

Operace degenerativní spondylolistézy bederní páteře metodou intraartikulární fúze: prospektivní studie

Surgery for Degenerative Spondylolisthesis of the Lumbar Spine Using Intra-Articular Fusion. A Prospective Study

L. HRABÁLEK¹, T. WANEK¹, M. ADAMUS², E. ČECHÁKOVÁ³, S. BUŘVAL³, K. LANGOVÁ⁴,
M. VAVERKA¹

¹ Neurochirurgická klinika FN a LF UP v Olomouci

² Klinika anesteziologie a resuscitace FN a LF UP v Olomouci

³ Radiologická klinika FN a LF UP v Olomouci

⁴ Katedra biofyziky FN a LF UP v Olomouci

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The aim of the study is to present our surgical method of treating degenerative spondylolisthesis, which includes radical bilateral laminectomy to relieve compression on the spinal cord, transpedicular fixation of the segment and arthrodesis by bilateral intra-articular fusion.

MATERIAL AND METHODS

This surgery was indicated in patients with grade I or grade II of degenerative spondylolisthesis with a 4-mm or more slippage. Our prospectively studied group consisted of 46 patients (17 men, 29 women; average age, 64.2 years; range, 39–84 years). Before surgery and at 1 year after the procedure, the intensity of axial pain and that of radicular pain were each assessed using the Visual Analogue Scale (VAS). Difficulty in performing daily living activities was measured by the Oswestry Disability Index (ODI).

The surgical procedure included laminectomy, partial medial facetectomy, foraminotomy to relieve pressure on the spinal nerve roots and transpedicular fixation to provide stability. Using a cutter, cartilage was separated off the cortical bone and, in order to facilitate fusion, bone cavities thus produced were filled with corticospinous grafts harvested from the removed vertebral arch with Kerrison forceps.

At 1-year follow-up, dynamic X-ray was used to evaluate spine alignment and, on a CT scan, the degree of intra-articular fusion was assessed. Fusion was achieved when bone density measurement showed more than 350 Hounsfield Units (HU). For the measurements, the authors used their own modified method by means of a Region of Interest (ROI) analysis. The clinical and radiographic results were statistically evaluated.

RESULTS

At 1 year after surgery, lumbar flexion-extension bending X-ray films revealed stability of the treated segments in all patients (100%). CT examination showed bone density higher than 350 HU at both joints, i.e., complete bone fusion, also in all 46 patients.

The mean post-operative ODI score was significantly lower than its mean pre-operative value (23.6 vs 55.4), which was improvement by 57.4%. The differences in pre- and post-operative VAS scores were also statistically significant. The mean VAS score for low back pain decreased from 7.61 to 1.74, i.e., improvement by 77.1%, and the mean VAS score for radicular pain dropped from 6.98 to 1.24, i.e., improvement by 82.2%. Assessed by Odom's outcome criteria, the results were excellent in 26 patients and very good in 20 patients, and they were not related to age, gender or the spinal level treated. Any complications associated with the operative procedure or wound healing and requiring repeated surgical treatment were not recorded.

DISCUSSION

The surgical technique described here has advantages over other methods in reliable achieving nerve decompression, joint fusion and spinal stability at low costs and short operative time. In addition, it avoids the necessity of harvesting bone from the iliac crest.

CONCLUSIONS

At 1-year follow-up all patients showed better health conditions, with improvement in average scores for the ODI by 57%, for low back pain by 77% and for radicular and claudication pain by 82%. The technique of intra-articular fusion for treatment of degenerative spondylolisthesis resulted in solid bone fusion and spinal stability in all patients.

Key words: degenerative spondylolisthesis, lumbosacral spine, intra-articular fusion, laminectomy, transpedicular fixation.

ÚVOD

Degenerativní spondylolistéza lumbosakrální (LS) páteře bývá provázena hypertrofií meziobratlových kloubů, dílem vzniklých jako reakce na nestabilitu páteřního segmentu. V důsledku translačního posunu a kloubních změn páteřní kanál stenotizuje. Tyto změny jsou často velmi dobře kompenzovány a klinicky se tedy nezdá projevit po mnoha letech pokročilými změnami prováženými kladivacími obtížemi. Pak je již možné jen chirurgické řešení, které stojí před problémem páteřní stenózy a současně páteřní nestability zpravidla u starších nemocných. Dekomprese nervových struktur a stabilizace páteře je obecným požadavkem, kterého lze docílit mnoha metodami (1, 3, 6, 20, 22).

Cílem práce je prezentace vlastního postupu chirurgické léčby s radikální oboustrannou dekompresí páteřního kanálu laminektomií, parciální mediální facetektomií, foraminotomií, transpedikulární (TP) fixací segmentu a artrodézou pomocí metody oboustranné intraartikulární fúze (IAF).

MATERIÁL A METODIKA

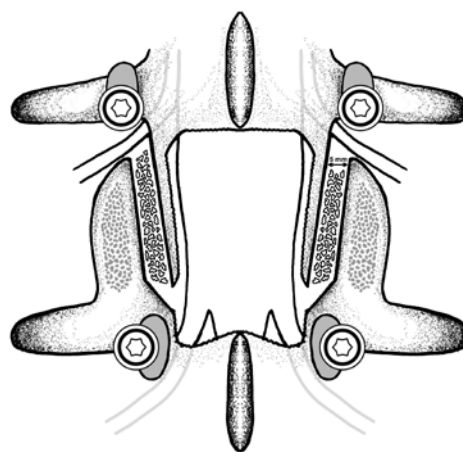
K operaci byli indikováni pacienti s degenerativní spondylolistézou I. nebo II. stupně (podle Meyerdinga) s translačním posunem 4 mm a více. Jednalo se o mobilní nebo jen fixní formu. Onemocnění se projevovalo axiální bolestí a neurologickými příznaky ve formě kořenového postižení nebo/a spinální kaudikací. Operace byla indikována po vyčerpání všech dostupných metod konzervativní terapie, tedy klidového režimu a analgetizace, posleze fyzioterapie a PRT (periradikulární terapie).

Kontraindikováni byli pacienti s hernií disku, frakturou páteře, zánětem, tumorem, těžkou osteoporózou, při spondylolistéze III. nebo IV. stupně a dále všechny spondylolistézy s istmickým defektem.

Před operací zhodnotili pacienti zvlášť stupeň axiální a kořenové bolesti pomocí VAS (Visual Analogue Scale) a neschopnost vykonávat běžné činnosti pomocí ODI (Oswestry Disability Index). Nemocní byli dotázáni na délku chůze bez zastavení. Součástí vyšetřovacího protokolu byly statické a dynamické skiagramy LS páteře a MR (magnetická rezonance) LS páteře. MR bylo provedeno na přístroji Magnetom Symphony 1.5T (Siemens, Německo). Pacienti byli poučeni o operační metodě a podepsali informovaný souhlas k provádění prospektivní studie.

Operační postup

Operace byla provedena pod clonou parenterálně podané antibiotické profylaxe a miniheparinizace. Pacienti leželi v pronační poloze, incize kůže byla vedena ve střední čáře nad příslušným segmentem LS páteře. Torakolumbální fascie byla oboustranně podélně discidována, následně paravertebrální svaly odseparovány od processus spinosus, oblouku a kloubních výběžků laterálně. Svalové úpony na laterální straně kloubů a na processus transversii byly ponechány. Pomocí převážně Kerrisonových kleští a méně za použití vysokoobrátkové frézy byl odstraněn obratlový



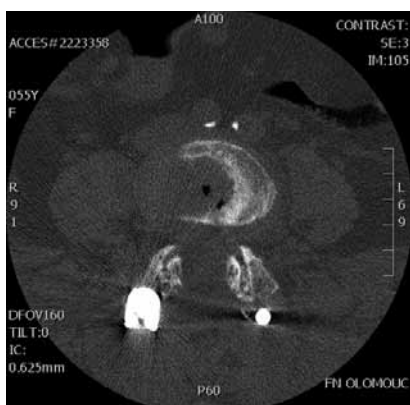
Obr. 1. Schéma operace – laminektomie, parciální mediální facetektomie, foraminotomie, TP fixace a založení intraartikulární fúze.

oblouk vč. processus spinosus a mediální části kloubních facet. Dekomprese durálního vaku a kořenů byla dokončena foraminotomiemi v potřebném rozsahu. Kloubní výběžky nebyly přerušeny a byl vždy zachován minimálně 5 mm silný kostní můstek ke zbytku obratle. Z dorzální strany byla odstraněna kloubní pouzdra operovaného segmentu a vysokoobrátkovou frézou o průměru 4 mm sneseny chrupavky z kloubních meziobratlových štěrbin s obnažením kortikální kosti. Kloubní pozdro a část chrupavek ve ventromediální části zasahující do páteřního kanálu a foramin byly ponechány, aby nedošlo ke kompresi kořenů kostními štěpy. Pod kontrolou rtg C-ramene byly transpedikulárně zavedeny šrouby o průměru 6 mm, spojeny tyčemi a fixovány aniž by byla prováděna repozice translačního posunu (Expedium, Johnson and Johnson, USA). Části autologní kortikospungiozní kosti získané Kerrisonovými kleštěmi při dekompresi páteřního kanálu byly vloženy a dotlačeny do připraveného prostoru obou meziobratlových kloubů (obr. 1). Následovalo vložení Redonova drénu a uzavření rány po vrstvách.

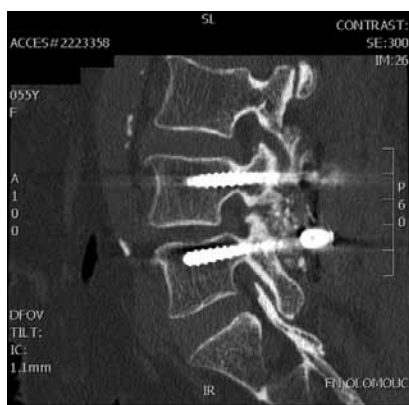
Pacienti byly vertikalizováni na druhý den, chodili v textilním korzetu, zahájili rehabilitaci a propuštění byli během 3–5 dnů. Neposazovali se a korzet nosili po dobu 6 týdnů.

Ještě během hospitalizace byli nemocní kontrolováni skiagrafiicky a CT vyšetřením LS páteře k ověření míry dekomprese, pozice šroubů a rozsahu založení intraartikulární kostní fúze (obr. 2 a 3).

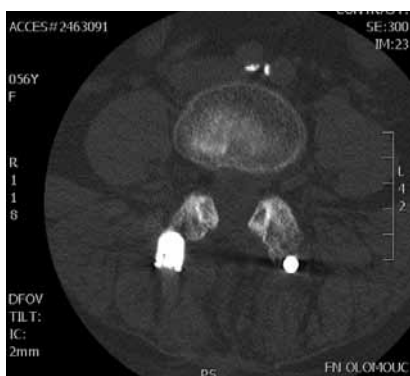
Za 6 týdnů a 6 měsíců od operace byla provedena klinická a statická skiagrafiická kontrola. V odstupu jednoho roku od operace byli nemocní pozváni ke kontrolnímu CT (obr. 4 a 5) a dynamickým skiagramům LS páteře k průkazu kostní fúze a stability segmentu. Podmínkou ke stanovení stability segmentu byl rozsah pohybu z flexe do extenze nepřesahující 2° a translační posun bez jakékoliv progresse. CT vyšetření bylo provedeno na přístroji Light Speed VC (GE, USA), nativně s vrstvou šířky 0,625 mm a intervalem 0,625 mm, transverzálními řezy v algoritmu SOFT a BONE a rekonstrukcí v sagitální a koronální rovině v algoritmu BONE s šířkou vrstvy 1 mm. K objektivnímu hodnocení kostní fúze autoři zvolili vlastní metodu měřením denzity meziobratlových kloub-



Obr. 2. CT sken, axiální. Žena, 56 let, L4/5. Po operaci odfrézování kloubních chrupavek s vložením kortikospongiózních štěpů oboustranně.



Obr. 3. CT sagitální rekonstrukce parasagitálně na úrovni meziobratlového kloubu, stejný pacient. Po operaci zjevné vložení kortikospongiózních štěpů.



Obr. 4. CT sken, axiální, stejný pacient. Po jednom roce zřejmá intraartikulární fúze oboustranně.



Obr. 5. CT sagitální rekonstrukce parasagitálně na úrovni meziobratlového kloubu, stejný pacient. Po jednom roce zřejmá intraartikulární fúze.

ních štěrbin. Denzita kostní fúze v HU (Hounsfield Unit) byla měřena pomocí ROI (Region of Interest), která je součástí softwaru přístroje a IMPAXu. Vzhledem k tomu, že normální kloubní štěrbina intervertebrálních kloubů měla podle měření na CT šířku kolem 2 mm, zvolili autoři při měření HU metodou ROI podobu elipsy délky 10–15 mm a šířky 2 mm, které odpovídala vždy plocha v rozmezí 20–30 mm². U neoperovaných kloubů pacientů nepřesáhly takto naměřené hodnoty 200 HU, při vakuumu fenoménu byly dokonce i záporné. Denzita normální spongiózy kloubního výběžku dosahovala zpravidla hodnoty v rozmezí 200–350 HU. Proto by podle autorů k průkazu spolehlivé kostní fúze měla být hodnota vždy větší jak 350 HU. K měření autoři zvolili místo, kde byly mezi kloubními výběžky zřetelné kostní trámce.

Hodnocení kostní fúze metodou měření HU na CT (HU fúze) autoři rozdělili do 3 skupin:

- A – spolehlivá fúze (350 HU a více),
- B – sporná fúze (200–349 HU),
- C – fúze nenastala (199 HU a méně, nebo kde nebyly prokázány přemosťující kostní trámce).

Po jednom roce nemocní také zhodnotili VAS, ODI, schopnost chůze a společně s neurochirurgem úspěšnost

operace pomocí Odomových kritérií. Testy normality Shapiro-Wilk bylo vždy zjištěno, zda daná veličina má normální rozložení a podle toho byly pak voleny statistické metody. Statisticky byly srovnány hodnoty ODI před a po operaci, VAS pro lumbago a VAS pro kořenové bolesti před a po operaci. Dále byla zhodnocena závislost rozdílu ODI, VAS pro lumbago, VAS pro kořenové bolesti před a po operaci a Odomových kritérií na věku, pohlaví a operované etáži.

Podmínku minimální doby sledování v délce jednoho roku od operace splnilo 46 pacientů, z toho 17 mužů a 29 žen. Průměrný věk byl 64,2 let (39–84 let). Pacienti byli operováni v období od ledna 2011 do března 2012. Všechny operace byly jednotážové, segment L1/2 byl operován u jednoho pacienta, L2/3 u tří, L3/4 u 14 a L4/5 u 28 nemocných.

Délka chůze před operací dosahovala 5–500 metrů (v průměru 140 m).

VÝSLEDKY

Na funkčních skiagramech jeden rok po operaci byly všechny operované segmenty stabilní (100 %).

Na CT vyšetření jeden rok po operaci splnilo podmínku denzity kloubní nad 350 HU všech 46 pacientů na obou kloubech, kostní fúze

tedy nastala ve 100 %. Z toho jasně sklerotickou fúzi na obou kloubech (denzita nad 700 HU) mělo 31 nemocných, další 3 pacienti měli jeden kloub sklerotický (nad 700 HU) a druhý s denzitou v rozmezí 350–699 a 15 pacientů mělo oba klouby s denzitou v rozmezí 350–699 HU.

U jedné pacientky nebylo možné hodnotit pooperační délku chůze pro dušnost. U ostatních nemocných se chůze vždy zlepšila. Po jednom roce nemělo žádné omezení délky chůze 35 nemocných, limit 2 km udávali dva, 1 km tři, 700 m jeden a 500 m čtyři pacienti.

Párovým t-testem bylo prokázáno, že průměrná hodnota ODI po operaci (průměr 23,6) je statisticky významně nižší než před operací (průměr 55,4). To představuje zlepšení o 57,4 %.

VAS pro lumbago se snížil z předoperačního průměru 7,61 na pooperační průměr 1,74. Wilcoxonovým neparametrickým testem byl prokázán statisticky významný rozdíl. To představuje zlepšení o 77,1 %.

VAS pro kořenové bolesti se snížil z předoperačního průměru 6,98 na pooperační průměr 1,24. Wilcoxonovým neparametrickým testem byl prokázán statisticky významný rozdíl. To představuje zlepšení o 82,2 %.

Podle Odomových kritérií byl výsledek excelentní u 26 pacientů a dobrý u 20 pacientů.

Korelační analýzou (Spearmanův korelační koeficient) nebyla prokázána závislost mezi věkem a rozdílem škál ODI, VAS pro lumbágo a VAS pro kořenové bolesti. Dvouvýběrovým t-testem nebyly prokázány statisticky významné rozdíly mezi průměrným věkem pacientů s excelentním výsledkem (průměrný věk 65,7 let) a dobrým výsledkem (průměrný věk 62,3 let).

Mann-Whitney U-testem nebyly prokázány statisticky významné rozdíly mezi muži a ženami v rozdílech škál ODI, VAS pro lumbágo a VAS pro kořenové bolesti. Fisherovým přesným testem nebyla prokázána ani závislost Odomových kritérií na pohlaví.

Korelační analýzou (Spearmanův korelační koeficient) nebyla prokázána závislost mezi etáží a rozdílem škál ODI, VAS pro lumbágo a VAS pro kořenové bolesti. V případě ODI byla spočítána hodnota korelačního koeficientu $r = -0,291$, $p = 0,05$ (significance je hraniční) a toto naznačuje trend: čím vyšší etáž, tím větší rozdíl ODI. Fisherovým přesným testem nebyla prokázána závislost Odomových kritérií na operované etáži.

Nedošlo k žádné operační ani pooperační komplikaci vedoucí k jakékoliv reoperaci nebo sekundárnímu hojení operační rány.

DISKUSE

Není zcela jasné, zda je nezbytná fúze po dekompresi u pacientů s degenerativní spondylolistézou a se symptomatickou stenózou kanálu (1, 7). Rizikové faktory vyhodnotili Blumenthal et al. a prokázali, že pokud fúze po dekompresi provedena nebyla, tak míra reoperací dosáhla 39 % v případech kloubního úhlu nad 50°, 45 % při výšce disku nad 6,5 mm a 54 % při translaci na funkčním skiagramu nad 1,25 mm. Pokud se vyskytly všechny tři tyto rizikové faktory, pak pravděpodobnost reoperací byla 75 % a pokud nebyly žádné, tak 0 % (1).

Metodu zadní fúze mezi oblouky obratlovými popsal poprvé Hibbs v roce 1911 a využil k tomu autologní kost z processus spinosus. Výhodou tohoto postupu byla minimalizace poranění měkkých tkání. Posterolaterální metodu fúze (PLF) provedl poprvé Cleveland v roce 1948 s umístěním kostních štěpů laterálněji, mezi processus transversi. Tento postup popularizovali později zejména Watkins nebo Wiltse s využitím „muscle-splitting“ přístupu mezi m. multifidus a m. longissimus (19).

Facetovou fúzi popsal poprvé McBride v roce 1949. Kortikospongiózní destičku obdélníkového tvaru (kostní blok) odebranou z nižšího processus spinosus zaklínil mezi distrahované facetu obou meziobratlových kloubů, nešlo o intraartikulární artrodézu a operace byla prováděna u pacientů s diagnózou hernie disku (14). Techniku McBrida využili u operací nestabilních degenerativních stenóz Martínéz et al., velmi dobrý efekt mělo 33,5 % pacientů, dobrý efekt 59,7 %, dostačující efekt 4,7 % a špatný výsledek prokázali u 2 % nemocných (13). Goel et al. operovali modifikovaně, kdy namísto kostního štěpu použili titanový spacer tvaru kroužku (5). Moe v roce 1957 popsal fúzi kloubních facet v rámci operačního řešení paralytických skolióz. Šlo o techniku přemostující nejkratší možnou vzdálenost mezi operovanými segmenty, založe-

nou na velmi pečlivé kyretáži povrchu meziobratlových kloubů s vložením autologní kostní tkáně a mohli bychom ji již považovat za intraartikulární fúzi (15).

V současné době provedli IAF Pateder s Benzelem na souboru 62 pacientů s degenerativní spondylolistézou I. a II. stupně. Artrodézu hodnotili jen dle funkčních skiagramů, CT vyšetření za tímto účelem provedeno nebylo. Prokázali trvalou mobilitu segmentu v 36 % u skupiny s předoperačně fixní formou spondylolistézy a dokonce v 52 % s předoperačně mobilní formou spondylolistézy (18)! V roce 1999 La Rosa et al. referovali IAF provedenou u malého souboru 14 pacientů, z toho 9 s diagnózou degenerativní a 5 isthmické spondylolistézy ve stupních II. a III. U některých pacientů byla odstraněna současná hernie disku. Senzorický deficit se upravil v 50 %, motorický v 80 % případů a funkční status se zlepšil o 78 %. Míru fúze hodnotili také jen na základě pooperačních funkčních skiagramů a úspěšnou fúzi definovali jako přítomnost oboustranných kontinuálních kostních trámců mezi fixovanými segmenty. Grafický skiagrafický průkaz nebyl součástí práce. CT vyšetření provedeno bylo, ale hodnotilo jen míru dekomprese, nikoliv fúzi (9). V roce 2001 srovnali La Rosa et al. soubor 16 pacientů s IAF se 14 pacienty po PLIF, práce se obdobně jako předchozí nesoustředila na artrodézu a opět jen skiagraficky popsali pseudoartrózu ve dvou případech IAF (10). V čínské literatuře popsali zadní fúzi jejíž součástí zřejmě byla i IAF Zhao et al. a Long et al., jejich operační postup se s našim jinak neshodoval (11, 23). Naši technice operace se nejvíce blíží metoda používaná Parkem et al., kteří prováděli dekompresi laminectomií, TP fixaci segmentu i IAF. K fúzi ale používali výhradně spongiózní kost odebranou z hřebene kosti kyčelní a při frézování kloubních štěrbin se snažili vždy obnažit spongiózní kost. Odstranili tedy nejen chrupavku, ale i kortikální kost a vznikl tak poměrně velký defekt. Na prvním souboru 32 pacientů popsali dle CT solidní fúzi v 94 % (16). Ve druhém souboru hodnoceném po dvou letech prokázali u skupiny pacientů s degenerativní spondylolistézou fúzi ve 100%, zatímco u skupiny s FBSS (Failed Back Surgery Syndrome) v 93 %. VAS se snížil v průměru z 8,8 na 3,2. S klinickým výsledkem bylo spokojeno 82 % resp. 59 % pacientů po jednoetážové resp. dvouetážové operaci (17). V našem souboru jsme prokázali stejnou, tedy 100% úspěšnost fúze u jednoetážových operací již po jednom roce. Přitom nebylo nezbytné odstraňovat s chrupavkou i kortikální kost a obnažovat spongiózu, která navíc v kloubním výběžku často chybí. Tímto zamezíme vzniku zbytečně velkého defektu kloubní štěrbiny. Navíc lze k fúzi využít kostní tkáň z odstraňovaného oblouku, ačkoliv se jedná o kortikospongiózní štěpy. Odběr spongiózních štěpů z hřebene kosti kyčelní je tedy zbytečný, zatěžuje operaci potenciální komplikací z odběrového místa, zvyšuje invazivitu a prodlužuje délku operace.

Z metaanalýz vyplynulo, že větší procento fúzí se vyskytuje u instrumentovaných forem operací (4). Zdeblíck prokázal v prospektivní studii vyšší procento fúzí po instrumentaci a tomu odpovídal i lepší klinický výsledek, v některých dalších studiích ale větší míra fúze ne vždy současně provázela větší míru zlepšení stavu pacienta (4, 7, 19, 22). TP fixace umožňují korekci deformity v koronální i sagitál-

ní rovině a časnější rehabilitaci. Biomechanické studie prokazují, že TP fixace zajistí dostatečnou podporu i předního a středního sloupce po úspěšné zadní fúzi (8). Wood et al. ve svém souboru a po rozboru literatury sledovali 24krát vyšší pravděpodobnost pseudoartrózy při neinstrumentované fúzi ve srovnání s TP fixací (21). Alternativní metodou TP fixace jsou instrumentované kloubní (facetové) fúze, koncepčně se vycházelo z návrhu Kinga z roku 1944. V současné době se používají dvě metody; transfacetová technika popsána Boucherem v roce 1959 a translaminární facetová technika popsána Magerlem v roce 1984 (2, 12). Posílit více míru stability umožňují metody mezitělové fúze. Například Wang et al. v metaanalýze srovnali PLIF (Posterior Lumbar Interbody Fusion) a PLF, PLIF měla spolehlivější míru fúze, ale byla zároveň provázena větší morbiditou (20).

Námi prezentovaná metoda operace byla úspěšná u všech pacientů operovaných pro diagnózu degenerativní spondylolistézy, dosažení dekomprese, fúze a stability tímto způsobem je tedy spolehlivá a není provázeno komplikacemi. Výhodou postupu je také malá ekonomická náročnost a rychlost operace. Při operaci je ale potřeba dodržet několik základních podmínek. Zejména při dekompresi dbáme na to, aby nedošlo k přílišnému oslabení kloubních výběžků, které by se při operaci nebo v průběhu hojení mohly zlomit. Při odstraňování oblouku a spinózního výběžku používáme co nejvíce Kerrisonovy kleště k získání kvalitních kortikospongiózních štěpů pro IAF, a tedy frézu využíváme jen v kontrolované míře. Naopak k odstranění kloubních chrupavek je fréza nezbytná, osvědčil se její průměr 4 mm. Ventromediální část kloubních chrupavek v malém rozsahu ponecháváme, aby se kostní štěpy „nevysypaly“ do páteřního kanálu.

ZÁVĚR

Po jednom roce od operace se zlepšil klinický stav u všech pacientů, funkční stav vyjádřený ODI o 57 %, lumbágo o 77 % a kořenové a klaudikační bolesti o 82 %. Délka chůze se zlepšila výrazně u všech nemocných.

Operační metoda intraartikulární fúze v indikaci degenerativní spondylolistézy vedla k solidní kostní fúzi a stabilitě segmentu u všech nemocných.

Operace nebyla provázena žádnými komplikacemi.

Literatura

1. BLUMENTHAL, C., CURRAN, J., BENZEL, E. C., POTTER, R., MAGGE, S. N., HARRINGTON, J. F. Jr., COUMANS, J. V., GHOGAWALA, Z.: Radiographic predictors of delayed instability following decompression without fusion for degenerative Grade I lumbar spondylolisthesis. *J. Neurosurg. Spine*, 18:340–346, 2013.
2. BOUCHER, H. H.: A method of spinal fusion. *J. Bone Jt Surg.*, 41-B: 248–259, 1959.
3. CIENCIALA, J., CHALOUPKA, R., REPKO, M., KRBEK, M.: Ošetření degenerativního onemocnění bederní páteře metodou dynamické neutralizace systémem Dynesys. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 203–208, 2010.
4. GIBSON, J. N., GRANT, I. C., WADDELL, G.: The Cochrane review of surgery for lumbar disc prolapse and degenerative lumbar spondylosis. *Spine*, 24: 1820–1832, 1999.
5. GOEL, A., ABHIDHA, S., MADAN, J., SANTHOS, N.: Distraction of facets with intraarticular spacers as treatment for lumbar canal stenosis: report on a preliminary experience with 21 cases. *J. Neurosurg.: Spine*, 19: 672–677, 2013, DOI:10.3171/2011.8.SPINE11249.
6. HRABÁLEK, L., WANEK, T., ADAMUS, M.: Operace degenerativní spondylolistézy lumbosakrální páteře dekompresí a dynamickou transpedikulární fixací. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 78: 431–436, 2011.
7. KATZ, J. N., LIPSON, S. J., LEW, R. A., GROBLER, L. J., WEINSTEIN, J. N., BRICK, G. W., FOSSEL, A. H., LIANG, M. H.: Lumbar laminectomy alone or with instrumented or noninstrumented arthrodesis in degenerative lumbar spinal stenosis. Patient selection, costs, and surgical outcomes. *Spine*, 22: 1123–1131, 1997.
8. KOTANI, Y., CUNNINGHAM, B. W., CAPPUCCINO, A., KANEDA, K., MCAFEE, P. C.: The role of spinal instrumentation in augmenting lumbar posterolateral fusion. *Spine*, 21: 278–287, 1996.
9. LA ROSA, G., GERMANO, A., CONTI, A., CACCIOLA, F., CARUSO, G., TOMASELLO, F.: Posterior fusion and implantation of the SOCON-SRI system in the treatment of adult spondylolisthesis. *Neurosurg. Focus*, 7: Article 2, 1999.
10. LA ROSA, G., CACCIOLA, F., CONTI, A., CARDALI, S., LA TORRE, D., GAMBADAURO, N. M., TOMASELLO, F.: Posterior fusion compared with posterior interbody fusion in segmental spinal fixation for adult spondylolisthesis. *Neurosurg. Focus*, 10: Article 9, 2001.
11. LONG, H., KAZUNASA, U., LIU, S., AKIO, S., TAITO, I.: Preliminary application of one-level posterior lumbar interbody fusion with prospace and facet fusion using local autograft. *Zhongguo Xue Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*, 21: 1155–1159, 2007.
12. MAGERL, F. P.: Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin. Orthop.*, 189: 125–141, 1984.
13. MARTÍNEZ, E. D. L., GARCÍA, J. A. V., CASTILLO, P. A.: Estabilización facetaria lumbosacra: Técnica de Mc Bride. *Acta Ortopédica Mexicana*, 22: 107–114, 2008.
14. MCBRIDE, E. D.: A mortised transfacet bone block for lumbosacral fusion. *J. Bone Jt Surg.*, 31-A: 385–393, 1949.
15. MOE, J. H.: The management of paralytic scoliosis. *South Med. J.*, 50: 67–81, 1957.
16. PARK, Y. K., CHUNG, H. S.: Instrumented facet fusion for the degenerative lumbar disorders. *Acta Neurochir. (Wien)*, 141: 915–920, 1999.
17. PARK, Y. K., KIM, J. H., OH, J. I., KWON, T. H., CHUNG, H. S., LEE, K. C.: Facet fusion in the lumbosacral spine: a 2-year follow-up study. *Neurosurgery*, 51: 88–95, 2002.
18. PATERDER, D. B., BENZEL, E.: Noninstrumented facet fusion in patients undergoing lumbar laminectomy for degenerative spondylolisthesis. *J. Surg. Orthop. Adv.*, 19: 153–158, 2010.
19. POLLY, D. W., SANTOS, E. R. G., MEHBOD, A. A.: Surgical treatment for the painful motion segment. *Spine*, 30(16S): S44–S51, 2005.
20. WANG, J. C., MUMMAMANI, P. V., HAID, R. W.: Current treatment strategies for the painful lumbar motion segment. *Spine*, 30(16S): S33–S43, 2005.
21. WOOD, G. W. 2ND, BOYD, R. J., CAROTHERS, T. A., MANSFIELD, F. L., RECHTINE, G. R., ROZEN, M. J., SUTTERLIN, C. E. 3RD: The effect of pedicle screw/plate fixation on lumbar/lumbosacral autogenous bone graft fusions in patients with degenerative disc disease. *Spine*, 20: 819–830, 1995.
22. ZDEBLICK, T. A.: A prospective, randomized study of lumbar fusion: preliminary results. *Spine*, 18: 983–991, 1993.
23. ZHAO, Q. H., TIAN, J. W., WANG, L., DONG, S. H., WU, Z. K., WANG, Z., JIA, L. S.: Posterior fusion versus posterior interbody fusion in segmental spinal fixation for aged spondylolisthesis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 89: 1779–1782, 2009.

Korespondující autor:

Doc. MUDr. Lumír Hrabálek, Ph.D.

Neurochirurgická klinika FN a LF UP Olomouc

I. P. Pavlova 6

775 20 Olomouc

E-mail: lumir.hrabalek@seznam.cz