurosurg Spine*. 2009;11:471–476.
- Park YH, Won J. Comparison of one-level posterior lumbar interbody fusion performed with minimally invasive approach or a traditional open approach. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32:537–543.

24. Peng CW, Yue WM, Poh SY, Yeo W, Tan SB. Clinical and radiological outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:1385–1389.
25. Sihvonen T, Hrno A, Paljärvi L, Airaksinen O, Partanen J, Tapaninaho A. Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back surgery syndrome. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18:575–581.
26. Sonntag V, Marciano FF. Is fusion indicated for lumbar spinal disorders? *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(24 Suppl):138S–142S.
27. Stevens KJ, Spenciner DB, Griffiths KL, Kim KD, Zwienenberg-Lee M, Alamin T, Bammer R. Comparison of minimally invasive and conventional open posterolateral lumbar fusion using magnetic resonance imaging and retractor pressure studies. *J Spinal Disord Tech*. 2006;19:77–86.
28. Vaněk P, Saur K. Transforaminální lumbo-sakrální mezitělová fúze (TLIF) s instrumentací: prospektivní studie s minimálně 20měsíčním sledováním. *Cesk Slov Neurol N*. 2007;70/103:552–557.
29. Wanek T, Adamus M, Novák V, Homola M. Porovnání peroperační radiační expozice při otevřené a miniinvazivní transpedikulární fixaci hrudní a bederní páteře. *Cesk Slov Neurol N*. 2013;76/109:608–613.
30. Watanabe K, Yamazako A, Morita O, Sano A, Katsumi K, Ohashi M. Clinical outcomes of posterior lumbar interbody fusion for lumbar foraminal stenosis: preoperative diagnosis and surgical strategy. *J Spinal Disord Tech*. 2010;24:137–141.
31. Weinstein MA, McCabe JP, Camissa FP. Postoperative spinal wound infection: a review of 2,391 consecutive index procedures. *J Spinal Disord*. 2000;13:422–426.

Korespondující autor:

MUDr. Petr Linzer, Ph.D.

Neurochirurgické oddělení

Krajská nemocnice Tomáše Bati

Havlíčkovo nábřeží 600

762 75 Zlín

E-mail: petrlinzer@volny.cz