

Chirurgická léčba laterální bederní stenózy perkutánně zavedeným interspinózním implantátem

Surgical Treatment of Lateral Lumbar Spinal Stenosis Using Percutaneous Interspinous Implant

Souhrn

Cíl: Autoři prezentují tříleté klinické a radiologické výsledky po implantaci interspinózní rozpěrky pro laterální lumbální stenózu páteřního kanálu. **Soubor a metodika:** Po dobu tří let sledovali 42 pacientů s 62 implantovanými interspinózními náhradami. Indikací k implantaci byla jednostranná nebo oboustranná laterální stenóza páteřního kanálu s degenerací meziobratlové ploténky. Pacienti byli vyšetřeni podle algoritmu, který zahrnoval: neurologické vyšetření, RTG – prosté a dynamické snímky, MR vyšetření a v případě kontraindikace MR bylo provedeno CT vyšetření. Klinický náález byl hodnocen pomocí vizuální analogové škály (VAS), Oswestry Disability Indexem (ODI) a Odom kritériem. Na RTG snímcích byl hodnocen rozsah pohybů, distrakce v oblasti zadní hrany meziobratlové ploténky a postavení implantátu. Po šesti měsících a po dvou letech bylo provedeno pooperační MR vyšetření a byla hodnocena distrakce foramen intervertebrale v předozadním (AP) a kraniokaudálním rozměru a míra degenerace meziobratlové ploténky ve srovnání s předoperačním nálezem. **Výsledky:** Po implantaci interspinózní rozpěrky do bederní páteře došlo ve tříletém sledovacím období k poklesu skóre ve VAS škále v průměru o 2,7 bodů a ODI o 24,5 %. Byla prokázána distrakce v oblasti zadní části disku a distrakce v AP rozměru foramen intervertebrale. **Závěr:** Po zavedení interspinózní rozpěrky došlo ke zlepšení ODI a VAS parametrů, byla zjištěna statisticky významná distrakce v oblasti zadní části meziobratlové ploténky a AP rozměru foramen intervertebrale. Nebyly zaznamenány žádné peri- či pooperační komplikace.

Abstract

Aim: The authors present clinical and radiological results of a 3-year follow-up of patients after implantation of interspinous spacers for lateral stenosis. **Cohort and methodology:** We followed 42 patients with 62 implanted interspinous spacers for a period of three years. The indication for implantation was unilateral or bilateral lateral stenosis with degenerative disc disease. Patients were examined according to an algorithm involving: neurological examination, X-ray – plain and dynamic images, MRI, patients contraindicated for MRI underwent CT examination. Clinical findings were assessed using a VAS score, ODI and Odom criteria. X-rays were performed and the range of motion, distraction in ventral and dorsal areas of the intervertebral disc and foramen intervertebrale and the position of the implant were evaluated. Six months and two years post-surgery, patients underwent postoperative MRI examination and intervertebral foramen distraction in anteroposterior and craniocaudal diameter, and the assessment was compared with preoperative findings. **Results:** Implantation of interspinous spacers in the lumbar spine in a 3-year follow-up period was followed by the mean improvement of 2.7 points on VAS score, and of 24.5% on ODI. Statistically significant difference in the distraction of the intervertebral foramen in the dorsal part of the intervertebral disc was proven by pre- and post-operative MRI. **Conclusion:** Implantation of a spacer led to improved ODI and VAS parameters, distraction in the region of the intervertebral foramen, especially in the AP diameter, and in the dorsal part of an intervertebral disc.

Autoři deklarují, že v souvislosti s předmětem studie nemají žádné komerční zájmy.

The authors declare they have no potential conflicts of interest concerning drugs, products, or services used in the study.

Redakční rada potvrzuje, že rukopis práce splnil ICMJE kritéria pro publikace zasílané do biomedicínských časopisů.

The Editorial Board declares that the manuscript met the ICMJE "uniform requirements" for biomedical papers.

M. Mrůzek, T. Paleček, R. Lipina

Neurochirurgická klinika LF OU
a FN Ostrava



MUDr. Michael Mrůzek
Neurochirurgická klinika
LF OU a FN Ostrava
tř. 17. listopadu 1790
708 52 Ostrava-Poruba
e-mail: michael.mruzek@centrum.cz

Přijato k recenzi: 26. 6. 2014

Přijato do tisku: 12. 1. 2015

Klíčová slova

lumbální stenóza – operační léčba –
dekomprese – distrakce

Key words

lumbar stenosis – surgical treatment –
decompression – distraction

Úvod

Laterální lumbální stenóza je definována jako zúžení páteřního kanálu v oblasti laterálního recessu a foramen intervertebrale. Laterální stenóza, respektive stenóza foraminální se nevyskytuje ve většině případů izolovaně, nýbrž v kombinaci s centrální stenózou páteřního kanálu a je často provázána i určitým stupněm segmentární instability [1,2]. Z tohoto důvodu musíme na tuto problematiku nahlížet komplexně a zvolit, pokud možno, optimální způsob léčby [3–5]. Chirurgickou léčbu indikujeme u pacientů s absolvovanou neúspěšnou konzervativní terapií nebo při progresi onemocnění. Cílem chirurgické léčby je regrese bolestí a zástava progresu neurologických příznaků. Chirurgická léčba zahrnuje v zásadě tři metody – prostou dekompresi nervových struktur, kombinaci dekomprese a stabilizace směřující k vytvoření kostní fúze segmentu a dynamické techniky zachovávající určitou hybnost v operovaném segmentu a do určité míry redukující míru nestability [6,7]. Alternativou otevřené operace je dynamická interspinózní stabilizace, která změní příznivé pohybu a přenos zátěže v pohybovém segmentu, aniž je nezbytné provést fúzi [8]. Z chirurgického hlediska se jedná o poměrně jednoduchý výkon zatížený minimálními komplikacemi, umožňující v operovaném segmentu distrakci a zároveň dynamickou stabilizaci se zachováním pohybu [9,10]. Cílem studie bylo prokázat, zda je léčba lumbální laterální stenózy zavedením interspinózního implantátu do-

statečná i z dlouhodobějšího hlediska a zda není zatížena vyššími komplikacemi než při běžně užívaných operačních výkonech.

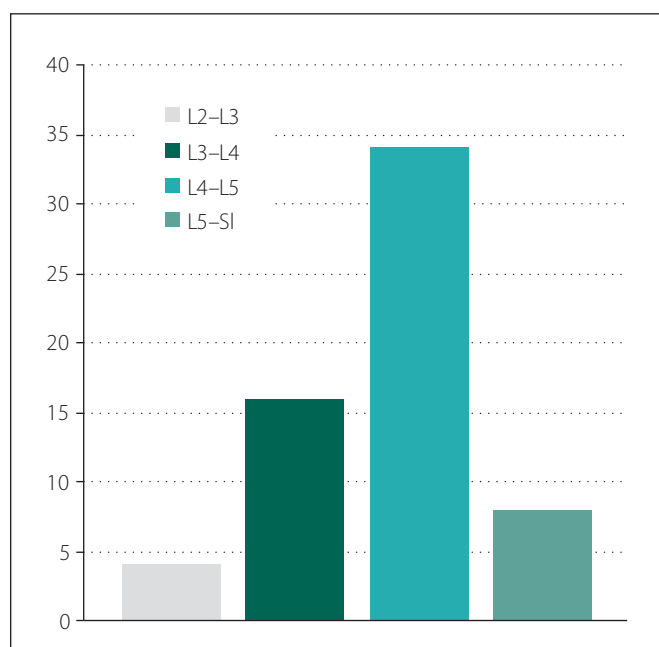
Soubor a metodika

Do našeho souboru byli zařazeni pacienti operovaní na naší klinice od 1/2008 do 12/2011. Celkem jsme implantovali 62 náhrad InSpace u 42 pacientů. V souboru bylo zastoupeno 25 mužů a 17 žen průměrného věku 52,4 let (38–75 let). Zastoupení jednotlivých operovaných segmentů zobrazuje graf 1. Nejvíce jsme operovali v prostoru L4–L5, naopak nejméně v L2–L3. Všichni pacienti podepsali informovaný souhlas se studií. Autoři nemají žádný závazek k implantované náhradě. K operaci byli indikováni pacienti se stenózou v laterální části páteřního kanálu a degenerací meziobratlové ploténky, které se projevovaly axiální a radikulární bolestí trvající min. 12 týdnů a nereagující na konzervativní terapii. Ze souboru byli vyloučeni pacienti s progresujícím zánikovým kořenovým syndromem, pacienti se segmentární instabilitou vyžadující stabilizační operaci, nestabilní spondylolistézu vyššího stupně a polymorbidní pacienti neschopní výkonu v celkové anestezii. Konzervativní terapie probíhala v režii neurologů a rehabilitačních lékařů, spočívala v analgetizaci a ambulanci či lůžkové rehabilitaci.

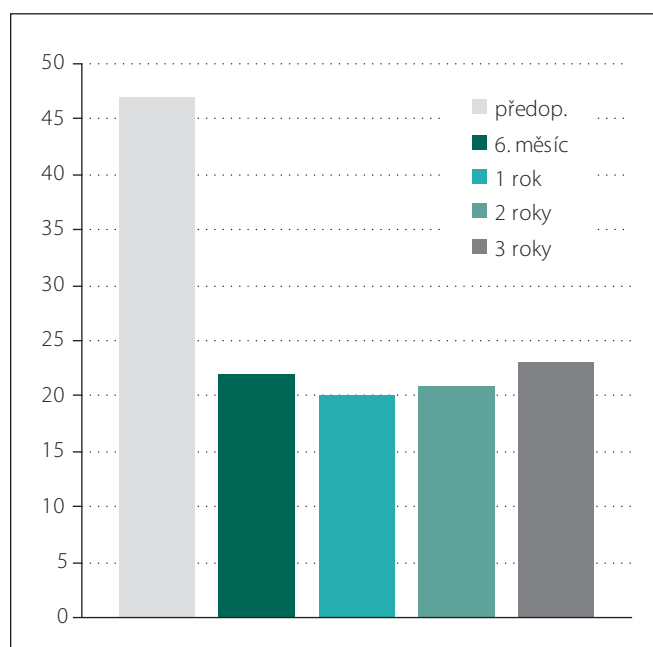
Předoperačně bylo provedeno neurologické vyšetření, vyplněny dotazníky Oswestry Disability Index (ODI) [11] a VAS skóre. Pomocí VAS skóre pacient hodnotil míru axiální a kořenové bolesti na stupnici 0–10,

pomocí ODI byl hodnocen funkční stav pacienta na stupnici 0–100. Ze zobrazovacích metod bylo předoperačně doplněno prosté RTG vyšetření bederní páteře včetně dynamických snímků v předklonu a záklonu, nutných k vyloučení spondylolistézy, segmentární instability a ověření numerické varianty, vyloučení hypoplazie spinózního výběžku v SI. Téměř všichni pacienti podstoupili vyšetření MR, u dvou pacientů bylo provedeno CT vyšetření z důvodu klaustrofobie.

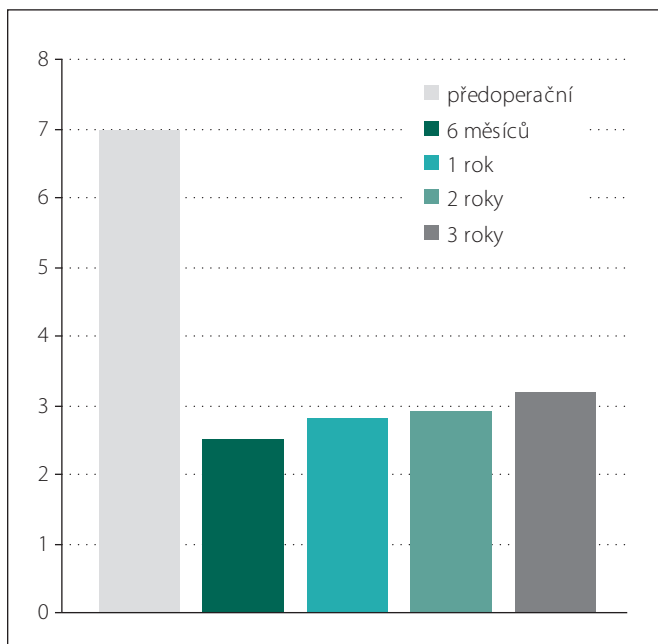
Ambulantní kontroly probíhaly za šest měsíců, rok, dva a tři roky od provedené operace. U každé kontroly bylo provedeno neurologické vyšetření, byly vyplněny dotazníky ODI a VAS skóre, ze zobrazovacích metod pak u každé kontroly RTG snímky včetně dynamických projekcí. Po šesti měsících a dvou letech byla provedena MR. U poslední kontroly bylo chirurgem doplněno „Odom score“ a dle výsledku pacienti rozděleni do skupin poor (špatný), fair (uspokojivý), good (dobrý) a excelent (výborný). Po dobu sledování našeho souboru pacientů jsme srovnávali před- a pooperačně neurologické vyšetření, hodnotili míru kořenových a axiálních bolestí, ODI a VAS v celém souboru, bez rozdílu pohlaví, dále ODI a VAS rozděleném podle pohlaví. Na RTG snímcích jsme hodnotili postavení implantátu v interspinózním prostoru, výšku meziobratlového prostoru, rozsah pohybu (dále ROM) a míru kyfotizace v operovaném segmentu. Na MR jsme hodnotili šířku foramen intervertebrale, v AP a kraniokaudálním rozměru.



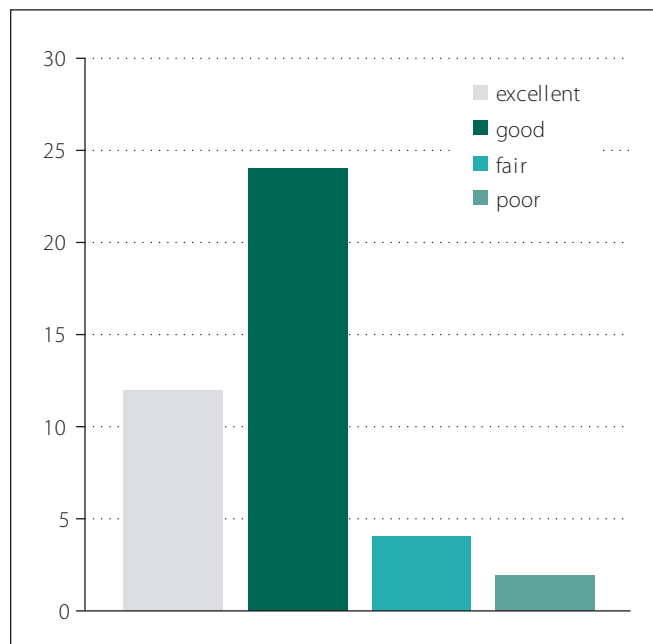
Graf 1. Počet operovaných segmentů.



Graf 2. Vývoj ODI během tří let.



Graf 3. Vývoj VAS score během tří let.



Graf 4. „Odom“ kritéria.

Pacienti byli operováni v celkové anestezii, v pronační poloze, pod clonou antibiotik. Řez byl veden na levém boku, po předchozí RTG verifikaci interspinózního prostoru, v případě operace v prostoru L5–S1 byl veden řez na dorzální straně páteře pro nedosažitelnost prostoru z bočního přístupu pro polohu lopaty kosti kyčelní. Po zavedení K drátu do interspinózního prostoru proběhla dilatace za RTG kontroly až do paralelního postavení endplates (krycích ploch) obratlových těl. Poté byla zavedena náhrada InSpace a ukotvena pomocí roztažitelných titanových křídílek. Operace byla ukončena suturou kůže. Po operaci byli pacienti vertikalizováni první pooperační den, bez korzetu, druhý pooperační den byli propuštěni. Jednoprostorová implantace proběhla 42x, dvouprostorová 10x.

Výsledky

Ve dvou případech jsme nezaznamenali regresí kořenových bolestí s nutností reoperace otevřenou cestou. V dalších případech došlo u celého sledovaného souboru k úplné nebo částečně regresí kořenových a axiálních bolestí.

ODI celého sledovaného souboru

ODI sledovaného souboru před operací bylo v rozsahu 31–70 %, průměrná hodnota byla 46,7 %. Vývoj pooperačního ODI zachycuje graf 2. V šestém měsíci po operaci bylo ODI v rozsahu 0–36, v průměru 22,2 %, pokles ODI

šestý měsíc po operaci činí 24,5 %. V průběhu dalšího sledovacího období zaznamenáme setrvalý stav, ve srovnání s měřeními v šestém měsíci ke statisticky významnému zhoršení či zlepšení nedochází.

ODI podle pohlaví

Nezaznamenali jsme statisticky významný rozdíl mezi předoperačním a pooperačním ODI u žen a mužů. Předoperační ODI u žen činilo 45,8 %, v šestém měsíci po operaci bylo 22,6 %. Předoperační ODI u mužů bylo 51,7 %, v šestém měsíci po operaci bylo 24,2 %. V dalším sledovacím období jsme nezaznamenali statisticky významnější odchylky oproti vyšetření v šestém měsíci.

VAS sledovaného souboru

VAS sledovaného souboru předoperačně – měřena axiální a kořenová bolest, byl v rozsahu 3,5–9, v průměru 6,7. Vývoj VAS po operaci ukazuje graf 3, nejmarkantnější pokles jsme zaznamenali v šestém měsíci po operaci, kdy byl v rozsahu 1–5, v průměru 2,9. V dalším období nedochází k narůstání VAS.

ROM operovaného souboru

ROM operovaného segmentu činil před operací 1–19 stupňů, v průměru 8,3 stupně. V šestém měsíci po operaci hodnoty ROM činily 1–21,5 stupňů, v průměru 6,75 stupně. Při dalším sledování nedocházelo ke statisticky významnému zlepšování či zhoršování hodnot.

Kyfotizace v operovaných segmentech

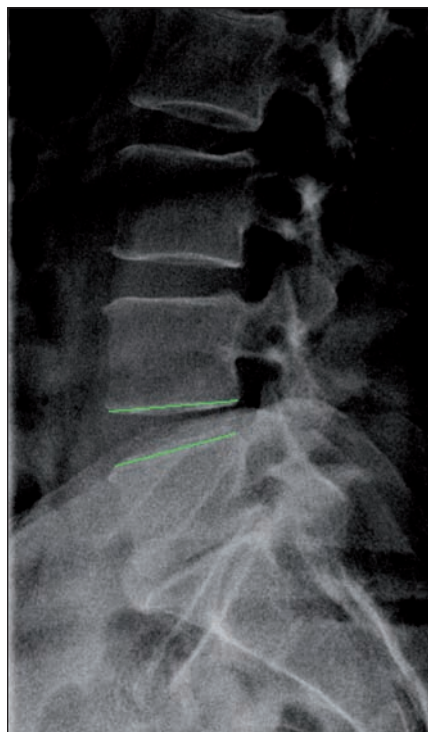
Kyfotizaci v rozsahu 0,9–7 stupně jsme zaznamenali u devíti nemocných, k lordotizaci do 3,0 stupně došlo u 12 nemocných. V průběhu dalšího sledování nedocházelo ke statisticky významnému zhoršení ani zlepšení naměřených hodnot.

Měření distrakce v oblasti foramen intervertebrale a zadního disku

Byla měřena distrakce foramen intervertebrale v AP a kraniokaudálním rozměru a distrakce v oblasti zadního disku. Měření bylo prováděno na MR. Distrakce v kraniokaudálním rozměru v oblasti foramen intervertebrale byla zlepšena v průměru o 9,7 %, ke zlepšení distrakce v AP rozměru došlo v průměru o 19,8 %. K distrakci v oblasti zadního disku došlo v průměru o 22,1 %. Na obr. 1 v bočné projekci je zobrazen meziobratlový prostor před zavedením náhrady. Na obr. 2 v bočné projekci je zobrazen stav po zavedení náhrady s distrakcí v zadní části disku.

Odom kritéria

Hodnocení Odom kritérií přináší graf 4. Nejvíce pacientů bylo zařazeno do skupiny good, naopak do skupiny poor byli zařazeni dva pacienti, u kterých bylo nutné provést po šesti měsících otevřenou revizi páteřního kanálu pro přetrvávající stenózu. Po zhodnocení výsledků se jednalo o chybnou in-



Obr. 1. Předoperační RTG vyšetření.



Obr. 2. Pooperační RTG se zavedenou interspinózní náhradou.

dikaci pro příliš těsnou stenózu s nedosta-
tečně provedenou distrakcí interspinózním
implantátem.

Diskuze

Interspinózní stabilizace není metodou nově
objevenou, její historie sahá až do 50. let
20. století, kdy Fred L. Knowles jako první
implantoval kovový interspinózní spacer.
Zavádění bylo ovšem komplikováno vyso-
kým procentem malpozicí a vycestování
spaceru [12]. Renezance této techniky při-
šla v 90. letech 20. století, s vývojem nových
technologií a materiálů. V současné době je
k dispozici množství implantátů, které se liší
svými vlastnostmi. K charakteristice rozpě-
rek patří:

1. omezení pro distrakci (kompletní, čás-
tečně, žádné),
2. vlastnosti materiálu (elastický, rigidní),
3. způsob aplikace (otevřená,
perkutání) [13,14].

Z literárních údajů vyplývá, že inter-
spinózní implantáty sníží zatížení meziob-
ratlových kloubů a pohlcují zátěž segmentu,
působí tedy jako „shock-absorber“ [15], dále
snížují tlak působící na disk a krycí desky,
zejm. v dorzální části, omezují rozsah ex-
tenze a pohyby v sousedních segmen-
tech v operovaném segmentu, s min. vli-

vem na rotaci, flexi a bočný pohyb [16]. Dále
neovlivňují intradiskální tlak a pohyby v sou-
sedních segmentech, tím snižují pravdě-
podobnost rozvoje degenerace [17]. K ne-
sporným výhodám patří malá invazivita
a bezpečnost implantace [18]. Interspinózní
rozpěrka InSpace patří svými vlastnostmi,
spolu s rozpěrkami X Stop a Aperius, mezi
dynamické interspinózní systémy. Zatímco
u rozpěrek X Stop a Aperius byla publiko-
vána řada prací věnujících se výsledkům im-
plantace, v případě rozpěrky InSpace nejsou
literární zdroje tak bohaté.

Hrabálek et al ve své práci věno-
vané náhradě InSpace dokumentují na
25 pacientech snížení ODI sledovaného
souboru o 64,05 %, míru zlepšení VAS skóre
o 52,38 %. ROM v souboru po operaci byl
v průměru 7,24 stupňů. Ke kyfotizaci v roz-
sahu 0,5–6 stupňů došlo celkem ve 23 ze
33 operovaných segmentů [19]. Také La-
zaro et al ve studii provedené na lidské ka-
daverózní páteři prokazují snížení ROM
a rozsahu extenze po implantaci spaceru.
Prokazují také snížení redukce výšky fora-
men intervertebrale při extenzi, po implan-
taci rozpěrky InSpace [20]. Mayer et al pro-
kazují zlepšení stavu po implantaci u 76 %
nemocných, spacers byly ovšem v části sou-
boru implantovány jako doplněk otevřeně
dekomprese páteřního kanálu [21,22]. Tyto

výsledky jsou v souladu s naší provedenou
studií. Zaznamenali jsme zlepšení ve všech
uvedených parametrech, nevyhnuli jsme
se však v některých případech sice mini-
mální, ale pooperační kyfotizaci na provede-
ných pooperačních RTG. Tento problém lze
z velké části eliminovat pečlivým zhodnoce-
ním předoperačních RTG snímků.

Teoretickým předpokladem při zavádění
interspinózní náhrady je možnost rozšíření
plochy páteřního kanálu a foramen interver-
tebrale. Tento efekt byl prokázán v několika
studii. Richards et al prokázali zvětšení plo-
chy páteřního kanálu o 18 %, předozadní plo-
chy kanálu o 10 % a plochy foramen interver-
tebrale a šířku o 41 %. Tato měření se týkala
rozpěrky X Stop a byla prováděna na kada-
verech [23]. Na tyto výsledky navazují Hrabá-
lek et al měřením skiagrafičtých snímků, kdy
prokazují zvětšení plochy výšky a předozad-
ního průměru foramen intervertebrale [24].
Měřením plochy páteřního kanálu v různých
polohách a dynamicky na MR se zabývají Sid-
diqui et al. Prokazují zvětšení plochy páteř-
ního kanálu pooperačně ve stoji, vsedě v ex-
tenzi a vsedě v neutrální poloze [25]. Distrakci
v oblasti neuroforamen prokazuje i naše stu-
die v souladu s předešlými. Zuchermann et al
ve své randomizované multicentrické studii
provedené s implantací rozpěrky X Stop sro-
vávají úspěšnost konzervativní léčby a vý-
sledky po implantaci rozpěrky [26]. Po jed-
nom roce prokázali 59% úspěšnost oproti
10% úspěšnosti konzervativní léčby, i po
dvou letech potvrzují povzbudivé výsledky
směrem k implantaci rozpěrky. Kuchta et al
neprokazují efekt rozpěrky X Stop při masivní
stenóze páteřního kanálu s trvalou neuro-
gení kaudikací [27].

V souvislosti se zaváděním interspinózní-
ních implantátů je diskutována otázka frak-
tury přilehlých spinózních výběžků. Leahy
et al prokazují korelaci mezi kostní den-
zitou a silou nutnou ke zlomení výběžku
(339 N) [28]. Talwar et al se zabývají půso-
bním příčných sil nutných ke způsobení frak-
tury výběžku – 317N(95-786N) [29]. Kim et al
prokazují ve sledovaném souboru 28,9 % vý-
skytu fraktury spinózních výběžků verifiko-
vaných na CT. Jako důležitá součást úspěš-
ného výsledku je udávána pevnost zadního
aparátu, zejm. lig. supraspinale, které při per-
kutánní aplikaci zůstává zachováno a jeho
intaktnost zabraňuje pooperační kyfotizaci
[30]. Dickey et al ve své studii na kadave-
rech provedli sedm podélných nářezů ve va-
zivovém aparátu, pevnost byla i při této lézi
snížena o polovinu [31].

Implantace perkutánní interspinózní náhrady InSpace je jednoduchá metoda, u níž nebyly zaznamenány prakticky žádné komplikace. Perioperační komplikace uváděli Barbagallo et al u osmi ze 69 pacientů [32]. Ve čtyřech případech došlo k dislokaci implantátu a ve čtyřech případech ke zlomení processus spinosus, byly pozorovány i sponťánní zlomeniny spinózního výběžku L4 při dvousegmentové stabilizaci – L3–L4 a L4–L5. Tyto komplikace souvisí s implantací spaceru X STOP. Při implantaci náhrady Coflex referují Chung et al oboustrannou únavovou zlomeninu dolních kloubních výběžků [33]. V našem souboru jsme nezaznamenali žádnou zlomeninu spinózního výběžku. Tento problém může souviset s designem a materiálem (titan), ze kterého jsou referované implantáty (X STOP, Coflex) vyrobeny.

Závěr

Implantaci perkutánně zavedené rozpěrky došlo v tříletém sledovacím období k výraznému zlepšení jak v klinických výsledcích, tak v radiologických parametrech. Implantace je technicky nenáročná a není zatížena per- či pooperačními komplikacemi. K nesporným výhodám patří rychlá pooperační vertikalizace a možnost časně rehabilitace. Nutná je přísná indikace pacientů určených k operaci. Jedná se zejména o stanovení tíže stenózy a vyloučení kyfotizace v opeřovaném segmentu. V indikovaných případech hodnotíme léčbu jako velmi efektivní, s možností rychlé rekonvalescence a návratu k plnohodnotnému životu.

Literatura

- Paleček T, Mrůzek M, Fedáková H, Holáňová R. Lumbální laterální spinální stenóza degenerativního původu. *Rehabilitácia* 2009; 46(4): 237–243.
- Němec F, Ryba L, Repko M, Chaloupka R. Kvalita života u pacientů po operaci degenerativní stenózy bederní páteře po 3 letech sledování. *Acta Chir Orthop Traum Cech* 2010; 77: 484–488.
- Katz JN, Lipson SJ, Lew RA, Globler LI, Einstein JN, Brick GW et al. Lumbar laminectomy alone with instrumented or noninstrumented arthrodesis in degenerative lumbar spinal stenosis. Patient selection, cost and survival outcomes. *Spine* 1997; 22(10): 1123–1131.
- Murphy DR, Hurwitz EL, Gregory AA, Clary R. A non-surgical approach to the management of lumbar spinal stenosis: a prospective observational cohort study. *BMC Musculoskelet Disord* 2006; 16: 1471–1474.
- Aota Y, Niwa T, Yoshikawa K, Fujiwara A, Asada T, Saito T. Magnetic resonance imaging and magnetic resonance myelography in the presurgical diagnosis of lumbar foraminal stenosis. *Spine* 2007; 32(8): 896–903.
- Rudinský B et al. Spinální chirurgie II. In: Paleček T (ed). *Lumbální stenóza páteřního kanálu*. 1. vyd. Bratislava: SAP 2012: 29–33.
- Laurysen C. Technical advances in minimally invasive surgery: direct decompression for lumbar spinal stenosis. *Spine* 2010; 35 (Suppl 26): S287–S293. doi: 10.1097/BR-S.0b013e3182023268.
- Collignon F, Fransen P. Treatment of symptomatic degenerative lumbar spinal stenosis by a percutaneous stand-alone implant. *Neurochirurgie* 2010; 56(1): 3–7. doi: 10.1016/j.neuchi.2009.12.003.
- Náhlovský et al. *Neurochirurgie*. In: Málek V (ed). *Spinální bederní stenóza*. 1. vyd. Praha: Galén 2006: 368–372.
- Swanson KE, Lindsay DP, Hsu KY, Zucherman JF, Yerby SA. The effects of an interspinous implant on intervertebral disc pressures. *Spine* 2003; 28(1): 26–32.
- Fairbank JCT, Pynsent PB. The Oswestry disability index. *Spine* 2000; 25(22): 2940–2952.
- Christie SD, Song JK, Fessler RG. Dynamic interspinous process technology. *Spine* 2005; 30 (Suppl 16): S73–S78.
- Hrabálek L, Wanek T, Adam M. Léčba juxtafacetálních cyst bederní páteře perkutánní dynamickou interspinózní stabilizací: prospektivní studie. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2012; 79(2): 144–149.
- Hobart J, Gilkes C, Adams W, German T. Interspinous spacers for lumbar foraminal stenosis: formal trials are justified. *Eur Spine J* 2013; 22 (Suppl 1): S47–S53. doi: 10.1007/s00586-012-2650-z.
- Wilke HJ, Drumm J, Haussler K, Mack C, Steudel I, Kettler A. Biomechanical effect of different lumbar interspinous implants on flexibility and intradiscal pressure. *Eur Spine J* 2008; 17(8): 1049–1056. doi: 10.1007/s00586-008-0657-2.
- Richards JC, Majumdar S, Lindsey DP, Beaupré GS, Yerby SA. The treatment mechanism of an interspinous process implant for lumbar neurogenic intermittent claudication. *Spine* 2005; 30(7): 744–749.
- Richter A, Schutz Ch, Hauck M, Halm H. Does an interspinous device (Coflex) improve the outcome of decompressive surgery in lumbar spinal stenosis? One year follow up of a prospective case control study of 60 patients. *Eur Spine J* 2010; 19(2): 283–289. doi: 10.1007/s00586-009-1229-9.
- Polly DW jr, Santos ERG, Mehbod AA. Surgical treatment for the painful motion segment. *Spine* 2005; 30 (Suppl 16): 44–51.
- Rudinský et al. *Spinální chirurgie II*. In: Hrabálek L (ed). *Perkutánní interspinózní dynamická stabilizace bederní páteře (In Space)*. 1. vyd. Bratislava: SAP 2012: 127–130.
- Lazaro BC, Brasiliense LBC, Sawa AGU, Reyes PM, Theodore N, Sonntag VK et al. Biomechanics of a novel minimally invasive lumbar interspinous spacer: effects of kinematic, facet loads, and foraminal height. *Neurosurgery* 2010; 66 (Suppl 3): 126–132. doi: 10.1227/01.NEU.0000348561.59062.A2.
- Mayer HM, Zentz F, Siepe C, Korge A. Percutaneous interspinous distraction for the treatment of dynamic lumbar spinal stenosis and low back pain. *Oper Orthop Traumatol* 2010; 22(5–6): 495–511. doi: 10.1007/s00064-010-1004-4.
- Mayer HM, Korge A. Microsurgical decompression of degenerative lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J* 2009; 18(12): 1989–1990. doi: 10.1007/s00586-009-1221-4.
- Richards JC, Majumdar S, Lindsey DP, Beaupré GS, Yerby SA. The treatment mechanism of an interspinous process implant for lumbar neurogenic intermittent claudication. *Spine* 2005; 30(7): 744–749.
- Hrabálek L, Novotný J, Koluchová J, Vaverka M, Kalita O, Langová A. Změny parametrů páteře po implantaci bederní interspinózní rozpěrky DIAM. *Cesk Slov Neurol N* 2009; 72/105(4): 337–342.
- Siddiqui M, Karadimas E, Nicol M, Smith FW, Wardlaw D. Influence of X stop on neural foramina and spinal canal area in spinal stenosis. *Spine* 2006; 31(25): 2958–2962.
- Zucherman JF, Hsu KY, Hartjen CA, Mehalic TF, Implicite DA, Martin MJ et al. A prospective randomized multi-center study for the treatment of lumbar spinal stenosis with the X STOP interspinous implant: 1-year results. *Eur Spine J* 2004; 13(1): 22–32.
- Kuchta J, Sobottke R, Eysel P, Simons P. Two-year results of interspinous spacer implantation in 175 patients with neurologic intermittent claudication due to lumbar stenosis. *Eur Spine J* 2009; 18(6): 823–829. doi: 10.1007/s00586-009-0967-z.
- Leahy JC, Mathias KJ, Heaton A, Shepherd DE, Hukins DW, Deans WF et al. Design of spinous process hooks for flexible fixation of the lumbar spine. *Proc Inst Mech Eng* 2000; 214(5): 479–487.
- Talwar V, Lindsey DP, Fredrick A, Hsu KY, Zucherman JF, Scott AY. Insertion loads of the X STOP interspinous process distraction system designed to treat neurogenic intermittent claudication. *Eur Spine J* 2006; 15(6): 908–912.
- Kim KA, McDonald M, Pik JH, Khoeir P, Wang MY. Dynamic interspinous spacer technology for posterior stabilisation: case control study on the safety, sagittal angulation, and pain outcome at 1-year follow-up evaluation. *Neurosurg Focus* 2007; 22(1): E7.
- Dickey JP, Gillespie KA. Biomechanical role of lumbar spine ligaments in flexion and extension: determination using a parallel linkage robot and a porcine model. *Spine* 2004; 29(11): 1208–1216.
- Barbagallo GM, Olindo G, Corbino L, Albanese V. Analysis of complication in patients treated with the X STOP interspinous process decompression system: proposal for a novel anatomic scoring system for patient selection and review of the literature. *Neurosurgery* 2009; 65(1): 111–120. doi: 10.1227/01.NEU.0000346254.07116.31.
- Chung KJ, Hwang YS, Koh SH. Stress fracture of bilateral posterior facet after insertion of interspinous implant. *Spine* 2009; 34(10): 380–384. doi: 10.1097/BR.S.0b013e31819fd3a0.