

# Zgodnje prednosti manj invazivne transforaminalne zatrditve ledvene hrbtenice v primerjavi s klasično odprto metodo

Early benefits of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion in comparison with the traditional open procedure

Gregor Rečnik, Milko Milčič, Samo Karl Fokter, Nino Mirnik, Andrej Moličnik, Matjaž Vogrin

Univerzitetni klinični center Maribor,  
Oddelek za ortopedijo,  
Ljubljanska ulica 5,  
2000 Maribor

## Korespondenca/ Correspondence:

doc. dr. Gregor Rečnik,  
dr. med., Oddelek  
za ortopedijo, UKC  
Maribor, Ljubljanska  
ulica 5, 2000 Maribor,  
e: gregorrecnik@yahoo.  
com.

## Ključne besede:

spondilodeza; TLIF;  
spinalna fuzija; mišična  
multifidus

## Key words:

spondylodesis; TLIF;  
spinal fusion; multifidus  
muscle

## Citirajte kot/Cite as:

Zdrav Vestn 2015;  
84: 358–65

Prispelo: 25. avg. 2014,  
Sprejeto: 19. mar 2015

## Izvleček

**Izhodišča:** Zatrditev ledvene hrbtenice je uspešen standardni operativni poseg v ortopedski hrbtenci kirurgiji. Morfološke in funkcionalne spremembe za dinamično stabiliziranje pomembnih obhrbteničnih mišic po klasični odprti metodi so botrovale razvoju manj invazivne tehnike, pri katerih takšnih sprememb niso opažali.

**Metode:** V prospektivno randomizirano raziskavo smo med decembrom 2011 in marcem 2014 vključili 64 bolnikov, ki so izpolnjevali klinična in radiološka merila za enonivojsko transforaminalno zatrditev ledvene hrbtenice. Preiskovance smo randomizirali v skupino z odprto (33 oseb) in v skupino z minimalno invazivno (31 oseb) metodo zatrditve. Iz vsake skupine smo zaradi oboperativnih zapletov izločili po enega preiskovanca. Z neparnim Studentovim T-testom smo med obema skupinama primerjali povprečne vrednosti absolutnega porasta encima kreatinkinaze (CK), ki služi kot označevalec mišične poškodbe, povprečen čas trajanja operacije, vrednosti izgube krvi med operacijo in po njej, stopnjo bolečine v križu po vidni analogni lestvici (VAS) in dan odpusta iz bolnišnice.

**Rezultati:** Pri skupini z manj invazivno zatrditvijo ledvene hrbtenice smo zabeležili statistično pomembno ( $P < 0,001$ ) manjšo izgubo krvi med in po operaciji (188 ml proti 527 ml celokupno), manjši porast vrednosti encima CK (15 ukat/L proti 29 ukat/L), manjše vrednosti VAS po operaciji (7,3 proti 8,7) in hitrejši odpust iz bolnišnice (3,5 dni proti 5,2 dni). Pomembnih razlik v trajanju operacije med skupinama nismo ugotavljali.

**Zaključki:** Naši rezultati so v skladu s prejšnjimi študijami, ki kažejo, da lahko z manj invazivno metodo transforaminalne zatrditve ledvene hrbtenice dosežemo manjšo poškodbo paravertebralnih mišic, manjšo izgubo krvi, manj bolečin po operaciji in hitrejšo rehabilitacijo.

## Abstract

**Background:** Lumbar interbody fusion is a standard operative procedure in orthopedic spine surgery. Morphological and functional changes in the multifidus muscle after an open procedure have led to the development of a minimally invasive technique, after which no such muscle changes were observed.

**Methods:** Sixty-four patients with clinical and radiological criteria for one-level transforaminal lumbar interbody fusion were enrolled in our prospective randomized study between December 2011 and March 2014. They were randomized into two groups: open approach (33 patients) vs. minimally invasive approach (31 patients); one patient from each group was excluded due to postoperative complications. Independent samples T-test was used to compare average values of increase in creatine kinase (CK), which is an enzymatic marker of muscle injury, average surgical time, loss of blood during and after surgery, back pain according to the Visual Analogue Scale (VAS) and day of discharge from the hospital.

**Results:** Statistically important ( $P < 0.001$ ) lower blood loss (188 ml vs. 527 ml total), less CK increase (15 ukat/L vs. 29 ukat/L), lower VAS score after surgery (7.3 vs. 8.7) and earlier discharge from the hospital (3.5 days vs. 5.2 days) were observed in the minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion group. No significant difference in average surgical time was recorded.

**Conclusions:** Our results suggest that minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion is associated with less muscle damage, lower blood loss, less post surgical pain and faster early rehabilitation, which is in accordance with previous studies.

## Uvod

V zadnjem desetletju smo priča porastu števila elektivnih kirurških posegov na hrbtenici tako v svetu kot v Sloveniji, čemur botrujeta boljša informiranost bolnikov z bolečinami v križu in številne nove tehnične rešitve, ki omogočajo varno izvedbo posegov. Z izrazom dekompresija pojmujeemo skupino tehnično manj zahtevnih kirurških posegov za sproščanje nevroloških elementov (hrbtenjače, kavde ekvine, korenin živcev), s katerimi lahko sorazmerno poceni in hitro rešujemo najpogostejšo patologijo v predelu ledvene hrbtenice kot sta hernija medvretenčne ploščice in stenoza spinalnega kanala. S stabilizacijo, ki jo opredeljuje skupina tehnično bolj zahtevnih operacij za zagotavljanje začasne funkcionalne stabilnosti, tradicionalno rešujemo travmatske in patološke zlome vretenc. Za reševanje deformacij, oziroma ko se pojavi potreba po trajni stabilnosti ledvenega segmenta, pride v poštev s tehnično-biološkega vidika najzahtevnejša skupina operacij, ki jih označujemo kot zatrditev ledvene hrbtenice.

V ta namen se danes najpogosteje uporablja transforaminalna ledvena intervertebralna fuzija (TLIF), ki zagotavlja varen in učinkovit dostop do ledvene hrbtenice.<sup>1</sup> Operacijo se opravi skozi rez na sredini hrbta, pri čemer je potrebno zaradi lateralnega vstopnega položaja vijakov in medvretenčne kletke sprostiti mišice s kostnih narastišč in jih razmakniti na vsako stran. Pri tem pride do poškodbe obhrbteničnih mišic, ki naj bi bila povezana s pooperativno bolečino v

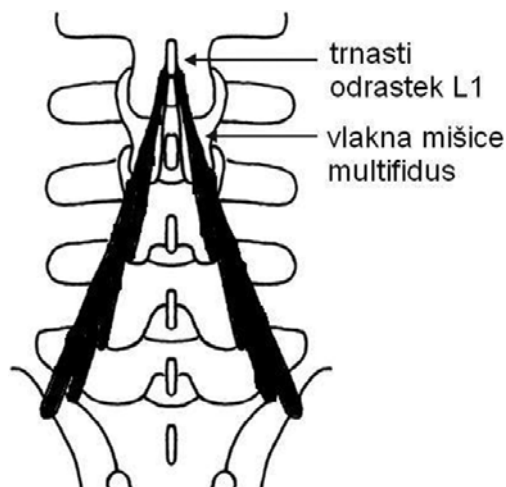
predelu operativne rane.<sup>2</sup> Najpomembnejša izmed ledvenih mišic je mišica multifidus, ki deluje kot optimalni dinamični stabilizator ledvene hrbtenice. Njena vlakna se pahljačasto raztezajo od trnastega odrastka L1 do mamilarnih odrastkov faset nižje ležečih vretenc in križnice (Slika 1). Omogoča nastanek velikih sil na kratki razdalji, pri čemer lahko razvije največjo silo v naprej sklonjenem položaju.<sup>3</sup> Odgovorna je za stabilizacijo trupa v najbolj ranljivem trenutku za hrbtenico – pri dvigovanju iz predklona.<sup>4</sup>

Minimalno invazivni pristop omogoča dostop do ledvene hrbtenice skozi paramediane portale s topim razmikanjem oz. dilatacijo mišičnega tkiva.<sup>5</sup> Temelji na zmanjšanju kontuzijske poškodbe mišic med operacijo in na ohranitvi narastišča mišice multifidus na odrastke vretenc ob upoštevanju znanih znotraj mišičnih področij.<sup>4</sup> Na takšni teoretični podlagi slonijo opažanja o klinično pomembnih prednostih v zgodnjem obdobju po operaciji, vendar gre pri izvajanju tovrstnih tehnično zahtevnih posegov za strmo krivuljo učenja, s povečano možnostjo zapletov ob operaciji.<sup>6</sup>

V pričujočem prispevku predstavljamo lastne izkušnje pri zdravljenju boleznih ledvene hrbtenice z minimalno invazivno metodo v primerjavi s klasično odprto tehniko transforaminalne zatrditve.

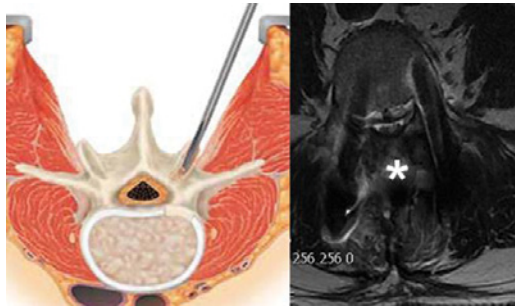
## Metode

V dvehletnem obdobju, od decembra 2011 do marca 2014, smo v prospektivno primerjalno raziskavo vključili 64 bolnikov, ki so izpolnjevali klinična in radiološka merila za enonivojsko zatrditev ledvene hrbtenice. Izvajanje raziskave je potrdila Komisija za medicinsko etiko in deontologijo naše ustanove, pri čemer so preiskovanci podali informirani pristanek. Za operacijo smo predvideli bolnike z vsaj enim radiološko potrjenim vzrokom: degenerativni ali istmični zdrs vretenca prve stopnje, stenoza spinalnega kanala, zdrs ali huda okvara medvretenčne ploščice, nestabilnost ledvenega segmenta, okvara krovnih plošč tipa Modic 1. Vsi so imeli, kljub vsaj šest mesecev trajajočem konzervativnem zdravljenju, klinično izražene znake radikulopatije,



**Slika 1:** Prikaz poteka vlakna mišice multifidus v predelu ledvene hrbtenice.

**Slika 2:** Shematski prikaz (z dovoljenjem Medtronic, Inc.©2009) kirurškega pristopa pri klasični transforaminalni zatrditvi ledvene hrbtenice (odprti TLIF) in klinično pomemben hematoma v mišici multifidus, viden na prečnem posnetku pri slikanju z MRI (označeno z zvezdico).



nevrogene klavdikacije ali hudo bolečino v križu. Bolnike smo pred operacijo randomizirali v dve skupini: skupino s klasičnim posegom (odprti-TLIF) in skupino z minimalno invazivnim posegom (mini-TLIF). V prvo skupino smo vključili 33, v drugo pa 31 oseb. Vse osebe so bili vodene po enaki antikoagulantni, antibiotični in protibolečinski shemi. Skupini se nista bistveno razlikovali glede na vrsto patološkega procesa, ki je bil indikacija za operacijo (Tabela 1).

Pri obeh operacijah je bolnik ležal na trebuhu v izravnani legi na standardno podloženi radiolucentni mizi. Pri klasičnem TLIF-u smo skozi 12–15 cm velik mediani rez ostro prekinili narastišča paravertebralnih mišic na trnastke odrastke in fasetne sklepe ter obojestransko nastavili transpedikularne vijake. Pri spinalni stenozi smo zaradi lažje anatomske predstavitve neuroloških elementov opravili laminektomijo,

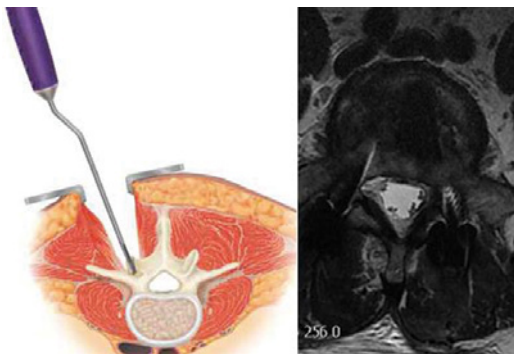
ki ji je sledila enostranska fasetektomija in transforaminalni pristop do medvretenčne ploščice (Slika 2). Po stopenjski odstranitvi medvretenčne ploščice smo v sprednji del diskalnega prostora vstavili lokalno pridobljen kostni presadek, pomešan s sintetičnim kostnim nadomestkom in za biomehansko trdnost samodistrakcijsko košarico iz materiala PEEK (polieter-eter-keton). Košarico smo učvrstili s stisnjenjem vijakov na palicah in z lordozacijo ledvenega segmenta.<sup>7</sup>

Pri minimalno invazivnem TLIF-u smo približno 2 cm od mediane linije naredili 4 cm dolg paramediani kožni rez.<sup>6</sup> S serijo dilatatorjev smo topo razmaknili vlakna mišice multifidus vse do fasetnega sklepa, ki smo ga odstranili z dletom in tako pristopili unilateralno k medvretenčni ploščici (Slika 3). Po stopenjski odstranitvi medvretenčne ploščice s pomočjo operativnega mikroskopa smo v sprednji del diskalnega prostora vstavili lokalno pridobljeni kostni presadek, pomešan s sintetičnim kostnim nadomestkom in samodistrakcijsko košarico iz materiala PEEK. Pri spinalni stenozi smo s podminirano tehniko dodatno sprostili centralni del spinalnega kanala in lateralni recessus na nasprotni strani. S perkutano tehniko smo preko sekvenčnih dilatatorjev obojestransko nastavili še transpedikularne vijake. Košarico smo učvrstili s kompresijo

**Tabela 1:** Indikacije za operacijo in nivoji operativnega posega za skupini z odprtim in minimalno invazivnim pristopom.

	Odprti TLIF	Mini-TLIF
Spol (ženski; moški)	18; 14	17; 13
Indikacija za operacijo		
Zdrs ledvenega vretenca	13	9
Zdrs medvretenčne ploščice	9	11
Nestabilnost segmenta	3	2
Degeneracija ploščice	2	5
Stenoza spinalnega kanala	5	3
Operiran nivo		
L2-L3	2	3
L3-L4	5	4
L4-L5	18	17
L5-S1	7	6

**Slika 3:** Shematski prikaz (z dovoljenjem Medtronic, Inc. ©2009) kirurškega pristopa pri manj invazivni transforaminalni zatrditvi ledvene hrbtenice (mini-TLIF) z nepoškodovano mišico multifidus na prečnem posnetku MRI.



vijakov na palicah in z lordozacijo ledvenega segmenta (Slika 4).

Pri vseh osebah smo pred operacijo v krvi določili vrednost encima kreatinkinaze (CK), ki je označevalec mišičnega razpada. Preiskavo smo ponovili prvi dan po operaciji, ko je bila vrednost najvišja. Beležili smo trajanje operacije. Med operacijo in po njej smo zbirali in merili izgubo krvi. Preiskovanci so prvi in tretji dan po operaciji sami

ocenjevali stopnjo bolečine v križu po vidni analogni lestvici (VAS). Hitrost zgodnje rehabilitacije po operaciji smo ocenjevali z dnevom odpusta iz bolnišnice.

Z neparnim Studentovim T-testom smo med obema skupinama preiskovancev primerjali povprečne vrednosti absolutnega porasta CK, trajanja operacije, vrednosti izgube krvi med in po operaciji, stopnjo bolečine v križu po VAS in dan odpusta iz bolnišnice. Vrednosti  $P < 0,001$  smo opredelili kot statistično značilne.

## Rezultati

V skupino, v kateri smo zatrditev ledvene hrbtenice opravili na odprti način, smo za analizo vključili 18 žensk in 14 moških s povprečno starostjo 61,2 ( $\pm 12,1$ ) let. Iz raziskave smo izključili eno osebo, pri kateri je prišlo dan po operaciji do akutnega miokardnega

**Slika 4:** Operacija mini-TLIF s perkutanim uvajanjem vijakov in palice (zgornji del slike) ter minimalno invazivno vstavitvijo samodistrakcijske intervertebralne košarice skozi dilatacijski portal (spodnji del slike).

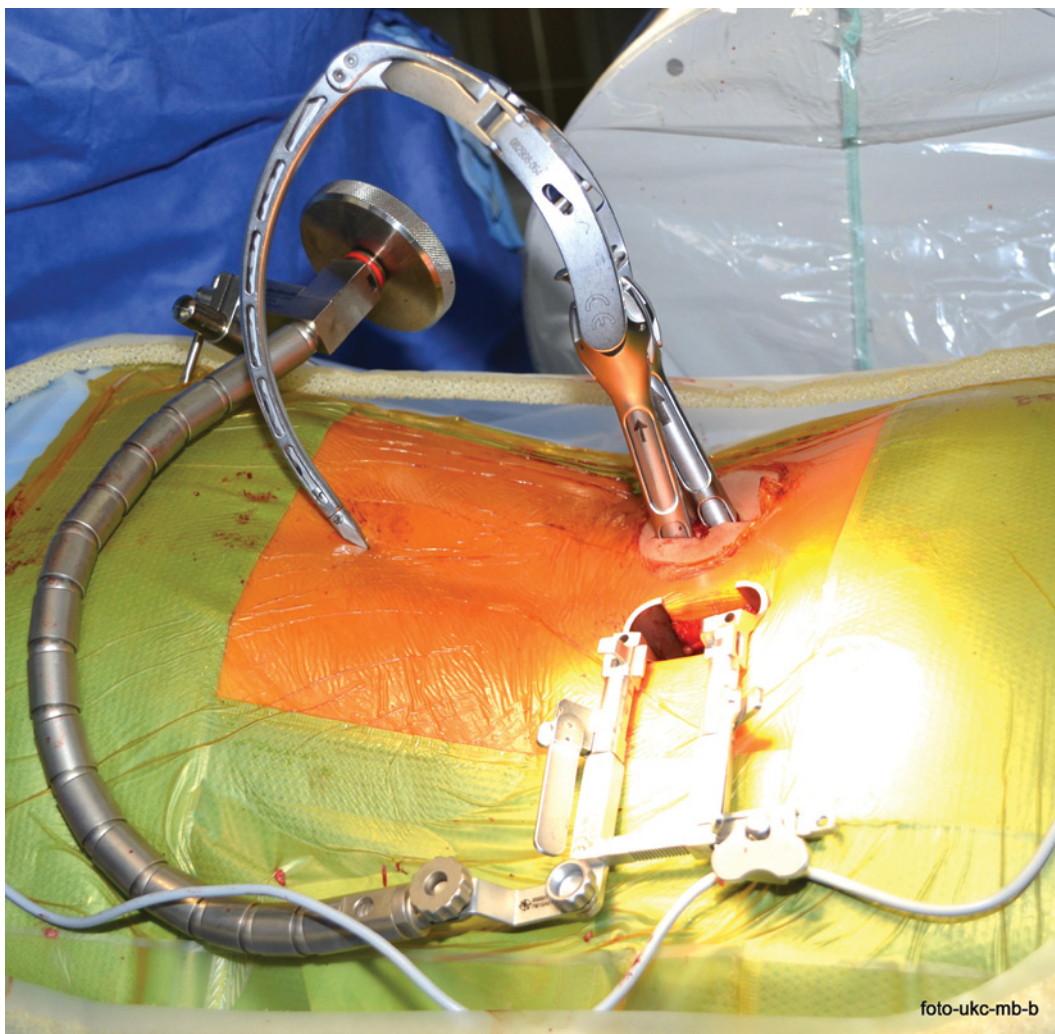


foto-ukc-mb-b

infarkta. Bolnica je bila zaradi nadaljnega zdravljenja premeščena na interni oddelek. Po dveh tednih smo zaradi sindroma kavde ekvine ob ekspanzivnem epiduralnem hematomu pri  $INR > 10$  opravili revizijski poseg na hrbtenici (Slika 2). Po kompleksni enoletni rehabilitaciji se je gospa le delno rehabilitirala.

V skupino z minimalno invazivnim posegom smo za analizo vključili 17 žensk in 13 moških s povprečno starostjo  $58,7 (\pm 10,8)$  let. Iz raziskave smo izključili eno osebo, pri kateri smo dan po posegu ugotovili novo nastalo parezo (3/5) ekstenzorja palca na nogi. Pri odprti revizijski operaciji smo našli s strani koščka kosti fasetnega sklepa, ki se je najverjetneje odlomil pri perkutanem uvažanju palice, utesnjeno korenino L<sub>5</sub> v zgornjem delu nevroforamna. Po revizijskem posegu je gospa hitro okrevala in pareza se je popravila.

Pri skupini z odprtim pristopom smo opazili statistično pomembno dvakrat višje pooperativne vrednosti in večji absolutni porast vrednosti kreatinkinaze prvi dan po operaciji v primerjavi s skupino z minimalno invazivnim pristopom (Tabela 2). Stopnja

bolečine v križu, ki so jo navajali, je bila pri skupini s klasičnim TLIF-om značilno večja tako prvi kot tretji dan po operaciji. Naši podatki kažejo, da je prišlo v skupini z odprtim načinom zatrditve do pomembno večje izgube krvi med in po operaciji kot v drugi skupini. Preiskovanci iz skupine z odprtim TLIF-om so bolnišnico zapuščali statistično značilno kasneje. Minimalno invazivna operacija je trajala v povprečju nekaj minut manj, kar pa se ni izkazalo za statistično pomembno (Slika 5).

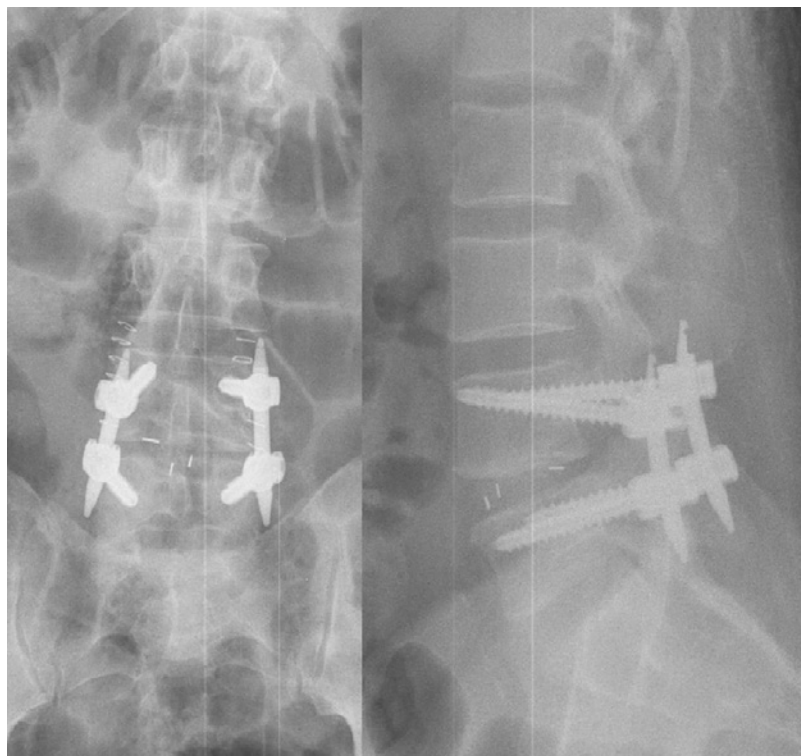
## Razpravljanje

Pri bolnikih z minimalno invazivnim načinom zatrditve ledvene hrbtenice smo v naši študiji opazili manjšo poškodbo mišičnega tkiva in manjšo izgubo krvi ob operaciji. Po operaciji so ti bolniki navajali manj bolečin in so bili iz bolnišnice odpuščeni prej kot bolniki, operirani s klasičnim pristopom.

S topim razmikanjem mišičnega tkiva s pomočjo dilatatorjev pri manj invazivni tehniki se mišična vlakna počasi ločijo in prilagodijo.<sup>8</sup> Retraktor je fiksiran na operativno

**Tabela 2:** Primerjava srednjih vrednosti kreatinkinaze (CK), pooperativne bolečine (VAS = vidna analogna skala), izgube krvi, časa operacije in dneva odpusta iz bolnišnice med skupino 32 bolnikov z odprtim TLIF in skupino 30 bolnikov z minimalno invazivnim TLIF, ter statistična značilnost razlike med njima določena z neparnim Studentovim T-testom.

Parameter	Odrpti TLIF	Mini-TLIF	Statistična značilnost P
CK predoperativno (ukat/L)	1,86 ( $\pm 0,33$ )	1,83 ( $\pm 0,34$ )	0,73
CK pooperativno (ukat/L)	30,72 ( $\pm 3,23$ )	14,49 ( $\pm 3,16$ )	< 0,001
Porast CK (ukat/L)	28,86 ( $\pm 3,25$ )	12,66 ( $\pm 3,18$ )	< 0,001
VAS_1 dan	8,69 ( $\pm 1,23$ )	7,30 ( $\pm 1,44$ )	< 0,001
VAS_3 dan	6,13 ( $\pm 1,21$ )	4,67 ( $\pm 1,63$ )	< 0,001
Intraoperativna izguba krvi (ml)	254,38 ( $\pm 70,34$ )	111,33 ( $\pm 42,24$ )	< 0,001
Pooperativna izguba krvi (ml)	272,50 ( $\pm 110,45$ )	76,67 ( $\pm 56,77$ )	< 0,001
Skupna izguba krvi (ml)	526,88 ( $\pm 168,09$ )	188,00 ( $\pm 69,65$ )	< 0,001
Trajanje operacije (min)	102,97 ( $\pm 18,04$ )	97,67 ( $\pm 25,01$ )	0,34
Dan odpusta	5,22 ( $\pm 0,98$ )	3,47 ( $\pm 0,78$ )	< 0,001



**Slika 5:** Rentgenski posnetek ledveno-križničnega dela hrbtenice po minimalno invazivni transforaminalni zatrditvi segmenta L4-L5.

mizo in ne v samo tkivo, zaradi česar je traksijska sila, ki jo ustvarja v svoji okolici, pomembno manjša. Sila, ki jo retraktor okrogle oblike ustvarja v mišici multifidus, se enakomerno razporedi in onemogoča točkovno povečanje znotraj mišičnega pritiska, do česar pride pri odprti tehniki, kar povzroči nekrozo in degeneracijo mišice multifidus.<sup>9</sup> Dodatno lahko z minimalno invazivno tehniko učinkovito zaščitimo medialno vejo dorzalnega ramusa, ki oživčuje mišico multifidus, medtem ko lahko pride pri luščenju mišic v sklopu klasičnega pristopa do poškodbe tega živca in denervacije mišice.<sup>10</sup>

Manjša izguba krvi pri minimalno invazivni zatrditvi ledvene hrbtenice je v eni izmed študij pomembno zmanjšala porabo krvnih pripravkov. Transfuzija ene enote koncentriranih eritrocitov je bila potrebna le pri vsakem osmem bolniku v minimalno invazivni skupini, medtem ko je prejel vsak bolnik, ki je bil operiran na klasičen način, v povprečju 1,5 enot koncentriranih eritrocitov.<sup>11</sup> Zmanjšana poraba homologne krvi pomeni hkrati finančni prihranek za oddelek kot tudi zmanjšano možnost postransfuzijskih zapletov za bolnika. V naši študiji je le pet bolnikov iz skupine z odprtim pri-

stopom prejelo transfuzijo homologne krvi, kar pripisujemo učinkovitemu sistemu nadomeščanja izgube z reinfuzijo avtologne krvi med in do 6 ur po operaciji. Pripravke homologne krvi sta nekoliko neobičajno med samo operacijo prejeli tudi dve bolnici iz skupine z manj invazivnim pristopom, pri katerih je prišlo med posegom do precejšnje krvavitve iz epiduralnih ven. Ustvarjanje hemostaze v globini je pri zmanjšanem delovnem oknu oteženo, delno tudi zaradi pomanjkanja izkušenj na začetku sicer strme krivulje učenja.

Krajši rez kože, manjša poškodba tkiva in zmanjšana retrakcija mišice multifidus naj bi znatno prispevali k manjšim bolečinam po manj invazivni zatrditvi.<sup>6</sup> Adogwa in sod. so ugotovili, da jemlje močne analgetike po operaciji dvakrat več bolnikov, ki so bili operirani na odprti način, od tistih, ki so bili zdravljeni minimalno invazivno.<sup>12</sup> Slednji so v povprečju prenehali z jemanjem narkotikov po dveh tednih (najdlje po dveh mesecih), medtem ko so operirani s klasično metodo uživali narkotike še štiri tedne po operaciji (najdlje štiri mesece). Kljub primerljivemu strošku same operacije tako ocenjujejo, da gre v povprečju za 20 % cenejši način zdravljenja (več kot 8000 dolarjev prihranka v dveh letih), največ zaradi zmanjšane porabe analgetikov po operaciji in krajše odsotnosti z dela.<sup>13</sup>

Ocena prihranka zaradi krajše ležalne dobe je pri naših bolnikih zaradi pavšalnega plačevanja operacije (ne glede na izbrano tehniko) od ZZS otežena. Temelji na okvirni vrednosti bolnišničnega oskrbnega dne, ki znaša za našo bolnišnico 150 evrov (M. Majhenič, Plansko-analitska služba, 18. 11. 2014). Le-ta ne zajema morebitnih dodatnih diagnostičnih preiskav ali terapevtskih ukrepov. Če upoštevamo še, da je bil material porabljen pri klasični zatrditvi zanemarljivo dražji za 20 evrov, bi lahko individualni prihranek v zgodnjem obdobju po operaciji ocenili na 250 evrov, kar zneso za celotno populacijo z minimalno invazivnim pristopom okoli 7500 evrov.

Kratka opazovalna doba je glavna slabost opravljene raziskave, saj ne zajema funkcionalnih in radioloških kazalcev, pomembnih za dolgoročno spremljanje naših preisko-

vancev, operiranih po eni ali drugi metodi. Študije, ki so tovrstne kazalce vključile v analizo, so pokazale, da zgodnje prednosti minimalno invazivne metode po operaciji s časom izzvenijo. Tako po letu dni ni več opazne razlike med skupinama, kar se tiče bolečin v križu, ocenjenih z VAS, ali funkcionalnih omejitev pri opravljanju vsakodnevni dejavnosti, ocenjenih s vprašalnikom nezmožnosti po Oswestryu.<sup>8</sup> Stopnja radiološkega preraščanja je bila v obeh skupinah primerljivo visoka, z enim primerom psevdootroze v vsaki skupini.<sup>11</sup> Teh parametrov v naši raziskavi (še) nismo zajeli, kar je pomembna pomanjkljivost študije.

Kljub primerljivi srednjeročni uspešnosti obeh metod novejša študija kaže na potencialne prednosti minimalno invazivne tehnike ponovno v kasnejšem obdobju. Bolezen sosednjega segmenta se po vmesnem obdobju izboljšanja pokaže nekaj let po zatrditvi ledvene hrbtenice.<sup>14</sup> Najpogosteje zajema degenerativno okvaro fasetnih sklepov na zgornjem nivoju s ponovno bolečino v križu ali nogi in zahteva podaljšanje zatrditve. Parker in sod. so ugotovili statistično

pomembno nižje število revizijskih posegov zaradi bolezni sosednjega segmenta pet let po minimalno invazivni zatrditvi (9,3 %) kot po klasični operaciji (22,7 %). Argumenti, ki so bili tako predstavljeni, omogočajo novo dožemanje dolgoročnih prednosti minimalno invazivne transforaminalne ledvene fuzije in bodo nedvomno predmet prihodnjih raziskav.<sup>15</sup>

## Zaključki

Naši rezultati potrjujejo ugotovitve prejšnjih študij, da je minimalno invazivna transforaminalna zatrditev ledvene hrbtenice uspešna alternativa klasičnemu odprtemu pristopu. Z njo dosežemo manjšo poškodbo paravertebralnih mišic, manjšo izgubo krvi, manj bolečin po operaciji in hitrejšo rehabilitacijo. V mesecih po operaciji prednosti minimalno invazivne metode zbledijo, vendar se ponujajo novi dobrodejni dolgoročni učinki. Zmanjšanje bolezni sosednjega segmenta, ki je eden najpogostejših poznih zapletov zdravljenja, bo gotovo deležno podrobnega zanimanja raziskovalcev v prihodnje.

## Literatura

- Harms J, Rolinger H (1982). A one-stage procedure in operative treatment of spondylolisthesis: dorsal traction-reposition and anterior fusion. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 120: 343–7.
- Harms J, Rolinger H (1982). A one-stage procedure in operative treatment of spondylolisthesis: dorsal traction-reposition and anterior fusion. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 120: 343–7.
- ShunWu F, ZhiJun H, FengDong Z, et al (2010). Multifidus muscle changes and clinical effects of one-level posterior lumbar interbody fusion: minimally invasive procedure versus conventional open approach. *Eur Spine J* 19: 316–24.
- Kim CW (2010). Scientific basis of minimally invasive spine surgery: prevention of multifidus muscle injury during posterior lumbar surgery. *Spine* 35: S281–6.
- Foley KT, Lefkowitz MA (2002). Advances in minimally invasive spine surgery. *Clin Neurosurg* 49: 499–517.
- Karikari IO, Isaacs RE (2010). Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. A review of techniques and outcomes. *Spine* 35: S294–301
- Recnik G, Košak R, Vengust R (2013). Influencing segmental balance in isthmic spondylolisthesis using transforaminal lumbar interbody fusion. *J Spinal Disord Tech* 26(5): 246–51.
- Wang HL, Lu FZ, Jiang JY, et al (2011). Minimally invasive lumbar interbody fusion via MAST Quadrant retractor versus open surgery: a prospective randomized clinical trial. *Chin Med J* 124(23): 3868–74.
- Stevens KJ, Spenciner DB, Griffiths KL, et al (2006). Comparison of minimally invasive and conventional open posterolateral lumbar fusion using magnetic resonance imaging and retraction pressure studies. *J Spinal Disord Tech* 19: 77–86.
- Sihvonen T, Herno A, Paljarvi L, et al (1993). Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome. *Spine* 18(5): 575–81.
- Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, et al (2010). Comparison of one-level minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative and isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2. *Eur Spine J* 19: 1780–4.
- Adogwa O, Parker SL, Bydon A, et al (2011). Comparative effectiveness of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion. *J Spinal Disord Tech* 24(8): 479–84.
- Parker SL, Adogwa O, Bydon A, et al (2012). Cost-effectiveness of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis associated low-back and leg pain over two years. *World Neurosurg* 78(1–2): 178–84.

14. Lee CS, Hwang CJ, Lee SW, et al (2009). Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur Spine J* 18 (11): 1637–43.
15. Parker SL, Adamson TE, McGirtMJ, et al (2014). Rate of symptomatic adjacent segment disease after minimally invasive vs open transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurosurg* 61 Suppl 1: 210. doi: 10.1227/01.neu.0000452427.06799.88.