

## SOUČASNÉ MOŽNOSTI MINIINVAZIVNÍ FIXACE PORANĚNÍ ZADNÍHO PÁNEVNÍHO SEGMENTU

M. Salášek<sup>1,2</sup>, T. Pavelka<sup>1</sup>, D. Weisová<sup>1,2</sup>, M. Toman<sup>1</sup>, L. Lobovský<sup>2</sup>, J. Hartlová<sup>2</sup>, J. Křen<sup>2</sup>, R. Tupý<sup>3</sup>, J. Ferda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Klinika ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK a FN Plzeň, <sup>2</sup>NTIS ZČU a Katedra mechaniky FAV ZČU v Plzni, <sup>3</sup>Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN Plzeň

Nestabilní poranění zadního pánevního segmentu představují závažná traumata v každém věku. Ačkoliv při fyziologické kostní struktuře je pro jejich vznik nutné násilí vysoké energie, při patologické struktuře, nejčastěji při osteoporóze, mohou vzniknout i po minimálním poranění, jako při pádu ze stejné výše, prudkém dosednutí na židli apod. (7, 14, 21, 41).

Miniin vazivní fixace poranění pánevního kruhu jsou výhodné zejména pro menší rozsah preparace měkkých tkání, což umožňuje jejich provedení i v akutní fázi ošetření během prvních 48 h od vzniku poranění (26).

Akutní fixace je důležitá nejen pro biomechanickou stabilizaci poranění pánevního kruhu, ale i pro zástavu pánevního krvácení a dosažení hemodynamické stability (7, 26, 42). U starších pacientů navíc akutní stabilizace umožňuje časnou rehabilitaci, a tak snižuje riziko komplikací z dlouhého klidového režimu na lůžku (17, 29). Časná stabilizace se tudíž podílí i na snížení rizika tromboembolické nemoci, hypostatické pneumonie a deku-bitální sepse (17, 29).

### PŘÍSTUPY

Pro miniin vazivní fixaci zadního pánevního segmentu se využívají 2 základní přístupy: 1. k dorzální ploše zadní části lopaty kosti kyčelní při spina iliaca posterior superior, 2. k laterální ploše zadní části lopaty kosti kyčelní v úrovni segmentu S1, popř. S2. U miniin vazivně zaváděné spinopelvicke fixace se navíc využívají vstupy k pediklům L5, popř. L4 (16). U transiliakální dlahy je někdy při tuhé thorakolumbální fascii nutná pomocná incize v linea mediana posterior pro ulehčení podsunutí dlahy (14, 19, 20).

### TYPY IMPLANTÁTŮ

Podle biomechaniky lze rozdělit fixace na 2 základní skupiny: 1. s vysokou kompresí, 2. s nízkou kompresí zadního segmentu.

Mezi implantáty s vysokou kompresí patří iliosakrální šrouby (ISS), svorníky (SB) a transiliosakroiliacké tyče.

Implantáty s nízkou kompresí zahrnují transiliakální vnitřní fixátor (TIFI), dvojitý transiliakální fixátor (DTIFI), dlahu pro polyaxiální šrouby (PSP), transiliakální dlahu (TP) a miniinvazivně zaváděnou spinopelvickou fixaci.

### **Implantáty s vysokou kompresí**

Díky možnosti velké komprese jsou tyto implantáty vhodné pro luxace a subluxace SI kloubu, dále pro transalární sakrální zlomeniny (Pohlemann I). U transforaminálních sakrálních zlomenin (Pohlemann II) a centrálních zlomenin (Pohlemann III) je jejich použití díky možné nadměrné kompresi omezené a v případě kominutivních zlomenin jsou implantáty se zvýšenou kompresí kontraindikovány pro riziko iatrogenní neurologické léze (32).

### **Implantáty s nízkou kompresí**

Díky nízké kompresi jsou tyto implantáty vhodné pro transalární, transforaminální i centrální sakrální zlomeniny, dále i pro kominutivní zlomeniny bez přítomnosti neurologického deficitu. Naopak jsou málo vhodné pro SI luxace a SI subluxace díky obtížnější repozici a vyššímu riziku sekundární redislokace. Pro zlomeniny kosti křížové jsou tyto implantáty obecně výhodnější než implantáty s vysokou kompresí, neboť nízká komprese snižuje riziko rozvoje iatrogenního neurologického poranění. Při zavádění z dorzální plochy zadní části lopaty kosti kyčelní je u těchto implantátů velmi nízké riziko i iatrogenního vaskulárního poranění (8, 11).

### **Iliosakrální šrouby (ISS)**

Jako iliosakrální šrouby se používají kanylované šrouby o průměru 7,3 mm, popř. 6,5 mm či 7,5 mm pro dospělé pacienty a o průměru 3,5 mm a 4,5 mm pro pediatrické pacienty (6). Standardně se využívají šrouby se závitem jen na konci šroubu, které umožňují dosažení vysoké komprese, nicméně lze použít i šrouby se závitem po celé délce, tyto se ale chovají jako poziční, tzn., že neumožňují repozici při dotahování šroubů. Komprese dosažená celozávítovými šrouby je velmi nízká a z biomechanického hlediska tak tyto šrouby spadají mezi implantáty s nízkou kompresí.

Iliosakrální šrouby se doplňují podložkou, která při správném dotažení brání zaboření hlavičky šroubu do zadní části lopaty kosti kyčelní (9, 28, 32, 33, 34). Před implantací ISS je nutné dosáhnout zavřenou repozicí dislokaci zadního segmentu menší než 5 mm, neboť vyšší dislokace je spojena se zmenšením bezpečné zóny pro implantaci o více než 30 % (1, 9, 32).

Implantaci ISS lze provádět jak v supinační poloze podle Routta (33, 34), tak v pronační poloze podle Matty (28) do S1, popř. do S2 (30, 31). Zavádění šroubu začíná vždy určením vstupního bodu na laterální ploše zadní poloviny lopaty kosti kyčelní v úrovni segmentu S1, popř. S2. I když je možné vstupní bod zjistit jen s použitím běžného peroperačního rtg, výhodnější je využití navigačních technik (49). Z nich v současnosti nejlepších výsledků dosahují navigace na základě CT vyšetření (ať předoperačního, popř. peroperačního), dále lze využívat i 3D rtg navigaci, 2D rtg navigaci nebo použít připravené šablony, popř. cílice na základě předoperačního CT vyš (18, 21, 30, 31, 39, 40, 42, 44, 47).

Po určení vstupního bodu následuje předvrtání pomocí Kirschnerova drátu (např. pro šrouby 7,3 mm má průměr 2,8 mm), postup předvrtání je u nenavigovaných technik třeba kontrolovat na rtg v bočné, předozadní, vchodové a východové projekci, u navigovaných technik se buď kontroluje pozice K drátu na monitoru navigačního počítače, nebo se K drát cílí danou šablonou, hloubka zavedení se poté kontroluje pomocí běžného rtg (39, 40, 42, 44, 47).

Po správném zavedení K drátu se provádí předvrtání kanylovaným vrtákem s měřítkem, který se zavádí po K drátu do stanovené hloubky. Po dokončení předvrtání se přes ponechaný K drát implantuje ISS s podložkou, při dotahování je třeba dbát opatrnosti, aby podložka nebyla probořena do kortikální kosti zadní lopaty, neboť toto proboření snižuje pevnost fixace (10, 25). ISS by měl být optimálně dotažen momentovým šroubovákem s rotačním momentem cca 1 Nm (pro normální kostní strukturu). V případě osteoporotické kosti je výhodnější použití šroubu se závitem po celé délce, popř. je možné augmentovat šrouby kostním cementem, tj. před dotažením šroubu je k jeho konci závitové části aplikován nejlépe vysokoviskózní kostní cement, který zajistí pevné uchycení i v osteoporotické kosti (konec šroubu je do kosti jakoby přilepen) (13, 17).

Pro vertikálně nestabilní poranění zadního segmentu je doporučováno zavedení 2 ISS, nicméně ne vždy jsou k tomu příhodné anatomické poměry segmentů S1 a S2 (30). 2 ISS lze zavádět paralelně, popř. konvergentně (v úhlu cca 30°) (12, 23).

Pro přesné zavedení ISS je možné kromě běžných navigací pod 2D či 3D rtg kontrolou použít také navigace na základě předoperačního CT, např. s využitím termoplastické membrány, popř. 3D plastové šablony.

Předoperační CT je součástí navigace s využitím termoplastické membrány a předoperačního CT (CATMN, computer-assisted thermoplastic membrane navigation), kterou popsali Zheng et al. v r. 2012 (47). Nevýhodou CATMN je nutnost provedení vstupního CT již s pokrytím pánve touto membránou.

Chen et al. v r. 2012 využili pro přesnější implantaci ISS 3D plastové šablony, které byly zhotoveny podle 3D CT rekonstrukcí zadní části lopaty kosti kyčelní (personalized image-based templates) (18). Pro zavedení šablon byla vyžadována miniincize o velikosti do 5 cm, navíc díky času, který je nezbytný pro přípravu šablon, není tato technika implantace vhodná pro urgentní zavádění ISS, dále vyžaduje pronační polohu (18). Oba tyto typy navigací dle předoperačního CT však nejsou vhodné pro urgentní implantace ISS, tyto navigační techniky u dětských pacientů zatím použity nebyly.

## Svorníky

Jako svorníky (někdy označované jako sakrální tyče) jsou označovány závitové tyče o průměru 6 mm s 2 matkami na každém konci, doplněné o 1 podložku. Podložka má stejně jako u ISS zamezit proboření do kortikalis zadní lopaty. Na rozdíl od ISS jsou svorníky implantovány z laterální plochy zadní části lopaty kosti kyčelní až za dorzální plochou kosti křížové, tj. mimo oblast výstupů sakrálních nervů, v pronační poloze (2). Téměř výlučně se používají vždy 2 svorníky, neboť jen 1 svorník nemá dostatečnou rotační stabilitu.

První svorník se zavádí v úrovni L5/S1 (vstupní bod leží mírně laterálně a cca 3 až 4 cm kraniálně od spina iliaca posterior superior, vstup je vhodné ověřit na bočné rtg projekci).

Druhý svorník je implantován alespoň 2 cm kaudálně od prvního (dle potřeby možno až do úrovně spina iliaca posterior superior).

Vstupy pro svorníky se vrtají rovnou 6 mm vrtákem. Následně se zavádí závitová tyč, která se po navlečení jedné podložky na oba konce zajišťuje 2 a 2 matkami.

Repozice pomocí svorníků je poměrně obtížná a je zde velké riziko nadměrné komprese a díky ní rozvoje iatrogenního neurologického poranění (2).

Svorníky by měly mít optimálně paralelní průběh, možná je také navigovaná implantace (např. pod peroperační CT nebo 3D rtg kontrolou).

Vysoká komprese svorníků může být vhodně použita pro některé paklouby kosti křížové. Nevýhodou svorníků je nutnost pronační polohy, pro dětské pacienty svorníky nejsou doporučovány.

### **Transiliosakroiliacká tyč a prodloužený iliosakrální šroub**

Transiliosakroiliacká tyč je implantát kombinující principy ISS a svorníků. Je nutná pronační poloha a pro bezpečnou pozici navigovaná implantace.

Obvykle se zavádí 1 tyč (6,5 mm, příp. 7,5 mm) se závitěm po celé délce, která prochází přes lopatu kosti kyčelní, dále přes celý segment S1 do druhostranné lopaty kosti kyčelní (15, 29). Výjimečně lze použít 2 tyče – 1 do S1 a 1 do S2, při implantaci do S2 je velmi vhodná peroperační CT kontrola (15).

Při dysmorfickém S1 je transiliosakroiliacká tyč kontraindikována. Před implantací je nutné posouzení kostního koridoru dle CT vyšetření v úrovni S1 a S2. Nezbytnou podmínkou pro implantaci je dosažení anatomické nebo téměř anatomické repozice zadního segmentu (nejvýše 2 mm vertikálního posunu). I přes navigovanou techniku je zde zvýšené riziko iatrogenního neurovaskulárního poranění (15, 29, 35).

Pokud je místo závitové tyče použit dlouhý ISS, jedná se o prodloužené iliosakrální šrouby, popř. transiliosakroiliacké šrouby (35). Oproti transiliosakroiliacké tyči mají prodloužené ISS výhodu v tom, že umožňují z jednoho přístupu současnou stabilizaci obou dorzálních pánevních segmentů. Navíc prodloužené ISS lze při vhodné navigaci implantovat i v supinační poloze, neboť nevyžadují dotažení matek klíčem. S transiliosakroiliackými implantáty nejsou v dětském věku dosud žádné zkušenosti, proto je nelze pro pediatrické pacienty doporučit.

### **Transiliakální vnitřní fixátor (TIFI)**

Transiliakální vnitřní fixátor byl poprvé popsán Füchtmeierem et al. v r. 2004 jako modifikované použití implantátů vnitřního páteřního fixátoru (11). TIFI se skládá ze dvou polyaxiálních šroubů a příčnicku, pro dospělé pacienty se nejčastěji používají polyaxiální šrouby o průměru 7,5 mm a délce kolem 60 mm, příčnick o průměru 6 mm o vhodné délce tak, aby právě přesahoval laterální okraje hlaviček polyaxiálních šroubů. Lze sice použít i monoaxiální pedikulární šrouby, ale zde je výrazně obtížnější provlečení příčnicku (8, 11).

Dle originálního Füchtmeierova postupu se TIFI zavádí cca 1 až 2 cm kraniálně a 1 cm laterálně od spina iliaca posterior superior, po otevření kortikalis zadní lopaty se sondou vyhledává směr paralelní s linea glutea posterior. Pro použití originálního

postupu je nutné šrouby sklonit co nejvýše naplocho (do 30° v sagitální rovině), jinak hrozí jejich prominence do podkoží. Na našem pracovišti proto používáme modifikovaný postup, kdy vstup šroubu leží cca 1 cm kraniálně od spina iliaca posterior superior, na dorzální ploše zadní lopaty, vstup pro hlavičkou šroubu je mírně rozšířen dlátkem, popř. Luerovými kleštěmi tak, aby cca 1/2 hlavičky byla zanořena do zadní lopaty, čímž se riziko prominence významně snižuje (36, 37). Také směr šroubu je tímto modifikován – konec závitové části míří supraacetabulárně (do pomyslné spojnice se spina iliaca anterior inferior při bočné rtg projekci) (45). Supraacetabulární zavedení se využívá i při augmentovaném TIFI (41). Po ověření směru sondou a pedikulárním pátradlem je možné u normální kostní struktury předvrtání, u osteoporotické kosti se předvrtání neprovádí. Následuje implantace vlastních polyaxiálních šroubů. Další fází je zavřená repozice, následně se oba šrouby spojují příčnickem, který je zaveden pod thorakolumbální a gluteální fascií. Po kontrole pozice na rtg se příčník fixuje zajišťovacími šrouby do hlaviček polyaxiálních šroubů.

Výhodou TIFI je nízké riziko neurovaskulárního poranění, možnost použití při dysmorfickém segmentu S1, S2, nižší citlivost na nedokonalou repozici (lze až do 10 mm posunu) a vyšší stabilita u transforaminálních zlomenin ve srovnání s 2 ISS (36). Jednoznačnou nevýhodou je nutnost pronační polohy, která omezuje použití při současném těžkém poranění hrudníku nebo břicha (11). TIFI lze použít u dětských pacientů od 13 let. U osteoporotických zlomenin je možná augmentace kostním cementem, která ale vyžaduje kanylované šrouby (41).

### **Dvojitý transiliakální vnitřní fixátor (DTIFI)**

DTIFI je kombinací 2 TIFI, 1. TIFI je zaveden v úrovni spina iliaca posterior superior, 2. TIFI cca 3 cm nad ní a paralelně s linea glutea posterior, jedná se tak o současnou kombinaci obou způsobů implantace TIFI. I když přesná doporučení a vymezení indikací DTIFI oproti TIFI zatím nejsou k dispozici, lze předpokládat výhodu DTIFI u kominutivních transforaminálních zlomenin bez nestability LS přechodu a bez neurologického deficitu. Klinické zkušenosti jsou zatím jen velmi omezené. DTIFI byl poprvé popsán v r. 2015 brazilskými autory Ueno et al. (43), kteří ale studovali jen biomechanické vlastnosti na neanatomickém plastovém modelu, na kterém prokázali superioritu DTIFI oproti TIFI.

### **Transiliakální dlahy (TP)**

Dlahová obdoba TIFI, která místo polyaxiálních používá běžné šrouby nebo zamykací šrouby. Je možné použít jak 3,5 mm LCP dlahu, 3,5 mm pánevní rekonstrukční dlahu, tak starší 4,5 mm dlahu (4, 14, 19, 24). Transiliakální dlahy je implantována v oblasti zadní plochy lopaty nad spina iliaca posterior superior, možné částečné zahloubení dlahy (pro snížení její prominence). Z technického hlediska je obtížnější vytvarování dlahy podle zadní lopaty, při tuhé fascii je poté nutná incize v zadní střední čáře pro usnadnění podvlečení (19). Provádění repozice pomocí dlahy je poměrně obtížné u nenastavitelného typu dlahy. O použití transiliakální dlahy u pediatrických pacientů zatím nejsou v literatuře zmínky, nicméně lze předpokládat bezpečnou implantaci od 13 let věku.

## **Nastavitelná transiliakální LCP dlahá**

Je typ TP, která je anatomicky tvarovaná na zadní lopatu kosti kyčelní, navíc ve střední části nastavitelná závitová část, poprvé se o ní zmiňují Chen et al. v r. 2013 (20). Nastavitelná dlahá kromě snadnější implantace do oblasti lopaty kosti kyčelní umožňuje jak mírnou kompresi, tak distrakční repozici, kterou lze s výhodou použít u laterálně kompresivních zlomenin kosti křížové (20, 46).

## **Dvojitá transiliakální dlahá**

Kombinace 2 TP, od zavedení TIFI se používá však poměrně málo, navíc jejich indikace v současnosti pokrývá nastavitelná transiliakální dlahá.

Kraniální dlahu nutné dobře vymodelovat, aby neprominovała v měkkých tkáních, je umístěna cca 4 cm nad spina iliaca posterior superior, dolní dlahá poté v úrovni spina iliaca posterior superior, popř. modifikovaně 1 cm kaudálně od ní. Alespoň kraniální dlahu je vhodné částečně zahloubit (19, 24).

Dvojitá transiliakální dlahá je vhodná pro kominutivní transforaminální zlomeniny bez neurologického deficitu a bez nestability L5/S1. Všechny formy transiliakální dlahy vyžadují implantaci v pronační poloze.

## **Dlahá pro polyaxiální šrouby (pedicular screw plate, PSP)**

PSP je dlahovou obdobou TIFI – 2 polyaxiální šrouby spojené dlahou. Tato dlahá je primárně určená pro stabilizaci zlomenin bederních obratlů z předního přístupu. Techniku PSP popsali detailně *Sa-Ngasoongsong et al.* v roce 2014, dle autorů možné použití i u pediatrických pacientů (38).

Vzhledem k použití úhlově stabilní dlahy pro spojení šroubů, která je ve srovnání s příčником TIFI širší, doporučují umístění vstupů polyaxiálních šroubů cca 1 cm kaudálně od spina iliaca posterior superior ke snížení rizika prominence implantátů (38).

## **Spinopelvicá fixace**

Miniinvazivní implantaci spinopelvicé fixace popsal *Hong et al.* v roce 2013, pro přesné zavedení pedikulárních šroubů je vhodná navigace (3, 16). Dva až čtyři polyaxiální šrouby do lopaty k. kyčelní (implantace je v případě 2 šroubů shodná s polyaxiálními šrouby TIFI, v případě 4 šroubů s DTIFI), dále jsou navíc 2 šrouby zavedeny do pediklů obratle L5, příp. do obratle L4 (pokud je současná zlomenina obratle L5 mimo jeho processus costales). Spojovací tyče se podvlékají pod fascií, obtížné může být správné vytvarování do hlaviček šroubů do lopat kyčelních, v horní části se přidává také subfasciálně umístěný příčník. Miniinvazivní spinopelvicá fixace je indikována pro bilaterální sakrální zlomeniny se současnou nestabilitou L5/S1, při axiální kominuci S1, ale bez neurologického deficitu. Stejně jako TIFI vyžaduje pronační polohu. Pro použití u dětských pacientů jsou nutné pediatrické velikosti implantátů (48).

## **Kombinace implantátů 1. a 2. skupiny**

Spojení výhod i rizik jednotlivých fixací, kombinace vhodné zejména pro bilaterální poranění zadního segmentu. Používané jsou následující kombinace: TIFI + 1 ISS, TIFI

+ 1 ISS se závitem po celé délce, TP + 1 ISS, nastavitelnou TP a 1 ISS (45, 46). Mezi kombinace lze zařadit i triangulární fixaci, což je unilaterální spinopelvická fixace spojená s 1 iliosakrálním šroubem (5, 22).

## VYNĚTÍ IMPLANTÁTŮ

Vynětí implantátů by mělo být provedeno u dětských pacientů vždy, neboť při dlouhodobém ponechání jsou možné poruchy růstu zadního segmentu, u dospělých je extrakce implantátů doporučována, nicméně jedná se o elektivní výkony podle přání pacienta. Před vynětím je nezbytné rtg verifikované zhojení daného poranění. U dětských pacientů se tak extrakce provádí od cca 3 do 6 měsíců po poranění, u dospělých nejčastěji 9–12 měsíců po poranění (6, 7). I když primární implantace proběhla miniinvazivně, je v některých případech pro vynětí implantátů otevřená operace – např. u kostních nebo vazivových srůstů u dlah, při přerostlých podložkách ISS, zlomených ISS, spinopelvické fixace v oblasti L4, L5 (10, 25, 27, 37). Indikacemi pro vynětí implantátů bez ohledu na věk jsou: selhání fixace, prokázaná malpozice s rozvojem neurologické léze, hluboká infekce v okolí implantátů a prominence implantátů s chronickou iritací měkkých tkání. Vynětí implantátů tak může být obtížnější než jejich primární implantace, navíc zůstává riziko vaskulárních komplikací (u ISS v oblasti arteria glutea superior) (1), velmi obtížná až nemožná je také extrakce kostním cementem augmentovaných implantátů (13, 27, 31, 41).

## ZÁVĚR

Miniinvazivní fixace poranění zadního pánevního segmentu umožňují stabilizaci pánevního kruhu i v akutní fázi ošetření. Pro výběr typu fixace je třeba kromě hemodynamické stability a přidružených poranění zhodnotit možnosti zavřeného repozice. Implantáty s možností větší komprese jsou vhodné pro SI luxace a transalární zlomeniny. Implantáty s nízkou kompresí jsou naopak vhodné pro transforaminální a centrální zlomeniny. Vždy je třeba dodržovat individuální přístup dle typu poranění a kvality kosti.

## SOUHRN

Nestabilní poranění zadního pánevního segmentu patří mezi závažná traumata v každém věku. Miniinvazivní stabilizace jsou výhodné zejména pro menší rozsah preparace měkkých tkání, což umožňuje jejich provedení i v akutní fázi ošetření. Podle biomechaniky lze rozdělit tyto fixace na 2 základní typy: 1. s vysokou kompresí, 2. s nízkou kompresí zadního segmentu. Do 1. skupiny patří iliosakrální šrouby, svorníky a transiliosakroiliacké tyče. Díky možnosti velké komprese jsou tyto implantáty vhodné pro luxace a subluxece SI kloubu, dále pro transalární sakrální zlomeniny (Pohlemann I). U transforaminálních sakrálních zlomenin (Pohlemann II) a centrálních zlomenin (Pohlemann III) je jejich

použití díky možné nadměrné kompresi omezené a v případě kominutivních zlomenin jsou implantáty se zvýšenou kompresí kontraindikovány pro riziko iatrogení neurologické léze. Do 2. skupiny (s nízkou kompresí) patří následující implantáty: transiliakální vnitřní fixátor, dvojitý transiliakální fixátor, dlaha pro polyaxiální šrouby, transiliakální dlaha, nastavitelná transiliakální dlaha, miniinvasivně zaváděná spinopelvicke fixace a triangulární fixace. Díky nízké kompresi jsou implantáty vhodné pro transalární, transforaminální i centrální sakrální zlomeniny, dále i pro kominutivní zlomeniny bez přítomnosti neurologického deficitu. Naopak jsou málo vhodné pro SI luxace. Implantáty 2. skupiny jsou spojeny s nižším rizikem neurovaskulárního poranění než implantáty s vysokou kompresí.

### ***Current concepts for minimally invasive fixation of posterior pelvic ring injuries***

#### SUMMARY

Unstable posterior pelvic ring injury is severe trauma at any age. Minimally invasive stabilization is preferred for smaller extent of preparation of soft tissues, allowing their implementation in the acute phase of treatment. According to biomechanics, implants can be divided into two basic types: 1st with high compression, 2nd with low compression of the posterior pelvic segment. Group 1 includes iliosacral screws, sacral bars and transsacral-transiliac rods. Due to the high compression, these implants are suitable for subluxation and dislocation of the SI joint and for transalar sacral fractures (Pohlemann type I). For transforaminal sacral fractures (Pohlemann type II) and central fractures (Pohlemann type III), their use is limited due to excessive compression and in case of comminutive fracture, implants with increased compression are contraindicated for the very high risk of iatrogenic neurological lesion. The 2nd group (with low compression) includes the following implants: transiliac internal fixator, double transiliac fixator, pedicular-screw plate, transiliac plate, adjustable transiliac plate, minimally invasive spinopelvic fixation and triangular fixation. Low compression implants are suitable for transalar, transforaminal and central sacral fractures, as well as comminutive fractures without the presence of neurological deficit. Conversely, they are less suitable for SI dislocation. Implants of second group are associated with a lower risk of iatrogenic neurovascular injury than implants with high compression.

#### PODEKOVÁNÍ

Publikace byla podpořena projektem LO1506 Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.



## LITERATURA

1. Altman D. T., Jones C. B., Roult M. L. Jr.: Superior gluteal artery Injury during iliosacral screw placement. *J. Orthop. Trauma*. 13, 1999: 220–7. – 2. Atılhan D., Bozkurt M., Turanlı S. et al.: Anatomy of the posterior iliac crest as a reference to sacral bar insertion. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 418, 2004: 141–5. – 3. Beck M., Kröber M., Mittlmeier T.: Intraoperative three-dimensional fluoroscopy assessment of iliosacral screws and lumbopelvic implants stabilizing fractures of the os sacrum. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 130, 2010: 1363–69. – 4. Bodzay T., Flóris I., Váradi K.: Comparison of stability in the operative treatment of pelvic injuries in a finite element model. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 131, 2011: 1427–33. – 5. Bodzay T., Sztrinkai G., Gál T. et al.: How bilateral ilio-lumbar fusion increases the stability of horizontal osteosynthesis in unstable pelvic ring injuries? *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 133, 2013: 947–52. doi: 10.1007/s00402-013-1762-1. – 6. Burn M., Gary J. L., Holzman M. et al.: Do Safe Radiographic Sacral Screw Pathways Exist in a Pediatric Patient Population and Do They Change with Age? *J. Orthop. Trauma*. 28, 2015 [Epub ahead of print]. – 7. Culemann U., Oestern H. J., Pohlemann T.: Current treatment of pelvic ring fractures. *Unfallchirurg*. 117, 2014: 145–159. – 8. Dienstknecht T., Berner A., Lenich A. et al.: A minimally invasive stabilizing system for dorsal pelvic ring injuries. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 469, 2011: 3209–17. – 9. Eastman J. G., Chip Roult M. L. Jr.: Correlating preoperative imaging with intraoperative fluoroscopy in iliosacral screw placement. *J. Orthop. Traumatol.* 16, 2015: 309–316. – 10. El Dafrawy M. H., Osgood G. M.: Retrieval of broken iliosacral screws, the power of a push screw. *Injury*. 46, 2015: 1411–16. – 11. Füchtmeier B., Maghsudi M., Neumann C. et al.: The minimally invasive stabilization of the dorsal pelvic ring with the transiliacal internal fixator (TIFI) – surgical technique and first clinical findings. *Unfallchirurg*. 107, 2004: 1142–51. – 12. Gras F., Marintschev I., Wilharm A. et al.: 2D-fluoroscopic navigated percutaneous screw fixation of pelvic ring injuries – a case series. *BMC Musculoskelet Disord.* 7, 11, 2010: 153. – 13. Grechenig S., Gänsslen A., Guerguiev B. et al.: PMMA-augmented SI screw, a biomechanical analysis of stiffness and pull-out force in a matched paired human cadaveric model. *Injury*. 46, Suppl., 2015: S125–S128. – 14. Hao T., Changwei Y., Qiulin Z.: Treatment of posterior pelvic ring injuries with minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis. *Int. Orthop.* 33, 2009: 1435–39. – 15. Heydemann J., Hartline B., Gibson M. E. et al.: Do Transsacral-transiliac Screws Across Uninjured Sacroiliac Joints Affect Pain and Functional Outcomes in Trauma Patients? *Clin. Orthop. Relat. Res.* 15, 2015. – 16. Hong J., Spire W. J., Simmons N. E.: Mini-open Stabilization of a Sacral Fracture. *Neurosurgery*. 72, (1 Suppl. Operat.), 2013: 99–103. – 17. Hopf J. C., Kriegelstein C. F., Müller L. P. et al.: Percutaneous iliosacral screw fixation after osteoporotic posterior ring fractures of the pelvis reduces pain significantly in elderly patients. *Injury*. 46, 2015: 1631–36. – 18. Chen B., Zhang Y., Xiao S. et al.: Personalized image-based templates for iliosacral screw insertions, a pilot study. *Int. J. Med. Robot.* 15, 2012. – 19. Chen H. W., Liu G. D., Fei J. et al.: Treatment of unstable posterior pelvic ring fracture with percutaneous reconstruction plate and percutaneous sacroiliac screws, a comparative study. *J. Orthop. Sci.* 17, 2012: 580–7. – 20. Chen W., Hou Z., Su Y. et al.: Treatment of posteriorpelvic ring disruptions using a minimally invasive adjustable plate. *Injury*. 44, 2013: 975–980. – 21. Iguchi T., Ogawa K., Doi T.: Computed tomography fluoroscopy-guided placement of iliosacral screws in patients with unstable posterior pelvic fractures. *Skeletal Radiol.* 39, 2010: 701–5. – 22. Ilharreborde B., Breitl D., Lenoir T. et al.: Pelvic ring fractures internal fixation, iliosacral screws versus sacroiliac hinge fixation. *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* 95, 2009: 563–7. – 23. Khaled S. A., Soliman O., Wahed M. A.: Functional outcome of unstable pelvic ring injuries after iliosacral screw fixation, single versus two screw fixation. *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* 41, 2015: 387–92. – 24. Kobbe P., Hockertz I., Sellei R. M. et al.: Minimally invasive stabilisation of posterior pelvic-ring instabilities with a transiliac locked compression plate. *Int. Orthop.* 36, 2012: 159–164. – 25. Langfitt M. K., Best B. J., Carroll E. A.: A useful tool for retained washer retrieval when removing iliosacral screws. *J. Surg. Orthop. Adv.* 22, 2013: 330–2. – 26. Lindsay A., Tornetta P., Diwan A. et al.: Is Closed Reduction and Percutaneous Fixation of Unstable Posterior Ring Injuries as Accurate as Open Reduction and Internal Fixation? *J. Orthop. Trauma*. 6, 2015. – 27. Maled I., Velez R., Lopez R. et al.: Pseudoaneurysm of the superior gluteal artery during iliosacral screw fixation. *Acta Orthop. Belg.* 73, 2007: 544–7. – 28. Matta J., Saucedo T.: Internal fixation of pelvic ring fractures. *Clin. Orthop.* 242, 1989: 83–87. – 29. Mehling I., Hessmann M. H., Rommens P. M.: Stabilization of fatigue fractures of the dorsal pelvis with a trans-sacral bar. Operative technique and outcome. *Injury*. 43, 2012: 446–51. – 30. Moed B. R., Geer B. L.: S2 iliosacral screw fixation for disruptions of the posterior pelvic ring, a report of 49 cases. *J. Orthop. Trauma*. 20,

2006: 378–383. – 31. Osterhoff G., Ossendorf C., Wanner G. A. et al.: Percutaneous iliosacral screw fixation in S1 and S2 for posterior pelvic ring injuries, technique and perioperative complications. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 131, 2011: 809–13. – 32. Reilly M. C., Bono C. M., Litkouhi B. et al.: The effect of sacral fracture malreduction on the safe placement of iliosacral screws. *J. Orthop. Trauma.* 17, 2003: 88–94. – 33. Routt J. R., M. L., Kregor P. J. et al.: Early results of percutaneous iliosacral screws placed with the patient in the supine position. *J. Orthop. Trauma.* 9, 1995: 207–214. – 34. Routt M. L., Meier M., Kregor P.: Percutaneous iliosacral screws with the patient supine technique. *Oper. Tech. Orthop.* 3, 1993: 35–45. – 35. Salari, P., Moed B. R., Bledsoe J. G.: Supplemental S1 fixation for type C pelvic ring injuries, biomechanical study of a long iliosacral versus a transsacral screw. *J. Orthop. Traumatol.* 16, 2015: 293–300. – 36. Salášek M., Jansová M., Křen J. et al.: Biomechanical comparison of a transiliac internal fixator and two iliosacral screws in transforaminal sacral fractures, a finite element analysis. *Acta Bioeng. Biomech.* 17, 2015: 39–49. – 37. Salášek M., Pavelka T., Křen J. et al.: Minimally invasive stabilization of posterior pelvic ring injuries with a transiliac internal fixator and two iliosacral screws, comparison of Outcome. *Acta Chir. Orthop. Traumatol. Cech.* 82, 2015: 41–47. – 38. Sa-Ngasoongsong P., Sirisreetreerux, N., Chanplakorn P. et al.: Modification of spinal pedicle screw-plate fixation for bilateral pediatric pelvic ring *Injury* in 2-year-old girl. *J. Orthop. Sci.* 20, 2015: 795–801. – 39. Sciulli R. L., Daffner R. H., Altman D. T. et al.: CT-guided iliosacral screw placement, technique and clinical experience. *AJR Am. J. Roentgenol.* 188, 2007: W181–W192. – 40. Shrestha D., Dhoju D., Shrestha R. et al.: Percutaneous Ilio-Sacral Screw Fixation in Supine Position under Fluoroscopy Guidance. *Kathmandu Univ. Med. J. (KUMJ).* 13, 2015: 56–60. – 41. Schmitz P., Baumann F., Grechenig S. et al.: The cement-augmented transiliacal internal fixator (caTIFI), an innovative surgical technique for stabilization of fragility fractures of the pelvis. *Injury.* 46, Suppl. 4, 2015: S114–S120. – 42. Takao M., Nishii T., Sakai T. et al.: Iliosacral screw insertion using CT-3D-fluoroscopy matching navigation. *Injury.* 45, 2014: 988–994. – 43. Ueno F. H., Pisani M. J., Machado A. N. et al.: Biomechanical study of the sacroiliac fracture fixation with titanium rods and pedicle screws. *Acta Ortop. Bras.* 23, 2015: 154–7. – 44. Verbeek J., Hermans, E., van Vugt A. et al.: Correct positioning of percutaneous iliosacral screws with computer-navigated versus fluoroscopically guided surgery in traumatic pelvic ring fractures. *J. Orthop. Trauma.* 30, 2015. – 45. Vigdorchik J. M., Jin X., Sethi A. et al.: A biomechanical study of standard posterior pelvic ring fixation versus a posterior pedicle screw construct. *Injury.* 46, 2015: 1491–6. – 46. Wu T., Chen W., Zhang Q. et al.: Biomechanical Comparison of Two Kinds of Internal Fixation in a Type C Zone II Pelvic Fracture Model. *Chin. Med. J. (Engl).* 128, 2015: 2312–17. – 47. Zheng Z., Zhang Y., Hou Z. et al.: The application of a computer-assisted thermoplastic membrane navigation system in screw fixation of the sacroiliac joint – A clinical study. *Injury.* 43, 2012: 495–9. – 48. Zheng Z. M., Yu B. S., Chen H. et al.: Effect of iliac screw insertion depth on the stability and strength of lumbo-iliac fixation constructs, an anatomical and biomechanical study. *Spine (Phila Pa 1976).* 34, 2009. – 49. Zwingmann J., Konrad, G., Kötter E. et al.: Computer-navigated iliosacral screw insertion reduces malposition rate and radiation exposure. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 467, 2009: 1833–38.

Adresa autora: M. S., Alej Svobody 1655/76, 304 60 Plzeň