

## Menej invazívna transpedikulárna stabilizácia zlomenín chrbtice

Božík M.

Oddelenie úrazovej chirurgie – traumatologie, FNŠP F.D.Roosevelta Banská bystrica

### Súhrn

Cieľom práce bolo zhodnotenie techniky menej invazívnej transpedikulárnej stabilizácie (MITS) z hľadiska invazivity, bezpečnosti a reпозиčných možností. Technikou MITS bolo ošetrovaných v prospektívnej štúdii 10 pacientov v rokoch 2009 – 2012. Po zhodnotení sledovaných parametrov možno povedať, že technika MITS je bezpečná, rozsahom poškodenia paravertebrálneho svalstva sa blíži k technike perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie, reпозиčnými možnosťami a rtg expozíciou konvenčným technikám.

**Kľúčové slová:** spinálna trauma, spondylochirurgia, menej invazívna transpedikulárna stabilizácia, zlomeniny torakolumbálnych stavcov

### Úvod

V priebehu posledných dekád je v rámci väčšiny chirurgických disciplín evidentný trend k menšej invazivite operačných výkonov. Pre pacienta tento trend spravidla znamená menšie straty krvi, menej bolesti a rýchlejšiu rekonvalescenciu. Pre chirurga však môže znamenať aj nové komplikácie, vyššie riziko omylu, dlhšie trvanie operačného výkonu a v neposlednom rade i nákladnejšie materiálne vybavenie.

V spondylochirurgii je počas posledných 10 rokov zjavný jednoznačný posun k menej invazívnym technikám. Miniinvazívna transpedikulárna stabilizácia je súčasťou tohto trendu. Navrhnuté boli viaceré sofistikované systémy miniinvazívneho zavedenia pedikulárnych skrutiek. Aj keď primárne boli určené pre riešenie degeneratívnych ochorení chrbtice, v niekoľkých prácach sa objavilo použitie týchto systémov pri riešení úrazov chrbtice. Do roku 2012 však nebol k dispozícii žiadny stabilizačný systém s možnosťou menej invazívneho zavedenia, ktorý by bol primárne určený na transpedikulárnu stabilizáciu zlomenín hrudnej a doriekovej chrbtice.

Od roku 2009 sme vyvíjali techniku, ako menej invazívnym spôsobom využiť už osvedčené a na ošetrovanie úrazov chrbtice špecializované transpedikulárne stabilizačné systémy. Táto snaha vyústila do návrhu modifikácie interného fixátora, ktorá umožňuje jeho menej

invazívne zavedenie. Cieľom práce je vyhodnotenie bezpečnosti a repozičných možností techniky menej invazívnej transpedikulárnej stabilizácie.

### **Minimálne invazívna transpedikulárna stabilizácia**

Posun k minimálne invazívnym technikám je založený na koncepte, že operačný prístup z malých incízií spôsobí menšie jatrogénne poškodenie mäkkých tkanív, menšiu morbiditu súvisiacu s operačným prístupom, a následne umožní rýchlejšiu rekonvalescenciu.

Tradičné spondylochirurgické operačné prístupy sú založené na extenzívnej disekcii mäkkých tkanív. Skeletizácia a retrakcia chrbtového svalstva počas operačných výkonov vedie k jeho poškodeniu (Weber a spol., 1997).

Viacero autorov dokumentovalo nepriaznivý efekt extenzívnej disekcie a retrakcie paravertebrálneho svalstva počas operačných výkonov na lumbálnej chrbtici. *Kawaguchi et al.* (1994, 1996) analyzovali vplyv tlaku retraktora na paraspinálne svalstvo počas operačných výkonov na lumbálnej chrbtici. Prišli k záveru, že elevácia sérových hladín MM izoenzymu kreatínkinázy ako markera poškodenia svalstva, je priamo úmerná veľkosti tlaku retraktora a času trvania jeho aplikácie (Arts a spol., 2007). *Gejo et al.* (1999) analyzovali pooperačné MRI a svalovú silu chrbtového svalstva u 80 pacientov, ktorí podstúpili operačný výkon. Záverom bolo, že stupeň poškodenia chrbtového svalstva je priamo úmerný dĺžke trvania retrakcie. Navyše incidencia pooperačnej bolesti bola vyššia u pacientov s dlhším časom retrakcie. *Styf a Willen* (1998) zistili, že aplikácia svalového retraktora zvyšuje intramuskulárny tlak až nad úroveň ischémie svalstva. Dochádza tak k ischemickej nekróze svalstva s trvalými funkčnými dôsledkami. *Mayer et al.* (1989) hodnotili svalovú silu chrbtového svalstva u pacientov po intervertebrálnej fúzii (dlhšie trvajúci výkon) a zistili, že majú signifikantne nižšiu svalovú silu ako pacienti po diskektómii (kratšie trvajúci výkon). *Rantanen et al.* (1993) prišli k záveru, že u pacientov so zlými výsledkami po operácii driekovej chrbtice je pravdepodobnejší výskyt patologických zmien paraspinálneho svalstva. Poškodenie paraspinálneho svalstva bolo dokumentované aj prostredníctvom EMG štúdií.

Ďalším benefitom menej invazívnych prístupov je menšia peroperačná strata krvi. *Foley a Gupta* (2002) v skupine miniinvazívnych výkonov mali signifikantne nižšiu stratu krvi v porovnaní s otvorenými výkonmi. Vzhľadom na menej traumatizujúci operačný prístup a menšie poškodenie mäkkých tkanív možno predpokladať aj menšiu pooperačnú bolesť, menšiu spotrebu analgetík, skoršiu vertikalizáciu a rekonvalescenciu pacientov.

Perkutánne zavedenie transpedikulárnych skrutiek oproti konvenčnej technike je spojené s nižšou spotrebou analgetík. *Kantelhardt et al.* (2011) udávali v skupine perkutánných výkonov signifikantne nižšiu spotrebu opioidných analgetík v porovnaní s otvorenou technikou.

Koncept perkutánneho zavedenia pedikulárných skrutiek nie je nový. Už v r. 1984 bol popísaný *Magerlom*, ktorý použil externý fixátor s perkutánne zavedenými pedikulárnymi skrutkami za účelom repozície spondylolistézy a diagnostiky degenerácie intervertebrálneho disku.

Ďalším krokom vo vývoji minimálne invazívnej transpedikulárnej stabilizácie bol návrh špecializovaných typov fixátorov umožňujúcich perkutánne zavedenie. V r. 2001 *Foley et al.* (2001) vo svojej práci referovali o použití interného fixátora *Sextant (Medtronic)* zavedeného perkutánou technikou pri riešení diskogénnych ochorení chrbtice.

V súčasnosti v rámci publikovanej literatúry týkajúcej sa minimálne invazívnej transpedikulárnej stabilizácie zlomenín chrbtice možno identifikovať dva smery. Prvým dominantným smerom je *perkutánna transpedikulárna stabilizácia*. Pri tejto technike sa na stabilizáciu zlomenín využívajú špecializované systémy s cieľiacim inštrumentáriom, ktoré umožňuje pod rtg kontrolou ich zavedenie bez priamej vizualizácie *entry pointov*. Druhým minoritným smerom je *menej invazívna transpedikulárna stabilizácia*. Pri tejto technike sa na stabilizáciu zlomenín chrbtice využívajú konvenčné typy fixátorov. Tie sa zavádzajú z krátkych incízií cez pracovné kanály, ktoré sú lokalizované nad pediklami inštrumentovaných stavcov. Pedikulárne skrutky sa zavádzajú cez pracovné kanály s priamou vizualizáciou *entry pointov* a rtg asistenciou.

## **Perkutánna transpedikulárna stabilizácia**

V priebehu poslednej dekády došlo k podstatnému zlepšeniu technológie perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie. Koncept perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie bol iniciálne navrhnutý pre degeneratívne ochorenia chrbtice. Umožnil bezpečné zavedenie pedikulárných skrutiek z bodových incízií (*Foley a spol., 2001*). Za týmto účelom bolo vyvinutých viacero špecializovaných systémov. Spoločným prvkom týchto systémov je:

- pedikulárne skrutky sú kanylované, čo umožňuje ich zavedenie po vodiacich drôtoch, tie sú pod rtg kontrolou zavedené do pediklov a tiel stavcov,
- zavádzajú sa perkutánou technikou cez *mucle split* prístupy,
- pedikulárne skrutky sú polyaxiálne a *top loading*, čo zjednodušuje kompletizáciu konštrukcie fixátora,
- systém zavedenia tyčí interného fixátora prostredníctvom tzv. extenderov pedikulárných skrutiek a cieľiaceho zariadenia.

Napriek tomu, že tieto systémy boli primárne určené pre ošetrovanie degeneratívnych ochorení, viacerí autori ich začali používať aj pri transpedikulárnej stabilizácii zlomenín Th/L chrbtice.

*Vanek et al.* (2013) publikovali prospektívnu štúdiu porovnávajúcu techniku perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie systémom *Sextant (Medtronic)* s konvenčnou technikou. V skupine perkutánnej stabilizácie bol priemerný operačný čas 53 min, priemerná strata krvi 56 ml. V konvenčnej skupine bol operačný čas 60 min, straty krvi 331 ml. V parametroch repozície a straty korekcie nebol medzi skupinami rozdiel. Techniku perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie považovali za alternatívu operačnej liečby zlomenín Th/L chrbtice ktorou je možné dosiahnuť kratší operačný čas, nižšie straty krvi a nižšiu úroveň pooperačnej bolesti pri porovnateľných rádiologických výsledkoch..

*Prokop et al.* (2009) publikovali štúdiu porovnávajúcu perkutánnu a konvenčnú techniku transpedikulárnej stabilizácie zlomenín chrbtice. V perkutánnej skupine bolo 36 pacientov, používali fixátor *Sextant (Medtronic)*, mali priemerný operačný čas 42 min, priemerný čas rtg expozície 3,3 min, priemernú stratu krvi 10-20 ml, priemerná doba hospitalizácie bola 11 dní. Malpozíciu skrutiek zaznamenali v 2 % bez nutnosti ich revízie. V konvenčnej skupine bolo 40 pacientov, priemerný čas operácie bol 91 min, priemerná strata krvi 720 ml, rtg čas 3,3 min priemerná doba hospitalizácie bola 15 dní. Perkutánnu techniku považovali za bezpečnú a zdôrazňovali výrazné skrátenie operačného času. Parametrami repozície zlomeniny sa nezaoberali. Stratu korekcie o viac ako 5° popisovali u 3 pacientov s perkutánnej skupine a len u 1 pacienta v konvenčnej skupine.

Na problémy perkutánných stabilizačných systémov založených na polyaxiálnych skrutkách s repozíciou úrazovej kyfotickej deformity upozornili *Weiß et al.* (2013). Konštatovali, že repozičné možnosti polyaxiálnych pedikulárnych skrutiek a na nich založených stabilizačných systémov sú pre repozíciu úrazovej kyfotickej deformity nedostatočné. Odporúčali použitie monoaxiálnych pedikulárnych skrutiek a špecializovaného repozičného inštrumentária. Týmto spôsobom dosiahli vo svojom súbore 70 pacientov s trieštivou zlomeninou Th/L chrbtice signifikantnú korekciu poúrazovej kyfózy.

*Palmisani et al.* (2009) vo svojej štúdii hodnotili perkutánnu transpedikulárnu stabilizáciu zlomenín Th/L chrbtice u 51 pacientov. Zlomeniny chrbtice stabilizovali viacerými typmi transpedikulárnych systémov. Pri hodnotení si všimli, že strata korekcie u systémov s polyaxiálnymi pedikulárnymi skrutkami bola väčšia ako u systémov s monoaxiálnymi skrutkami. Vysvetľovali to menšou pevnosťou spojenia hlavy s driekom polyaxiálnej skrutky. Pri perkutánnej transpedikulárnej stabilizácii zlomenín odporúčali použitie skôr monoaxiálnych skrutiek.



*Fogel et al.* (2003) v biomechanickej štúdii porovnávajúcej viacero typov polyaxiálnych skrutiek zistili, že miestom zlyhania polyaxiálnej skrutky pri záťaži je uniformne spojenie polyaxiálnej hlavy s driekom skrutky. Toto spojenie má tendenciu zlyhať s následnou stratou korekcie. V prípade zlomenín chrčtice to znamená sekundárnu kyfotizáciu.

Pedikulárne skrutky pri technike perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie sa zavádzajú bez priamej vizuálnej kontroly len prostredníctvom rtg kontroly. Vo všeobecnosti to znamená vyššiu rtg expozíciu personálu i pacientov. *Court et al.* (2012) v prehľadovom článku zaoberajúcom sa súčasnou koncepciou perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie uvádzajú signifikantne vyššiu rtg expozíciu v porovnaní s konvenčnou technikou. Zdôrazňujú potrebu opatrení redukujúcich celkovú rtg expozíciu zdravotníckeho personálu ako je použitie dlhších inštrumentov a navigačných techník.

Perkutánnu transpedikulárnu stabilizáciu zlomenín Th/L chrčtice má v porovnaní s konvenčnou technikou niekoľko podstatných výhod. Výrazne nižšia je morbidita operačného prístupu súvisiaca s menším poškodením paravertebrálneho svalstva, nižšími stratami krvi, menšou úrovňou pooperačnej bolesti a rýchlejšou rekonvalescenciou. Čas operačného výkonu je spravidla kratší, presnosť rtg asistovaného zavedenia pedikulárnych skrutiek vyššia, uvádza sa aj nižšie riziko infekcie. Táto technika má však aj niekoľko limitácií. Nie je ňou možné realizovať zadnú dekompresiu cestou laminektómie. Rovnako nie je možnosť realizovať niektorú z foriem zadnej fúzie. Jednoznačne vyššia je rtg expozícia zdravotníckeho personálu. Otázne je použitie polyaxiálnych skrutiek napriek tomu, že niektorí autori udávajú porovnateľné možnosti repozície a stability ako u konvenčných techník. Problémom je ich nižšia pevnosť a z toho vyplývajúca nižšia stabilita konštrukcie fixátora. Rovnako repozičné možnosti polyaxiálnych skrutiek sú v porovnaní s monoaxiálnymi pravdepodobne nižšie.

### **Menej invazívna transpedikulárna stabilizácia (MITS)**

MITS je menej rozšíreným spôsobom redukcie morbidity operačného prístupu konvenčnej techniky. Pri tejto technike sa nepoužívajú špecializované perkutánne transpedikulárne systémy, ale konvenčné fixátory používané pri konvenčnej technike transpedikulárnej stabilizácie. Konvenčný typ fixátora sa zavádza cez krátke incízie lokalizované nad pediklami inštrumentovaných stavcov. Výhodou tohto prístupu je použitie dlhodobo overených fixátorov určených na stabilizáciu zlomenín chrčtice. V dostupnej literatúre boli zatiaľ publikované 3 práce popisujúce túto techniku.

*Ringel et al.* (2006) v retrospektívnej štúdii hodnotili 115 interných fixátorov u 104 pacientov zavedených menej invazívnou technikou, celkovo bolo zavedených 488

pedikulárnych skrutiek. Priemerný operačný čas bol 93 min, priemerná strata krvi 100 ml, nebola potrebná žiadna konverzia menej invazívnej techniky na konvenčnú, 87 % pedikulárnych skrutiek bolo hodnotených ako zavedených dobre, u 11 pacientov bola potrebná revízia. Túto techniku považovali za bezpečnú, s podobnou frekvenciou komplikácií ako konvenčná technika, a vhodnú na ošetrenie zlomenín Th/L chrbtice.

Priame porovnanie MITS a konvenčnej techniky zavedenia transpedikulárnych skrutiek pri ošetrení zlomenín Th/L prechodu publikovali vo svojej prospektívnej štúdii *Grass et al.* (2006). Obe techniky vychádzali porovnateľne, čo sa týka času rtg expozície a presnosti zavedenia skrutiek do pediklov. Signifikantné rozdiely boli pri porovnaní krvných strát. Perkutánnu skupinu v priemere 43 ml, otvorená 870 ml. Prostredníctvom EMG hodnotili stupeň poškodenia paraspinalného svalstva, keď až v 80 % EMG v otvorenej skupine našli známky poškodenia. V menej invazívnej skupine podobné zmeny nenašli.

*Wild et al.* (2007) vo svojej retrospektívnej štúdii porovnávali techniku menej invazívnej stabilizácie s konvenčnou technikou. V oboch prípadoch bol použitý fixátor *USS Fracture*, ktorý je špecializovaným typom fixátora určeným primárne na ošetrenie zlomenín chrbtice. V skupine menej invazívnej stabilizácia boli výrazne nižšie krvné straty. Čas rtg expozície, čas operácie a straty korekcie boli porovnateľné v oboch skupinách. V závere konštatujú že pri menej invazívnej technike sú signifikantne nižšie krvné straty a môže byť bez výraznejších obtiaží realizovaná u všetkých zlomenín chrbtice typu A bez neurologickej symptomatológie.

Od roku 2012 je k dispozícii menej invazívna verzia interného fixátora chrbtice určeného na transpedikulárnu stabilizáciu zlomenín Th/L chrbtice – *USS MIS (Synthes)*. Tento fixátor je konštrukčne identický so špecializovaným „trauma“ fixátorom *USS Fracture*, čo zabezpečuje jeho pevnosť a stabilitu. Konštrukcia fixátora umožňuje perkutánne zavedenie pedikulárnych Schantzových skrutiek po vodiacich drôtoch. Rovnako umožňuje realizáciu potrebných repozičných manévrov. Keďže fixátor je určený na krátku bisegmentálnu stabilizáciu zlomenín zlomenín chrbtice, veľkosť jeho konštrukčných prvkov je väčšia v porovnaní s inými perkutánnymi stabilizačnými systémami. Preto na zavedenie fixátora sú potrebné väčšie incízie, a napriek perkutánnej technike zavedenia pedikulárnych skrutiek sa u tohto fixátora hovorí skôr o menej invazívnej transpedikulárnej stabilizácii. Vzhľadom na krátky čas od jeho uvedenia na trh ešte nie sú k dispozícii štúdie hodnotiace výsledky liečby zlomenín Th/L chrbtice týmto typom fixátora.

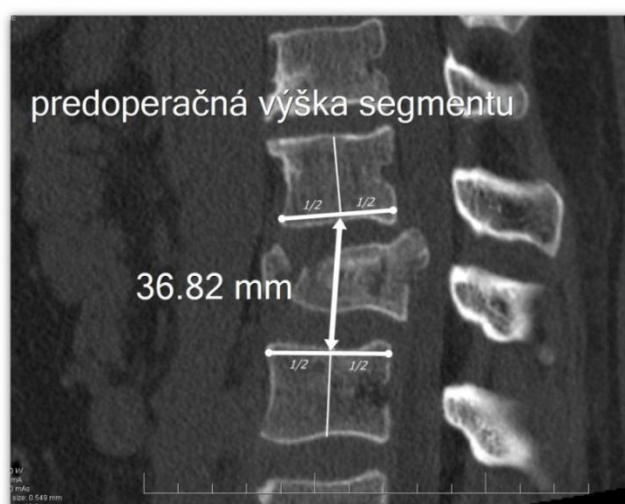
## **Materiál a metóda**

**Súbor pacientov** Prospektívna štúdia súboru 10 pacientov so zlomeninou typu A podľa *AO klasifikácie* v oblasti Th/L prechodu, u ktorých bola indikovaná operačná liečba. Zlomenina chrbtice bola stabilizovaná technikou menej invazívnej transpedikulárnej stabilizácie (*MITS*).

Inklúzne kritériá :

- Vek 15 - 65 rokov,
- zlomenina chrbtice v oblasti Th11-L3 typu A podľa *AO klasifikácie*, u ktorej bola na základe morfológických kritérií indikovaná operačná stabilizácia :
  - úrazová kyfotická deformita viac ako 15°,
  - kompresia tela stavca o viac ako 25 %,
- bez neurologického deficitu,
- bez inej spinálnej patológie,
- monotrauma chrbtice so zlomeninou 1 stavca,
- časový interval *úraz – operácia* kratší ako 10 dní.

U pacientov zaradených do štúdie boli zaznamenané údaje: vek, pohlavie, úroveň poranenia, typ a podtyp zlomeniny podľa *AO klasifikácie*, dĺžka intervalu *úraz – operácia*, dĺžka trvania operačného výkonu, peroperačná strata krvi, rtg expozícia. U všetkých pacientov bolo realizované predoperačné a pooperačné CT vyšetrenie. Súčasťou predoperačného CT boli sagitálne rekonštrukcie, ktoré slúžili na analýzu úrazovej deformity. *Zmena výšky segmentu* - rozdiel medzi predoperačnou a pooperačnou výškou segmentu. Hodnotila sa zmena výšky segmentu po repozícii a stabilizácii zlomeniny (Obr.1,2).

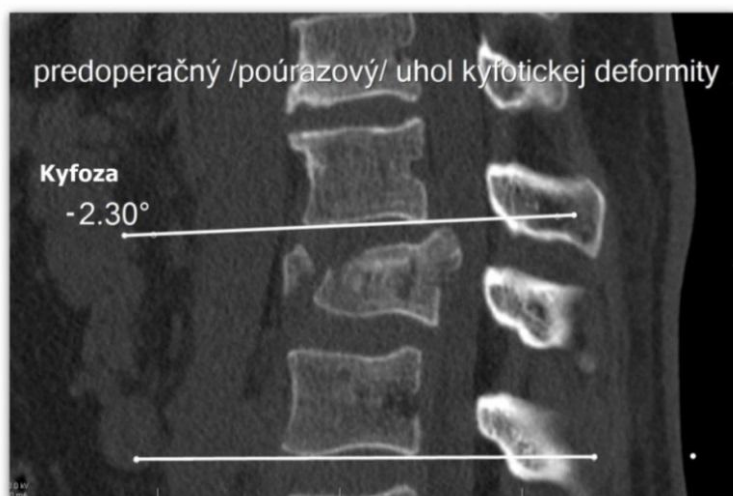


**Obr.1:** Predoperačná výška segmentu.



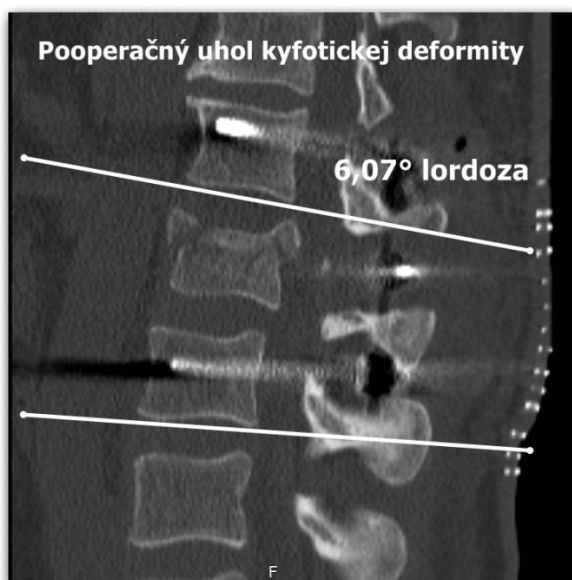
**Obr.2:** Pooperačná výška segmentu.

*Zmena Cobbovho uhla* - rozdiel medzi predoperačným a pooperačným Cobbovým uhlom. Vyjadruje o koľko sa podarilo korigovať kyfotickú deformitu (Obr.3,4).



**Obr.3:** Predoperačný Cobbov uhol.





**Obr.4:** Pooperačný Cobbov uhol.

Hodnotenie polohy pedikulárnych skrutiek sa realizovalo na základe pooperačného CT podľa klasifikácie polohy pedikulárnych skrutiek navrhutej *Fisherom et al.* (2006). Ak pedikulárna skrutka presahovala hranice pedikla zaznamenal sa smer presahovania (mediálne, laterálne, vpredu) a kvantifikoval sa stupeň presahovania.

### Operačný postup

1. Prvým krokom bolo zakreslenie projekcií inštrumentovaných pediklov na kožný kryt v predozadnej projekcii a vyznačenie plánovaných incízií kožným markerom. Presná poloha incízií nad pediklami inštrumentovaných stavcov je dôležitá pre :
  - šetrnosť operačného výkonu, pokiaľ pracovný kanál leží priamo nad pediklami nutnosť manipulácie a retrakcie chrbtového svalstva je obmedzená na najnižšiu potrebnú mieru,
  - zabezpečuje kratšiu dĺžku kožných rezov a menší rozsah transmuskulárneho kanála,
  - pokiaľ pracovný kanál leží priamo nad pediklom, zvyšuje sa komfort sondovania pediklov a zavádzania pedikulárnych skrutiek,
  - dostatočná je spravidla 3-4 cm dĺžka vertikálnych kožných incízií.
2. Vytvorenie 4 pracovných kanálov pre zavedenie pedikulárnych skrutiek a konštrukcie interného fixátora (Obr.5).
  - Disekcia elektrokauterom vo vertikálnom smere cez podkožie a fasciu v dĺžke kožnej incízie.

- Chrbtové svalstvo sa vertikálne rozdeľuje v smere priebehu svalových vlákien až po kostnú spodinu. Založením dvoch hákov a retrakciou svalstva sa vytvorí pracovný kanál.
  - Uvoľnenie svalových a ligamentových úponov z oblastí miest vstupu (*entry pointov*) pre lepšiu orientáciu a identifikáciu anatomických orientačných bodov.
3. Zavedenie pedikulárnych skrutiek štandardnou technikou sondáže pediklov.
- *Entry point* je priamo vizualizovaný a identifikovaný na základe anatomických orientačných bodov. Odpadá preto rtg expozícia spojená s perkutánnou technikou zavedenia pedikulárnych skrutiek, kde sa *entry point* identifikuje v AP projekcii za pomoci rtg zosilňovača.
  - V prípade pochybností o presnosti lokalizácie *entry pointu* je možné do vytvoreného kortikálneho okna zaviesť kovový marker a polohu skontrolovať rtg zosilňovačom v AP projekcii. V prípade že jeho poloha nie je optimálna je stále možná korekcia.
  - 
  - Sondovanie pediklov prebieha štandardne pedikulárnou sondou s priebežnou rtg kontrolou v laterálnej rtg projekcii.
  - Do nasondovaných pediklov sa pod vizuálnou kontrolou a kontrolou rtg zosilňovača v laterálnej projekcii zavedú pedikulárne skrutky.
  - Vzhľadom na malý rozsah priamo vizualizovaných kostných štruktúr je rizikom strata orientácie. Dôležitá je preto znalosť kostnej anatómie a jej korelácia s predoperačným CT nálezom. Rovnako je dôležité v prípade akejkolvek neistoty označiť *entry point* kovovým markerom a skontrolovať jeho polohu v AP projekcii rtg zosilňovačom.
  - Táto technika je ťažšie realizovateľná v oblastiach s mohutným chrbtovým svalstvom, kde je vzdialenosť stavcov od kožného krytu väčšia. Rovnako väčší je aj objem svalstva, ktorý je potrebné retrahovať. Za dolnú hranicu vhodnú pre „pohodlnú“ realizáciu tejto techniky považujeme úroveň L3.

#### 4. Konfigurácia fixátora

Najvhodnejšou konfiguráciou bola kombinácia prvkov fixátorov *USS Fracture* a *USS II*. Kraniálny koniec modifikovaného fixátora tvorili prvky z *USS Fracture*: Schantzove pedikulárne skrutky, kraniálne svorky, 6,0 mm tyče a s nimi súvisiace inštrumenty. Kaudálny koniec bol tvorený prvkami z *USS II*: pedikulárne skrutky s extendermi, golierom, maticou a súvisiacimi inštrumentami. Zabezpečila sa tak možnosť pomerne

jednoduchého zavedenia cez pracovné kanály, pri zachovaní adekvátnych repozičných možností. Obnovenie sagitálneho profilu zabezpečovala kraniálna svorka *USS fracture*. Segmentálna distrakcia sa realizovala prostredníctvom kaudálnych skrutiek *USS II* (Obr.6,7).



**Obr.5:** Vľavo technika sondovania pediklov cez pracovné kanály, vpravo už zavedené pedikulárne skrutky.

### Výsledky

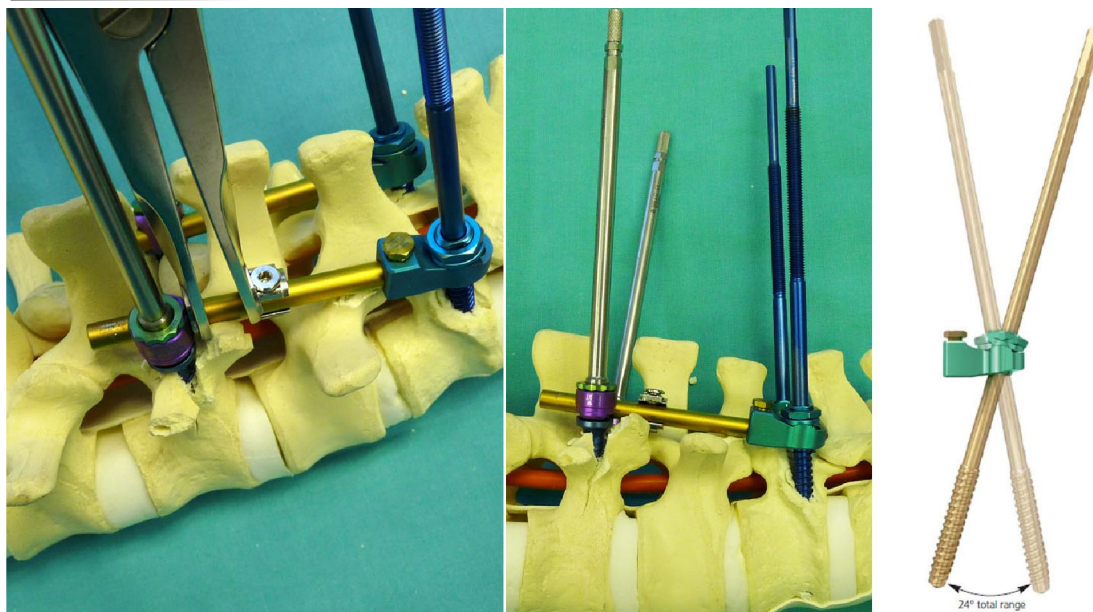
Do prospektívnej štúdie bolo zaradených celkovo 10 pacientov so zlomeninou chrbtice typu A v oblasti Th/L prechodu. Priemerný vek pacientov bol  $39,7 \pm 13,0$  roka, 8 bolo mužov, 2 ženy. Priemerný vek pacientov bol  $38,6 \pm 12,6$  roka. Priemerná dĺžka operácie bola  $71,8 \pm 14,7$  minút.

Priemerný čas rtg expozície bol  $59,2 \pm 28,0$  sekúnd. Priemerná peroperačná strata krvi bola  $91,0 \pm 49,5$  mililitrov.

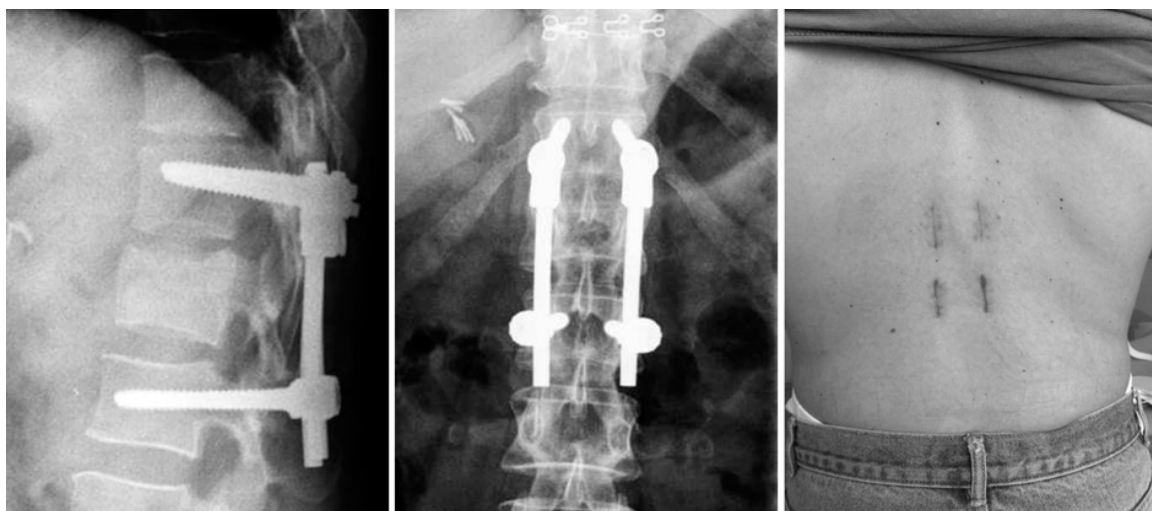
Celkovo bolo zavedených 40 pedikulárnych skrutiek, úplne intrapedikulárne bolo zavedených 36 zo 40 pedikulárnych skrutiek (90,0 %). V priemere to predstavovalo  $3,6 \pm 0,7$  ideálne zavedených skrutiek. Žiadna z pedikulárnych skrutiek nevyžadovala revíziu pre neakceptovateľnú polohu skrutky. Žiadna zo skrutiek nespôsobila jatrogénnu neurologickú léziu.

Priemerná priemerná predoperačná výška segmentu bola  $76,4 \pm 6,9$  % predpokladanej výšky segmentu. Priemerná pooperačná výška segmentu bola  $94,8 \pm 3,4$  % predpokladanej výšky segmentu. Parameter *zmena výšky segmentu* hodnotí rozdiel medzi predoperačnou a pooperačnou výškou segmentu. Priemerná hodnota parametra *zmena výšky segmentu* bola  $8,1 \pm 2,8$  milimetrov.





**Obr.6:** Vľavo princíp realizácie segmentálnej distrakcie prostredníctvom dolnej USS II skrutky, vpravo princíp obnovenia sagitálneho profilu prostredníctvom hornej pedikulárnej skrutky a kraniálnej svorky .



**Obr.7:** Rtg snímok a CT sagitálna rekonštrukcia konečnej konfigurácie fixátora . Zmena uhla je v stupňoch vyjadrený rozdiel medzi predoperačným a pooperačným *Cobbovým uhlom*. Priemerná hodnota bola  $12,5^{\circ} \pm 5,3^{\circ}$ .

V priebehu operačnej stabilizácie ani v pooperačnom období sme u žiadneho z 10 pacientov nezaznamenali závažnejšie komplikácie. Prípadné peroperačné technické problémy sa skôr prejavili na dĺžke operačného času a dĺžke rtg času. U žiadneho pacienta



nebola potrebná konverzia menej invazívnej techniky na konvenčnú techniku. U žiadneho pacienta nebola potrebná revízia.

## Diskusia

Zlomeniny typu A v oblasti Th/L prechodu patria medzi načastejšie poranenia chrbtice. Tvoria viac ako polovicu všetkých zlomenín hrudnej a driekovej chrbtice (Gertzbein, 1992). V dôsledku kompresívnych síl pôsobiacich na predný stĺpec chrbtice dochádza k vzniku úrazovej deformity, ktorá je kombináciou axiálnej kompresie a segmentálnej kyfózy. Pri kyfotickej deformite presahujúcej 20°, kompresii tela stavca presahujúcej 50 % alebo viac ako 50 % redukcií plochy spinálneho kanála je odporúčaná operačná liečba. Transpedikulárna stabilizácia je považovaná za bezpečnú a efektívnu metódu operačnej liečby zlomenín Th/L prechodu (Verlaan a spol., 2004).

Transpedikulárna stabilizácia sa štandardne realizuje konvenčnou technikou. Pri tejto technike sa za účelom sprístupnenia *entry pointov* inštrumentovaných stavcov a vytvorenia priestoru pre uloženie fixátora chrbtice skeletizuje paravertebrálne svalstvo. Bezprostredným dôsledkom skeletizácie je strata krvi, poškodenie paravertebrálneho svalstva, pooperačná bolesť a z dlhodobého hľadiska najmä dysfunkcia paravertebrálneho svalstva. Perkutánne alebo menej invazívne techniky transpedikulárnej stabilizácie boli primárne vyvinuté s cieľom zmierniť negatívne následky konvenčnej techniky. Umožňujú zaviesť pedikulárne skrutky a konštrukciu fixátora cez malé incízie bez nutnosti skeletizácie (Court a spol., 2012). Minimalizujú tak poškodenie mäkkých tkanív, znižujú peroperačnú stratu krvi a úroveň pooperačnej bolesti, skracujú rekonvalescenciu pacientov (Rampersaud a spol., 2006).

Perkutánne transpedikulárne systémy boli pôvodne vyvinuté na riešenie degeneratívnych ochorení chrbtice. Pri týchto ochoreniach sú nároky na možnosti repozície, stabilitu a pevnosť implantátu nižšie ako pri zlomeninách chrbtice. Vo väčšine prípadov je ich konštrukcia založená na polyaxiálnych skrutkách, ktoré sú biomechanicky menej pevné ako monoaxiálne (Cho a spol., 2010), (Fogel a spol., 2003). *Palmisani et al.* (2009) pozorovali pri použití polyaxiálnych skrutiek pri riešení zlomenín chrbtice vyššiu stratu korekcie ako pri použití monoaxiálnych skrutiek. *Weiß et al.* (2013) udávajú, že adekvátna perkutánna repozícia trieštivých zlomenín je možná, pokiaľ sa použijú monoaxiálne skrutky a špecializované repozičné techniky a inštrumenty. Na druhej strane *Lee et al.* (2013) vo svojej retrospektívnej štúdii, porovnávajúcej perkutánnu a konvenčnú techniku transpedikulárnej stabilizácie, nenašli z hľadiska repozície medzi skupinami štatisticky významný rozdiel. V perkutánnej skupine použili polyaxiálne skrutky, pričom vo všetkých prípadoch pedikulárnu skrutku zaviedli aj do zlomeného stavca. Negatívom perkutánných

techník transpedikulárnej stabilizácie je aj vyššia úroveň rtg expozície zdravotníckeho personálu i pacientov (Court a spol., 2012).

Vzhľadom na nevyriešené otázky perkutánnych stabilizačných systémov, týkajúce sa najmä stability a možnosti repozície, sme navrhli modifikáciu techniky *menej invazívnej transpedikulárnej stabilizácie (MITS)*. Našou ambíciou bolo zachovať stabilitu a reпозиčné možnosti konvenčných trauma systémov, ktoré považujeme za zlatý štandard liečby závažnejších typov zlomenín, pri súčasnom znížení poškodenia paravertebrálneho svalstva. Podobný prístup aplikovali Wild et. al. (2007), Grass et al. (2006), Ringel et al. (2006), ktorí menej invazívnou technikou zavádzali konvenčné typy implantátov. Tieto práce potvrdili, že menej invazívna technika je bezpečná, vedie k menším krvným stratám a znižuje poškodenie paravertebrálneho svalstva. Zhodnotenie efektivity repozície a jej porovnanie s konvenčnou technikou v týchto prácach uvedené nebolo.

Cieľom práce bolo zhodnotenie techniky MITS z hľadiska invazivity, bezpečnosti a reпозиčných možností. Pracovnou hypotézou bolo, že technika MITS je bezpečná, rozsahom poškodenia paravertebrálneho svalstva sa blíži k technike perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie, reпозиčnými možnosťami a rtg expozíciou konvenčným technikám. V ideálnom prípade by tak MITS spájala výhody konvenčnej a perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie.

Problémovým momentom konvenčnej techniky je skeletizácia paravertebrálneho svalstva, ktorá sa najväčšou mierou podieľa na morbidite operačného prístupu. V snahe kvantifikovať jej dôsledky bolo použitých viacero metód. Bola dokázaná pooperačná elevácia hladín CK-MM enzýmu (Kawaguchi a spol., 1996), dokumentované známky poškodenia paravertebrálneho svalstva na MRI (Gejo a spol., 1999) a elektromyografickými štúdiami potvrdená denervácia (Kramer a spol., 2001).

Mieru invazivity operačného výkonu posudzovali len nepriamo, na základe peroperačných krvných strát. Peroperačná strata krvi nepriamo koreluje s veľkosťou ranovej plochy, a teda aj s invazivitou výkonu. Priemerná peroperačná strata krvi bola  $91 \pm 50$  ml. Do priemeru krvných strát negatívne prispeli najmä 2 operačné výkony. Operačný výkon na začiatku štúdie, ktorý pre technické problémy trval dlhší čas a strata krvi bola 200 ml. Druhým problémom bola zlomenina tela L3, kde vzhľadom na mohutnejšiu vrstvu paravertebrálneho svalstva bola ranová plocha väčšia, operačný výkon dlhší, strata krvi bola 150 ml. Aj vzhľadom na túto skúsenosť považujeme zlomeninu L3 za dolnú hranicu komfortného použitia MITS. Typická strata krvi vo viac ako 50 % prípadov pri technike MITS bola 50-80 ml krvi.

Vanek et al. (2013) vo svojej prospektívnej porovnávacej štúdii pri perkutánnej technike transpedikulárnej stabilizácie udávajú stratu krvi  $56 \pm 17$  ml, pri konvenčnej technike  $331 \pm$

149 ml. Lee et al. (2013) v retrospektívnej štúdii udávajú v perkutánnej skupine krvnú stratu  $263 \pm 87$  ml, v konvenčnej skupine  $684 \pm 240$  ml. K vyšším krvným stratám tejto skupiny autorov prispelo to, že v perkutánnej skupine inštrumentovali aj zlomený stavec a celkovo tak zaviedli 6 skrutiek. V konvenčnej skupine realizovali aj posterolaterálnu fúziu, čo viedlo k predĺženiu operačného výkonu a aj navýšeniu krvných strát. Wang et al. (2010) udávajú v perkutánnej skupine  $84 \pm 52$  ml, v konvenčnej skupine  $305 \pm 210$  ml krvných strát. Krvné straty v našej štúdii sú porovnateľné s krvnými stratami perkutánných výkonov popisovaných inými autormi.

Radiačná expozícia je problémovým momentom perkutánných stabilizačných techník. Pri otvorenej alebo menej invazívnej technike sa *entry pointy* vizualizujú priamo na základe anatomických orientačných bodov. Pri perkutánnej technike sa všetko realizuje pod rtg kontrolou. To má za následok vyššiu radiačnú expozíciu. Wild et al. (2007) vo svojej retrospektívnej štúdii udáva 5,7 min rtg expozíciu v skupine menej invazívneho zavedenia skrutiek a 3,7 min v konvenčnej skupine. Schmidt et al. (2007) pri bisegmentálnej perkutánnej stabilizácii udáva rtg expozíciu  $6,0 \pm 3,5$  min. Na experimentálnom modeli realizovanom na ovciach bola rtg expozícia pre konvenčnú techniku  $1,9 \pm 0,7$  min, pre perkutánnu techniku  $3,2 \pm 1,4$  min (Lehmann a spol., 2008). V našej štúdii bol priemerný čas rtg expozície  $59 \pm 28$  sekúnd. Technika MITS je, čo sa týka rtg expozície, porovnateľná s konvenčnou technikou a v porovnaní s publikovanými štúdiami hodnotiacimi perkutánnu transpedikulárnu techniku vyžadovala výrazne kratšiu rtg expozíciu.

Bezpečnosť transpedikulárnej stabilizácie súvisí najmä so zavedením a polohou pedikulárnych skrutiek a s komplikáciami operačného výkonu. V prípade malpozície pedikulárnych skrutiek môže dôjsť poraneniu anatomických štruktúr lokalizovaných v bezprostrednej blízkosti chrčtice. Pri mediálnej malpozícii sú ohrozené nervové štruktúry lokalizované v spinálnom kanály, pri laterálnej malpozícii v oblasti hrudníka hrozí penetrácia skrutky do pleurálnej dutiny. V prípade že je skrutka dlhšia a penetruje prednú stenu tela stavca môžu byť ohrozené cievne štruktúry, aorta naľavo a dolná dutá žila napravo. V prípade kaudálnej malpozície môže dôjsť k iritácii nervového koreňa prechádzajúceho po kaudálnej a mediálnej strane pedikla. Tieto závažné komplikácie sú v literatúre popisované len zriedkavo a väčšina malpozícií pedikulárnych skrutiek je asymptomatická (Gelalis a spol., 2012). Mechanickým dôsledkom malpozície je znížená pevnosť fixácie pedikulárnej skrutky v inštrumentovanom stavci. Skrutka má najvyššiu pevnosť fixácie, pokiaľ je zavedená intrapedikulárne. V prípade presahovania skrutky mimo pedikla pevnosť fixácie klesá (Heintel a spol., 2013).

Poloha všetkých skrutiek v štúdii bola kontrolovaná na pooperačnom CT. Intrapedikulárne bolo zavedených 36 zo 40 skrutiek (90 %). Mediálne presahovanie pedikla bolo

zaznamenané u 1 skrutky, skrutka nepresahovala o viac ako 2 mm, čo sa považuje za bezpečnú zónu (Fisher a spol., 2006). Laterálne presahovanie pedikla sme zaznamenali u 3 skrutiek. Celkovo bolo akceptovateľne zavedených všetkých 40 skrutiek. Žiadnu zo 40 zavedených pedikulárnych skrutiek nebolo potrebné revidovať. Žiadna zo skrutiek nebola príčinou vzniku komplikácie.

Gelalis et al. (2012) v metaanalýze zaoberajúcej sa presnosťou zavedenia pedikulárnych skrutiek v oblasti Th/L chrbtice v dovtedy publikovaných prospektívnych štúdiách udávajú pri fluoroskopicky asistovanej technike plne intrapedikulárnu polohu skrutky v 28-85 %, pri tzv. „free hand“ technike 69-94 % a pri CT asistovanej navigácii 89-100 %. Pri technike MITS sme dosiahli v 90 % plne intrapedikulárnu polohu zavedených skrutiek. Techniku preto možno považovať za dostatočne presnú a bezpečnú.

Repozícia zlomenín typu A prostredníctvom konštrukcie interného fixátora je nepriamym typom repozície. Zavedením pedikulárnych skrutiek získame repozičné body, prostredníctvom ktorých je možné manipulovať stavcami nad a pod zlomeninou. Cieľom repozície je, aby sa príslušné stavce vrátili do predúrazového priestorového vzťahu. Repozícia tela zlomeného stavca sa realizuje prostredníctvom efektu *ligamentotaxie*, kedy napnutím *lig.longitudinale posterius*, a najmä diskoligamentových väzov, sa reponujú fragmenty zlomeniny.

Kuklo et. al (2001), Enad et al. (2008) ako najpresnejšiu metódu pre hodnotenie poúrazovej kyfotickej deformity Th/L chrbtice uvádzajú meranie bisegmentálneho *Cobbovho* uhla. Spočíva v meraní uhla medzi hornou krycou platničkou stavca nad zlomeninou a dolnou krycou platničkou stavca pod zlomeninou.

Priemerná hodnota predoperačnej výšky segmentu bola  $76,4 \pm 6,9$  %, priemerná hodnota pooperačnej výšky segmentu bola  $94,8 \pm 3,4$  %. Priemerná zmena výšky segmentu bola  $8,1 \pm 2,8$  milimetrov.

Hodnoteným parametrom pri posudzovaní korekcie úrazovej kyfózy bola zmena *Cobbovho* uhla, ktorá predstavovala v stupňoch vyjadrený rozdiel medzi predoperačným a pooperačným *Cobbovým* uhlom a kvantifikovala rozsah repozície. Priemerná hodnota parametra bola  $12,5 \pm 5,3$ .

## Záver

- *Minimálne invazívna transpedikulárna stabilizácia* (MITS) je bezpečná technika. Presnosť zavedenia pedikulárnych skrutiek je porovnateľná s konvenčnou technikou transpedikulárnej stabilizácie. V rámci hodnoteného súboru sme nezaznamenali žiadne závažnejšie komplikácie.



- Dĺžka trvania operačného výkonu a čas rtg expozície pri technike MITS sú porovnateľné s konvenčnou technikou transpedikulárnej stabilizácie.
- Možnosti repozície úrazovej deformity sú pri technike MITS porovnateľné s konvenčnou technikou transpedikulárnej stabilizácie.
- Peroperačná strata krvi bola porovnateľná s hodnotami publikovanými pri technike perkutánnej transpedikulárnej stabilizácie.

#### **Zoznam použitej literatúry**

1. Arts MP, Nieborg A, Brand R, Peul WC. Serum creatine phosphokinase as an indicator of muscle injury after various spinal and nonspinal surgical procedures. *J Neurosurg* 2007; 7:282–286.
2. Court, C, Vincent C. Percutaneous fixation of thoracolumbar fractures: current concepts. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012; 98(8): 900-909.
3. Enad JG, Slakey JB, McNulty PS. Measurement of thoracolumbar kyphosis after burst fracture: evaluation of intraobserver, interobserver, and variability of 4 measurement methods. *Am J Orthop* 2008; 37: E60–E63.
4. Fisher CG, Sahajpal V, Keynan O, Boyd M, Graeb D, Bailey C, Panagiotopoulos K, Dvorak, M. Accuracy and safety of pedicle screw fixation in thoracic spine trauma. *J Neurosurg Spine* 2006; 5: 520–526.
5. Fogel GR, Reitman CA, Liu W, Esses SI. Physical characteristics of polyaxial headed pedicle screws and biomechanical comparison of load with their failure. *Spine* 2003; 28: 470-473.
6. Foley K, Gupta S. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine : Preliminary clinical results. *J Neurosurg* 2002; 97 (Suppl): S7-S12.
7. Foley KT, Gupta SK, Justis JR, Sherman MC. Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine. *Neurosurg Focus* 2001; 10(4): 1-9.
8. Gejo R, Matsui H, Kawaguchi Y. Serial changes in trunk muscle performance after posterior lumbar surgery. *Spine* 1999; 24: 1023-1028.
9. Gelalis ID, Paschos NK, Pakos EE, Politis AN, Arnaoutoglou CM, Karageorgos AC, Ploumis A, Xenakis TA. Accuracy of pedicle screw placement: a systematic review of prospective in vivo studies comparing free hand, fluoroscopy guidance and navigation techniques . *Eur Spine J.* 2012; 21(2): 247–255.
10. Gertzbein SD. Scoliosis Research Society: Multicenter spine fracture study. *Spine* 1992; 17: 528-540.

11. Grass R, Biewener A, Dickopf A, Rammelt S, Heineck J, Zwipp H. Percutaneous dorsal versus open instrumentation for fractures of the thoracolumbar border. A comparative, prospective study. *Unfallchirurg* 2006; 109(4): 297–305.
12. Heintel TM, Berglehner A, Meffert R. Accuracy of percutaneous pedicle screws for thoracic and lumbar spine fractures : a prospective trial. *Eur Spine J*. 2013; 22(3): 495-502.
13. Cho W, Cho SK, Wu C. The biomechanics of pedicle screw-based instrumentation. *J Bone Joint Surg Br*. 2010; 92(8): 1061-1065.
14. Kantelhardt SR, Martinez R, Baerwinkel S, Burger R, Giese A, Rohde V. Perioperative course and accuracy of screw positioning in conventional, open robotic-guided and percutaneous robotic-guided, pedicle screw placement. *Eur Spine J* 2011; 20: 860-868.
15. Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery : A histologic and enzymatic analysis. *Spine* 1996; 21: 941-944.
16. Kawaguchi Y, Matsui H, Tsuji H. Back muscle injury after posterior lumbar spine surgery : II. Histologic and histochemical analyses in human. *Spine* 1994; 19: 2598-2602.
17. Kuklo TR, Polly DW, Owens BD, Zeidman SM, Chang AS, Klemme WR. Measurement of thoracic and lumbar fracture kyphosis: evaluation of intraobserver, interobserver, and technique variability. *Spine* 2001; 26: 61–65.
18. Lee JK, Jang JW, Kim TW, Kim TS, Kim SH, Moon SJ. Percutaneous short-segment pedicle screw placement without fusion in the treatment of thoracolumbar burst fractures: is it effective?: comparative study with open short-segment pedicle screw fixation with posterolateral fusion. *Acta Neurochir (Wien)* 2013; 155(12): 2305-2312.
19. Lehmann W, Ushmaev A, Rueker A, Nuechtern J, Grossterlinden L, Begemann PG et al. Comparison of open versus percutaneous pedicle screw insertion in a sheep model. *Eur Spine J* 2008; 4: 97–103.
20. Mayer T, Vanharanta H, Gatchel R. Comparison of CT scan muscle measurements and isokinetic trunk strength in postoperative patients. *Spine* 1989; 14: 33-36.
21. Palmisani, M, Gasbarrini A, Barbanti Brodano G, De Iure F, Cappuccio M, Boriani L, Amendola L, Boriani S. Minimally invasive percutaneous fixation in the treatment of thoracic and lumbar spine fractures. *Eur Spine J* 2009; 18 (Suppl ): S71–S74.
22. Prokop A, Löhlein F, Chmielnicki M, Volbracht J. Minimally invasive percutaneous instrumentation for spine fractures. *Unfallchirurg*. 2009; 112 (7): 621-628.
23. Rampersaud YR, Annand N, Dekutoski MB. Use of minimally invasive surgical techniques in the management of thoracolumbar trauma: current concepts. *Spine* 2006; 31(Suppl): S96-102.
24. Rantanen J, Hurme M, Falck B. The lumbar multifidus muscle changes five years after surgery for lumbar intervertebral disc herniation. *Spine* 1993; 18: 568-574.
25. Ringel F, Stoffel M, Stürer C, Meyer B. Minimally invasive transmuscular pedicle screw fixation of the thoracic and lumbar spine. *Neurosurgery*. 2006; 59 (Suppl ).

26. Saifuddin A, Nordeen H, Taylor BA, Bayley I. The role of imaging in diagnosis and management of thoracolumbar burst fractures : Current concepts and review of literature. *Skeletal Radiol* 1996; 25: 603-613.
27. Schmidt OI, Strasser S, Kaufmann V, Strasser E, Gahr RH. Role of early minimal-invasive spine fixation in acute thoracic and lumbar spine trauma. *Indian J Orthop* 2007; 41(4): 374—380.
28. Styf J, Willen J. The effects of external compression by three different retractorson pressure in the erector spinae muscles during and after posterior lumbar spine surgery in humans. *Spine* 1998; 23:254-258.
29. Vanek P, Bradac O, Konopkova R, de Lacy P, Lacman J, Benes V. Treatment of thoracolumbar trauma by short-segment percutaneous transpedicular screw instrumentation : prospective comparative study with a minimum 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine*. 2014; 20(2): 150-156.
30. Verlaan JJ, Diekerhof CH, Buskens E, van der Tweel I, Verbout AJ, Dhert WJ, Oner FC. Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome. *Spine* 2004; 29(7): 803-814.
31. Wang HW, Li CQ, Zhou Y. Percutaneous pedicle screw fixation through the pedicle of fractured vertebra in the treatment of type A thoracolumbar fractures using Sextant system: an analysis of 38 cases. *Chin J Traumatol* 2010; 13(3): 137–145.
32. Weber BR, Grob D, Dvorak J, Muntener M. Posterior approach to the lumbar spine and its effecton the multifidus. *Spine* 1997; 15: 1765–1772.
33. Weiß T, Hauck S, Bühren V, Gonschorek O. Repositioning options with percutaneous dorsal stabilization : For burst fractures of the thoracolumbar junction. *Unfallchirurg*. 2013.
34. Wild MH, Glees M, Plieschnegger C, Wenda C. Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007; 127: 335–343.

**Adresa pre korešpondenciu:**

MUDr. Michal Božík  
Oddelenie úrazovej chirurgie - traumatológie  
FNsP F.D.Roosevelta  
Nám.L.Svobodu 1  
975 17 Banská Bystrica