

Spinálna endoskopia – liečba výhrezu disku drierkovej chrbtice

MUDr. Peter Hudák¹, MUDr. Jakub Šipoš¹, MUDr. Kristián Varga¹, MUDr. Ján Kozák, PhD.¹,
MUDr. Martin Sedliak¹, MUDr. Benedikt Trnovec², MUDr. Milan Liška, PhD., MPH¹

¹Neurochirurgická klinika UNB a SZU, Nemocnica Ružinov, Bratislava

²Neurochirurgické oddelenie, Nemocnica Bory, Bratislava

Rozvojom optických systémov v medicíne sa endoskopia postupne etablovala vo viacerých chirurgických a nechirurgických medicínskych disciplínach, akými sú gastroenterológia, urológia, gynekológia a brušná chirurgia. Jej prienik je citeľný aj do spinálnej chirurgie a neurochirurgie. Dôvodom využitia endoskopie v spinálnej chirurgii je miniinvazivita so šetrením svalového aparátu. Tá umožňuje pacientom po spinálnych operáciách včasnú mobilizáciu a redukuje pooperačné bolesti, čo potenciálne môže viesť k skráteniu času hospitalizácie a včasný návrat do zamestnania. Šetrenie tkanív tiež prispieva k stabilite chrbtice, redukuje riziko instability a vzniku degeneratívnych zmien v budúcnosti. V nasledujúcom článku by sme radi predstavili vlastné skúsenosti s miniinvazívnou endoskopickou technikou ošetrovania výhrezov medzistavcovej platničky drierkovej chrbtice.

Kľúčové slová: spinálna endoskopia, mikroskopická disrektómia, miniinvazivita, indikácie, rehabilitácia, skorá mobilizácia.

Spinal endoscopy – treatment of the lumbar disc herniation

From the works published so far, the endoscopic spine surgery of the lumbar spine has its justification. Miniinvasive approach spares muscles, minimizes postoperative pain, shortens hospitalization and of course recovery. It proves the results of our patients after disc herniation treated by endoscopic surgery. In patients we register less postoperative pain, less consumption of analgesics postoperatively, early verticalization and early return to everyday activities. We evaluate the endoscopic discectomy (interlaminar and transforaminal) as an efficient surgical method in treatment of lumbar disc herniation in cases such as radiculopathy, hyperalergic conditions even in cases with motoric deficit. Ideal candidates for lumbar spine endoscopy are patients with discogenic radiculopathy with early symptomatology where we predict soft disc herniation. In these cases, we choose the endoscopic discectomy as a first choice of treatment. Our purpose is to continue in education of spinal endoscopic procedures. We are reducing the amount of recurrent disc herniations with increasing skills. We enrich our experiences in other parts of spine such as cervical spine in treatment of cervical radiculopathy. In March 2023 we implemented the first cervical spine endoscopy, where the main purpose was to decompress the cervical spine nerve which was compressed by cervical disc herniation. In the future we plan to expand in indications criteria, even in cases of degenerative spine disorders, implantation of intervertebral disc cages with transpedicular stabilizations.

Key words: spine endoscopy, microscopic discectomy, miniinvasivity, indications, rehabilitation, early mobilization.

DECLARATIONS:

Declaration of originality:

The manuscript is original and has not been published or submitted elsewhere.

Ethical principles compliance:

The authors attest that their study was approved by the local Ethical Committee and is in compliance with human studies and animal welfare regulations of the authors' institutions as well as with the World Medical Association Declaration of Helsinki on Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects adopted by the 18th WMA General Assembly in Helsinki, Finland, in June 1964, with subsequent amendments, as well as with the ICMJE Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals, updated in December 2018, including patient consent where appropriate.

Conflict of interest:

Not applicable.

Consent for publication:

Not applicable.

Authors' contributions:

PH – 50 %, ML – 30 %, KV – 4 %, JK – 4 %, MS – 4 %, BT – 4 %, ML – 4 %

Cit. zkr: *Neurol. praxi.* 2024;25(5):383-388

<https://doi.org/10.36290/neu.2023.062>

Článek přijat redakcí: 27. 6. 2023

Článek přijat k publikaci: 31. 8. 2023

MUDr. Peter Hudák

peter.h.hudak@gmail.com

V ostatných dekádach sa operačné techniky v spinálnej chirurgii postupne transformujú na menej invazívne výkony a vplyvom rozvoja inštrumentária nahrádzajú klasické otvorené chirurgické prístupy (Kim DH et al., 2018). Viacerí autori považujú práve miniinva- zívitu a šetrenie paravertebrálneho svalstva pri spinálnych operáciách za najdôležitejší faktor na dosiahnutie optimálnych krátkodo- bých aj dlhodobých pooperačných výsledkov (Pan et al., 2020; Smith et al., 2012). Spinálna endoskopia (SE), ako relatívne nová doména spinálnej chirurgie, zabezpečuje miniinva- zívny prístup k miechovému kanálu s ošetre- ním rôznych patológií v spinálnom kanáli. Spočiatku bola SE limitovaná na ošetrovanie výhradne mätko-tkanivových príčin ťažkostí, t.j. hernie medzistavcovej platničky. Vplyvom rozvoja chirurgického a optického inštrumen- tária je SE v súčasnosti efektívna aj pri ďalších degeneratívnych ochoreniach (napr. degene- ratívna spinálna stenóza a iné).

V prípade hernie medzistavcových platničiek sa mikroskopická diskektómia v súčasnosti stále považuje za štandard- né ošetrovanie. Zároveň sa však SE stáva vhodnou alternatívou (Máca K et al., 2019). V porovnaní s konvenčnou otvorenou mik- roskopickou diskektómiou má SE výhodu vo včasnom pooperačnom období, a to v minimálnom poškodení okolitých tkanív, čo vedie k včasnej vertikalizácii po operácii s potenciálne nižšou spotrebou analgetík a skrátením hospitalizácie, a v skoršej re- habilitácii (Zhang et al., 2018). Spomínané výhody môžu viesť k skoršiemu návratu do zamestnania a k bežným aktivitám pacienta (Liu et al., 2018). Nakoľko je SE miniinvazív- na, profitovať z jej benefitov môžu aj poly- morbídni či obézni pacienti.

História a súčasnosť SE

Začiatky SE sa datujú už do skorých 30. rokov 20. storočia. Modifikované artroskopy používal Burman pri prvých myelosciopiách na kadaveroch (Foley, 1997). Krátko na to sa vyvinula spinaskopia, ktorou Pool realizo- val myeloskopie z malého prístupu (incízia nebola väčšia ako 2,5 mm) (Foley, 1999). Aj z takto malého prístupu bol schopný detailne vizualizovať nervové štruktúry. V roku 1978 predstavil Williams (Ruet- te et al., 2008), súbežne s vývojom SE, mikrodise- kektómiu, ktorá nahradila laminektómiu v liečbe hernie disku drierkovej chrbtice

(Ruet- te et al., 2008). Jej princíp spočíval vo využití operačného mikroskopu, ktorý zabezpečil dostatočnú vizualizáciu nervo- vých štruktúr pri menej invazívnom prístupe k chrbtici. Jednotlivé techniky SE boli pred- stavené koncom 20. storočia. Napr. výsledky transforaminálnej techniky, opísanej v roku 1996 (Zhang, 2018), publikoval Matthews v ro- ku 1998 na súbore 110 pacientov (Matthews, 1996). Rozvojom inštrumentária v SE sa prvé biportálne endoskopie vyvinuli na tzv. plne endoskopické metódy, ktoré pozostávajú iba z jedného pracovného kanála, ktorý môže chi- rurg počas výkonu meniť (Ruet- te et al., 2008).

Putz a Müller-Gerbi (Kim et al., 2018) na zá- klade anatomických štúdií usúdili, že lumbálna časť chrbtice je pre SE optimálna. Dôvodom sú anatomické parametre neuroforamenu s vystupujúcim nervovým koreňom a veľkosť a lokalizácia artikulárnych výbežkov. Preto sa SE najviac využíva v oblasti drierkovej chrbtice (Kim et al., 2018). SE má v súčasnosti svoje po- stavenie aj v operačnej liečbe krčnej chrbtice (napr. zadná krčná diskektómia a foraminotó- mia) (Ruet- te et al., 2008). Opisované sú podobné výsledky v porovnaní s prednou krčnou diskektómiou (Platt et al., 2022). Publikované sú tiež práce s úspešnými výsledkami endo- skopických výkonov v liečbe výhrezov diskov hrudnej chrbtice (Foley, 1997; Choy et al., 2020; Junseok et al., 2020). V práci prezentujeme na- še skúsenosti so SE pri liečbe výhrezov diskov drierkovej chrbtice.

Indikácie a kontraindikácie SE lumbálnej chrbtice

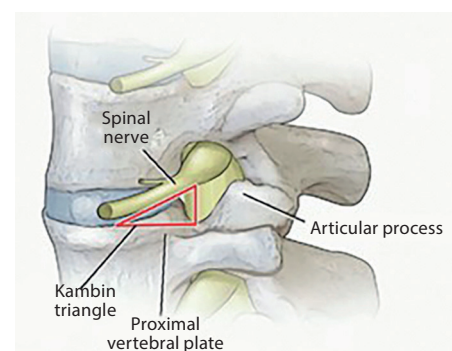
Indikačné kritériá SE lumbálnej chrbtice sú v princípe podobné ako indikácie otvorenej mikrodisekektómie. Základnou indikáciou je radikulárny syndróm pri kompresii nervového koreňa spôsobený herniou disku. V danom prípade je na vykonanie SE optimálnym ná- lezom na vyšetrení magnetickou rezonan- ciou (MR) hernia disku lokalizovaná v úrovni medzistavcového priestoru. Migrácia extrúzie kraniálnym alebo kaudálnym smerom nie je kontraindikáciou endoskopického výkonu, mení sa však operačná taktika a je nutná väčšia manipulácia s endoskopom. Axiálne

bolesti môžu byť sprievodným príznakom ra- dikulárneho syndrómu, ale nie sú základným indikačným kritériom. Radikulárny syndróm spôsobený recidívou hernie disku po pred- šlom operačnom výkone (mikrodisekektómia alebo laminektómia) je diskutabilnou indiká- ciou **a závisí od mnohých faktorov**. Jeden z hlavných dôvodov je pooperačná fibróza, t.j. fibrózne tkanivo vzniknuté po operačnom výkone v operovanej oblasti. Operácia vo fib- rotickom teréne totiž vždy predstavuje vyššie riziko vzniku operačných komplikácií, a preto SE po predošlej mikrodisekektómii, resp. lami- nektómii neodporúčame. Naproti tomu je na základe našich skúseností a údajov z literatúry revízia endoskopická operácia po predošlej SE jednoduchšia z dôvodu menších pooperačných fibrotických zmien súvisiacich s prvotným SE, a preto podľa nášho názoru recidíva hernie disku po predošlej SE predstavuje relatívnu kontraindikáciu (Xinhua et al., 2016). Pôvodne na SE kontraindikované nálezy komplexných degeneratívnych zmien drierkovej chrbtice (napr. degeneratívna spondylolistéza či dege- neratívna stenóza miechového kanála) je už v súčasnosti vplyvom rozvoja endoskopicekej techniky a inštrumentária možné endoskopicky ošetriť s implantáciou stabilizačného materiálu perkutánne (Kim et al., 2018).

Anatómia a chirurgický výkon

Kambinov trojuholník (prvýkrát opísal Kambin v roku 1991) (Kim et al., 2018) pred- stavuje zónu bezpečného endoskopického prístupu k patológii. Ventrálna je ohraniče- ný vystupujúcim miechovým nervom, kau- dálne krycou platňou kaudálneho stavca, dorzálne processus articularis kaudálneho stavca a mediálne prebiehajúcim miechovým koreňom spolu s durálnym vakom (Obr. 1).

Obr. 1. Schematické znázornenie anatómie neu- roforamenu a Kambinovho trojuholníka (2)

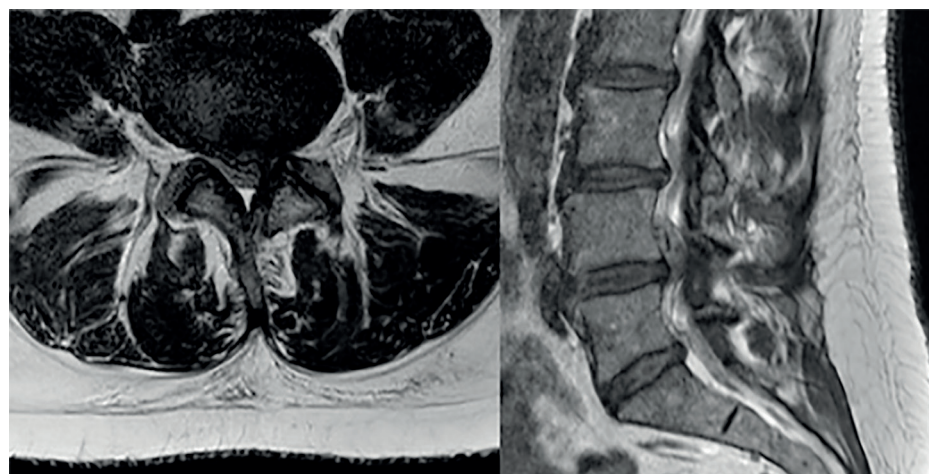


Obr. 2. Schéma transforaminálnej endoskopickej diskektómie

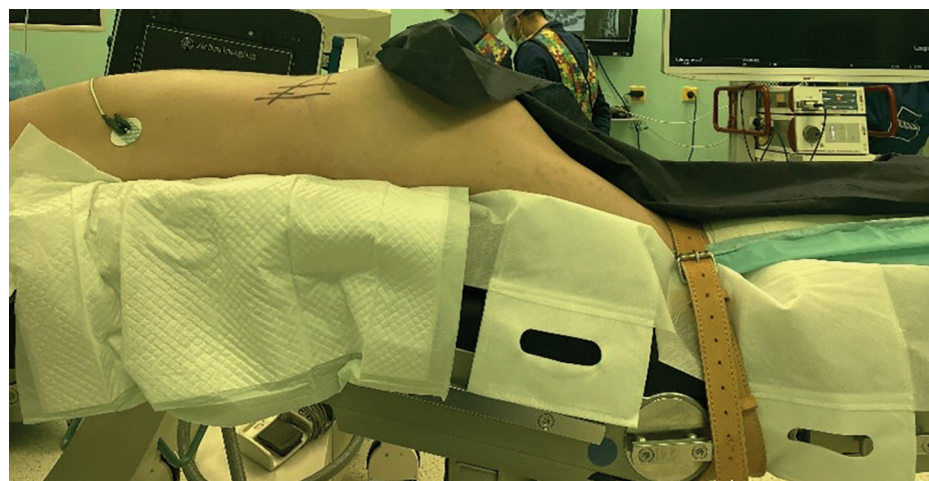


Najbezpečnejšia časť tohto trojrozmerného útvaru je na báze mediálnej časti trojuholníka. V neuroforamene sa nachádza vystupujúci miechový koreň so spinálnym gangliom, segmentálna artéria a jej vetvy, veny a venózne plexy, dve až štyri vetvy rekurentných meningeálnych nervov a tukové tkanivo obaľujúce všetky štruktúry. Najväčšie rozmery neuroforamenu driekovej chrbtice sú kraniálne

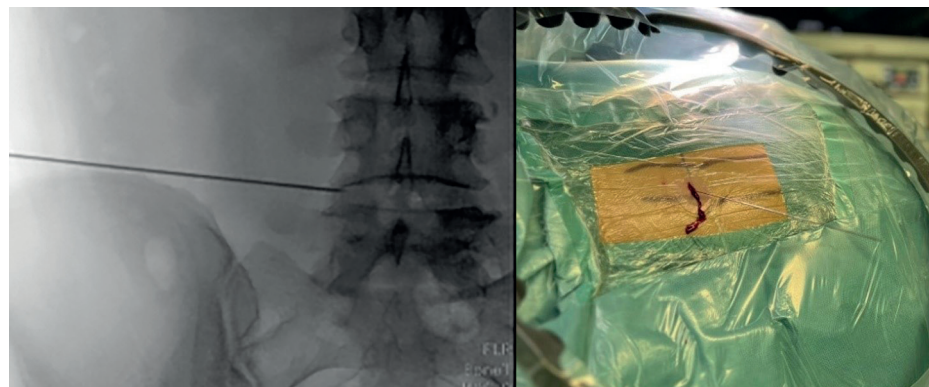
Obr. 3. Príklad mladej pacientky indikovanej na transforaminálnu endoskopickú diskektómiu. MR vyšetrenie zobrazuje herniu disku L4/5 s kraniálnou migráciou sekvestra



Obr. 4. Pronačná poloha s flexiou lumbálnej chrbtice



Obr. 5. Entry-point ihly v neuroforamene na úrovni zadnej hrany disku



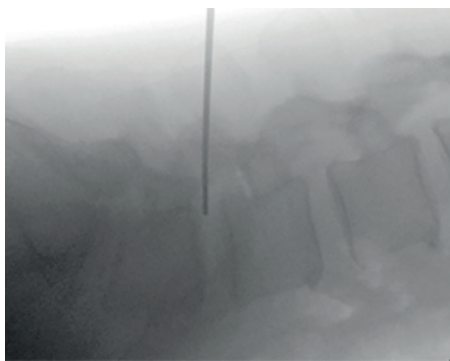
a zostupne sa jeho rozmery zmenšujú k L5/S1. Tvarovo predstavuje obrátenú hrušku, u mužov má mierne väčšie rozmery ako u žien.

Chirurgický výkon je realizovaný v celkovej anestézii, i keď niektoré pracoviská realizujú SE v lokálnej anestézii (Xu et al., 2019; Zhu et al., 2017). Na našom pracovisku preferujeme celkovú anestéziu pre dostatočnú svalovú relaxáciu počas výkonu a celkový komfort operačného výkonu ako pre pacienta, tak aj pre operačný tím. Chirurgický výkon prebieha pod skioskopickou kontrolou. Z hľadiska uloženia hernie disku na jej dosiahnutie a odstránenie využívame tri endoskopické prístupy: **interlaminárny (IL) prístup** a **transforaminálny (TF) prístup**, v prípade extraforaminálnych hernií volíme **extraforaminálny prístup (ET)**. Po prístupe ostáva na koži drobná ranka, nie väčšia ako 1 cm (Obr. 13). Prístupy sú perkutánne a miniinvazívne, s minimálnym poškodením paraspinálneho svalstva a okolitých tkanív.

IL prístup je pre spinálneho chirurga bližší, pretože zavedenie endoskopu a vstup do miechového kanála je, tak ako pri štandardnej mikrodisektómii, pozdĺž processus spinosus zodpovedajúceho stavca. Vstup a zavedenie endoskopu sa nachádza v mieste zadnej mediálnej až paramediálnej čiary laterálne od procesus spinosus (Obr. 14). Perkutánne prenikáme portom endoskopu širokým cca 10 mm k oblúkom stavcov (laminy) a medzi nimi cez tzv. interlaminárne okno do miechového kanála. IL prístup je optimálny pri ošetrovaní hernie disku v segmente L5/S1. Limitáciou IL prístupu je veľkosť interlaminárneho okna. Predoperačne si preto vždy overujeme veľkosť interlaminárneho okna na RTG snímke. Počas operácie je možné rozšíriť interlaminárne okno správnym napolohovaním pacienta (flexia driekovej chrbtice) a odstránením časti lamín vysokorychlostnými frézami (tzv. shaver) a ďalšími špecifickými endoskopickými inštrumentami. Zobrazenie prístupu je na obrázku 15.

TF prístup spočíva v zavedení endoskopu z laterálneho prístupu cez neuroforamen. Vstup portu endoskopu je v kaudálnej časti neuroforamenu na úrovni disku. Vhodnou indikáciou sú paramediálne, preforaminálne protrúzie a hernie. Hlavným limitom TF prístupu je výška lopaty bedrovej kosti. Ďalším

Obr. 6. Zavedenie ihly v laterálnej projekcii



Obr. 8. Zavedený dilatátor v laterálnej projekcii



limitujúcim faktorom je veľkosť facetového skĺbenia, veľkosť processus transversus L5 a relatívne obmedzenie TF prístupu môže predstavovať osteoprodukcia vo forme osteofytov (Ruetten et al., 2008; Nie et al., 2013). Preto v segmente L5/S1 volíme IL prístup a vo vyšších priestoroch (L2/3-L4/5) TF prístup.

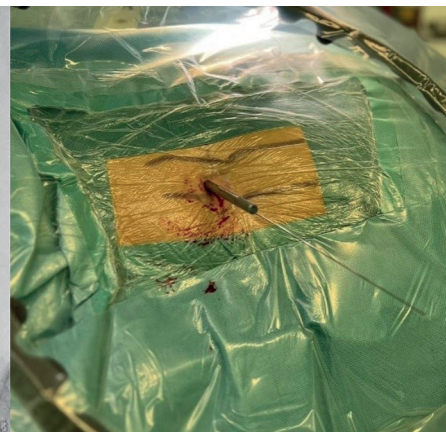
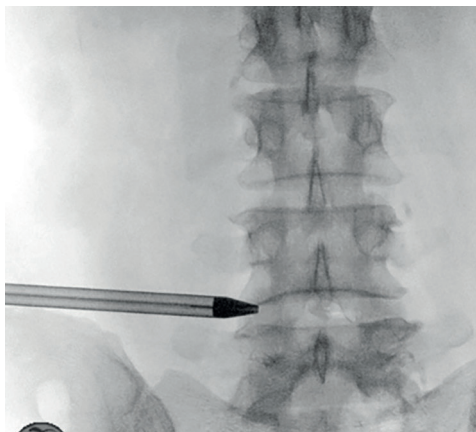
Vlastné skúsenosti

Na našej klinike sme v priebehu rokov 2021–2022 (21 mesiacov) realizovali 53 SE driekovej chrbtice u 52 pacientov s indikáciou hernie disku s radikulárnym syndrómom. V jednom prípade sme pacienta operovali endoskopicky dvakrát – indikáciou bola recidíva hernie disku. V dvoch prípadoch išlo o SE pre recidívu hernie disku po operáciách na inom pracovisku, vo zvyšných 50 prípadoch išlo o primárnu operáciu hernie disku. Vekové rozpätie pacientov bolo 17–78 rokov (priemerne 50,11 roka). Častejšie boli operované ženy (ženy: 31, muži: 21), pomerom 3 : 2 v prospech žien. Vykonané boli IL aj TF diskektómie (Tabuľka 1).

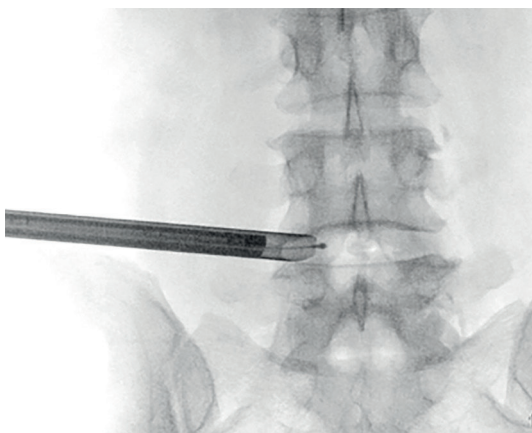
Tab. 1. Počty operácií realizovaných na našej klinike v jednotlivých segmentoch a podľa druhu indikovaného prístupu v priebehu 21 mesiacov

Segment	IL	TF
L5/S1	20	-
L4/5	2	19
L3/4	1	6
L2/3	1	3
L1/2	-	-

Obr. 7. Zavedenie dilatátora v AP projekcii (vľavo) a peroperačne (vpravo)



Obr. 9. Priama kontrola pozície endoskopu peroperačne a jeho orientácia v neuroforamene



Obr. 10. Peroperačný obraz TF prístupu s popisom anatomických štruktúr



Obr. 11. Zavedený pracovný kanál v AP projekcii s názornou ukážkou dosiahnutia na kaudálne migrovaný sekvester z transforaminálneho prístupu

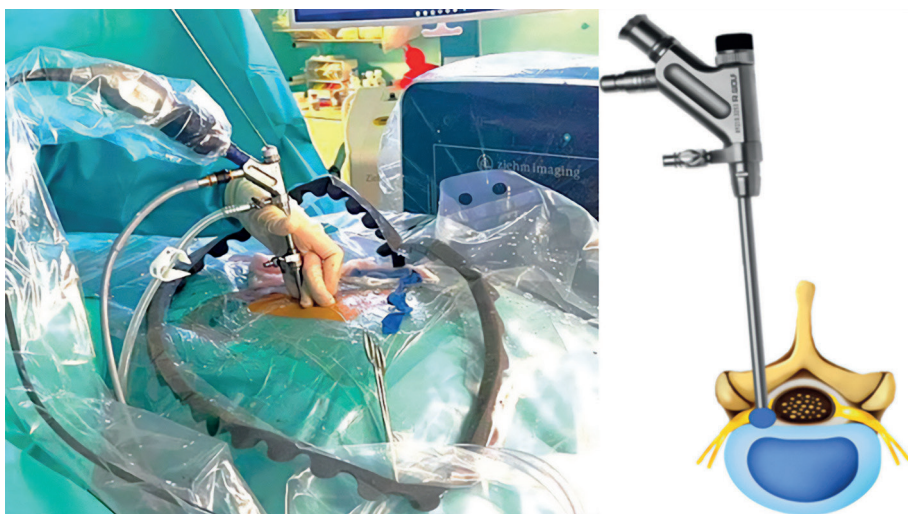
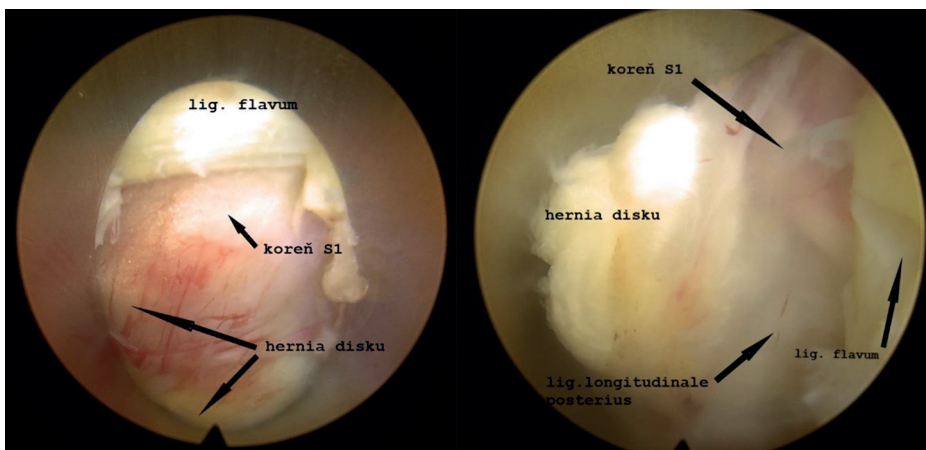


Priemerné obdobie sledovania

Nezaznamenali sme žiadne infekčné komplikácie spojené s operačným výkonom. Priemerný čas hospitalizácie v našom súbore bol 2,1 dňa, pričom trvanie hospitalizácie bola v niektorých prípadoch predĺžená z dôvodu štandardného doplnenia pooperačného MR vyšetrenia. Pooperačné MR vyšetrenie rutinne nie je potrebné, my sme ho však realizovali u všetkých pacientov pri prvých výkonoch pre grafické potvrdenie suficientnosti výkonu. Vertikalizácia

pacientov bola u každého v deň výkonu vo večerných hodinách. Pooperačne sme sporadicky zaznamenali tranzitné senzomotorické výpadky a pooperačné bolesti, ktoré boli tlmené štandardnou analgetickou liečbou.

Recidíva hernie intervertebrálneho disku bola zaznamenaná v piatich prípadoch z 52 pacientov (9,61 %) v sledovaní

Obr. 12. Příklad úspěšné sekvestrektomie s niekoľkocentimetrovými fragmentami sekvestra**Obr. 13.** Výsledný rez s délkou do 1 cm a jeho sutúra po endoskopické operácii chrbtice**Obr. 14.** Orientácia endoskopu pri interlaminárnej endoskopickéj disektómii (vľavo) a schematické znázornenie (vpravo)**Obr. 15.** Peroperačný obraz pred vstupom do spinálneho kanála (vľavo), po rotácii pracovného kanála (vpravo) v miechovom kanáli. Jeho rotáciou chránime koreňové štruktúry

21 mesiacov, čo je v rozmedzí publikovaných výsledkov spinálnych operácií v zahraničnej literatúre (Abdu et al., 2017; Martens et al., 2018). Za rok 2023 po 24 endoskopických výkonoch evidujeme jednu recidívu po 8 týždňoch po výkone. Analýza miery recidív po iniciálnej učiackej krivke bude predmetom ďalších štúdií. Doposiaľ prvou voľbou operačného výkonu pre revíziu operácie recidívy bola otvorená mikrodisektómia. Ošetrovanie recidívy sme vykonali mikroskopicky v štyroch prípadoch. V jednom prípade sme revíziu operácie po predchádzajúcej transforaminálnej endoskopii realizovali rovnakým transforaminálnym prístupom s úspešným výsledkom. Predoperačne sme hodnotili bolesti axiálneho typu a radikulárneho typu škálou VAS (Visual Analogue Scale). Priemerná hodnota pre VAS axiálnych bolestí bola 5,5 a bolestí radikulárneho charakteru bola 7,9.

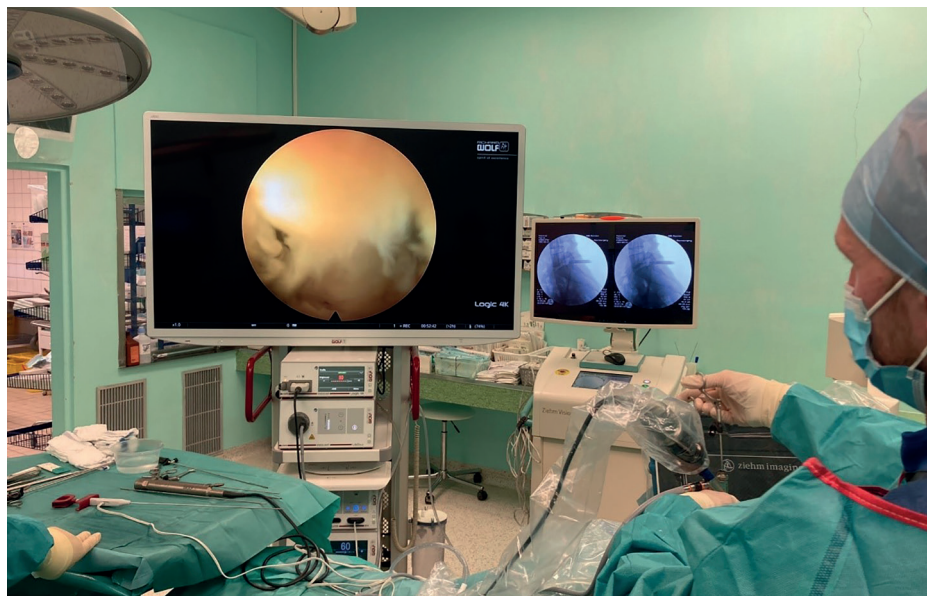
Pooperačne boli pacienti posudzovaní ambulantnou formou pomocou VAS škály pre axiálne a radikulárne bolesti. Hodnotení boli 8 týždňov po výkone s priemernou hodnotou VAS pre axiálne bolesti 2,7 a VAS radikulárneho charakteru 2,7. Po výkone 12 mesiacov dosahovali hodnoty VAS pre axiálne bolesti 1,8, pre radikulárne bolesti 2,0. Priemerné obdobie sledovania v našom súbore je 16,17 mesiacov. Trinásť pacientov, ktorí boli po viac ako 12-mesačnom sledovaní, sme kontaktovali telefonicky. Priemerná hodnota VAS pre axiálne bolesti je 2,8 a pre radikulárne bolesti je 1,6. Podľa našich pozorovaní pacienti pociťovali menšie bolesti a obmedzenia v súvislosti so SE v porovnaní s mikrodisektómiou. Obdobie, o aké sa pacienti vrátili do bežného života a k vykonávaniu svojho povolania, je priemerne 4,04 mesiaca.

Detailné zhodnotenie SE a porovnanie SE s mikrodisektómiou by malo byť predmetom ďalších štúdií.

Záver

Z doterajších publikovaných prác vyplýva, že endoskopické operácie dříkovej chrbtice majú svoje opodstatnenie. Hlavný benefit SE pri herniách diskov dříkovej chrbtice spočíva v jeho miniinvazivite.

Obr. 16. Peroperačná fotografia – operatér stojaci po boku pacienta, pred operatórom je endoskopická veža a RTG monitor s peroperačným zobrazovaním pozície endoskopu, inštrumentárka a inštrumenty sú po ľavici operátora



Šetrenie svalového aparátu chrbtice je prirodzene spojené s menšími pooperačnými bolesťami, čo môže viesť k skráteniu hospitalizácie pacienta, ako aj rekonvalescencie (Liu et al., 2018; Song et al., 2017; Choi et al., 1976; Lew et al., 2001). Na základe našich skúseností hodnotíme SE (interlaminárnu aj transforaminálnu techniku) ako efektívnu operačnú metódu pri ošetrovaní hernií intervertebrálneho disku drierkovej chrbtice pri radikulopatii vrátane hyperalgických stavov a prípadov spojených s motorickým deficitom. Optimálnou indikáciou na SE liečbu sú hernie disku s dominujúcim radikulárnym syndrómom. Na základe literárnych údajov a vlastných skúseností očakávame rozšírenie spektra indikácií v SE chrbtice aj o komplexnejšie degeneratívne poškodenia drierkovej chrbtice.

LITERATÚRA

1. Abdu RW, Abdu WA, Pearson AM, et al. Reoperation for Recurrent Intervertebral Disc Herniation in the Spine Patient Outcomes Research Trial: Analysis of Rate, Risk Factors, and Outcome. *Spine*. 2017;15;42(14):1106-1114. doi: 10.1097/BRS.0000000000002088.
2. Foley KT. Microendoscopic discectomy. *Tech Neurosurg*. 1997;49(2):262-263. doi: 10.4103/0019-5413.152551.
3. Foley KT, Smith MM, Rampersaud YR. Microendoscopic approach to far-lateral lumbar disc herniation. *Neurosurg Focus*. 1999;7(5). doi: 10.3171/foc.1999. 7. 6. 6.
4. Choi G, Lee SH, Bhanot A, et al. Percutaneous endoscopic discectomy for extraforaminal lumbar disc herniations: Extraforaminal targeted fragmentectomy technique using working channel endoscope. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(2):E93-9. doi: 10.1097/01.brs.0000252093.31632. 54.
5. Choi G, Munoz-Saurez D. Transforaminal Endoscopic Thoracic Discectomy: Technical Review to Prevent Complications. *Neurosurg Focus*. 2020;17(1). doi:10.4245/ns.2040250. 125.
6. Junseok B, Sourabh C, Sang-Ha S, Sang-Ho L. Transforaminal endoscopic thoracic discectomy with foraminoplasty for the treatment of thoracic disc herniation. *J Spine Surg*. 2020;6(2):397-404. doi: 10.21037/jss.2019. 11. 19.
7. Kim DH, Choi G, Lee SH. Endoscopic spine surgery. *Thieme*. 2018: 2-70.
8. Lew SM, Mehalik TF, Fagone KL. Transforaminal percutaneous endoscopic discectomy in the treatment of far-lateral and foraminal lumbar disc herniations. *J Neurosurg*. 2001;94(2):216-20. doi: 10.3171/spi.2001. 94. 2.0216.
9. Liu X, Yuan S, Tian Y, et al. Comparison of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, microendoscopic
10. Máca K, Ďuriš K, Smrčka M. Endoskopické operace výhřezu bederních meziobratlových plotének – první zkušenosti. *Cesk Slov Neurol N*. 2019;82(5):541-547. doi: 10.14735/amcsnn2019541.
11. Martens F, Vajkoczy P, Jadik S, et al. Patients at the Highest Risk for Reherniation Following Lumbar Discectomy in a Multicenter Randomized Controlled Trial. *JB JS*. 2018;3(2). doi: 10.2106/JBJS.OA.17.00037.
12. Mathews HH. Transforaminal Endoscopic Microdiscectomy. *Neurosurgery Clinics of North America*. 1996;7(1):59-64.
13. Nie H, Zeng J, Song Y, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5-S1 disc herniation via an interlaminar approach versus a transforaminal approach. *SPINE*. 2016;41:p B30-B37. DOI: 10.1097/BRS.0000000000001810.
14. Pan M, Li Q, Li S, et al. Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy: Indications and Complications. *Pain Physician*. 2020 Jan;23(1):49-56. PMID: 32013278.
15. Platt A, Fessler RG, Traynelis VC, O'Toole JE. Minimally Invasive Posterior Cervical Foraminotomy Versus Anterior Cervical Fusion and Arthroplasty: Systematic Review and MetaAnalysis. *Global Spine Journal*. 2022;12(7):1573-1582. doi: 10.1177/21925682211055094.
16. Ruetten S, Komp M, Merk H. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: A prospective, randomized, controlled study 2008. *Spine*. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31816c8af7.
17. Ruetten S, Komp M, Merk H. Full-endoscopic cervical posterior foraminotomy for the operation of lateral disc herniations using 5.9 mm endoscopes: a prospective, randomized, controlled study. *Spine*. 2008;33(9):940-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816c8b67.
18. Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Recurrent lumbar disc herniation after conventional discectomy: a prospective, randomized study comparing full-endoscopic interlaminar and transforaminal versus microsurgical revision. *J Spinal Disord Tech*. 2009; 22(2):122-9. doi: 10.4103/0019-5413.152551.
19. Smith Z, Fessler R. Paradigm changes in spine surgery – evolution of minimally invasive techniques. *Nat Rev Neurol*. 2012;8:443-450. doi: 10.1097/BSD.0b013e318175ddb4.
20. Song HP, Sheng HF. A case-control study on the treatment of protrusion of lumbar intervertebral disc through PELD and MED. *Exp Ther Med*. 2017;14(4):3708-3712. doi: 10.3892/etm.2017.4929.
21. Zhang B, et al. Transforaminal endoscopic discectomy versus conventional microdiscectomy for lumbar disherniation: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2018;13(1):169. doi: 10.1186/s13018-018-0868-0.
22. Zhu Y, Zhao Y, Fan G, et al. Comparison of the effects of local anesthesia and epidural anesthesia for percutaneous transforaminal endoscopic discectomy in elderly patients over 65 years old. *Expasus*. 2017;1(9):2373-2378, 47(12):260-263.
23. Xinhua L, Zhuyang H, Jian C, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent lumbar disc herniation. *International Journal of Surgery*. 2016;27:8-16.
24. Xu T, et al. Application of continuous epidural anesthesia in transforaminal lumbar endoscopic surgery: A prospective randomized controlled trial. *Elsev*. 2019;47(3):1146-1153.