

**Univerzita Karlova
Lékařská fakulta v Plzni**

Disertační práce

Plzeň, 2021

MUDr. Drahomíra Weisová

**Univerzita Karlova
Lékařská fakulta v Plzni**

Studijní program: Ortopedie

Spinopelvická fixace při řešení zlomenin pánevního kruhu (typy fixace, indikace, funkční výsledky, mechanické charakteristiky)

Treatment of pelvic ring fracture using spinopelvic fixation (types of fixation, indications, functional results, mechanical characteristics)

Školitel: doc. MUDr. Tomáš Pavelka, Ph.D.

Plzeň, 2021

MUDr. Drahomíra Weisová

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracovala samostatně pod vedením školitele a že jsem uvedla a citovala všechny použité prameny literatury.

Dále prohlašuji, že jsem nebyla operátorkou u pacientů, kteří byli zařazeni do souboru. Dané operace prováděli následující operatři: MUDr. Jaroslav Belatka, doc. MUDr. Jiří Matějka, Ph.D. a doc. MUDr. Jaroslav Zeman, Ph.D. Pooperační klinická hodnocení a zpracování klinických dat jsem prováděla samostatně stejně jako hodnocení dislokací na rtg snímcích. V našem souboru jsem aktivně asistovala u 3 operací, v jednom případě jsem provedla stabilizaci poraněného předního segmentu pánve.

V případě biomechanické studie jsem spolupracovala na její metodice. Statistické zpracování dat z biomechanické studie a našeho souboru jsem prováděla s pomocí kolegy MUDr. Martina Saláška, Ph.D. Software pro výpočty na konečnoprvkovém modelu a pro analýzu při validaci konečnoprvkového modelu vytvořil as. Ing. Libor Lobovský, Ph.D. ve spolupráci s prof. Ing. Jiřím Křenem, CSc. z výzkumného centra NTIS na Fakultě aplikovaných věd, ZČU v Plzni. Zpracování biomechanické části jsem prováděla s jejich pomocí.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Plzni dne 31. 10. 2021

Drahomíra Weisová

Obsah

I	Úvod.....	9
II	Cíl práce	11
III	Obecná část	12
1	Epidemiologie a mechanismus úrazu	12
2	Anatomie a funkce pánve	12
3	Důsledky působení úrazového násilí	16
4	Vyšetřovací metody.....	16
5	Klasifikace	17
5.1	Klasifikace Tileova	18
5.2	Klasifikace Youngova a Burgessova.....	19
5.3	Klasifikace zlomenin pánve dle AO.....	19
5.4	Klasifikace Denisova.....	21
5.5	Klasifikace Pohlemannova.....	22
5.6	Klasifikace Roy-Camilleho/Strange-Vognsen a Lebechova.....	22
5.7	Klasifikace Islerova.....	23
5.8	Klasifikace morfologická	24
5.9	Klasifikace otevřených zlomenin Jonesova	24
5.10	Klasifikace otevřených zlomenin Bircherova a Hargroveova.....	24
6	Základní léčebná opatření.....	25
7	Primární ošetření poraněné pánve	26
8	Indikace definitivního ošetření	28
9	Operační přístupy	29
IV	Základní biomechanika, typy stabilizace	30
1	Biomechanika pánve.....	30
2	Přenos sil přes klenbu	31
3	McCord pivot point	32
4	Zóny pevnosti na zadním segmentu	33
5	Cílení šroubů spinopelvické fixace.....	33
6	Používané techniky stabilizace pánve	33
7	Používané techniky stabilizace páteře, vývoj a přehled spinopelvických fixací.....	36
8	Typy používaných spinopelvických fixací.....	37
8.1	Triangulární osteosyntéza	38
8.2	Lumbopelvická fixace s užitím iliakálních šroubů	38
8.3	Lumbopelvická fixace s užitím S2AI šroubů.....	38

8.4	Sakroiliakální tyčová fixace	39
9	Principy repozice a osteosyntézy pro spinopelvická poranění	39
V	Klinická a experimentální část	43
1	Náš soubor	43
2	Pooperační sledování, RHC.....	48
3	Komplikace v našem souboru a trvalé následky	48
4	Hodnocení a statistické zpracování našeho souboru	51
5	Experiment na modelu, materiál, metodika a výsledky.....	72
VI	Diskuse	82
VII	Závěr.....	93
VIII	Použitá literatura	96
IX	Seznam obrázků a tabulek.....	107
X	Použité zkratky.....	109

I Úvod

V České republice je dle Ústavu zdravotnických informací a statistiky každoročně evidováno na 430 000 zlomenin. V Plzeňském kraji bylo, dle aktuálních údajů ročenek Českého statistického úřadu, v roce 2019 ošetřeno bezmála 32 tisíc zlomenin (5425 na 100 000 obyvatel), což znamenalo 5. místo v ČR (v přepočtu na počet obyvatel dokonce 2. místo za krajem Pardubickým). Příčinou je rostoucí agresivita dopravy, zvýšené životní tempo, ale i neopatrnost a snížená mobilita lidí ve vyšším věku. Úraz vznikající v řádu několika sekund způsobí komplikace v trvání mnoho týdnů a měsíců a vždy představuje zdravotní i sociální problém. Mezi nejzávažnější následky úrazů můžeme zařadit zlomeniny v oblasti pánve. I přes technické pokroky ve vyšetřování a léčbě zůstávají tyto zlomeniny složitým medicínským i technickým problémem. Jejich léčení bývá často velmi komplikované a končí trvalými následky, nezřídka i smrtí. Legendární věta, byť historická: „se zlomeninou pánve krváčí do smrti, se zlomeninou acetabula kulhá do smrti“ [Marvin Tile], je mementem i v současnosti.

Poranění pánevního kruhu postihuje zásadní nosný článek celého těla. Vyskytuje se typicky buď v mladém věku vzniklé vysokoenergetickým úrazem [15, 69, 75, 89], nebo u seniorů vzniklé po prostém pádu [21, 105]. Vysokoenergetická traumata pánevního kruhu jsou součástí sdružených traumat či polytraumat a vykazují rotační a často i vertikální nestabilitu. Vysokoenergetický úraz může způsobit i izolované poranění sakra a lumbosakrálního přechodu se spinopelvickou disociací, s četností výskytu 2,9–3,1 % [51, 52, 67]. Úraz složitý s obtížným řešením, téměř vždy následovaný poraněním neurologických struktur [109].

Rozdílný, u výše uvedených dvou skupin pacientů, je mechanismus úrazu, kvalita kosti a vedení terapeutického procesu. Ke správnému způsobu léčení potřebujeme zlomeninu správně diagnostikovat, klasifikovat, ovládat způsoby repozici a fixace [72]. Vždy je potřeba obnovit pevnost a nosnost především zadního segmentu pánve. Dosáhnout plné mobility a minimalizovat následky. Konzervativní léčba je indikována u minimálně dislokovaných zlomenin, nebo u polymorbidních pacientů, kdy riziko operačního výkonu je příliš vysoké [33, 74, 89]. Operační léčba je indikována u dislokovaných zlomenin, zajistí obnovu anatomických poměrů, stabilizaci fragmentů a umožní brzkou mobilizaci [89, 105]. Může být prováděna zavřenou repozicí se zavedením šroubů pod kontrolou rtg, CT, nebo i navigace. Taková metoda je preferována u zlomenin osteoporotických, kde obnova stability je prioritní nad přesnou

repozicí a je vedena zpravidla miniinvazivně [83]. Otevřenou repozicí a vnitřní fixací lze použít v případě úrazů vysokoenergetických, při výrazné dislokaci nebo při neúspěchu zavřené repozice. Řešení vertikální nestability je však výzvou i pro zkušené traumatology. Fixační techniky zadního pánevního segmentu prošly za poslední desítky let vývojem, tak aby optimálně vzdorovaly střižným silám [109]. Publikovaných dat však není mnoho, protože soubory s větším množstvím pacientů se ve světové literatuře objevují zřídka.

II Cíl práce

Zlomeniny pánevního kruhu s vertikální nestabilitou a zlomeniny křížové kosti se spinopelvicou nestabilitou představují technický, medicínský ale i sociálně – ekonomický problém.

Cílem práce je nalézt souvislosti mezi tvarem a stavbou křížové kosti, statikou i dynamikou pánevního kruhu a lumbosakrálního přechodu. Získat poznatky nejen z našeho souboru pacientů ošetřených spinopelvicou fixací a souborů publikovaných v literatuře, ale i z experimentu na konečnoprvkovém modelu. Na základě těchto informací vyvodit závěry a poznat limity léčebného postupu. Predikovat pevnost používaných montáží a kombinací implantátů a analyzovat vlastní i sdílené komplikace.

III Obecná část

1 Epidemiologie a mechanismus úrazu

Zlomeniny v oblasti pánve tvoří jen kolem 3-9 % všech zlomenin [30, 82] a jejich incidence je 23 pacientů na 100 000 obyvatel a rok [7]. Jak uvedli Džupa a kol., poranění pánevního kruhu ze všech ošetřených zlomenin bylo ve vlastním souboru roku 2004 1,9 % [25]. Z hlediska energie násilí, která se podílí na vzniku úrazu, dělíme úrazy na vysokoenergetické a nízkoenergetické. Vysokoenergetické úrazy jsou typické pro mladší aktivní pacienty ve věku kolem 40 let a hlavními příčinami jsou dopravní nehody, střet chodce s dopravním prostředkem nebo pády z výšky, či zavalení břemenem. Nízkoenergetická poranění vznikají prostými pády a jsou typická pro starší pacienty nad 60 let [83]. Jako příčina je zmiňována osteoporóza.

2 Anatomie a funkce pánve

Praktičnosti kostěné soustavy je dosaženo evolucí a funkční adaptací. Evolucí v průběhu fylogeneze vznikly mechanicky výhodné a účelné tvary, bez působení gravitace a svalové práce. Funkční adaptací postnatálně nastalo utváření tvaru a struktury kosti i mohutnosti svalů působící zátěží [9]. Typický tvar pánve je založen začátkem 3. měsíce fetálního vývoje a dále roste pod vlivem funkční adaptace.

Pánev je tvořena třemi párovými kostmi (os ilium, os ischium a os pubis během růstu srostlé v os coxae) a dále nepárovými os sacri a os coccygis. Pohyblivé části pánve jsou vzadu sakroiliakální klouby a vpředu spona stydká [9, 14].

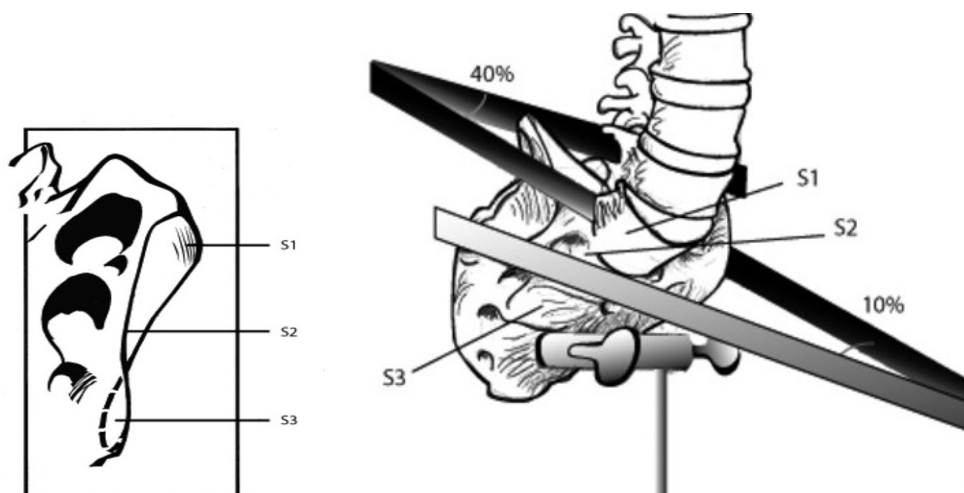


Obrázek 1 CT rekonstrukce křížové kosti (pohled zředu, zezadu, shora)

Největšími kostmi celé pánve jsou párové kosti kyčelní (ossis ilii). Kraniaální částí kyčelní kosti je lopata, nese konvexní facies auricularis pro sakroiliakální kloub, dorsálně je drsnatina tuberositas iliaca pro úpon vazů, kraniaální okraj lopaty tvoří hřeben crista iliaca. Ventrálně jsou dva trny spina iliaca anterior superior a inferior. Dorsálně jsou rovněž dva trny a kaudálně od nich zářez – incisura ischiadica major pokračující na kost sedací. Kost sedací (os ischium), je tvořena tělem, a distálně směřujícím sedacím hrbolem. Nejsubtilnější kostí je kost stydká (os pubis), je tvořena tělem a horním (stydké) a dolním (sedací) raménkem, která obkružují foramen obturatum, uzavřené membránou s ventrokraniaálním kanálem. Zevně se na spojnici všech tří pánevních kostí formuje acetabulum, které tvoří jamku kyčelního kloubu [9]. Ventrálně se obě stydké kosti setkávají ve sponě stydké, symfýze, tvořené vazivovou chrupavkou a interpubickým diskem. Okraje symfýzy jsou zesíleny vazy lig. arcuatum pubis resp. lig. pubicum superius. Dorsálně jsou dva klouby sakroiliakální, s tuhým kloubním pouzdrém, takřka pokračujícím periostem, pro spojení s křížovou kostí.

Křížová kost (sakrum) je kyfotického tvaru, nepárová, srostlá z původně pěti obratlů, distálně s připojenou kostrčí. Má roli klíčového kamenu, který spojuje obě dvě poloviny pánve, na které přenáší zatížení trupu. Po obou stranách sakra jsou popisovány partes (massae) laterales ossis sacri (klinicky alae ossis sacri), původně příčné výběžky obratlů. V úrovni S1–3 jsou kloubní plochy facies auricularis pro SI kloub. Anatomie kloubu je velice variabilní a tvar se od dětství do dospělosti výrazně mění. Kloubní plocha na kosti křížové je konkávní často spíše tvaru L, kyčelní část je převážně konvexní a tvaru spíše C. Povrch SI kloubu lze rozdělit na tři části (tři etáže S1 až S3). Část S1 je největší, ve vzpřímeném postoji (kdy je sakrum nakloněno dopředu) je oproti ostatním umístěna ventrálně a její kloubní plochy svírají úhel 40 st. V etáži S2, která je uprostřed, svírají kloubní plochy úhel 25 st. a v etáži S3, která je při vzpřímeném stoji uložena dorsálně, svírají kloubní plochy

úhel -10 st. To znamená, že u dospělých jedinců tvar kloubní plochy připomíná vrtuli a kost se v S1 zužuje dorsálně, zatímco v etáži S3 se zužuje ventrálně [24, 101, 112].



Obrázek 2 Vlevo tvar kloubní plochy sakra, vpravo sklon kloubních ploch v etáži S1 až S3 (převzato [113])

Předozadní průměr sakra se zužuje rychle od S1 k S2 u žen ze 47 na 28 mm a u mužů z 50 na 31 mm [113]. Sakrum je tvořeno většinou spongiózní kostí, zvýšenou hustotu kosti má v sakrálních alách a zejména v promontoriu. Proto je nejpevnější, pokud pedikulární šrouby směřují ke střední linii. Na zadní straně kosti rozlišujeme podélné hřebeny a vpředu příčné. Spojení s páteří a pánví je udržováno systémem vazů, které zesilují kloubní pouzdro a stabilizují lumbosakrální přechod. SI kloub zpevňuje přední, interesseální a zadní sakroiliakální vaz. Systém vláken vazů při pohybu efektivně svírá křížovou kost mezi obě kosti kyčelní. Přední sakroiliakální vaz (tenká, ale široká vrstva) je rozepjatý mezi ventrálním povrchem massae laterales sakra (v úrovni S1,2) a kyčelními kostmi. Tvoří ventrální pouzdro SI kloubu, které je relativně tenké s často přítomnými defekty [113]. Interosseální sakroiliakální vaz (velmi silný) je rozsáhlý a nejsilnější. Má nejrozsáhlejší kostěný začátek (od tuberositas sacralis pokračuje na tuberositas iliaca na kosti kyčelní) a celkový objem. Poskytuje stabilitu ve všech směrech pohybu [102]. Zadní sakroiliakální vaz (naléhá na interesseální z dorsální strany) je rozepjatý od hřebenů křížové kosti šikmo k SIPS na kosti kyčelní. Dále popisujeme iliolumbární vaz (lig. iliolumbale), což je velký a silný vějířovitý vaz procházející bočně od příčných výběžků posledních dvou bederních obratlů a pokračuje do kyčelního hřebene a pouzdra SI kloubu. Jeho hlavní funkcí je zpevnit segment LS přechodu při úklonu do stran. V neposlední řadě jsou vazy sakrospinální a sakrotuberální, které zesilují pánevní dno a zvyšují stabilitu pánevního kruhu.

Na úrovni S2 jsou jako extrakapsulární fibrokartilaginózní artikulace popisovány akcesorní SI klouby, jakési biomechanické vylepšení. V etáži S2 je předpokládána osa SI kloubu pro naklápěcí pohyby sakra (nutace a kontranutace). Akcesorní kloub leží dorsálně od hlavní kloubní plochy SI kloubu, a stejně jako hlavní SI kloub má konvexitu na kyčelní kosti a konkavitu na sakru. Jeho kongruence je však velmi špatná a často obsahuje nitrokloubní diskus [6, 108].

V přirozeném stoji je sakrum v lehkém předklonu s připojenou bederní páteří v lordóze. SI klouby jsou takto ve stabilní nejbezpečnější pozici. Stabilitu SI kloubů ovlivňuje tvar křížové kosti (klenák v klenbě), drsnost kloubních povrchů a pevnost vazů. Součinností výše uvedené vzniká kompresní síla jako reakce na gravitační zatížení [1, 2, 53, 111].

Páteřním kanálem sakra pokračuje z vyšších etází durální vak, který končí v úrovni S2 u více než 40 % zdravých dospělých [72], Pohlemann a kol. [79] dokonce tvrdí, že u 84 %. Dále pokračují nervové kořeny, které vybíhají z kanálu ventrálně skrze foramina a vyplňují u kořene S1 a S2 asi 1/3–1/4 prostoru foramina, zatímco u S4 jen 1/6 foramina [79]. Před sakrem formují sakrální plexus, který po připojení větví L4 a L5 tvoří lumbosakrální plexus. Obsahuje i parasympatická vlákna ke kontrole funkce svěračů a pánevních orgánů.

Na každé polovině pánve začíná 22 svalů, které zajišťují pohyb v kyčelním kloubu (svaly kyčelní a stehenní) [9] a další svaly břišní a zádové se zde upínají, tyto se podílejí na udržení vzpřímeného postoje, fixace a rotací trupu. Nejdálněji nalézáme svaly pánevního dna, diafragma pelvis, resp. urogenitale. Jde o přepážky tvořené ligamenty a svaly hráze a nezbytnými sfinktery.

Kostěná pánev tvoří pevnou schránku pro několik orgánových soustav. Z nervových struktur zejména plexus lumbalis, který vysílá motorické a senzitivní nervy do trupu a dolních končetin. Plexus sacralis, jež je největší nervovou pletení v těle a zajišťuje motorickou a senzitivní inervaci gluteální oblasti. Plexus coccygeus (S4-S5) je pleteň motoricky a senzitivně inervující pánevní dno. Dále obsahuje sakrální a kokcygeální ganglia sympatiku a sakrální parasympatikus. Tepenné řečiště pánve je tvořené dvěma arteriae iliaca communis a nepárovou a. sacralis mediana. V místě SI skloubení v malé pánvi oboustranně dochází k dělení společné iliky na a. iliaca interna et externa. A. iliaca interna se dělí v parietální a viscerální větve. A. iliaca externa prochází pod peritoneem po vnitřní straně m. psoas major a dále vybíhá na dolní končetinu jako a. femoralis. Odtok krve je veden žilním řečištěm s pleteněmi

v okolí pánevních orgánů (paravesikálních a presakrálních) pokračující jako viscerální přítoky v. iliaca interna. I parietální žilní přítoky sledují tepenné řečiště, stejně jako v případě v. iliaca externa. Obě společné ilické vény a v. sacralis mediana se vlévají do vena cava inferior. Uvnitř pánve jsou i orgány trávicího, močového a pohlavního ústrojí [14].

3 Důsledky působení úrazového násilí

Pánev je kruhová struktura, kde funkčně rozlišujeme přední a zadní segment. Při přenosu působících sil je důležitější zadní segment, tj. zadní část lopat kyčelních, oba SI klouby a sakrum. Přední segment důsledky působících sil neutralizuje. Je-li působící síla vyšší než mez pevnosti kostí a vazů pánve, dojde k poranění. Velikost, místo působení a směr takové síly určuje míru nestability, velikost dislokace a typ poranění. O nestabilním zranění hovoříme, pokud i fyziologické zatížení způsobí deformaci pánevního kruhu [25]. K nestabilitě dochází i při poškození zadních SI vazů a vazů pánevního dna (lig. sacrospinale, lig. sacrotuberale) [41]. Rozlišujeme nestabilitu horizontální a vertikální. Vertikálně nestabilní poranění patří k těm nejzávažnějším, nastává, pokud jsou poraněné oba segmenty. Výsledná nestabilita je v obou směrech [109]. Klinické a radiologické příznaky jsou rozhodující v rozlišení stabilní/částečně nestabilní/kompletně nestabilní.

4 Vyšetřovací metody

Tak jako u každého zranění i u poranění pánve je diagnostický proces klíčem k dalšímu postupu. Je rozhodujícím ve volbě terapie, přístupu, typu OS a jejím provedení.

Klinické vyšetření začíná anamnézou – zjišťujeme okolnosti úrazu, jeho mechanismus a způsob vzniku. Dotazujeme se zraněného nebo svědků, je-li to možné. Sledujeme zřejmé deformity, malrotace nebo zkrat končetin, otoky a prokrvácení měkkých tkání, otevřené rány a jejich spodinu, prokrvení, cití a hybnost periferie a celkový stav pacienta. Vyšetřujeme zraněného, hledáme hematomy, oděrky, decollement podkoží, obouručným stiskem posuzujeme krepitaci či nestabilitu v oblasti lopat či symfýzy, zkusíme hybnost v kyčelních kloubech. Nezapomínáme ani na hrudník, břicho a všechny končetiny [25].

Z grafických metod je nejdostupnější ultrasonografické vyšetření (sono), je neinvazivní metodou umožňující snadnou detekci volné tekutiny v dutině břišní a hrudníku. Je použita jako

první po příjezdu pacienta do traumacentra, ve schématu FAST k průkazu volné tekutiny ve čtyřech prostorách: v peritoneální dutině, retroperitoneu, pánvi a pleurální dutině, jakož i perikardu. Při jeho správném zvládnutí je hotové do 2 minut [90]. USG je možné zopakovat bez zatěžování pacienta [39]. Následuje rentgenové skiagrafické vyšetření, tj. přehledný snímek pánve v AP projekci a po sklonění rentgenky i ve vchodové a východové projekci (Penalovy). Jsou možné i další projekce se sklonem paprsku v transversální rovině (Letourne-logy) [39]. Výpočetní tomografie (CT), která následuje téměř vždy, poskytuje ucelený obraz poranění. Pacient je rychle a kompletně vyšetřen bez nutnosti změnit polohu, při použití kontrastní látky lze odhalit případný zdroj krvácení v pánevní oblasti, dovolí posoudit i močové cesty a nitrobrříšní orgány. Získaný 3D obraz napomáhá rozpoznání průběhu lomných linií, usnadňuje prostorovou orientaci i volbu operačního přístupu, dostaneme přesné informace o stavu zadního segmentu. Vyšší radiační zátěž je vyvážená vysokou výpovědní hodnotou CT [39].

Metodou, která není při vyšetření používána rutinně v první fázi, je magnetická rezonance. Je přínosem při diagnostice poranění plexů či nervových kořenů, pokud je na periférii neurologický deficit. Možnost pooperačního zhodnocení je limitována použitým OS materiálem. Angiografie (AG, resp. CT AG) je využívána při kombinovaném poranění pánve a acetabula s krvácením z cév v malé pánvi. Embolizace krvácející tepny je metodou volby u hemodynamicky nestabilních pacientů [25, 39].

5 Klasifikace

Ideální klasifikační systém by měl usnadnit: identifikaci zranění, volbu terapeutického postupu a predikci hrozící mortality, formulaci léčebné strategie a porovnání výsledků léčby.

Klasifikace pánevních zlomenin prochází vývojem, je ovlivněna nejrůznějšími vlivy a formulována vždy s ohledem na aktuální míru poznání (anatomie, stabilita, mechanismus úrazu, léčebné plánování ap.). Některé z klasifikačních systémů, i jejich (postupně řadou autorů) doplňovaná a zpřesňovaná schémata do aktuálně nejvíce používaných jsou rámcově níže uvedeny. Základ tvoří Tileova, Youngova a Burgessova a AO klasifikace s dalším rozpracováním Denisem, Roy–Camillem, Pohlemannem, Islerem, Strange–Vognsehnem, Lebechem. Otevřené zlomeniny popisuje klasifikace Jonesova, nebo Bircherova a Hargroveova.

Pennal a spol. rezebírali mechanismy úrazového násilí. Zjistili, že přenos sil a zatížení zajišťuje zadní segment, zatímco přední segment se podílí na neutralizaci těchto sil. Popsali, že směr a lokalizace působení úrazového násilí určují typ poranění. Formulovali principy, že dojde-li v kruhové struktuře k poranění s dislokací v jednom segmentu, musí být poranění i na protilehlé straně, a že výsledná nestabilita a velikost dislokace závisí na velikosti úrazového násilí [75].

Klinické a radiologické příznaky jsou rozhodující v rozlišení stabilní/částečně nestabilní/kompletně nestabilní.

5.1 Klasifikace Tileova

Publikována v r. 1988 a v r. 1995 upravena do podoby aktuálně používané [106].

Typ A (stabilní) zlomeniny bez postižení pánevního kruhu a s postižením pánevního kruhu s minimální dislokací:

A1 avulzní zlomeniny; A2 zlomeniny lopaty kyčelní kosti bez porušení pánevního kruhu nebo nedislokované a minimálně dislokované zlomeniny pánevního kruhu; A3 příčné zlomeniny sakra.

Typ B (částečně stabilní – rotačně nestabilní, vertikálně stabilní) zlomeniny s nekompletním poraněním zadního segmentu bez vertikální nebo dorsální dislokace pouze se zevně rotační nebo vnitřně rotační dislokací:

B1 zevně rotační poranění s otevřením předního segmentu a intaktními zadními sakroiliackými vazy; B2 laterálně kompresní poranění s impakcí v zadním segmentu bez poranění zadních sakroiliackých vazů; B3 oboustranné poranění typu B.

Typ C (nestabilní – rotačně a vertikálně nestabilní) zlomeniny s kompletní nestabilitou zadního segmentu danou kompletním poškozením zadních sakroiliackých vazů i vazů pánevního dna a ventrálním poraněním symfýzy, dvou či čtyř ramének stydkých kostí:

C1 unilaterální poranění zadního segmentu typu C; C2 bilaterální poranění zadního segmentu, typu C na jedné a typu B na druhé straně; C3 bilaterální poranění zadního segmentu typu C.

5.2 Klasifikace Youngova a Burgessova

Publikována v r. 1986 a používána zejména v USA. Respektuje Pennalovy zásady, podle směru působení popisuje čtyři skupiny zlomenin [115].

APC („anterior–posterior compression“ zlomeniny z předozadního násilí), kdy nastává symfyzeolýza nebo longitudinální zlomenina ramének stydkých kostí:

I diastáza vpředu do 2,5cm nebo SI kloubu ventrálně, pouhé natažení (bez ruptury) ligament;
II rozšíření vpředu více než 2,5 cm, rozšíření SI kloubu vpředu, roztržení lig. SI anterior, lig. sacrotuberale a lig. sacrospinale, intaktní lig. SI posterior; III kompletní roztržení SI kloubu s laterální dislokací.

LC („lateral compression“ zlomeniny z laterální komprese) transversální zlomenina raménka stydké kosti, ipsilaterální nebo kontralaterální k poranění zadního segmentu:

I komprese sakra na straně nárazu; II polokruhová zlomenina (iliackého křídla) na straně nárazu; IIA s rupturou lig. sacroiliacum anterior; IIB se zlomeninou kyčelní kosti a intaktními vazy pánevního dna; III LC-I nebo LC-II na straně nárazu, kontralaterální APC léze.

VS („vertical shear“ zlomeniny z vertikálního střížného násilí) symfyzeolýza nebo vertikální dislokace v předním a zadním segmentu, obvykle napříč SI kloubem, zřídka napříč iliackým křídlem nebo sakrem. Kompletně nestabilní.

CM („combined mechanical“ kombinované nebo nezařaditelné typy) kombinace jiných typů poranění (dvou nebo tří), nejběžněji LC/VS. Kompletně nestabilní.

5.3 Klasifikace zlomenin pánve dle AO

Současná podoba byla představena Müllerem a spol. v roce 1998 [66]. Přesně definuje typy zlomeniny a stabilitu. v alfanumerickém systému je pánevní kruh označen číslem 61. Klasifikace uvádí tři základní typy zlomenin: A zlomenina stabilní, s intaktním zadním segmentem, typ B částečně stabilní, nekompletní poranění zadního segmentu a typ C kompletně nestabilní, s úplným postižením zadního segmentu. Základní typy jsou rozděleny na 9 skupin a 26 podskupin (B1 jen dvě podskupiny) [105]. AO klasifikace rozděluje zlomeniny pánevního kruhu, ale ne úplně popisuje zlomeniny sakra.

A zadní segment intaktní, stabilní léze.

A1 zlomeniny inominátních kostí, avulze.

A1.1 avulzní poranění; A1.2 zlomenina okraje lopaty kosti kyčelní; A1.3 zlomeniny sedací kosti.

A2 zlomeniny inominátních kostí, přímým úderem.

A2.1 zlomenina laterální části lopaty; A2.2 jednostranná zlomenina stydkých ramének nebo transpubická léze; A2.3 oboustranná zlomenina stydkých ramének nebo transpubická léze bez dorzálního segmentu.

A3 transversální zlomeniny sakra a kostrče.

A3.1 zlomenina kostrče s dislokací nebo dislokace v sakrokokcygeálním kloubu; A3.2 příčná zlomenina dolní části sakra bez dislokace; A3.3 příčná zlomenina horní části sakra s dislokací obvykle s častou přítomností neurologické léze.

B nekompletní roztržení zadního segmentu, částečně stabilní léze.

B1 unilaterální, zevně rotační „open book“.

B1.1 zevně rotační „open book“ poranění s rozstupem symfýzy a poraněním jednoho SI kloubu; B1.2 zevně rotační netypická léze se zlomeninou sakra.

B2 unilaterální vnitřně rotační „lateral compression“.

B2.1 laterálně kompresní vnitřně rotační poranění s kompresí massa lateralis sacri a kompresí ventrálního segmentu; B2.2 laterálně kompresní vnitřně rotační poranění s parciální SI luxací nebo SI luxační zlomeninou; B2.3 laterálně kompresní vnitřně rotační poranění s nekompletní zlomeninou zadní částí lopaty kosti kyčelní.

B3 bilaterální poranění.

B3.1 oboustranně zevně rotační „open book“ poranění s rozstupem symfýzy a poraněním obou SI kloubů; B3.2 oboustranné poranění, kdy jedna strana je typu B1 a druhá strana typu B2; B3.3 oboustranné poranění typu B2 („laterální komprese“).

C kompletní poranění zadního segmentu, nestabilní léze.

C1 unilaterální poranění, kontralaterálně intaktní.

C1.1 vertikální zlomenina zadní části lopaty případně zasahující a parciálně dislokující SI kloub a ipsilaterální zlomenina obou ramének nebo symfyzeolýza; C1.2 kompletní ligamentózní léze SI kloubu a ipsilaterální zlomenina obou ramének nebo symfyzeolýza; C1.3 vertikální zlomenina sakra a ipsilaterální zlomenina obou ramének nebo symfyzeolýza.

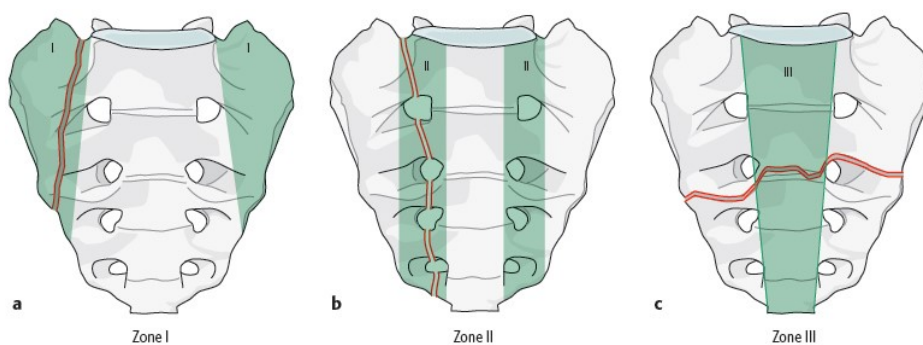
C2 unilaterálně kompletní léze, kontralaterálně nekompletní léze.

C2.1 C1.1 na jedné straně a B1 nebo B2 na druhé straně; C2.2 C1.2 na jedné straně a B1 nebo B2 na druhé straně; C2.3 C1.3 na jedné straně a B1 nebo B2 na druhé straně.

C3 bilaterálně kompletní léze.

C3.1 C1.1 na obou stranách, sakrum a SI klouby jsou intaktní; C3.2 C1.1 nebo C1.2 na jedné straně a C1.3 na druhé straně; C3.3 C1.3 na obou stranách.

5.4 Klasifikace Denisova



Obrázek 3 Denisova klasifikace (převzato dle AO[66])

Denis publikoval klasifikaci dle umístění linie lomu vzhledem k sakrálním foraminům, kdy není důležitý její směr. Rozšiřuje popis zlomenin sakra v AO klasifikaci nebo jsou-li izolované [22]. Denisova klasifikace vnímá souvislost mezi typem zlomeniny a rizikem vzniku neurologického poranění. Neuvažuje však o dislokaci ve více rovinách a nepovažuje páteř, sakrum a ilické kosti jako biomechanickou funkční jednotku [31].

Zóna I: Laterální. Zlomenina postihuje sakrální alae, ale ne foramina.

Zóna II: Transforaminální. Zlomenina postihuje foramina, ale ne sakrální kanál.

Zóna III: Centrální. Zlomenina postihuje centrální část kosti, sakrální kanál, sem řadíme i všechny příčné zlomeniny.

5.5 Klasifikace Pohlemannova

Publikována v r. 1992. Rozlišuje 9 různých průběhů linií lomu. Rozšířil původní Denisovu klasifikaci typy I až III – nejprve nazývané Denis/Hannover I, II, III [76, 79].

Typ 0 (avulzní) poranění je mimo SI kloub – avulze sakrospinálního nebo sakrotuberálního vazů.

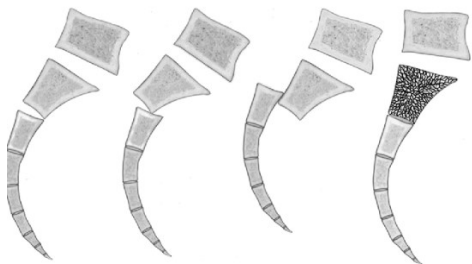
Typ I (transalární); Ia avulzní často součást transsакrální luxace SI kloubu, Ib kompletní transalární – často kompresní zlomeniny massa lateralis.

Typ II (transforaminální); IIa zlomenina nad S2 – dále distálně linie lomu pokračuje laterálně; IIb zlomenina pokračuje i pod S2 – zpravidla do S3, ale obvykle všechna foramina distálněji.

Typ III (centrální); IIIa vertikální – linie lomu probíhá podélně; IIIb příčná – linie lomu probíhá příčně; IIIc šikmá – linie lomu probíhá šikmo.

Typ IV (oboustranná).

5.6 Klasifikace Roy-Camilleho/Strange-Vognsen a Lebechova



Obrázek 4 Roy-Camilleho klasifikace (převzato [87])

V roce 1985 je Roy-Camille nazval „jumpers fracture“ [87] a rozdělil je do tří skupin podle posunu v sagitální rovině. Posléze Strange-Vognsen a Lebech klasifikaci doplnili o 4. typ [47]. Klasifikace je rozpracováním skupiny poranění Denis III, kdy vysokou příčnou zlomeninu tvaru u (v úrovni SI skloubení) dále dělí na 3 resp. 4 typy.

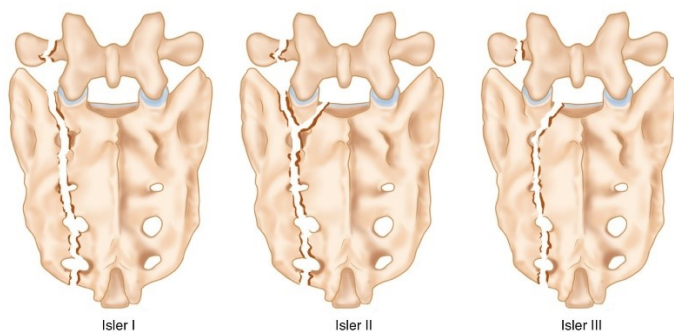
Typ 1: přední kortika sakra je porušená, sakrální kyfóza zvětšená, zadní kortika neporušená (intrasakrální flexe).

Typ 2: obě kortiky jsou porušené; horní fragment sakra se dislokuje horizontálně a sklání dozadu (zadní dislokace)

Typ 3: obě kortiky jsou poraněné a horní část sakra se posouvá dopředu (přední dislokace). Kompletní spinopelvická disociace, typicky nastává v etáži S1/S2. Současně nastává rotace a/nebo kraniální posun pánve.

Typ 4: nastává tříštivou zlomeninou těla obratle S1

5.7 Klasifikace Islerova



Obrázek 5 Islerova klasifikace (převzato [41])

Publikována v r. 1990. Rozpracoval skupinu poranění Denis II, kde poukázal na častý výskyt zlomeniny příčného výběžku L5 [41].

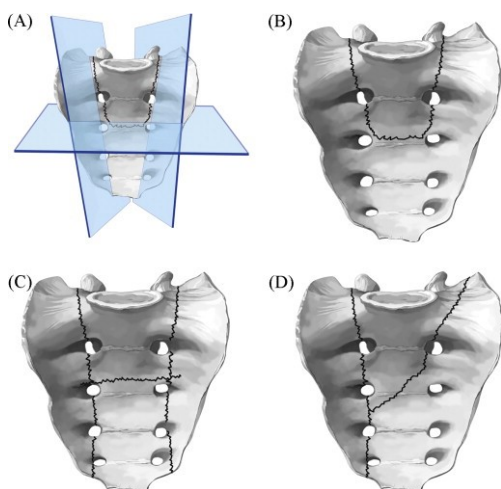
Isler klasifikuje lumbosakrální zranění na základě hlavní linie lomu zahrnující lumbosakrální spojení ve vztahu k L5/S1 fasetárnímu kloubu, což potenciálně ovlivňuje lumbosakrální stabilitu. Jako první považoval oboustrannou zlomeninu typu 3 za spinopelvickou disociaci [31].

Typ 1 extraartikulární poranění L5/S1, bez známek lumbosakrální nestability.

Typ 2 artikulární poranění L5/S1: a luxační zlomenina, b subluxace, c kompletní luxace.

Typ 3 komplexní poranění při zlomenině pediklu společně se zlomením oblouku L5 a dolního kloubního výběžku L4, resp. lézí pars interarticularis L5.

5.8 Klasifikace morfologická



Obrázek 6 Morfologická klasifikace (převzato [87])

Rozšiřují popis zlomeniny sakra dle tvaru linie lomu. Týká se zlomenin zóny Denis III. H, U, T, λ nebo Y typ [87].

5.9 Klasifikace otevřených zlomenin Jonesova

Publikována v r. 1997. Rozlišuje 3 třídy. Třída 1 stabilní otevřené zlomeniny, třída 2 nestabilní zlomeniny bez poranění rekta a třída 3 nestabilní zlomeniny s poraněním rekta [43].

5.10 Klasifikace otevřených zlomenin Bircherova a Hargroveova

V literatuře se objevila v roce 2004 [11]. Dělí otevřené zlomeniny do 9 skupin označených písmenem a číslem, kdy písmeno je shodné s typem poranění dle klasifikace AO.

Typ A1 (penetrating trauma) s penetrujícím poraněním u zlomeniny typu A.

Typ A2 (outside in injury) s minimálním poškozením měkkých tkání u zlomenin typu A.

Typ A3 (outside in injury) s rozsáhlou ztrátou kožního krytu vyžaduje sekundární krytí defektu u zlomenin typu A.

Typ B1 (inside out injury) minimálně poškozené měkké tkáně u typu zlomeniny B2, s poraněním močového měchýře, uretry nebo vaginy.

Typ B2 (inside out injury) středně těžké poškození měkkých tkání u zlomeniny B2, například v kombinaci s Morel - Lavalléeovou lézí nebo penetrací močového měchýře.

Typ B3 (perineal splits) nevelké ztrátové poškození kůže perinea u zlomeniny B1 s poraněním urogenitálním.

Typ C1 (perineal and sacral shear and split) středně těžké ztrátové poškození kůže při poranění perinea a/nebo sakra a urotraktu, spojené s fekální kontaminací u zlomenin typu C.

Typ C2 (hemipelvis destabilization) těžké poškození měkkých tkání s lacerací urotraktu a střeva s fekální kontaminací všech tkání u zlomeniny typu C.

Typ C3 (pelvic crush) extenzivní poškození všech tkání a orgánů oblasti pánve u oboustranné nestabilní zlomenina typu C s poraněním acetabula.

6 Základní léčebná opatření

Primární léčebná opatření nestabilního poranění pánevního kruhu jsou ovlivněna zejména celkovým stavem pacienta a typem zlomeniny. Přednostně jsou řešeny: hemodynamická nestabilita, kraniocerebrální poranění a poranění hrudníku a břicha [109].

Známým algoritmem je stanoveno provedení základního vyšetření a primárních opatření, pokračují život zachraňující výkony, výkony Damage Control Surgery nebo výkony časně primární stabilizace poraněného skeletu [89, 84].

Při příjezdu zraněného do zdravotnického zařízení provádíme základní vyšetření a primární opatření. Pokoušíme se zjistit anamnestická data, změříme základní vitální hodnoty, klinicky vyšetříme hrudník, břicho a všechny končetiny [25]. Při zjištěném poranění pánve a současném šokovém stavu postupujeme dle schématu vycházejícího z principů Advanced Trauma Life Support (ATLS): A airway, B breathing, C circulation, D disability, E environment and exposure [18]. Při šoku nebo bezvědomí je nutno zaintubovat, zajistit žilní vstupy a masivně hradit krevní ztráty. Zdroj krvácení je třeba rychle diagnostikovat klinicky a sonograficky

(FAST). Dojde-li během prvního kontaktu k zástavě oběhu, neprodleně zahájíme život zachraňující výkony, jako jsou srdeční masáž. Při oběhové nestabilitě jsou provedena pouze nejnnutnější grafická vyšetření – FAST, rtg hrudníku, pánve v AP projekci s uretrocystoradiografií, a krční páteře v bočné projekci. Nezbytné je laboratorní vyšetření krve (krevní obraz a skupina, laktát, pH, acidóza, koagulace a biochemické vyšetření). Sledujeme a postupujeme podle reakce na podané krystaloidy. Při stabilizaci oběhu dokončíme diagnostický proces. Při částečné reakci podáváme krev, plazmu, fibrinogen ap. Pokud výše uvedeným není pacient stabilizován, musíme aktivně řešit krvácení. Nejsnáze dostupná je zevní stabilizací pánevního kruhu C svorkou. Radiolog se může pokusit o embolizaci krvácející větve a. iliaca interna. Při pokračujícím neztišitelném krvácení je indikovaná urgentní laparotomie s tamponádou rouškami, trvá-li krvácení i podvazem vnitřní ilické tepny.

Při poranění pánve bez hemodynamické nestability dbáme na neodkladné neurologické vyšetření, zejména je-li zraněný při vědomí. Poškození nervových plexů hrozí zvláště při poranění zadního segmentu pánve a oblasti SI kloubů, dochází k vytržení či přerušení nervů i jejich kořenů. Aktuální neurologický stav má být po úraze co nejpřesněji zjištěn, pokud to okolnosti umožní.

7 Primární ošetření poraněné pánve

Péče o pacienta s poraněním pánve je proces s jasnými pravidly i cílem. V přednemocniční péči o zraněného s nestabilním poraněním pánve a hemodynamickou nestabilitou použijeme pánevní pás nebo pneumatické antišokové kalhoty. Měkké tkáně jsou při použití výše uvedených prostředků vystaveny riziku rozvoje dekubitů, či poškození při kompartment syndromu. Snažíme se tudíž po příjezdu do zdravotnického zařízení takovou stabilizaci nahradit C svorkou, zevním fixátorem, nebo transiliosakrálním šroubem, pokud jsme schopni jej zavést v supinační poloze pacienta. Stabilitu C-svorky zvýší trakce za končetinu nebo doplnění zevním fixátorem. Od zevní stabilizace očekáváme pomoc v zástavě krvácení ze zadních venózních plexů. Pokud krvácení pokračuje i po stabilizaci zadního segmentu je indikováno operační řešení s tamponádou rouškami. Tímto postupem můžeme zastavit krvácení i arteriálního původu. Pokud krvácení trvá, může být proveden podvaz a. iliaca interna, v krajním případě i dočasné zaklampování aorty pod bránicí. Podvaz aorty, dolní duté žíly, nebo a. iliaca communis není doporučován pro rozvoj významné ischemie [71]. Při spolupráci zkušených intervenčních radiologů lze pomocí angiografií se selektivní embolizací.

Damage Control Surgery provádíme u pacientů oběhově stabilizovaných s traumatickou nestabilitou pánevního kruhu. Pokračující chirurgické intervence postupným ošetřováním poškozených struktur zabraňují rozvoji nevratných změn. Modifikace DCS tzv. Pelvic Damage Control Surgery PDCS zahrnuje kontrolu krvácení, kontrolu kontaminace, dekompresi břišního nebo pánevního kompartmentu, debridement a dočasnou nebo definitivní fixaci. V literatuře jsou popsána pevně stanovená klinická i laboratorní indikační kritéria pro zahájení DCS, stejně jako výkony DCS.

Jedná se zejména o kontrolu krvácení. Prvotním ošetřením jak již výše uvedeno je zavřená repozice a zevní stabilizace. Při nedostatečném efektu může následovat operační revize s tamponádou, podvaz a. iliaca interna, zaklampování aorty ap. Při poranění parenchymatózních orgánů př. sleziny či ledviny je možné provést splenektomii resp. nefrektomii. Ev. embolizovat při diagnostické angiografii (podmínkou je dostupné a vybavené pracoviště).

Kontrola kontaminace je nutná při poranění dutých orgánů trávicího, močového či pohlavního ústrojí.

Dekomprese kompartment syndromu je významná pro renální funkci, dýchání, srdeční činnost. Je indikována při oligurii, poklesu saturace v tkáních, zvýšení tlaku v dýchacích cestách a zvýšení tlaku v močovém měchýři nad 25 mm Hg.

Debridement provádíme u otevřených zlomenin odstraněním cizích těles a avitálních tkání.

Dočasná stabilizace je zpravidla reprezentována pánevní svorkou či zevním fixátorem.

Následné výkony provádíme ke zvládnutí reperfúzního syndromu, sepse, kompartment syndromu ap. Při stabilizaci stavu následují s odstupem 1–2 dnů second look operace (výměny roušek, rekonstrukční výkony na dutinových orgánech). S odstupem týdnů potom navazují sekundární rekonstrukční operace.

8 Indikace definitivního ošetření

Při nestabilním poranění obou segmentů pánve u hemodynamicky stabilního pacienta je rozhodnutí o pořadí repozice a fixace obtížné.

V předoperačním plánování je potřebné správně zhodnotit stabilitu zlomeniny. Veškeré šrouby i celé instrumentace poskytují pouze okamžitou a časově omezenou stabilitu poraněné oblasti. Vytvořením správných mechanických (i biologických) podmínek zajistíme maximum pro úspěšné kostní zhojení, bez něhož dochází k selhání montáže.

Indikace operace je ovlivněna přítomným neurologickým postižením i stavem kožního krytu. Při neurologickém deficitu se snažíme o časný výkon s dekompresí nervových struktur. Kožní kryt by měl být ve stavu, který chirurgický zákrok umožňuje [72].

Volba způsobu repozice a fixace odpovídá typu zlomeniny. Pokud linie lomu probíhá křížovou kostí podélně, řešíme nestabilní zlomeninu pánevního kruhu typu Denis I, II, III. Tomu odpovídají i reпозиční manévry. Podle tíže poranění jsou buď jen horizontální, nebo i vertikální. Je-li zavřená repozice úspěšná, je možnou metodou fixace zadního segmentu iliosakrálním šroubem. Pokud je indikována OS předního pánevního segmentu, je možné ji provést v jedné době bez nutnosti změny polohy pacienta [107]. Když neuspějeme se zavřenou repozicí, indikujeme otevřenou repozici a osteosyntézu. V takovém případě přetočíme pacienta do polohy pronační a ze zadního přístupu reponujeme pomocí zevních manipulací nebo i temporárně zaváděných joysticků (tj. metodou zavřené repozice, kdy jsou do oblasti v okolí zlomeniny vhodně umístěny Steinmannovy hřebíky a pomocí těchto hřebíků se provádí repozice zlomeniny). Osteosyntéza je sakropelvická nebo lumbopelvická podle předoperační rozvahy a stavu pediklů S1 [72].

Pokud linie lomu probíhá křížovou kostí v etáži S1–3 příčně, dojde ke spinopelvické disociaci, i když stabilita pánevního kruhu, jako takového, nemusí být vůbec narušena (typicky zlomenina sakra typu U). Tato zlomenina, pokud je bez dislokace, může být léčena konzervativně, nebo OS iliosakrálními šrouby. Když je dislokovaná (podle Roy–Camille typu 2 a 3), může být doprovázena neurologickými poruchami a být obtížně zavřeně reponibilní. V takovém případě nevolíme ISS, ale indikujeme otevřenou repozici a fixaci zlomeniny, při neurologickém deficitu rovněž dekompresi. Při intaktním pediklu S1 fixaci sakropelvickou nebo bilaterálně OS ISS, v opačném případě lumbopelvickou.

Jiným případem je, kdy v sakru linie probíhají příčně i podélně. To je spojeno se spinopelvickou nestabilitou a zároveň nestabilitou pánevního kruhu. Taková zlomenina je nejtěžším a nejsložitějším případem. Vždy je indikována operační stabilizace s využitím triangulární montáže, sakroiliakální nebo lumbopelvické fixace.

9 Operační přístupy

Nejčastější přístupy pro ošetřování poranění zadního segmentu pánve jsou v poloze pacienta na břiše zadní přístup k lopatě kyčelní kosti a přístup k lumbosakrální páteři. V poloze pacienta na zádech lze na zadní segment dosáhnout ze Stoppova přístupu, ilioinkvinálního přístupu a cestou rozšířeného iliofemorálního přístupu.

Na naší klinice používáme k ošetření zadního segmentu při vertikální nestabilitě pánve nebo nestabilitě lumbosakrálního přechodu zadní přístup.

IV Základní biomechanika, typy stabilizace

1 Biomechanika pánve

Pochopení normální pohyblivosti zdravé křížové kosti je klíčové k sestrojení systému její stabilizace při poranění. Sakrum je s pánví spojeno prostřednictvím SI kloubů. V minulosti existovaly o SI kloubu různé mylné představy. Až ve dvacátém století prokázali, že kloub je skutečně mobilní, a definitivně vyvrátili, že ve stáří vždy dochází k ankylóze [113].

Sakrum je svým unikátním tvarem klíčovou kostí pánevního kruhu. Zužuje se směrem kraniokaudálním v rovině frontální i sagitální a v rovině transversální se zužuje dorsálně v segmentu S1 a rozšiřuje dorsálně v segmentu S3. Jeho tvar souvisí s funkcí, je převodovým stupněm na přenosu sil z dolních končetin na trup a naopak. Odolává tlaku těla směřujícího z páteře, odtud zúžení ve frontální rovině, ale vzdoruje i tlaku z nitra malé pánve. Zde je maximum tlaku v úrovni vchodu pánevního a promontoria, proto tvar klínu širokým dopředu. Osa otáčení kývavého pohybu sakra prochází tělem S2, tudíž v úrovni S3 je tvar klínu širokým dozadu, v této části je klenba přesně opačně postavená.

Má-li být montáž lumbopelvicke fixace dostatečně nosná a okamžitě pevná, musí respektovat charakter zátěže sakra za normálních podmínek, kruhovou strukturu pánve, architekturu klenbových prvků i hustotu kostní tkáně. K dispozici jsou fixační prvky (až na výjimky) umístěné z vnějšího obvodu pánve, tedy z hlediska anatomického přístupu nejprůhodnějšího. Člověk pohybující se ve vzpřímené poloze při chůzi má pánev v přirozené inklinaci 53 ± 10 st. [46] a jednotlivé části jsou spojeny pohyblivými spoji. V těchto pohyblivých částech je zaznamenatelný pohyb ve třech rovinách. Pohyblivost v SI kloubu s věkem klesá a vykazuje i pohlavní rozdíly. S věkem dochází k nerovnováze na těžnici těla (degenerativní změny), která pak neprobíhá zakřivením páteře a kyčelními klouby, ale je ventrálnější [113].

Pánev se pohybuje jako celek a pohybují se i její součásti vůči sobě. Klínovitý tvar kosti křížové a chybění jiného propojení s kyčelními kostmi napovídá o její statické i dynamice. Tvar kosti vyvinutý evolucí do neoptimálnějšího tvaru, jeho spojení v pánevní kruh a tím klíčová role v přenosu zatížení z horní poloviny těla na tu dolní, to vše vypovídá o SI kloubu. Zatížení SI kloubu je převážně střižné. V přirozeném postoji je sakrum v lehkém předklonu, aby tvořilo flexibilní prvek při přenosu nitropánevních sil z dolních končetin do páteře a naopak. SI kloub potřebuje boční sílu i tření. Jedině tak může odolávat svislému zatížení při

chůzi ve vzpřímené poloze. U dvounohých obratlovců zvýšené zatížení křížové kosti způsobí naklonění proximální části kosti ventrálně, zadní vazy se napnou a táhnou zadní části kyčelních kostí k sobě. Tento pohyb je nazván nutace (opačný je kontranutace) a děje se kolem příčné osy v úrovni S2. Popisuje rotačně translační pohyb sakra, který je navíc přímo spojen s pohybem bederní páteře. Nutace sakra způsobí prohloubení bederní lordózy a kontranutace její vyrovnání [113]. Rozsah rotačních pohybů sakra je 2° až 12° , rozsah translačního pohybu sakra je 2 až 26 mm [79]. Při nutaci se kraniální část sakra sune dopředu a dolů, dorsální SI vazy se napínají a stlačují sakrum mezi sebe. Tah vazů sakrospinálních a sakrotuberálních, tah svalů m.gluteus maximus, m.piriformis a dlouhé hlavy bicepsu nutaci zpomalují. Kontranutace je přesný opak [79]. Specifická architektura SI kloubů je přímo úměrná omezené mobilitě, má vliv na rozsah pohybu křížové kosti, LS přechodu a pravděpodobně i na vyšší etáže bederní páteře. Silný přední podélný vaz páteře zde do jisté míry brání nadměrnému rozevření segmentu L5/S1 [113].

Pohlemann a kol. uvedli, že u zlomeniny křížové kosti nelze prokázat žádnou závislost typu zlomeniny na mechanismu úrazu [79]. Popsána jsou jen hlavní slabá místa křížové kosti, jimiž jsou seřazená sakrální foramina v sagitální rovině a přední sakrální hřebeny v příčné transversální rovině, tedy původní meziobratlové ploténky [72]. Výzkumy ukazují i na nižší kostní hustotu v alae ossis sacri, oproti obratlovým tělům (v etáži S1 až o 32 %) [82]. I proto u starších osob pozorujeme uvolňování ISS šroubů, pravděpodobně při snížené hustotě kostní tkáně křížové kosti [83].

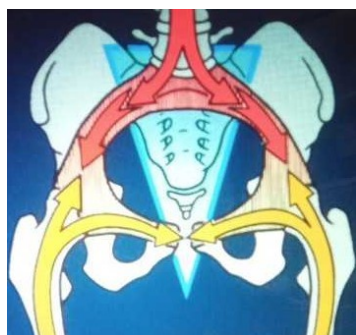
2 Přenos sil přes klenbu

Klenba je konstrukce tvarově přizpůsobená tak, aby byla namáhána převážně tlakem. Je stavební konstrukcí prokazatelně známou několik tisíc let. Je schopná díky svému tvaru a vazbě přenést svislé zatížení do podpěr (opěrných zdí či pilířů). Ve vrcholu klenby bývá vrcholový klenák. Kámen klínovitého tvaru. Pokud je klenba rovnoměrně zatížená nemůže se šikmý kámen protlačit dovnitř. Kolmé zatěžující síly se rozkládají do stran. Pata klenby (spodní okraj) opírající se o pilíře, nebo táhla uvnitř, brání rozestupu klenby. Klenba účinně rozkládá síly z vlastní hmotnosti (z místa největší zátěže) do směru, který působí přibližně ve směru křivky oblouku klenby. Síla se rozkládá přes klenbu do stran, tam je nutno jí čelit (tlakem na boční konstrukce – pilíře, nebo táhly uvnitř klenby, jak uvedeno výše), aby se klenba

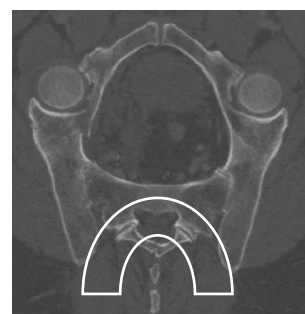
nezhroutila! Pevnost klenutého povrchu v přírodě vidíme často, např. rovnoměrný tlak nerozmáčkne vaječnou skořápku [110].

Porušení klenby vznikne přetížením klenby, působením šikmého nebo bočního tlaku, nebo sesednutím patek klenby. Oprava lze ve stavebnictví provést několika způsoby: vyplněním trhlin pojivem či klínem, zajištění opěrnými pilíři nebo pomocí táhel [114].

Při aplikaci výše uvedeného lze vysledovat zjevná analogie vrcholového klenáku a křížové

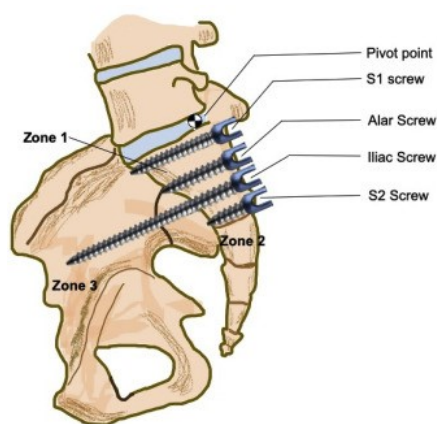


kosti. Tvar křížové kosti ve všech třech rovinách je důmyslně uzpůsoben k přenosu zatížení. Při pohledu zepředu jsou těmi pilíři oba kyčelní klouby a stehenní kosti. Při pohledu shora jsou pilíře klenby zadní okraje lopat kyčelních kostí, zde se společně uplatňují dorzální a interosseální vazy jako táhla



uvnitř klenby, bránící rozestupu. Při pohledu z boku není křížová kost pravým klenákem, v tomto směru není přímou součástí klenby. Ve výši symfýzy, kde je nitropánevní tlak největší, leží obratlové tělo S1, které je nejmohutnější a směrem kaudálním se snižujícím se nitropánevním tlakem je každé další tělo obratle od S2 k S5 subtilnější. Níže v pánvi je tlak generován i absorbován měkkotkáňovým pánevním dnem, a nedosahuje hodnot jako v úrovni symfýzy.

3 McCord pivot point

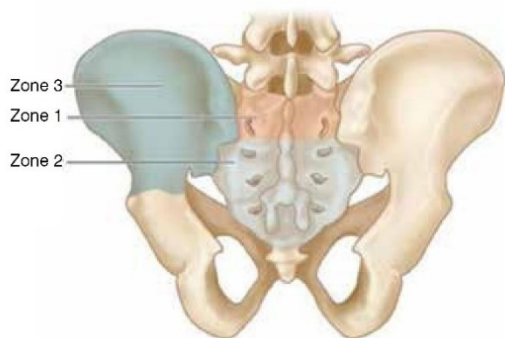


McCord a kol. [60] pojmenovali lumbosakrální pivot point (otočný bod). Jejich studie byla založena na ex vivo biomechanickém modelu s instrumentací. Lumbosakrální pivot point definovali jako bod ležící na ligamentum longitudinale posterior v etáži mezi posledním bederním obratlem a křížovou kostí. Čím dále implantáty dosahují před tento bod, tím větší je tuhost konstrukce.

Obrázek 7 Lumbosakrální pivot point dle McCorda (převzato dle [60])

Pokud implantáty leží jen dorsálně za tímto bodem, poskytují jen malou pevnost. Nedostatečné je ukotvení šroubů, stejně jako odolnost vůči smyku a ohybu [64].

4 Zóny pevnosti na zadním segmentu



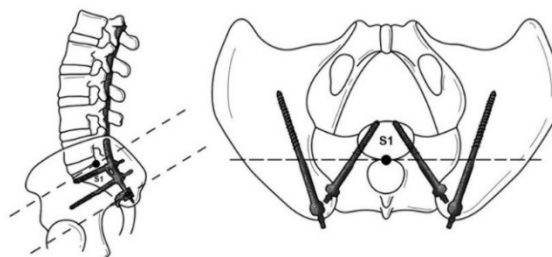
Obrázek 8 Zóny pevnosti sakropelvické fixace (převzato [64])

O'Brien a kol. [68] identifikovali tři odlišné zóny sakropelvické oblasti. Zóna 1 zaujímá obratlové tělo S1 a horní část sakrálních massae laterales, zóna 2 dolní části sakrálních massae laterales, tělo S2 a celou kostrč a zóna 3 obě kosti kyčelní. Zjistili, že pevnost fixace odpovídá místě kotvení, a postupně roste od zóny 1 do zóny 3. Zóna 3 nabízí největší biomechanickou pevnost fixace, nejlépe vzdoruje tahovým silám

a ohybovým momentům v lumbosakrálním přechodu.

5 Cílení šroubů spinopelvické fixace

Triangulace šroubů: pedikulární šrouby by měly optimálně směřovat mediálně a iliakální laterálně. Takovéto zavedení zvyšuje stabilitu celé fixace [64].



Obrázek 9 Stabilní zavedení spinopelvické fixace (převzato [64])

6 Používané techniky stabilizace pánve

Pánevní svorka (C svorka)

Slouží k dočasné stabilizaci pánve, umožní rychlou repozici a kompresi zlomenin u poranění typu C s nestabilitou oběhu a hemoragickým šokem. Její nasazení při dobře zvládnuté technice je poměrně rychlé [80]. Správně určený vstupní bod je důležitý jako prevence poranění

nervově cévních struktur či kyčelního kloubu. Nasazená svorka dovolí nastavit a regulovat potřebnou kompresi. Kontraindikací je zlomenina lopaty kosti kyčelní, kde hrozí proniknutí bodce do pánve.

Zevní fixátor

Slouží převážně jako dočasná stabilizace, jeho aplikace je opět poměrně rychlá. Umožňuje stabilizaci předního segmentu. Lze zavést buď do lopat kyčelní kosti v oblasti hřebene, nebo je zaváděn supraacetabulárně [73, 105]. Lze ponechat i pro středně či dlouhodobé fixace.

Fixace předního segmentu

Přesná repozice a stabilní vnitřní fixace poranění předního pánevního segmentu posiluje zadní fixaci a zvyšuje celkovou stabilitu pánevního kruhu. Pro fixaci symfyzeolýzy je obvykle dostačující dlahy jedna. Existují i zamykací (ne však lepší) dlahy symfýzy. U zlomenin stydkých ramének se používá dlahy rekonstrukční, pánevní, někdy OS plazivým šroubem zavedeným retrográdně do horního raménka. Kombinovaná technika s fixací dlahou i plazivým šroubem je vhodná pro zlomeniny stydké kosti se současným poraněním symfýzy. Existují i subkutánně aplikované externí fixátory pro mnohočetné zlomeniny stydkých kostí. Brání volné flexi v kyčelním kloubu a jejich dlouhodobé ponechání není komfortní [109].

Fixace zadního segmentu

Již v 80. letech 20. století používali Ragnarsson a kol. [81] otevřenou repozici a osteosyntézu ventrálními dlahami především k fixaci sakroiliakálních luxací. Jinou možností je fixace iliosakrálními šrouby (ISS, TIS) o průměru 7,3 mm popř. 6,5 mm. Jsou s podložkou a existují s krátkým závitem k provedení komprese, nebo se závitem po celé délce jako poziční [58, 59, 85, 86]. Zavést je lze v poloze na zádech, nebo v poloze na břiše do těla S1 nebo S2 [63, 70]. Využit je možno i navigačních technik na základě CT vyšetření [40, 63, 70, 95, 103]. u vertikálně nestabilního poranění zadního segmentu je lepší zavést 2 ISS, ale ne vždy to anatomické poměry a čas dovolují [63]. Fixace pomocí svorníků nebo sakrálních tyčí, což jsou závitové tyče o průměru 6 mm s podložkou a dvěma matkami na obou koncích je metoda v současnosti spíše okrajová. V poloze pronační jsou paralelně zaváděny vždy dva pro lepší rotační stabilitu. Repozice není snadná, hrozí nadměrná komprese a iatrogenní neurologické poranění [5]. Stejně jako fixace transiliosakroiliackou tyčí anebo prodlouženým ISS, předchází anatomická repozice a pečlivé posouzení kostního koridoru dle CT vyšetření. Prochází celým segmentem S1 resp. S2 až do druhostranné lopaty. Mohou být současně

ošetřeny oba zadní segmenty. Je však vysoké riziko iatrogenního neurovaskulárního poranění [37, 61]. Další metodou je otevřená repozice a osteosyntéza transiliakální dlahou. Používá 3,5 mm dlahu a kortikální či zamykací šrouby. Umisťuje se v pronační poloze na zadní plochu lopat kyčelních kostí nad SIPS a je zahlobena pod úroveň kortiky. Tvarování a umístění je poměrně složité. Na fixaci transforaminální zlomeniny Denis II je možné použít dlahu KFI-H, po repozici ležící na zadní kortice sakra [77]. Transiliakální vnitřní fixátor (TIFI), byl poprvé popsán Füchtmeierem a kol. v r. 2004 jako modifikované použití implantátů vnitřního páteřního fixátoru [27]. TIFI sestává ze dvou polyaxiálních šroubů příčně spojených tyčí, která je podvlečena pod thorakolumbální a gluteální fascií a upevněna zajišťovacími šrouby do hlav polyaxiálních šroubů. Je zaváděn v pronační poloze pacienta. Nevyžaduje přesnou repozici, je tolerován posun až 10 mm a u transforaminálních zlomenin je vyšší stabilita ve srovnání s dvěma ISS [93]. Dvojitý TIFI je kombinací, kdy první leží v úrovni SIPS a druhý asi 3cm kraniálněji.

Sakroiliakální (Beaujonova) fixace [37] vznikla nejprve pro SI luxace, ale byla rozšířena pro zlomeniny typu U v oblasti sakra s intaktním pediklem S1. Používá bilaterálně pedikulární šrouby v S1 a S2 (divergentně směřované) a dva iliakální, spojení tyčí a příčnickem. LS přechod není nijak fixován. Operace je v pronační poloze, instrumentace minimálně promínuje do měkkých tkání a je pevná a stabilní. Variantou je pedikuloiliakální fixace popsaná Sarem a kol. [94]. Využívá neporaněný pedikl S1 a oblast SIPS na kyčelním hřebenu. Dvě tyče, jedna spojená s pedikulárním šroubem S1 a druhá s 8 mm iliakálním šroubem, klouzají vzájemně vůči sobě v pevném úhlu 90 ° přes konektor. Umožní repozici rotační i vertikální dislokace. Stabilita je však méně dobrá.

Zkracovací OT se sakrosakrální dlahovou fixací (Pitie–Salpetriere) [72] je použitelná pro zlomeniny sakra tvaru U. Dlahu této instrumentace leží na centrálním fragmentu na hraně crista sacralis medialis, šrouby kříží SI kloub a končí v kyčelní kosti. Je použita 3,5 mm dlahu se čtyřmi hlavními šrouby (jeden pedikulární v S1, dva skloněné šikmo zevně a ventrálně, protínající SI kloub a čtvrtý krátký fixovaný v crista sacralis medialis). Fixace může být oboustranná. Je použitelná na zlomeniny Roy–Camille typ 2 a 3.

7 Používané techniky stabilizace páteře, vývoj a přehled spinopelvických fixací

Pro spinální, lumbosakrální a spinopelvické spojení jsou k dispozici různá instrumentaria a fixační prvky. Některá jsou už jen historická a raritní, jiná jsou oblíbená, dlouhodobě spolehlivá a široce používaná. Základy těchto instrumentací hledejme v r. 1891, kdy Hadra a kol. [32] popisují drátěné spojení trnových výběžků u pacienta s dislokovanou zlomeninou při Pottově chorobě. V šedesátých letech dvacátého století vyvinul Harrington systém páteřní instrumentace pro léčbu skoliózy [34] sestávající z háčků a distrakčních či kompresních tyčí, později i sakrálních tyčí. Zdokonalení provedl Luque, který v 70. letech 20. století, tyče zahnuté na obou koncích fixoval sublaminárně drátem k obratlovým obloukům. Instrumentace měla více bodů fixace, ale postrádala torzní a ohybovou stabilitu [49, 54]. Jeho použitím na křížové kosti vzniklo sakrální sublaminární instrumentarium, které leželo pouze dorsálně od lumbosakrálního pivot pointu a vykazovalo nedostatečnou biomechanickou stabilitu k dosažení lumbosakrální fúze. King a kol. [45] systém později vylepšili přišroubováním kaudálního konce tyče k SIPS. Zde poprvé systém křížil SI kloub. Cotrel a Dubousset [20] popsali v 80. letech 20. století instrumentaci používající háčky a monoaxiální pedikulární šrouby v kaudální části lumbosakrální páteře. Šrouby poskytovaly vyšší pevnost a umožnily korigovat i rotační deformity páteře. Systém Cotrel–Dubousset dosahoval vyšší tuhosti díky kaudálním fixačním šroubům. Přesto docházelo k různým komplikacím téměř ve 3/4 případů [17, 20, 23]. Ty do jisté míry ustaly s příchodem Galvestonovy techniky, kterou vyvinuli Allen a Ferguson v 80. letech dvacátého století. Předehnuté tyče byly zavedené do obou kyčelních kostí a připevněné k bederní (hrudní) páteři, původně dráty, později pedikulárními šrouby [3]. Rameno páky bylo dlouhé a fixované až do pánve. Radost z biomechanické výhody rušila nesnadná modelace tyčí [3]. Iliakální šrouby bylo novým zdokonalením. Celý systém začal být univerzálnější, snadněji aplikovatelný i pevnější [100]. Šrouby byly zaváděny od SIPS buď směrem k hornímu okraji acetabula nebo směrem k SIAI, kdy druhá varianta umožnila bezpečnější zavedení delšího šroubu. Komplikací bylo poranění struktur v incisura ischiadica (a. glutea superior, n. ischiadicus – vzácné) nebo prominence implantátů (hlava šroubu pod kůží, hrot šroubu do acetabula) [10]. Další vývoj kráčel cestou sakrálních, sakrálních–alárních, alárních, pedikulárních polyaxiálních a iliosakrálních šroubů. Pedikulární šrouby v S1 směřovaly do nekvalitní až osteopenické kosti a bylo proto výhodou trikortikální zavedení (do sakrálního promontoria) [4]. Míra selhání pedikulárních šroubů S1 pro dlouhé fúze k sakru byly až 44 % [17, 23]. Pedikulární šrouby v S2 zůstávaly dorsálně

vůči lumbosakrálnímu pivot pointu a nepřispívaly k celkové pevnosti konstrukce. Jinak směřované byly sakrální alární šrouby, zaváděné z dorsální strany sakra směrem do massae laterales laterálně v úhlu 30 až 45 st [62]. Ani tyto šrouby nebyly dostatečně pevné pro dlouhé fúze ke křížové kosti [116]. Vylepšením byl transiliosakrální pedikulární šroub, který ve srovnání s pedikulárními šrouby S1 nabízel zvýšenou pevnost průchodem skrz obě kortiky kyčelní kosti a S1 pediklu. Šroub procházel přes tři nebo čtyři kortiky a byl fixačním prvkem pro konektor spojený s podélnou tyčí. Nevýhodou byl rozsáhlý chirurgický přístup a protnutí lig. sacroiliacum dorsale [26]. Jackson a McManus [42] vyvinuli techniku lumbosakrální fixace, kdy podélné intrasakrální tyče pokračující z bederního úseku páteře fixovali pedikulárním šroubem do S1 a dále přímo do massa lateralis alespoň do úrovně S2. Instrumentace nekřížila SI kloub, byla však komplikovaná při zavádění. Kostuikova transiliakální tyč z r. 1996 spojovala dvojici pedikulárních šroubů v S1 a procházela oběma kyčelními kostmi asi 1–2cm ventrálně od SIPS. Podélné tyče sahající z bederní páteře byly k těmto příčným (zaváděl dvojici tyčí) připojeny konektorem [49].

Principy a užívané šrouby se již od té doby prakticky nezměnily. Nejčastěji používaným materiálem je chirurgická ocel a titan (kompatibilní s MRI). Na našem pracovišti jsou používány systémy s polyaxiálními pedikulárními šrouby: Legacy Spinal System nebo TSRH Pedicle Screw Spinal System fy Medtronic, Revere Stabilization System fy Globus Medical, dříve i Universal Spinal System fy DePuy Synthes (bez polyaxiálních šroubů).

8 Typy používaných spinopelvických fixací

Řešení poranění spinopelvického spojení zůstává ve spondylochirurgii a traumatologii výzvou. Komplex místních anatomických a biomechanických poměrů a špatná kvalita kosti křížové jsou jen některé z mnoha důvodů, proč je léčení spinopelvické diskontinuity obtížné. Metody pro stabilizaci zadního segmentu pánve (ISS, dlahy, TIFI) poskytují rotační stabilitu. Zlomeniny pánve typu C/AO však vykazují i vertikální nestabilitu, tudíž vznikala potřeba vyvinout metodu k zajištění stability v obou směrech. V r. 1994 Käch a Trentz [44, 92] publikovali operační stabilizaci zlomeniny sakra u zlomeniny pánve typu C/AO jednostrannou iliolumbární fúzí. Zlomeninu přemostili a zátěž z horní poloviny těla převedli pomocí tyče do neporaněné části pánevního kruhu. Kruhová struktura pánve byla takto zavěšena a zároveň opřena a tím fixována k bederní páteři. Tím docílili eliminace vertikálních sřížných sil. Pro současnou eliminaci sil rotačních byla potřeba výše uvedené metody zkombinovat.

8.1 Triangulární osteosyntéza

Metodu triangulární osteosyntézy navrhli Schildhauer a kol. v r. 1998 [96], kteří doplnili jednostrannou iliolumbární fúzi iliosakrálním šroubem. Vznikla montáž stabilní rotačně i vertikálně, která přinesla dostatečnou pevnost k hojení zlomeniny a umožnila časné zatežování [13, 92]. Taková instrumentace řeší nejen nestabilní zadní segment, ale i nestabilitu lumbopelvickeho přechodu. Operováno v supinační poloze, pedikulární šrouby jsou zavedeny do těla obratle L5 a/nebo L4 a iliakální šroub do kyčelní kosti v oblasti SIPS, spojeno tyčí s konektorem. Taková fixace je jednostranná [104] a doplněná zavedením ISS (jedním nebo dvěma) nebo transsakrální dlahou [98].

8.2 Lumbopelvicke fixace s užitím iliakálních šroubů

Pedikulární šrouby jsou zavedeny do L4 a L5 a iliakální šrouby do kyčelních kostí bilaterálně v úrovni SIPS. Šrouby jsou na každé straně propojené tyčemi, obě tyče pak příčnickem. Iliakální šrouby musí být dostatečně silné i dlouhé, neboť pevně drží ve fyziologických zúženích mezi dvěma kortikami v ilických křídlech, které jsou ve vzdálenosti 3–4cm a 8–9cm od SIPS [97]. Podporou a pevným bodem pro pánev je L páteř. Zavedené šrouby umožňují provést distrakci mezi bederní páteří a kyčelní kostí a tím reponovat vertikální posun zlomeniny sakra a/nebo pánevního kruhu. Mezi obě tyče je nasazen příčník (cross link), jeden nebo dva, který udrží provedenou repozici. Rozsáhlý přístup dovolí provedení sakrální laminektomie a uvolnění tangovaných kořenů. Pooperační dobrá stabilita umožňuje časnou mobilizaci [72].

8.3 Lumbopelvicke fixace s užitím S2AI šroubů

Pedikulární šrouby jsou zavedeny do L4 a L5 a S2 alární–iliakální šrouby do sakra a dále přes SI kloub do kyčelních kostí bilaterálně. Na každé straně jsou propojeny podélnou tyčí a obě tyče spojeny příčnickem. Podporou a pevným bodem je L páteř. S2AI šroub začíná laterálně a distálně od foramina S1, kříží SI kloub, dále směřuje do kyčelní kosti kde supraacetabulárně končí. Vývoj S2AI šroubu byl motivován snahou snížit míru komplikací provázející užívání iliakálních šroubů. Byl prezentován Changem a kol. v r. 2009 v časopisu

Spine [38]. Dle Burnse [16] skutečně vykazuje méně komplikací s hojením rány. Rovněž přímé připojení k vertikální tyči bez konektoru je odolnější k možnému selhání montáže.

8.4 Sakroiliakální tyčová fixace

Kentaro Futamura a kol. [28] vyvinuli fixaci sakropelvickou, kdy pedikulární šroub je zaveden do S1 na poraněné straně a je tyčemi spojen s iliakálními šrouby. Vyhýbá se přemostění přechodu L5/S1, který je ponechán jako trvale pohyblivý segment, bez rizika poškození při byť jen dočasné fixaci. Zachová pohyblivost a nezpůsobí degeneraci sousední vyšší etáže. Na rozdíl od spinopelvické a triangulární OS vynětí implantátu není nezbytné. Tato fixace je problematická u zlomenin Denis II, kde je šroub zaváděn z tříštivé zóny. Šroub v S1 je vnímán jako pevný kotevní prvek proti svislému posunu přilehlé poloviny pánve a je tyčí a spojkou propojen s transiliakálním vnitřním fixátérem (2 iliakální šrouby a spojující tyč).

9 Principy repozice a osteosyntézy pro spinopelvická poranění

Pro zvládnutí spinopelvické disociace nebo vertikální nestability pánevního kruhu je nejdůležitější považovat páteř, sakrum a pánev jako jeden unikátní funkční systém.

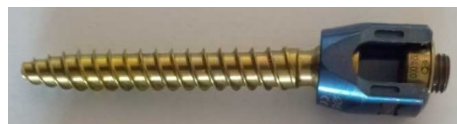
Jak moderní mechanické studie demonstrovaly, spinopelvická stabilita závisí na zadních lumbosakrálních ligamentózních strukturách, L5–S1 fasetární kloubní integritě a výšce transversální zlomeniny [8].

Repozice obecně je vhodné provádět co nejdříve. Je uváděno, že dobře možná je do 2 týdnů od úrazu, po 3. týdnu je prakticky nemožná a rezultuje v rozvoj pakloubu. Zavřenou repozici usnadňuje polohování pacienta, rotace dolních končetin, trakce za dolní končetiny nebo flexe či extenze v kyčelních kloubech. Polozavřenou repozici umožní perkutánně zavedené Schanzovy šrouby či Steinmannovy hřeby. Otevřenou repozici postupně implantované části instrumentace [72]. U izolované příčné zlomenina sakra popsali Ruatti a kol. [88] repoziční techniku, prováděnou urgentně např. na Emergency. Pacienta v poloze na zádech s trakcí suprakondylicky v obou femurech uvedou do celkové anestezii s myorelaxací. Poté tahem za obě končetiny a protitahem v podpaží vyvinou sílu potřebnou k repozici zlomeniny. Re-

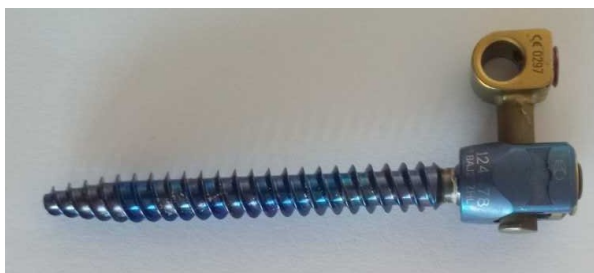
pozice je zkontrolována na rtg, ale je dle Ruattiho i doprovázena slyšitelným zvukovým fenoménem. Trakci ponechali i po vyvedení z anestezie v klidu na lůžku do termínu definitivního ošetření. Jiný způsob repozice popsali König a kol. [48] u 3 pacientů. Zraněného umístili do pronační polohy, perkutánně zavedli Schanzovy šrouby do pediklů L5 a/nebo do pediklů S1 a další do lopat v místě SIPS. Takto umístěné pak využili jako páky pro temporární repozici a v jedné době zavedli ISS.

Při potřebě reponovat rotační horizontální dislokaci se snažíme reпозиčním manévrem otevřít nebo zavřít lopaty kostí kyčelních za pomoci rotování dolními končetinami v kyčelních kloubech. Při otevřené repozici např. pomocí Schanzových šroubů provádíme sakroiliakální či ilioiliakální kompresi. Vertikální dislokaci reponujeme zavřeně tahem za končetinu, otevřeně spinopelvickou nebo sakropelvickou distrakcí.

Postup zavádění je následující. Řezem ve střední čáře nad spinosy v rozsahu L3–S3, protme fascii a podél spinosů oboustranně skeletizujeme až po intervertebrální klouby, poté z patky kloubu zavádíme šroub s polyaxiální hlavou průměru 4, 5 či 6 mm a změřené délky transpedikulárně. Vstupní bod na bederní páteři je na průsečíku tečny laterálního okraje horního artikulačního výběžku a horizontály uprostřed transversu, ana-



tomicky odpovídá processus mammillaris. Pod rtg kontrolou tlakem či poklepáním na tenkou ostrou sondu tvoříme otvor, jehož kvalitu zhodnotíme kuličkovou sondou (neperforujeme ventrálně). Oba šrouby daného obratle směřují do těla obratle s 35–45st. sklonem ke střední čáře a paralelně s horní krycí deskou. Kontrolujeme rtg ve dvou rovinách v AP a boční projekci. Stejně zavádíme dle typu montáže oboustranně do L4, L5, S1. Dále distálně a laterálně skeletizujeme až k SI kloubu oboustranně a zde obnažujeme lopatu kosti kyčelní v oblasti SIPS. V této lokalitě asi 1 cm kraniálně od spiny zavádíme další šroub s polyaxiální hlavou do lopaty supraacetabulárním směrem, vstupní bod volíme v síle lopaty poněkud ventromediálně. Dlátem připravíme prostor pro hlavu šroubu (který po dokončení



a připevnění offsetového konektoru nesmí prominovat a tangovat měkké tkáně). Ostrým trnem pronikáme kyčelní kostí pod rtg kontrolou směrem k SIAI (obvykle pod úhlem 25 °laterálně a 30 ° kaudálně). Vytvo-

řený otvor palpujeme kuličkovou sondou a kontrolujeme neporušené kortiky kyčelní kosti. Zavádíme maximální dostupnou délku i průměr (7,5 mm, 7,5 mm) a hlavu šroubu zanoříme

pod okraj resekované části hrany. Hlavy šroubů pedikulárních spojíme po obou stranách tyčí. Tyč distálně vsazeného do hlavy Upevníme stavěcími momentem síly. Před konektoru ev. i na tyči dle přerušíme podélný vaz,



upevníme do offsetového konektoru šroubu, který zaveden do lopaty. šrouby šroubovákem s předem daným dotažením provedeme kompresi na typu zlomeniny. Interspinózně zpravidla v etáži L5/S1, odstraníme část

spinosu, změříme příčnou vzdálenost obou tyčí a naložíme příčník, který upevníme k oběma tyčím. Zde obrázek Revere Stabilization System fy Globus Medical.

Pokud je potřeba uvolnit nervové struktury, doplníme před naložením příčníku celý výkon o dekompresi – odstraníme zadní laminu v potřebném rozsahu a nutné etáži. Po dekompresi nervových struktur tyto kryjeme MediShieldem či Oxiplexem (polymerní bariérový gel pro prevenci adheze po dekompresi nervových struktur) event. i spongostanem (gelová pěna k zajištění hemostázy a k prevenci extradurální adheze), abychom zabránili dalšímu krvácení a následnému útlaku koaguly. Při poranění durálního vaku, který končí v úrovni S2 tento ošetřujeme suturou. Z odsavného drénu poté kontrolujeme odpad beta trace proteinu (průkaz likvorey). Před dokončením operace do rány vkládáme odsavný drén (jeden či dva dle rozsahu montáže), který odstraňujeme za 48hod.

Pokud indikujeme zavedení iliosakrálního šroubu, pracujeme ve stejné poloze pacienta. Drát o průměru 2,8 mm pod rtg kontrolou zavedeme z laterální strany lopaty kyčelní kosti, napříč SI kloubem do těla S1. Po drátu předvrtáme kortiku s vrtákem o průměru 5,0 mm. Do otvoru zavedeme kanylovaný samovrtný, samořezný šroub o průměru 7,3 mm/6,5 mm (DePuy Synthes) s podložkou průměru 13 mm (průměr dřívku šroubu 4,8 mm). Použitá podložka rozkládá sílu na vnější kortiku kosti. Dotažení šroubu je provedeno s citem operátéra, jen tolik, aby závit v kosti dobře držel a hlava šroubu neprolomila podložku pod kortiku lopaty kyčelní kosti. Iliosakrální šrouby je možné zavést i oboustranně. Když potřebujeme kompresi na linii lomu, nebo sevření SI kloubu, používáme šroub s krátkým závitem 16 resp. 32 mm. Když je komprese nežádoucí, volíme šroub se závitem po celé délce, jako poziční. Při indikaci iliosakrálního šroubu, jeho zaváděním zpravidla začínáme tak, aby jiné šrouby nekolidovaly v poměrně úzkém koridoru ISS.

V případech, že na zadní segment indikujeme právě jen iliosakrální šroub, pracujeme v poloze pacienta na zádech. Reponujeme zavřeně a perkutánně zavádíme. Často až po ošetření poraněného předního segmentu. Výkon provádíme v jedné době.

Stanovení pořadí repozice a fixace při potřebě stabilizovat oba segmenty pánve je obtížné a individuální. Je potřeba značná míra zkušeností i znalostí, abychom nejprve řešili segment, kde repozicí dosáhneme výsledku, jehož případné nedostatky nebrání repozici na druhém segmentu. Často vidíme nejprve otevřenou repozici a vnitřní fixaci v poloze pacienta na břiše, následované přetočením na záda k řešení poranění předního segmentu. Nicméně u pacientů s kompletní nestabilitou zadního segmentu a méně rozsáhlým poraněním předního pánevního segmentu je počáteční anatomická repozice a stabilní fixace vpředu mnohem praktičtější, protože časnou přední stabilizací je možné dosáhnout velmi dobré nepřímé repozice zadního segmentu, která může umožnit perkutánní fixaci bez změny polohy pacienta (bez přetočení na břicho) [109].

I v této lokalitě fungují a jsou uplatňovány základní principy a mechanismy osteosyntézy. Komprese poskytne zlomenině okamžitou stabilitu. Tento princip však nestačí u složitých tříštivých zlomenin, kde střížné a rotační síly převažují. Proto by iliosakrální šrouby měly být indikovány u zlomenin transalárních či centrálních bez tříštivé zóny. A proto iliosakrální šroub u transforaminálních zlomenin, který není zaveden jako kompresní by měl být doplněn lumbopelvicou instrumentací poskytující podpěrnou funkci.

Neutralizace inaktivuje střížné a rotační síly. K tomu využívá pevné kotvení proximálně i distálně od zlomeniny. Lumbopelvicá fixace potřebuje pro dobrou neutralizaci pedikulární i ilické šrouby. Pokud jsou střížné a rotační síly větší způsobí uvolnění šroubů. Bilaterální montáž doplněná příčnickem mezi obě tyče má takovou neutralizační funkci.

Podpěra nebo podpora (butress), zachová délku kosti v případě tříštivé zlomeniny a zneumožní další dislokaci.

Tension band, převod distrakčních sil na tlakové síly, podporuje hojení kostí. Dlahy přes linii lomu vytváří kompresi na protilehlé straně linie lomu, pokud je tam intaktní kortika, tím dojde ke zhojení. V případě páteře a pedikulární instrumentace je potřeba přední meziobratlová podpora – štěpem nebo cagem. Jinak nedojde k posterolaterální déze (PLID), pedikulární šrouby se uvolní a tyče zlomí. V případě pánve je tento princip nesplnitelný, protože protilehlá strana zadní instrumentace je břicho. Proto posilujeme zadní konstrukci užitím ISS (ideálně pokud je zaveden jako kompresní) nebo příčnicku. U tříštivé zóny a u transforaminálních zlomenin je ISS kontraindikován a stabilita je menší [31].

V Klinická a experimentální část

1 Náš soubor

Obsahuje 15 pacientů 4 ženy (26,7 %) a 11 mužů (73,3 %). Do souboru jsou zavzatí pacienti sledovaní retrospektivně mezi lety 2009–2019, kteří byli operováni pro zlomeninu pánevního kruhu s vertikální nestabilitou a/nebo sakra se spinopelvickou disociací.

Soubor obsahuje zlomeninu typu C pánevního kruhu dle AO klasifikace v deseti případech (66,7 %). v šesti případech zlomeninu C 3.3 (40 %), jedenkrát došlo k poranění typu C 2.3 a třikrát k poranění typu C 1.3 (20 %). v pěti případech bylo poraněno pouze sakrum se spinopelvickou disociací (33,3 %), ale bez poranění předního segmentu pánve. Podle klasifikace dle Denise, byla popsána v 11 případech z 15 (73,3 %) zlomenina Denis III, ve 4 případech (26,7 %) Denis II. Dle Roy–Camilleho (z těchto 11 zlomenin Denis III) byl ve 4 případech (36,4 %) diagnostikován typ 3, ve třech případech (27,3 %) typ 2 a ve 4 případech (36,4 %) typ 1. Typ zlomeniny dle morfologického členění byl zaznamenán v 6 případech (54,5 %) typ H, ve 2 případech (18,2 %) typ U, ve dvou případech typ Lambda, a v jednom případě T typ (9 %).

Tab. 1 Náš soubor, typ zlomeniny dle uvedených klasifikací

Věk a pohlaví	Denisova	Roy Camille	Morfologicky
24 muž	III.	3.	U typ
18 žena	II.	-	-
23 muž	III.	2.	H typ
35 muž	III.	1.	λ typ
18 muž	II.	-	-
23 muž	II.	-	-
36 muž	III.	3.	H typ
26 muž	III.	3.	H typ
14 žena	III.	3.	U typ
47 muž	III.	2.	H typ
49 muž	III.	1.	H typ
52 muž	III.	2.	λ typ
56 žena	III.	1.	T typ
42 žena	III.	1.	H typ
53 muž	II.	-	-

Ostatní poranění, která vznikla úrazem a byla vstupně zjištěná:

Poranění hlavy 6 případů z 15 (40 %), hrudníku (žebra i nitrohruční struktury) 14 (93,3 %), břicha (dutinové poranění) 5 (33,3 %), páteře (obratel) 13 případů z 15 (86,6 %), neurologický deficit (sakraální plexus či kořeny) 12 z 15 (80 %), končetinové trauma 14 z 15 (93,3 %).

Nějakou formu neurologického deficitu jsme vstupně zaznamenali v 8 případech (53,3 %), ve dvou případech pro bezvědomí nešlo neurologické vyšetření provést, dekomprese nervových struktur byla provedena v 8 případech (53,3 %). Trvajících neurologický deficit jako trvalý následek byl pozorován v 7 případech. Inkontinence moči a stolice u čtyř sledovaných (4 z 12 sledovaných alespoň 16 měsíců, tj. 33,3 %). Přehledně v tab. 2.

Tab. 2 Náš soubor, další poranění zjištěná vstupně

Věk a pohlaví	Další poranění - Hlava	Hrudník	Břicho	Páteř	Končetiny	Neurologický deficit vstupně
24 muž	ne	ano	ne	ano	ano	ne
18 žena	ne	ano	ne	ano	ano	ano
23 muž	ano	ano	ne	ano	ano	ano
35 muž	ne	ano	ne	ano	ano	ano
18 muž	ne	ano	ne	ano	ano	ano
23 muž	ne	ano	ano	ne	ano	ano
36 muž	ne	ano	ano	ano	ano	ano
26 muž	ano	ano	ne	ano	ano	ano
14 žena	ne	ne	ne	ne	ano	ano
47 muž	ano	ano	ano	ano	ano	ano
49 muž	ne	ano	ne	ano	ano	ano
52 muž	ano	ano	ano	ano	ne	ano
56 žena	ano	ano	ne	ano	ano	ne
42 žena	ano	ano	ano	ano	ano	ne
53 muž	ne	ano	ne	ano	ano	ano

Primární léčebná opatření pro řešení zlomeniny pánevního kruhu: v jednom případě C rameno (6,7 %), ve třech případech naložení zevního fixátoru (20 %), v 1 případě kombinace C rameno a ZF.

Definitivní operace: do 5. dne od úrazu byla provedena v 9 případech (pro kvalitní zavřenou repozici je hraniční 5. den) [105]. Po 7. dnu byl operační výkon ve 4 případech, mezi 5.–7. dnem ve dvou případech.

Operační čas, byl průměrně 162 min. V devíti případech, byl proveden výkon na zadním segmentu, z toho pětkrát s dekompresí nervových struktur (trvání průměrně 135 min). Pouze ve třech případech byla provedena samotná lumbopelvicí fixace a taková operace trvala průměrně 109 min (jedenkrát provedena lumbopelvicí fixace a současně stabilizace zlomeniny L1). V šesti případech operační čas zahrnoval i stabilizaci předního segmentu pánve (trvání v průměru 203 min).

Ke stabilizaci byl použit vnitřní páteřní fixátor pro lumbopelvicí fixaci (spinopelvicí fixace metodou lumboiliacké fixace). Byly užity různé typy montáže – celkem 9 způsobů, v pěti případech (33,3 %) montáž oboustranně L4–L5–ilium + příčník, ve třech případech (20 %) oboustranně L5–ilium + příčník, ostatní montáže byly užity vždy 1× (z celkem 15).

Reoperace byla provedena ve 3 případech z 13 pac.(23,1 %), kteří byli sledováni alespoň 6 týdnů. V jednom případě pro rozvoj inkontinence 8. den po první operaci, ve dvou případech pro infekci (za 3 týdny resp. 3 měsíce od první operace).

Sakrální kyfotizace měřena z CT skenu u zlomenin Roy–Camille typ 2 byla vstupně průměrně 52 ° (rozmezí 37 °–72 °). Po repozici zlepšena na 44 ° (rozmezí 37 °–55 °). Sakrální translace u zlomenin Roy–Camille typ 3 byla vstupně průměrně 11,7 mm (rozmezí 7–17 mm), po operaci změřeno průměrně 10 mm (rozmezí 5–19 mm).

Zhojení bylo hodnoceno dle rtg známek v AP, vchodové a východové projekci u 12 pacientů – 3 zmizeli ze sledování (20 %). V jednom případě jsme zaznamenali zhojení za 3 měsíce od operace, v 6 případech (50 %) zhojeno mezi 5.–7. měsícem (z pacientů sledovaných do zhojení nebo alespoň 16 měsíců), ve dvou případech zhojeno pakloubem (16,7 %).

Vynětí implantátů: vyjmuto v 5 případech z 12 (41,7 %), ve dvou případech pro infekční komplikace, ve 3 případech při zhojení a v sedmi případech ponecháno bez vynětí.

Vzhledem k vlastnímu nevelkému souboru pacientů, bude v dalším textu postupně uvedeno několik početnějších, ale i méně početných souborů a bude hledána co nejširší a nejobjektivnější zkušenost z dosud publikovaných prací. Vzhledem ke dvěma pacientům zcela ztraceným ze sledování nebudou dále zahrnuti do statistického zpracování výsledků.

Tab. 3 Náš soubor, způsob a výsledky ošetření

Věk a pohlaví	Operace primární	Operace definitivní	Typ montáže	Reoperace (důvod)	Zhojeno	Vynětí implanátu
24 muž	-	4. den	B	ne	5 M	ne
18 žena	-	1. den	E	ne	9 M	za 16 M
23 muž	-	4. den	C	za 3 M infek	pakloub	za 3 M
35 muž	ZF	2. den	B	ne	3 M	ne
18 muž	-	4. den	D	za 3 T infek	7 M	19 M
23 muž	ZF+C rameno	4. den	F	?	?	?
36 muž	-	6. den	A	ne	24 M	ne
26 muž	ZF	13. den	J	ne	?	?
14 žena	-	3. den	B	8. den inkontinence	6 M	13 M
47 muž	ZF	9. den	H	?	?	?
49 muž	-	12. den	A	ne	14M	ne
52 muž	C rameno	7. den	A	ne	pakloub	ne
56 žena	-	3. den	G	ne	11 M	ne
42 žena	-	5. den	A	ne	7 M	16 M píštěl
53 muž	-	8. den	A	ne	7 M	ne

Vysvětlivky k tabulce č. 3:

Typ montáže

- A L4–L5–ilium bilat. + příčník
- B L5–ilium bilat. + příčník
- C hybrid vlevo L5 (legacy)–S1–S2 TSRH, vpravo L5–ilium + příčník
- D L4–ilium bilat. + příčník
- E L5–ilium bilat. bez příčníku
- F L3–L4–L5–ilium bilat. + příčník
- G L3–L5–ilium bilat. + příčník
- H L5–S1–ilium bilat. + příčník
- J L5 bilat.–S1 l. sin.–ilium bilat. + příčník + dlaha LCP S2-3



Obrázek 10 rtg AP snímky pánve s různým uspořádáním spinopelvicých fixací, nahoře L5 ilium bez příčnicku/s příčnickem (montáž E/B), dole vlevo L5 ilium s příčnickem a stabilizace předního segmentu plazivým šroubem a dlahou (montáž B), vpravo L4 L5 ilium bilaterálně s příčnickem (montáž A).

2 Pooperační sledování, RHC

Po operaci následoval klid na lůžku s pasivním cvičením a dechovou rehabilitací. Klid na lůžku byl v trvání 3 týdny, poté bylo umožněno posazení na lůžku a postupná chůze o berlích s odlehčením poraněné poloviny zadního segmentu. Při oboustranném poranění sakra byla vertikalizace o berlích umožněna až po 6 týdnech a plné zatížení bylo povoleno po 12 týdnech od operace.

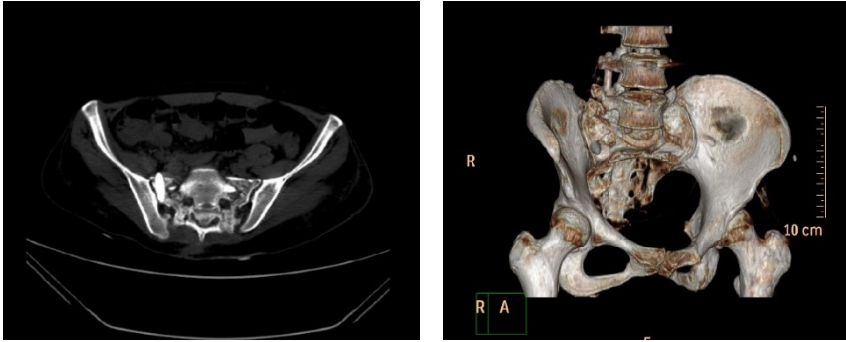
První rtg bylo provedeno nejpozději před dimisí resp. před zahájením vertikalizace, stehy byly extrahovány 12. -14. den při zhojení rány.

Klinické kontroly zahrnovaly vyšetření stability pánve (AP a laterální komprese), vyšetření pohybů v obou kyčelních kloubech, Patrickův test na SI kloub, testy na iritaci kořene L5 (Lassegue, fenomén palce) a kontroly operačních ran. Dále dotazy na přetrvávající bolesti, resp. nepříjemné pocity v oblasti zadního pánevního segmentu v příčinné souvislosti s implantací spinopelvickej fixace. Následovalo hodnocení pomocí Majeedova skóre [29, 56] a podle Pelvic outcome score POS [29]. Kontrolní rtg byl prováděn za 6 týdnů, v 3., 6. a 12. měsíci od implantace. Na bočním rtg snímku sakra byla změřena kyfotizace a translace sakra. Akceptujeme, že hodnotit výsledek po léčení poranění pánevního prstence je vhodné alespoň minimálně po uplynutí jednoho roku [29].

3 Komplikace v našem souboru a trvalé následky

Malpozice implantátu:

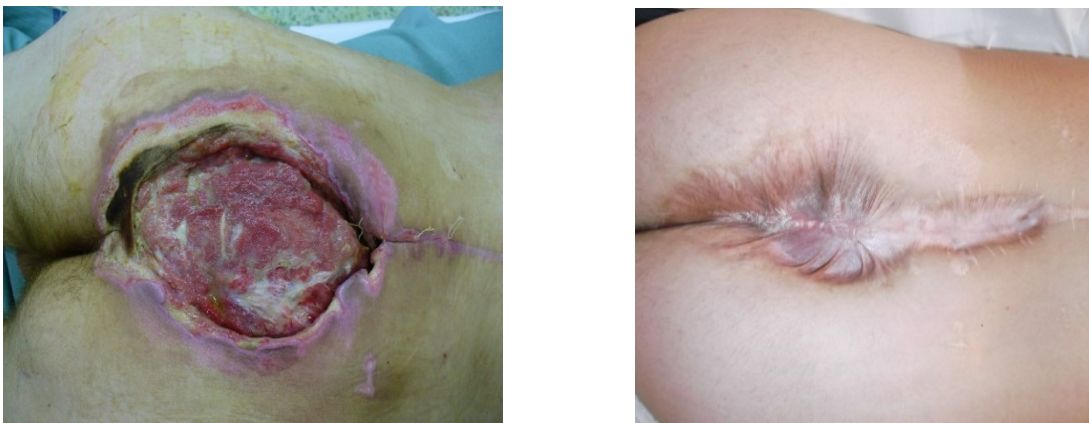
Iliakální šroub musí být zaveden pod rtg, kanál bezpečně palpován sondou a zaveden. Pokud penetruje kortiku mimo bezpečný koridor laterálně může způsobit dráždění gluteálního svalu, poranění a. glutea superior, nebo pokud mediálně, může tangovat SI kloub. V tomto případě způsobil přímou komunikaci z kloubu do podkoží sakrální krajiny s pístějí secernující nitrokloubní tekutinu. Způsobil trvalé bolesti SI kloubu. V podkoží vytvořil cystu s fistulací kůží a nález imitoval infekci. Bylo indikováno odstranění OS materiálu s revizí celého kostěného kanálu a přilehlých měkkých tkání. Odběr vzorku na mikrobiologické vyšetření byl s negativním výsledkem. Perioperačně byla nasazena ATB terapie a došlo ke zhojení defektu.



Obrázek 11 Malpozice iliakálního šroubu v pravém SI kloubu, vlevo transversální CT řez, vpravo CT rekonstrukce pánve

Prominence implantátu

Pokud jsou implantáty zavedeny v iliakálních kostech s nesprávným sklonem, nebo pokud je nedostatečně skryta hlava polyaxiálního šroubu okrajem lopaty kyčelní kosti, dochází k iritaci měkkých tkání. V našem případě došlo u nespolupracujícího pacienta (s organickým psychosyndromem) v kombinaci s nedostatečnou ošetrovatelskou péčí k rozvoji otlakových nektróz měkkých tkání a rozsáhlému dekubitálnímu vředu nad OS materiálem. Dekubitus byl velmi rozsáhlý, sekundárně kontaminovaný, vyžadoval rozsáhlé chirurgické zákroky ve smyslu nekrektomií, a po sanaci infektu pomocí ATB i přikládání podtlakového VAC (vakuum assisted closure) systému podporujícího granulaci defektů. Jak ukazuje obrázek, byl defekt zhojen po několika letech (na jiném pracovišti) výraznou jizvou.



Obrázek 12 Rozsáhlý dekubit sakrální krajiny způsobený tlakem implantátů na měkké tkáně, vlevo po vynětí implantátů, vpravo po zhojení

Selhání OS předního segmentu

Zlomenina obou segmentů pánve, řešena nejprve stabilizací předního segmentu dlahou rekonstrukční 10 děrovou přes symfýzu a v jedné době stabilizací zlomeniny sakra lumbopelvicou fixací. Po čtyřech týdnech klidu na lůžku při vertikalizaci došlo ke zlomení ventrální dlahy přemostující symfýzu. Klinicky se projevující pocity přeskokování a krepitací při okraji implantátu v podbřišku a bolestí.

Zadní segment byl ale dostatečně pevný a udržel celou zátěž pánve bez malpozice a selhání, bez rozvoje asymetrie pánevního kruhu. Byla provedena reoperace s vynětím zlomené dlahy, kdy peroperačně v pevných jizvách nebylo možné diferencovat patologický pohyb v oblasti ramének stydké kosti. Zlomená dlahy byla nahrazena pevnější, ale kratší 6 otvorovou Mattovo dlahou přes symfýzu. Následoval klid na lůžku v trvání 3



Obrázek 13 Zlomení dlahy na předním segmentu

týdnů, poté vertikalizace o podpažních ber-

lich. Při evidentně dobře provedené a funkční lumbopelvicou fixaci zadního segmentu došlo k dohojení celého pánevního kruhu s minimálním deficitem (intermitentní pozátěžové bolesti).

Zánětlivá komplikace.

Časný infekční s protražovanou sekrecí z rány a vznikem píštěle na kůži. Patogen zachycen mikrobiologickým vyšetřením z odebraného stěru z rány. Indikován k revizi rány s ponecháním implantátů, proveden debridement rány, zavedena proplachová laváž ředěným Betadinem 1:10 (v případě alergie na jodové látky možno užít Ringerův roztok). Při dlouhodobé ATB terapii došlo k postupnému zhojení rány.

Pozdní infekční s opakovanými exacerbacemi purulentní sekrece. Pacient byl po verifikovaném zhojení zlomeniny indikován k revizní operaci s odstraněním implantátů. Postupně na dlouhodobé ATB terapii zhojen.

Komplikace a trvalé následky po zlomeninách řešených lumbopelvicou fixací dále zahrnují prodloužené hojení (vyplývající z nedostatečné reopozice a komprese zlomeniny), zhojení pakloubem, vznik bederní skoliózy nebo hyperlordózy [109]. Zhojení pakloubem způsobí

bud' odložení primárního výkonu, nebo nedostatečná repozice. U zlomeniny Roy–Camille typu 2 a 3, může nedostatečná repozice změnit pánevní incidenci (úhel mezi kolmicí spuštěnou ze středu horní krycí desky S1 a přímkou z tohoto bodu na spojnici obou kyčelních hlavic [46]), narušit celkovou statiku páteře a změnit sagitální bederní a hrudní křivku (lordózu a kyfózu) [72]. Může zapříčinit bederní hyperlordózu a/nebo kompenzační flexi kyčlí a kolen (sagitální nerovnováhu) [35]. Nedostatečná repozice resp. ponechaná kyfotizace nejen že zmenšuje pánevní rozměr, ale způsobuje i defekty v m. levator ani a tím i porodní komplikace u žen. I proto Lehmann a kol. [50] doporučují a zdůrazňují význam nápravy kyfotizace větší než 20st.

Ani v případě, že netrvá neurologický deficit a proběhlo zdárné zhojení, není situace vyřešená. Pacient může negativně vnímat prominenci a bolest nad OS materiálem, které si vynutí odstranění implantátu. Problémem je i opačná situace. U pacientů, kde OS materiál nečiní subjektivní potíže, a je po zhojení ponechán in situ, znemožní obnovu fyziologické pohyblivosti segmentu L5/S1 a sakroiliakálních kloubů. Zde podotýkáme, že nehybnost daných segmentů zpravidla není negativně vnímána [109]. Zdaleka ne bezvýznamným následkem takového zranění je i zvýšená nemocnost a z toho plynoucí sociální a ekonomické důsledky [55].

4 Hodnocení a statistické zpracování našeho souboru

Hodnocení klinických výsledků dle Majeeda [56] bylo provedeno výpočtem za 12 měsíců od úrazu, nebo při poslední kontrole (pokud nebyl sledován celých 12 měsíců). Pacienti číslo 6 a 10 byli vyřazeni ze sledování, odjeli z nemocnice po operaci a již nebyli u nás kontrolováni. Pacient 8 zmizel ze sledování po šesti týdnech.

Skóre 100 bodů nebo 80 bodů je definováno jako nejlepší výsledek (100 %). Pacienti, kteří pracovali před úrazem, jsou hodnoceni jako vynikající se skóre > 85, dobří se skóre 70–84, uspokojiví se skóre 55–69 a špatní se skóre <55, resp. > 70, 55–69, 45–54 a <45 u těch zraněných, kteří před úrazem nepracovali. Nevýhodou Majeedova skóre je, že neurologické poruchy, které mají relevantní prognostický vliv, nejsou v hodnocení uvažovány a měří tudíž výhradně funkční složku jako výsledek léčení poraněné pánve [29, 56].

Při stejné kontrole bylo vypočítáno Pelvic outcome score POS [29, 78]. Klinická kritéria, jež zahrnují hodnocení bolesti, funkčních poruch (kulhání, chůze s pomůckami) a trvalé neurologické a urogenitální poškození a radiologická kritéria hodnotící kvalitu repozice se zaměřením na zadní segment pánevního kruhu. Pro odhad celkového výsledku léčení poranění pánve se radiologické a klinické výsledky sčítají a výsledná 7 bodová stupnice vyhodnotí výsledek poranění pánve: 7 bodů excelentní výsledek, 6 dobrý, 4 a 5 adekvátní výsledek a 3 nebo 2 jako špatný výsledek.

Výsledek dle Majeeda je čtyřikrát vynikající, pětkrát dobrý, dvakrát uspokojivý, jedenkrát špatný. Dva pacienti v době úrazu nepracovali, jsou označeni hvězdičkou, jedna nepracovala a vzhledem k věku nebyly hodnoceny sexuální funkce (označena dvěma hvězdičkami). Při hodnocení podle POS jsme jedenkrát zaznamenali excelentní, jedenkrát dobrý, dvakrát adekvátní, ve zbylých sedmi případech špatný výsledek. Vše v tab. 4.

Tab. 4 Náš soubor, hodnocení dle Majeeda a POS

	1	2	3	4	5	7	8	9	11	12	13	14	15
Konec sledování (v měs.)	5	31	36	48	20	24	1,5	15	14	13	32	16	18
Majeed	87	71*	68	76	64*	89	-	76**	46	58	70	77	74
POS klin.+rtg	6	5	2	3	3	2	-	7	3	2	2	4	4

Datový soubor jako celek je malý, nicméně jeho velikost je plně srovnatelná s recentními publikovanými zahraničními studiemi. Z původního souboru 15 pacientů byli 2 pacienti vyřazeni pro nekompletní časová data a kompletní ztrátu z dispenzarizace po překladech do zahraničí. Třebaže bylo provedeno toto vyřazení, data z finálního a původního souboru se významně nelišila ve všech sledovaných parametrech, což verifikuje dostatečnou reprezentativnost finálního souboru pacientů se spinopelvickou fixací (viz v tabulce č. 4, resp. 1 až 4).

Soubor byl nejprve vyhodnocen pomocí základní deskriptivní statistiky. Sledovány byly následující faktory: věk a pohlaví pacientů, mechanismus poranění, typy zlomenin dle Denisovy klasifikace (Denis II a Denis III), typy sakrální zlomenin dle Roy–Camilleho klasifikace (typ 1, 2, 3, ostatní a neklasifikovatelné typy), tvarové typy (U, H, T, λ a ostatní typy). Dále byla hodnocena přítomnost, resp. nepřítomnost traumatického neurologického deficitu, přítomnost iniciální zevní fixace (sumačně C svorka a vlastní zevní fixátor) a nakonec byl hodnocen i výskyt komplikujících ostatních poranění (hodnocena byla poranění hlavy, hrudníku, břicha, páteře a končetinová traumata).

Pro statistickou analýzu byl soubor rozdělen na 2 skupiny pacientů: s nutností operační revize a bez provedení operační revize. Vzhledem k nízkému počtu revizních operací nebyla prováděna další stratifikace podle přesné příčiny revize (do této skupiny proto byly zařazeni pacienti jak s hlubokou infekční komplikací, která si vyžádala revizní operaci, tak pacienti s progresí neurologického deficitu, resp. pooperačním rozvojem syndromu kaudy). Cílem statistické analýzy bylo vyhledat významné rizikové faktory pro výskyt revizní operace. Nízký počet dat limitoval citlivost statistických testů, proto bylo vždy použito dvojí vyhodnocení:

V klasických tabulkách 2×2, příp. 4×2, 5×2 a dále pomocí regresní analýzy. Původně zvažovaná multivariační Coxova regresní analýza sice ukázala významnost modelu, ale při zahrnutí všech zvažovaných rizikových faktorů nedokázala určit, který z nich stojí za významností modelu, a proto byly následně provedeny univariační analýzy. z univariačních Coxových regresí byly získány p **hodnoty LL testu** (log likelihood testu) jako $\chi^2_{dist}(2*(LL-LL0);1)$, kde LL je hodnota z modelu se zařazeným rizikovým faktorem a LL0 je hodnota ze základního modelu (bez tohoto faktoru). Kromě vlastní univariační Coxovy regrese byly dále vytvořeny Kaplan-Meierovy grafy, přičemž jako sledovaný parametr byl čas do revizní operace. Jednotlivé grafy byly stratifikovány vždy podle přítomnosti a nepřítomnosti rizikového faktoru. Vyhodnocení regresních křivek s přítomností a bez přítomnosti rizikového faktoru bylo provedeno pomocí **log rank testu**, pro vyhodnocení p hodnoty byla použita aproximace na χ^2 test, která je v případě nižšího počtu dat citlivější než aproximace na z-test. v případě nutnosti komparace více než dvou faktorů byl také použit nejprve log rank test (v modifikaci pro vícečetné komparace pomocí χ^2), následné post hoc komparace byly adjustovány pomocí **Bonferroniho korekce** – při k skupin dat byla korekce p hodnoty vydělením $(k*(k-1)/2)$, např. pro tabulku 4×2 byla tato korekce 6. Ve vhodných případech byl kromě Kaplan-Meiereova grafu, log rank testu ještě doplněn výpočet risk ratia

z dat Kaplan-Meierova grafu jako $\frac{d(A)/e(A)}{d(0)/e(0)}$, kde $d(A)$ je zjištěný počet revizí s přítomností rizikového faktoru A, $e(A)$ očekávaný počet revizí u přítomného faktoru A, $d(0)$ počet revizí bez faktoru a a $e(0)$ očekávaný počet bez faktoru A.

Kromě regresních dat byly kategoriální data v tabulkách hodnocena pomocí Fisherova exaktního testu, případně i pomocí Pearsonova χ^2 testu, resp. při nízkém počtu dat χ^2 s Yatesovou korekcí. v tabulkách 2×2 bylo doplňováno také risk ratio jako následující poměr $risk\ ratio = \frac{n(A)/n_{celkA}}{n(B)/n_{celkB}}$, kde $n(A)$ je počet revizí s faktorem A, $n(B)$ počet revizí s faktorem B, n_{celkA} je počet dat u faktoru a (suma revizí a bez revize u faktoru A) a n_{celkB} je počet dat u faktoru B (suma revizí a bez revize u faktoru B). Pro risk ratio byly doplněny pomocí výpočtu standardní chyby \ln risk ratio 95 % CI, kdy

$$SE(\ln RR) = \sqrt{\frac{1}{n(A)} + \frac{1}{n(B)} - \frac{1}{n_{celkA}} - \frac{1}{n_{celkB}}}$$

95% CI dolní = $e^{(\ln RR - 1,96 * SE)}$, 95% CI horní = $e^{(\ln RR + 1,96 * SE)}$, kde $\ln RR$ je přirozený logaritmus risk ratio. P hodnota byla určována pomocí aproximace na z-test – $z = \frac{\ln(RR)}{SE}$, vlastní p hodnota poté jako $p = (1 - normsdist(|z|))$.

Kvantitativní data byla hodnocena převážně Mann-Whitney-Wilcoxonovým testem v jeho exaktní formě, jen v případě vhodné distribuce dat a při jejich normální distribuci ověřené Shapirovým Wilkovým testem byl použit Studentův t-test.

Kumulativní i aktuální incidence (určovaná na 100 000 obyvatel a rok) byla pro další hodnocení transformována pomocí jednoduchého exponenciálního vyrovnání. Hodnoty z jednoduchého exponenciálního vyrovnání byly poté použity pro lineární regresní analýzu (s faktory rok a určená incidence), čímž byla určena p hodnota pro modelem předpovězený lineární trend incidence.

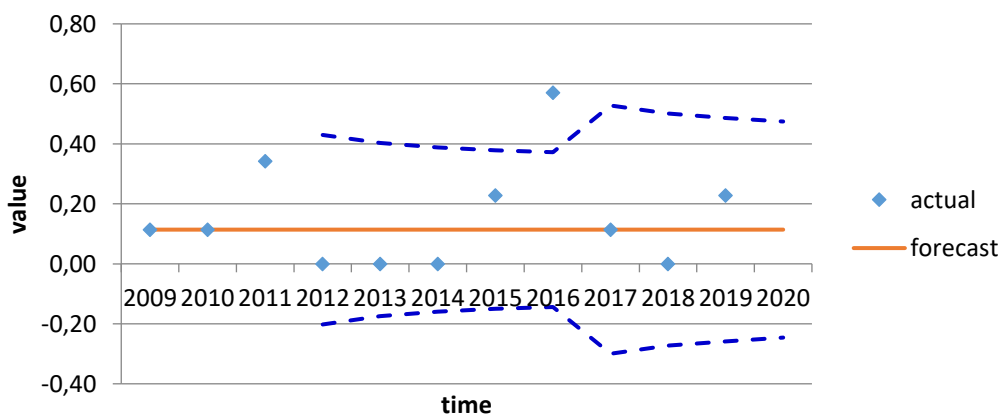
Jako významné byly považovány výsledky testů s $p < 0,05$, jen u Bonferroniho korekce se jednalo o $\frac{k*(k-1)}{2} p < 0,05$, kde k je počet skupin dat. Pro všechny výpočty byl použit MS Excel 2019 s využitím implementovaného makra realstat (<https://www.real-statistics.com/>).

Tab. 5 Náš soubor, incidence na 100 000 obyvatel a rok

Rok	Celková incidence	OS celkem	SPF
2009	11,63	2,96	0,11
2010	12,43	2,05	0,11
2011	13,11	3,42	0,34
2012	12,43	2,51	0,00
2013	12,66	1,94	0,00
2014	12,20	1,82	0,00
2015	11,29	2,05	0,23
2016	13,68	2,96	0,57
2017	12,54	0,80	0,11
2018	15,51	1,14	0,00
2019	15,74	2,51	0,23

Do celkové incidence poranění pánevního kruhu zařazeni všichni pacienti (bez ohledu na typ léčby, typ poranění pánve a věk). u celkové incidence je patrný mírný nárůst, u incidence podle operační léčby mírný pokles a u výskytu SPF je během sledovaného období incidence setrvalá, bez patrného poklesu, popř. vzestupu při použití modelu s jednoduchým exponenciálním vyrovnáním.

Forecast - incidence spinopelvické fixace na 100 000 a rok, jednoduché exponenciální vyrovnání, odhad 2020 = 0,11

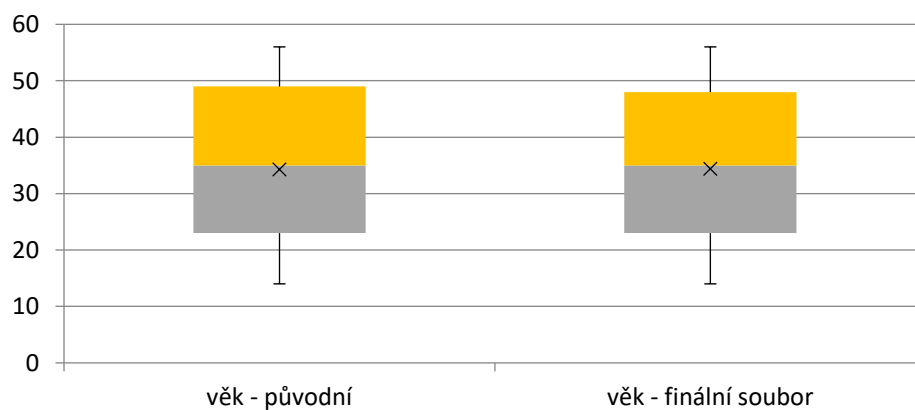


Tab. 6 Náš soubor, hodnotící testy a statistická významnost

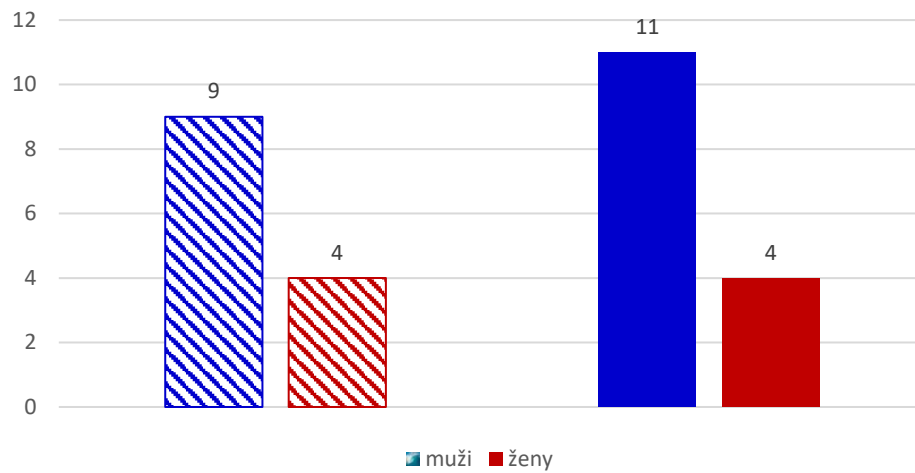
Parametr	Typ testu	p
věk	MWW exact	0,9333
pohlaví	Fisher 2×2	1,0000
Denisova klasifikace	Fisher 2×2	1,0000
RC klasifikace	Fisher 4×2	1,0000
tvarový typ	Fisher 5×2	1,0000
ZF	Fisher 2×2	0,6860
neurologický deficit	Fisher 2×2	1,0000
Ostatní poranění	Fisher 5×2	0,9971
zastoupení revizí	Fisher 2×2	1,0000
asymetrie velikostí revize vs. bez revize		
původní	chi2 (dobrá shoda)	0,0201
finální	chi2 (dobrá shoda)	0,0522

Další grafy jsou jen doplněním k vstupní tabulce p hodnot komparací finálního a původního souboru.

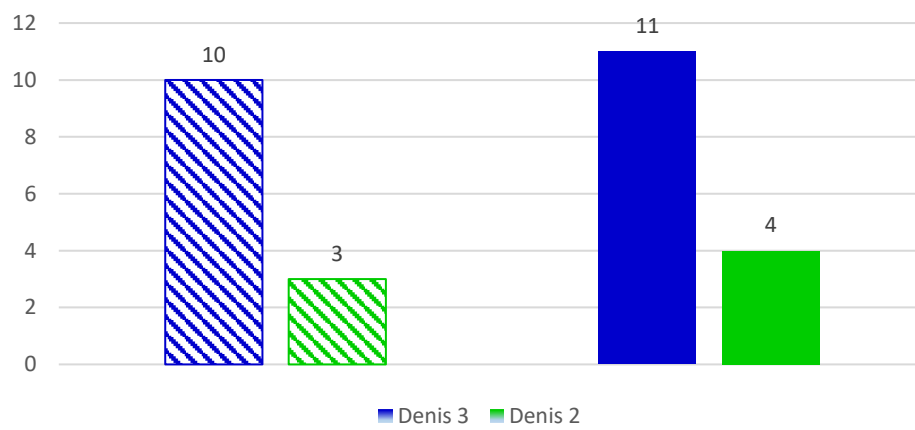
Box Plot - komparace věku u finálního souboru, MWW exact p = 0,9333



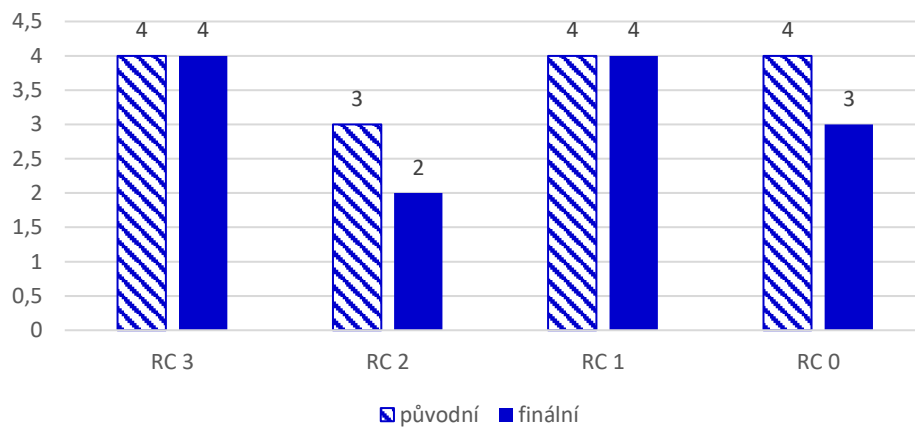
Komparace pohlaví, Fisher 2x2 p = 1,0000



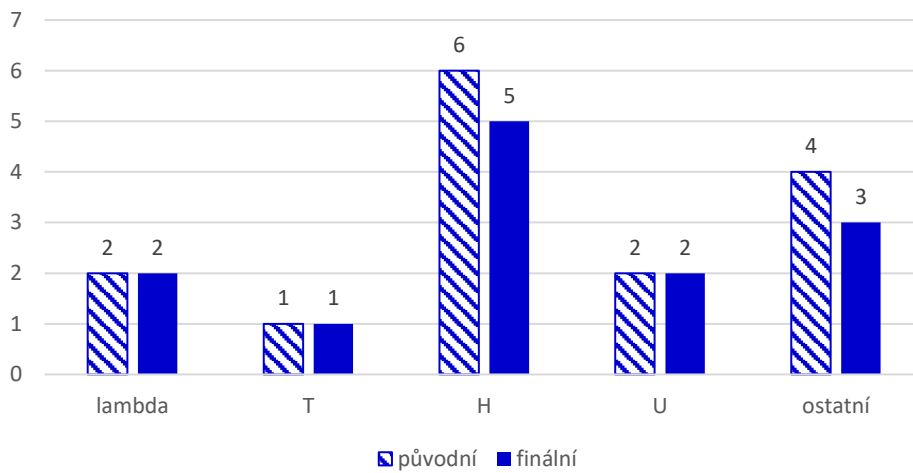
Komparace typů dle Denise, Fisher 2x2 p = 1,0000



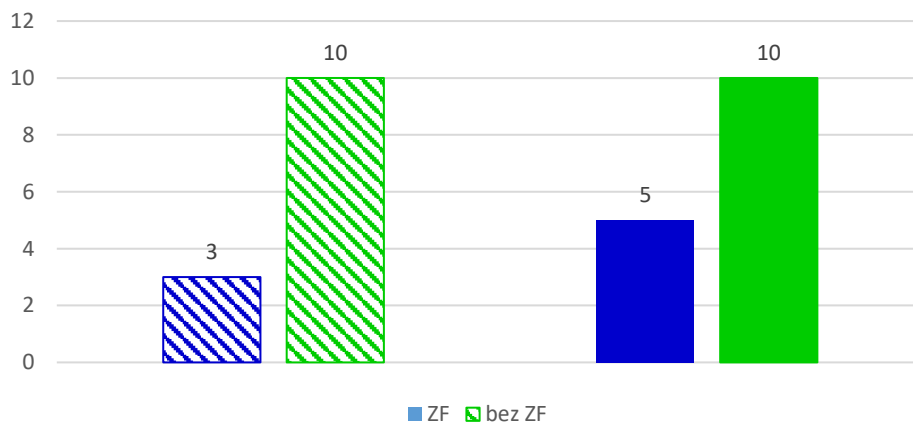
Komparace typů dle Roy Camille klasifikace, Fisher 4x2 p = 1,0000



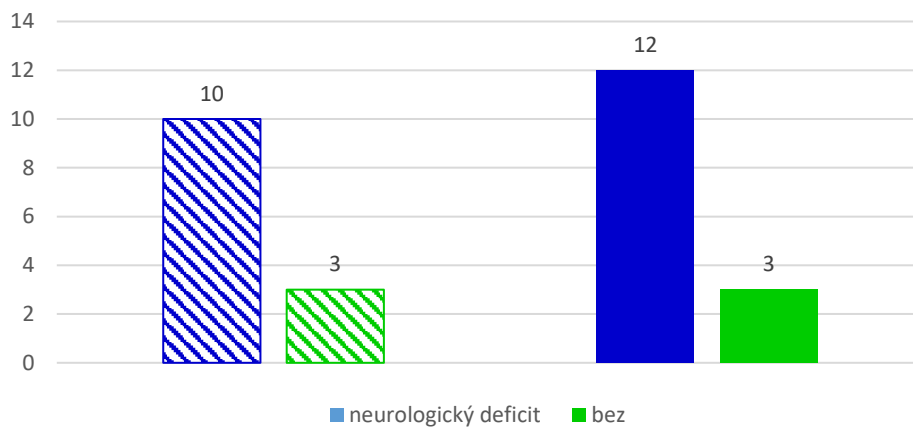
Komparace tvarových typů, Fisher 5x2 $p = 1,0000$



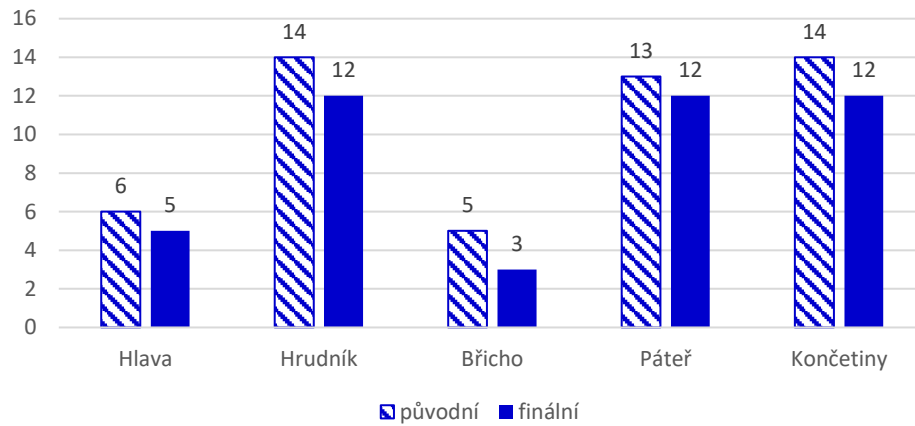
Komparace vstupní zevní fixace (ZF nebo C svorka), Fisher 2x2 $p = 0,6860$



Komparace přítomnosti vstupního neurologického deficitu, Fisher 2x2 $p = 1,0000$



Komparace ostatních poranění,
Fisher 5x2 p = 0,9971

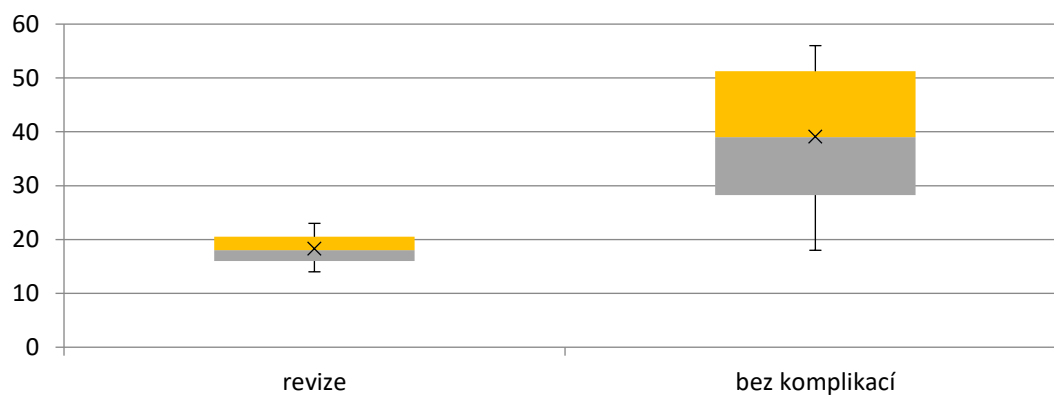


Následuje grafické a tabulkové hodnocení finálního souboru 13 pacientů.

Tab. 7 Náš soubor, porovnání skupin s nutností revize a bez komplikací dle věku

Věk	revize	bez komplikací
průměr	18,3	39,1
SEM	2,6	4,2
95% CI dolní	13,2	30,8
95% horní	23,4	47,4
smodch	4,5	13,4
Maximum	23	56
Minimum	14	18
MWW exact	0,0140	
LL test	0,0045	

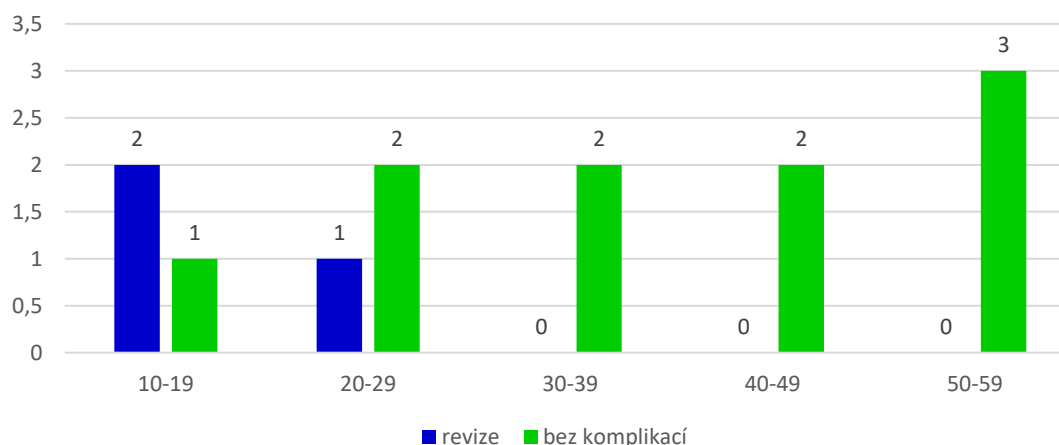
Box Plot - věk



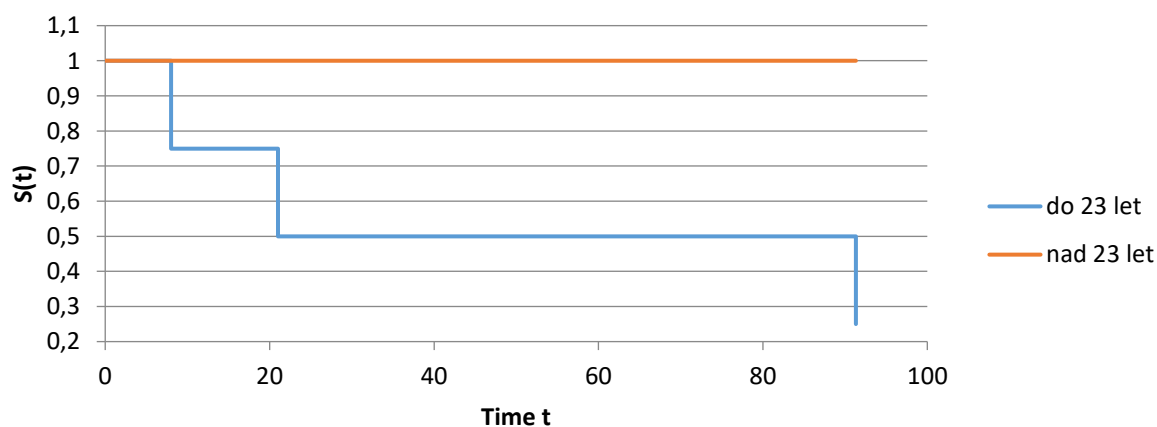
Tab. 8 Náš soubor, porovnání skupin s nutností revize a bez komplikací dle věkových kategorií

Věková kategorie	revize	bez komplikací	Fisher 2×2	chi2	Yates
10-19	2	1	0,1084	0,0410	0,0495
20-29	1	2	1,0000	0,6307	0,4297
30-39	0	2	1,0000	0,3997	0,1460
40-49	0	2	1,0000	0,3997	0,1460
50-59	0	3	0,5280	0,2794	0,1319
Fisher 5×2 p = 0,4021					
chi2 (Pearson) 5×2 p = 0,2407					
chi2 (Yates) 5×2 p = 0,0671					

**Komparace věkových kategorií,
Fisher 5x2 p = 0,4021, Yates 5x2 p = 0,0671**



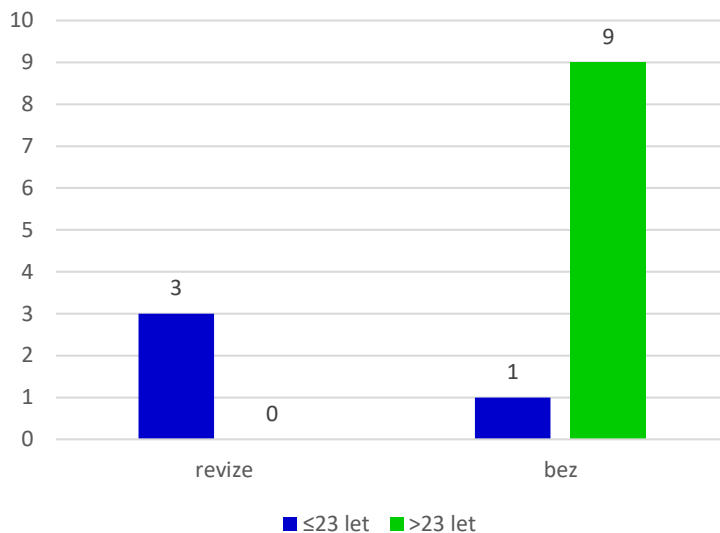
**Survival Curve - věk do 23 let a nad 23 let,
p = 0,0025**



Tab. 9 Náš soubor, zhodnocení pravděpodobnosti revize pro věkové kategorie do 23 a nad 23 let

Kategorie dle věku do 23 let (včetně) a nad 23 let		
	revize	bez
≤23 let	3	1
>23 let	0	9
	Fisher 2×2	0,0140
	chi2	0,0031
	Yates	0,0037

Komparace dle 2 věkových kategorií, Fisher 2x2 p = 0,0104



tab. 2×2	
risk ratio	10,0000
95% lower	1,5576
upper	64,2001
z	2,4271
p	0,0152

Kaplan-Meierův graf	p
log rank test	0,0025
Wilcoxonův test	0,0027
Tarone-Wareův test	0,0025

Ve věku do 23 let je 10krát vyšší riziko revizní operace (1,5 až 64,2 krát 95% CI) než u pacientů nad 23 let.

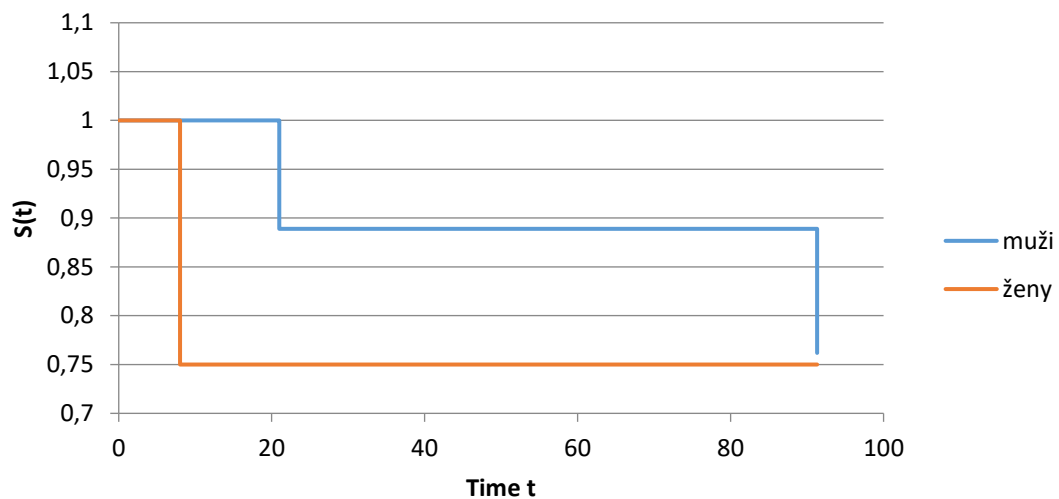
Tab. 10 Náš soubor, porovnání skupin s nutností revize a bez komplikací dle pohlaví

	Počet		%	%
Pohlaví	muži	ženy	muži	ženy
revize	2	1	22,22	25,00
bez	7	3	77,78	75,00
	Fisher 2×2	1,0000	chi2	0,9126
	Yates	0,4847		

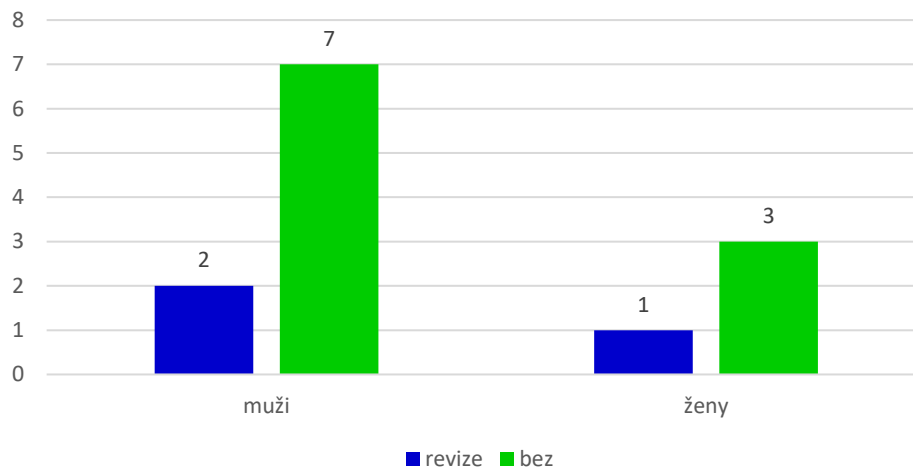
	tab. 2×2	z Kaplan-Meierova grafu
risk ratio	0,8889	0,8007
95% lower	0,1098	0,0654
upper	7,1987	9,7981
z	-0,1104	-0,1739
p	0,9121	0,8619

Kaplan-Meierův graf	p
log rank test	0,8557
Wilcoxonův test	0,7434
Tarone-Wareův test	0,7984

Survival Curve - pohlaví, p = 0,8557



Komparace dle pohlaví, Fisher 2x2 p = 1,0000



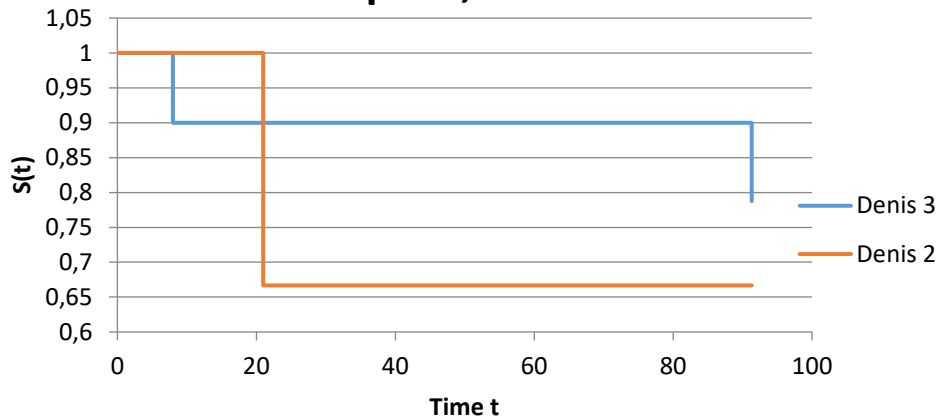
Tab. 11 Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle typu zlomeniny podle Denise

Typy dle Denisovy klasifikace		%	
	Denis 3	Denis 2	
revize	2	1	20,00
bez	8	2	80,00
Fisher 2×2 1,0000			
chi2 0,6307			
Yates 0,4297			

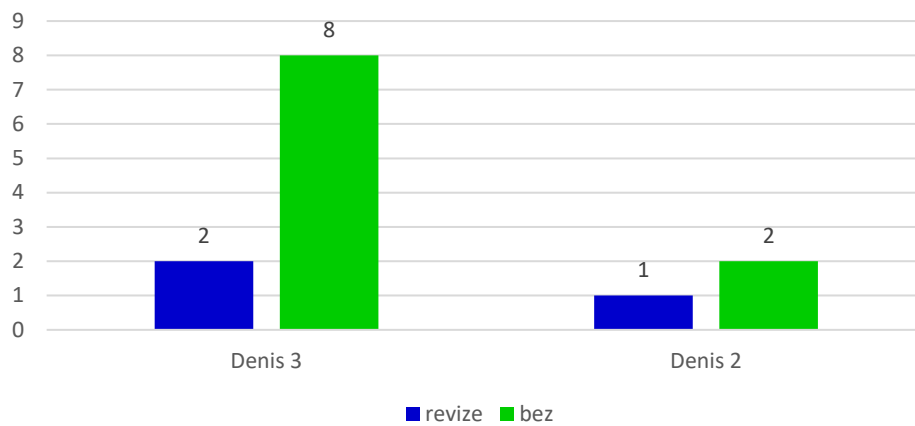
	tab. 2×2	Kaplan - Meierův graf
risk ratio	0,8333	0,5871
95% lower	0,3533	0,0394
upper	1,9655	8,7506
z	-0,4165	-0,3864
p	0,6771	0,6992

Kaplan-Meierův graf	p
log rank test	0,6599
Wilcoxonův test	0,6397
Tarone-Wareův test	0,6478

Survival Curve - typy dle Denise, p = 0,6599



Komparace dle typů Denisovy klasifikace, Fisher 2x2 p = 1,0000



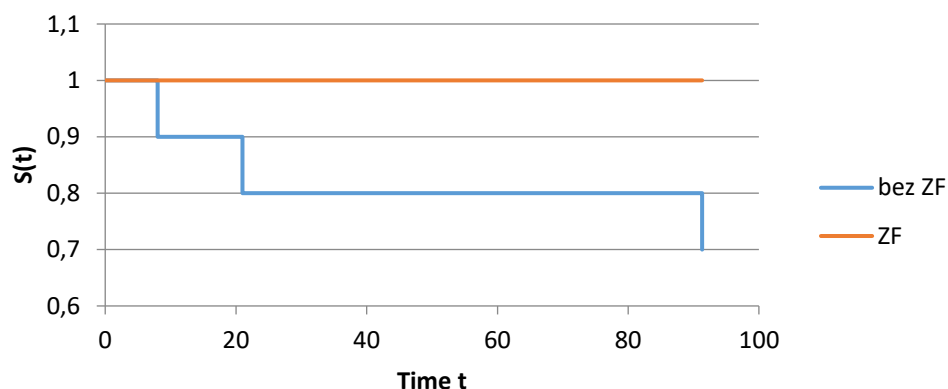
Tab. 12 Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle prvotního ošetření ZF

Přítomnost ZF		%	
	ZF	bez ZF	
revize	0	3	0,00
bez	3	7	100,00
Fisher 0,5280			
chi2 0,2794			
Yates 0,1319			

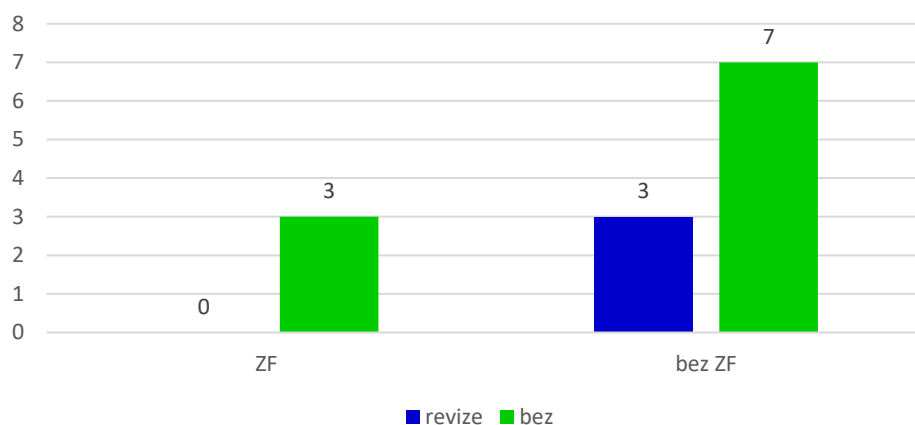
Risk ratio nelze pro nedostatek dat.

Kaplan-Meierův graf	
log rank test	0,3158
Wilcoxonův test	0,3161
Tarone-Wareův test	0,3173

Survival Curve - vliv vstupní ZF, p = 0,3158



Komparace dle přítomnosti zevní fixace, p = 0,5280



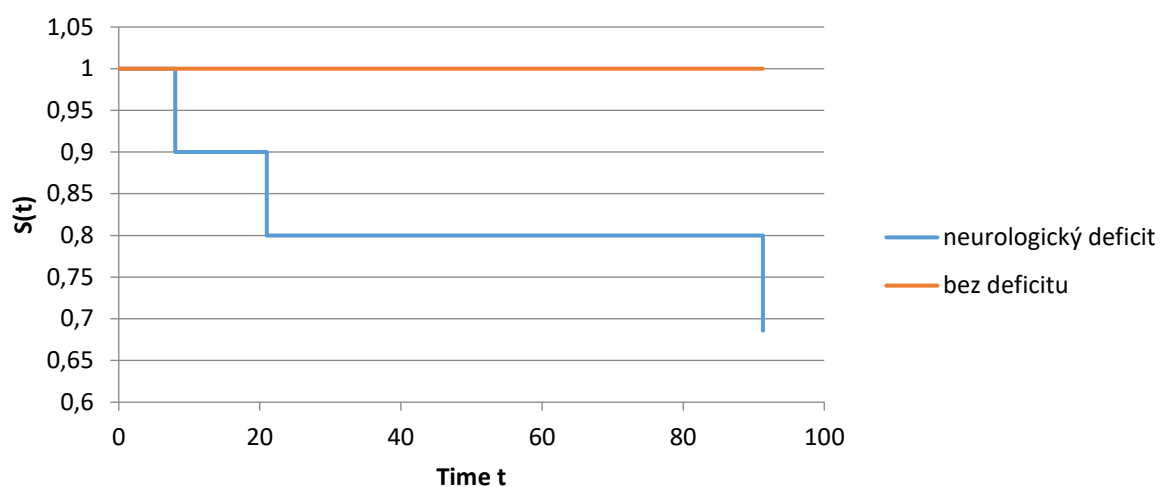
Tab. 13 Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle vstupního neurologického deficitu

Vstupní neurologický deficit			%	%
	vstupní neurologický deficit	bez deficitu	vstupní neurologický deficit	bez deficitu
revize	3	0	30,00	0,00
bez	7	3	70,00	100,00
Fisher 2×2 0,5280; chi2 0,2794; Yates 0,1319				

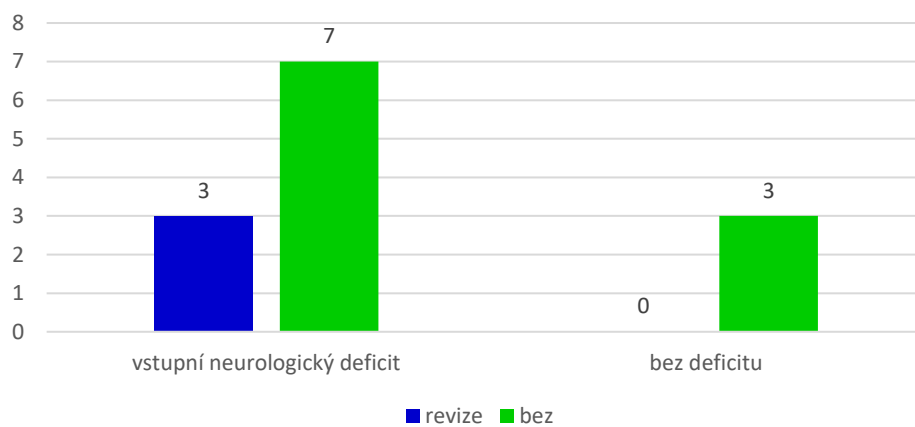
Risk ratio nelze pro nedostatek dat.

Kaplan-Meierův graf	p
log rank test	0,3043
Wilcoxonův test	0,3050
Tarone-Wareův test	0,3082

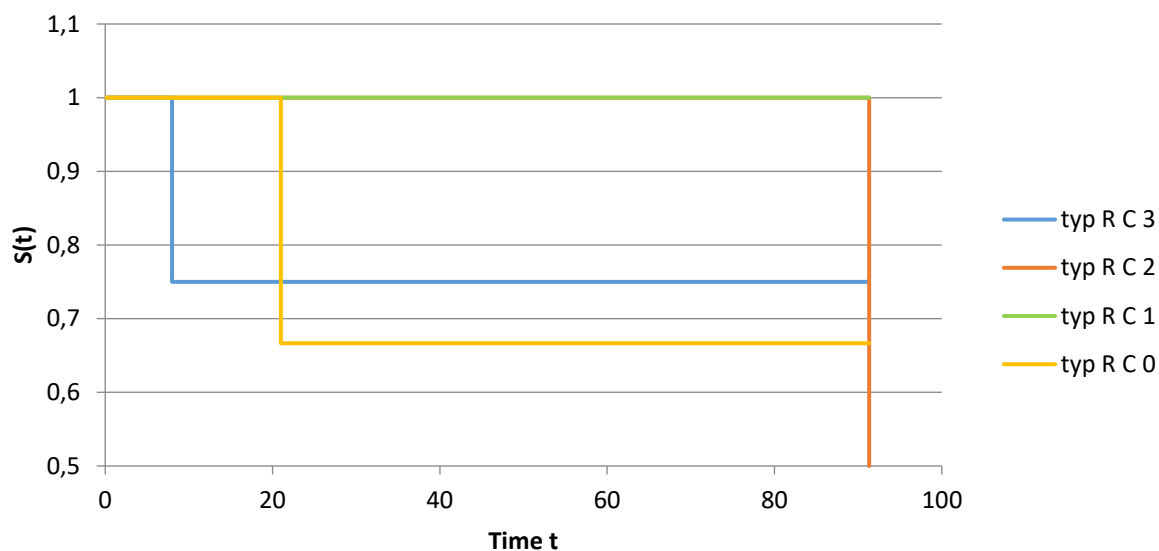
Survival Curve - přítomnost vstupního neurologického deficitu, $p = 0,3043$



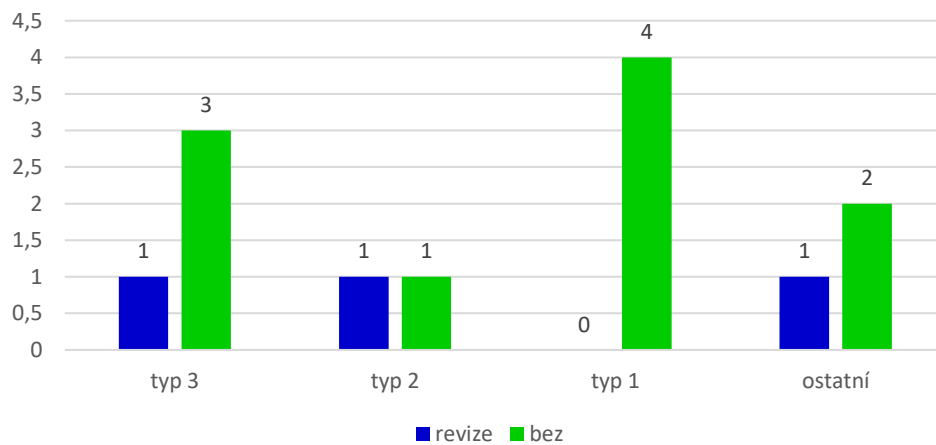
Komparace dle neurologického deficitu, $p = 0,5280$



Survival Curve - komparace typů dle Roy Camille, Fisher test 4x2 $p = 0,7203$



Komparace typů dle Roy Camille klasifikace, Fisher 4x2 $p = 0,7203$



Tab. 14 Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle typu zlomeniny dle Roy–Camilleho

R C typ	typ 3	typ 2	typ 1	ostatní
revize	1	1	0	1
bez	3	1	4	2
			Fisher 4×2	0,7203
			chi2	0,5314
			Yates	0,3087

			%	%	% revizí z daného RC typu
R C typ	revize	bez	revize	bez	
typ 3	1	3	33,33	30,00	25,00
typ 2	1	1	33,33	10,00	50,00
typ 1	0	4	0,00	40,00	0,00
ostatní	1	2	33,33	20,00	33,33

Párové komparace	Fisher 2×2
3 vs. 2	1,0000
3 vs. 1	1,0000
3 vs. 2	1,0000
2 vs. 1	0,3333
2 vs. 0	1,0000
1 vs. 0	0,4286

Risk ratio bylo možné jen u typu 3 vs. 2, jinak nelze pro nedostatek dat.

Typ 3 vs. 2	tab. 2×2	Kaplan-Meier
risk ratio	0,5000	0,7143
95% lower	0,0559	0,0430
upper	4,4736	11,8782
z	-0,6200	-0,2346
p	0,5353	0,8145

Kaplan-Meierův graf (3 vs. 2)	p
log rank test	0,8111
Wilcoxonův test	1,0000
Tarone-Wareův test	0,9044

log rank test pro 4 skupiny dat	chi2	1,7099
	p	0,6347

Párové komparace po log rank testu pro 4 skupiny dat s post hoc Bonferroniho korekcí. P hodnoty jsou konkordantní (shodné) s výsledky Fisherova exaktního testu.

Párová komparace	Post hoc log rank (Bonferroni)
3 vs.2	1,0000
3 vs. 1	1,0000
3 vs. 2	1,0000
2 vs. 1	0,9438
2 vs. 0	1,0000
1 vs. 0	1,0000

Tab. 15 Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle typu zlomeniny morfologicky

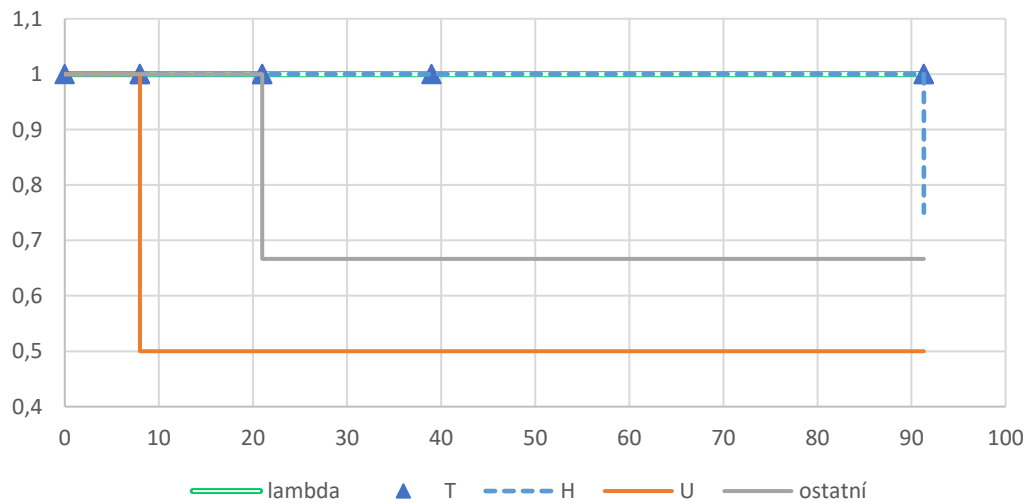
Tvarové typy	λ	T	H	U	ostatní
revize	0	0	1	1	1
bez	2	1	4	1	2
%	0,00	0,00	20,00	50,00	33,33
Fisher 5×2 p =1,0000					
Log rank test pro 5 skupin dat p = 0,6889					

Párové komparace		Fisher 2×2	post hoc log rank (Bonferroni)
lambda	T	nelze	nelze
lambda	H	1,0000	1,0000
lambda	U	1,0000	1,0000
lambda	Ostatní	1,0000	1,0000
T	H	1,0000	1,0000
T	U	1,0000	1,0000
T	Ostatní	1,0000	1,0000
H	U	1,0000	1,0000
H	Ostatní	1,0000	1,0000
U	Ostatní	1,0000	1,0000

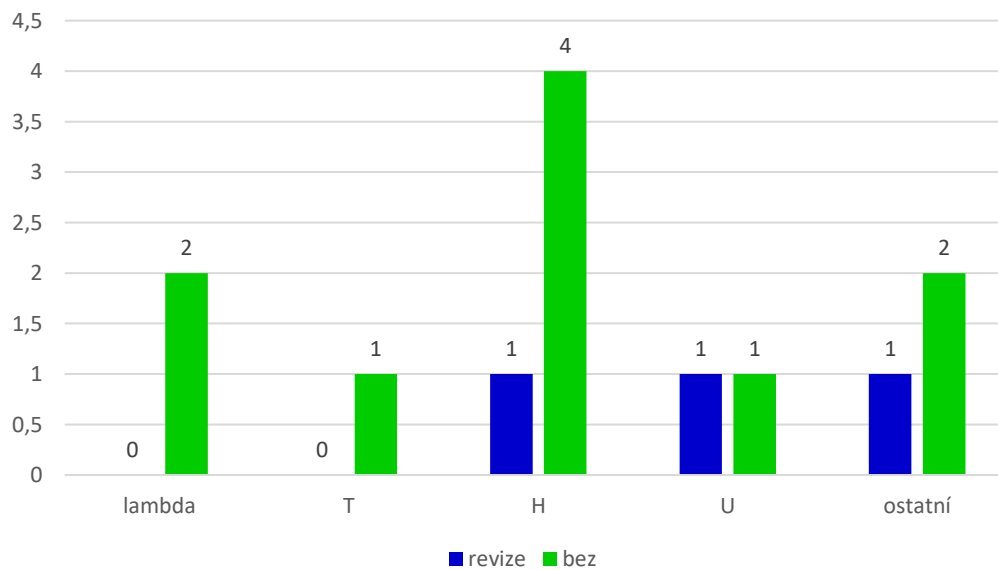
			%	%	relative risk
	Revize	bez	revize	bez	% revizi daného tvarového typu
lambda	0	2	0,00	20,00	0,00
T	0	1	0,00	10,00	0,00
H	1	4	33,33	40,00	20,00
U	1	1	33,33	10,00	50,00
ostatní	1	2	33,33	20,00	33,33

Z Kaplan-Meierova grafu	H vs. U	H vs. ostatní	U vs. ostatní
risk ratio	0,3208	0,5484	2,0769
95% lower	0,0127	0,0302	0,1077
95% upper	8,1251	9,9451	40,0410
SE	1,6490	1,4785	1,5097
z	-0,6896	-0,4063	0,4841
p	0,4905	0,6845	0,6283

**Survival Curve - komparace tvarových typů,
p = 0,6889**



Tvarové typy, Fisher 5x2 p = 1,0000

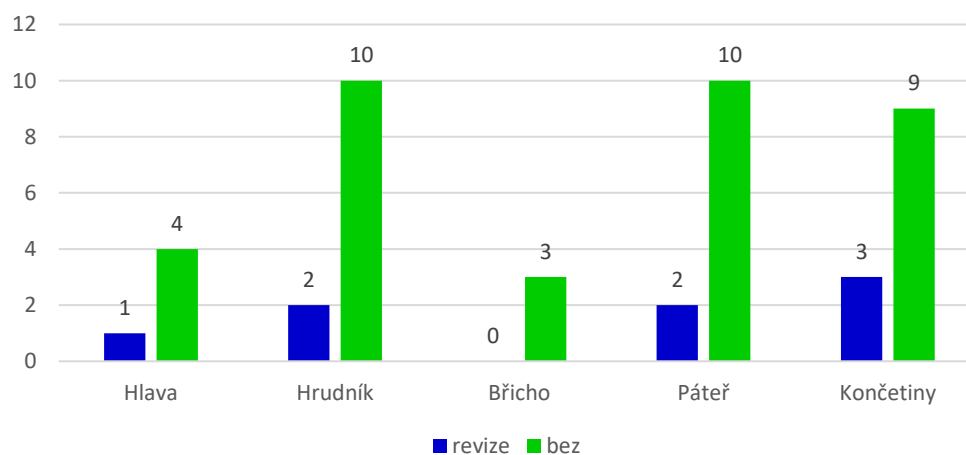


Tab. 16 Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle ostatních poranění

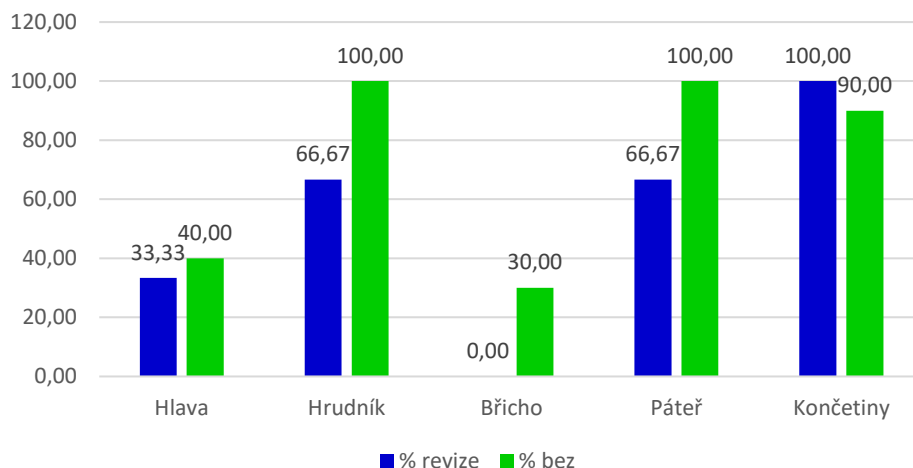
	Hlava	Hrudník	Břicho	Páteř	Končetiny
revize	1	2	0	2	3
bez	4	10	3	10	9
celkem	5	12	3	12	12
	Hlava	Hrudník	Břicho	Páteř	Končetiny
% revize	33,33	66,67	0,00	66,67	100,00
% bez	40,00	100,00	30,00	100,00	90,00
% celkem	38,46	92,31	23,08	92,31	92,31
Fisher 5×2 p = 1,0000					

Ostatní poranění	risk ratio	95% CI dolní	horní	z	p
Hlava	0,8000	0,0956	6,6956	-0,2059	0,8369
Hrudník	0,1667	0,0470	0,5906	-2,7758	0,0055
Břicho	0,0000	nelze	nelze	nelze	nelze
Páteř	0,1667	0,0470	0,5906	-2,7758	0,0055
Končetiny	nelze	nelze	nelze	nelze	nelze

**Komparace počtu ostatních poranění,
Fisher 5x2 p = 1,0000**



Komparace % zastoupení ostatních poranění



5 Experiment na modelu, materiál, metodika a výsledky

Metodika biomechanické studie

Chování pánevního kruhu a implantátů bylo analyzováno pomocí počítačového konečno–prvkového modelu (FEM). Studie byla provedena ve spolupráci s výzkumným centrem NTIS na Fakultě aplikovaných věd, ZČU v Plzni pod vedením prof. Ing. Jiřího Křena, CSc. Vytvoření konečnoprvkového modelu provedl as. Ing. Libor Lobovský, Ph.D., který s kolegy prováděl i požadované výpočty dislokací ve specializovaném softwaru. Cílem bylo určit mechanické vlastnosti různých typů osteosyntézy lineární a kominutivní transforaminální vertikálně nestabilní zlomeniny pánve – modelována byla dislokace během axiálního zatížení na horní krycí desku obratle L4 tíhou 500 N.

Konečnoprvkový model pánevního kruhu

Na základě CT skenů plastového modelu pánve od firmy Sawbones®, číslo modelu 1301, o tloušťce 0,8 mm byl speciálním softwarem vytvořen 3D model pánve a poté i triangulárního povrchové síťování. Následovalo vypracování 3D volumetrické, tj. konečnoprvkové síťě, jejíž jednotlivé prvky tvoří čtyřstěny. V modelu nebylo zahrnuto sakrokocygeální spojení a kostrč. Model kosti byl uvažován jako homogenní lineárně elastický izotropní materiál z tvrzené pěny. Materiálové vlastnosti byly změřeny v laboratoři. Bylo počítáno s Youngovým modulem pružnosti a Poissonovým poměrem pro tvrzenou pěnu s hodnotami $E=194\text{MPa}$, $\nu=0.2$. Pro zjednodušení byly neporaněné SI klouby považovány za rigidní

strukturu a i symfýza byla modelována jako solidní struktura. Rovněž kyčelní klouby byly pro účely studie považovány za rigidní strukturu. Dále byl získán a použit CT sken mužské pánve s naimplantovanou spinopelvicou fixací v uspořádání: bilaterální pedikulární šrouby v L4, v L5 a polyaxiálními šrouby s offsetovým konektorem rovněž bilaterálně zavedenými. Po obou stranách byly šrouby spojené tyčemi a ty poté propojeny mezi L5 a lopatami kyčelních kostí příčným. Z tohoto CT skenu byla použita data pro vytvoření volumetrické 3D sítě obratlů L4, L5 a pozice pedikulárních a polyaxiálních iliakálních šroubů spinopelvicé fixace. Porovnáním s dříve prováděným experimentem byla zjištěna totožná pozice i délka iliakálních šroubů. Ze stejného experimentu pochází i pozice ISS. Validování konečnoprvkového modelu proběhlo na základě dříve validovaného plastového modelu pánve, ke kterému byly virtuálně přidány obratle L4 a L5 [36, 57]. SI kloub a symfýza byly uvažovány jako nepohyblivé součásti, elasticita vazů pánve ani páteře nebyla uvažována. Model byl pevně uchycen v obou acetabulech bez možnosti posuvu a rotací. Zatížení působilo na horní krycí desku obratle L4 silou 500 N [12, 13]. Začínalo se 250 N jako preload, následovalo zvyšování zátěže po 25 N, až do cílové hodnoty 500 N. Hlavice femurů byly virtuálně fixovány ve všech stupních volnosti (tj. v translacích (x, y, z) i rotacích (α, β, γ)). Osa x byla určena mediolaterálním směrem, osa y anteroposteriorním směrem a osa z byla v kaudokraniálním směru. Rotace α značila flexi/extenzi kolem osy x , rotace β abdukci/addukci kolem osy y a rotace γ zevní/vnitřní rotaci kolem osy z . Meziobratlové disky byly uvažovány jako plně chrupavčité tkáně bez jádra, lineárně elastické, homogenní izotropní, jejichž materiálové vlastnosti byly převzaty z literatury ($E=30\text{MPa}$, $\nu=0.4$), pro titanové fixátory byly použity hodnoty $E=120\text{GPa}$, $\nu=0.33$ tj. homogenní lineárně elastický izotropní materiál titan převzatý z tabulek.

Při modelování jsme nejprve uvažovali kompletní vertikální linii lomu v transforaminální zóně i s vědomím, že se nejedná o zlomeninu nutně indikovanou k OS spinopelvicou fixací. Následně byla modelována kompletní vertikální kominutivní linie lomu s tříštvou zónou 5 mm v transforaminální zóně. Bylo simulováno pravostranné poranění typu II dle Denise, na ventrálním segmentu pánve bez poranění. Následovala postupná virtuální implantace spinopelvicé fixace a ISS. Pro simulaci spinopelvicé fixace byly použity polyaxiální šrouby Revere Stabilization System fy Globus Medical © o průměru 7,5 mm do lopat (offsetový konektor 20 mm) a průměru 6,5 mm do pediklů L5, L4 a příčným. Spojovací tyče průměru 5,5 mm. Pro simulaci iliosakrálních šroubů kanylované šrouby o průměru 7,3 mm

Synthes ©. Software fixátory zjednodušil, nebyly uvažovány závitý šroubů, ale byla zachována jejich orientace v prostoru, průměr i délka.

Metodika výpočtu dislokace

Na konečnoprvkové modely s naloženou spinopelvicou fixací působila v oblasti horní krycí desky L4 kolmo k povrchu směřovaná síla (500 N), přičemž se sledovaly dislokační pohyby v oblasti horní krycí desky obratlů L4, L5 a S1 a v oblasti linie lomu. V případě dislokace byly na konečnoprvkovém modelu měřeny dislokační pohyby uzlů na horní ploše obratle L4, L5 a S1. Hodnoty dislokace jsou uvedeny jako průměr z 300 uzlů na každé horní krycí desce uvedených obratlů. Jsou zaneseny do tabulek č. 17 a 18.

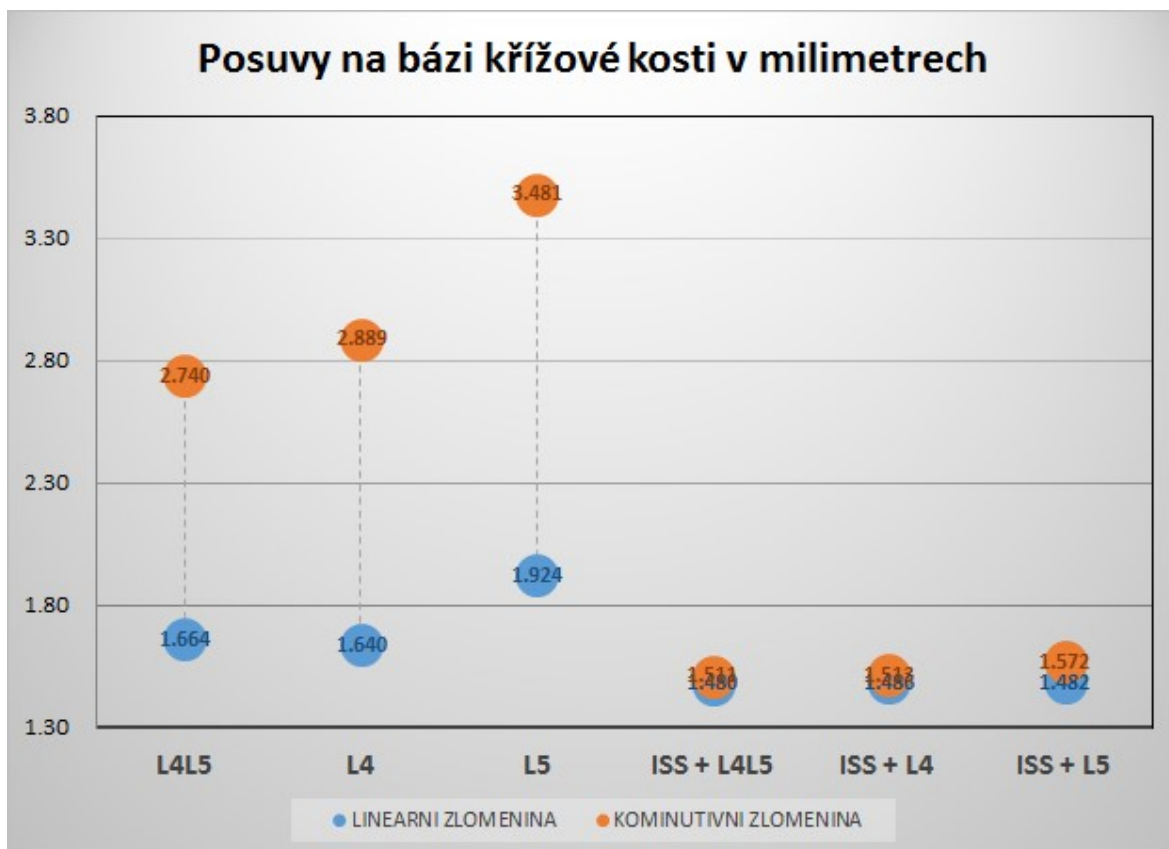
Tab. 17 Modelováno pro lineární zlomeninu, dislokace v mm na horní krycí desce L4, L5 a S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N.

LINEÁRNÍ ZLOMENINA						
Typ fixace	L4L5	L4	L5	ISS + L4L5	ISS + L4	ISS + L5
Velikost posuvu L4	2,656	2,848	3,337	2,705	2,941	3,040
Velikost posuvu L5	2,218	2,370	2,486	2,159	2,362	2,145
Velikost posuvu S1	1,664	1,640	1,924	1,480	1,486	1,482

Tab. 18 Modelováno pro kominutivní zlomeninu, dislokace v mm na horní krycí desce L4, L5 a S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N

KOMINUTIVNÍ ZLOMENINA						
Typ fixace	L4L5	L4	L5	ISS + L4L5	ISS + L4	ISS + L5
Velikost posuvu L4	3,334	3,527	4,341	2,517	2,737	3,073
Velikost posuvu L5	3,080	3,330	3,803	2,064	2,229	2,195
Velikost posuvu S1	2,740	2,889	3,481	1,511	1,513	1,572

Závislost dislokace (měřená na horní krycí desce S1) na velikosti zátěže (působící na horní krycí desku L4) u lineární i kominutivní zlomeniny, při použití různých montáží spinopelvicé fixace ukazuje i graf. Z naměřených hodnot i grafu byla vyvozena míra tuhosti fixací L4–ilium, L4–L5–ilium a L5–ilium vždy s příčnickem, a poté ve všech případech ještě v kombinaci s ISS.



Obrázek 14 Graf velikosti dislokace v mm na horní krycí desce S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N pro lineární a kominutivní zlomeninu Denis II u různých typů spinopelvicích fixací.

Pro zajímavost bylo provedeno modelování zátěže a dislokace pro tuhost hmoty 10× vyšší – tedy pro parametry blížíící se vlastnostmi skutečné kortikální kosti. Výsledky přehledně v tabulkách č. 19 a 20.

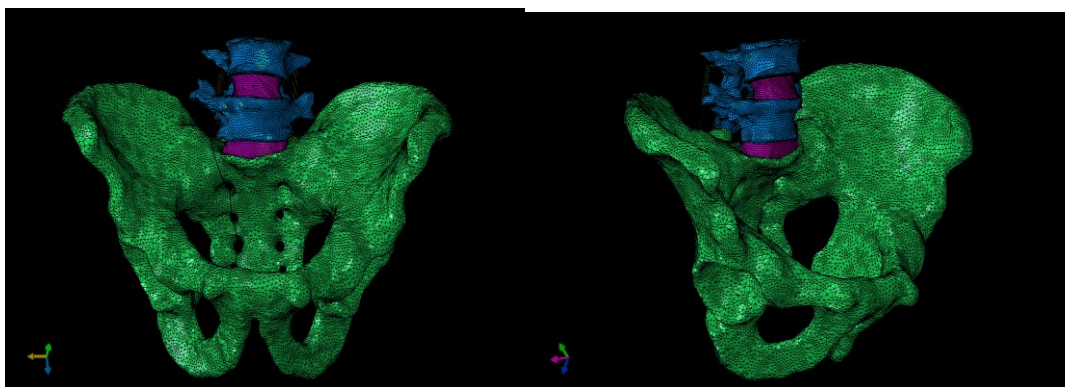
Tab. 19 Modelováno pro lineární zlomeninu, dislokace v mm na horní krycí desce L4, L5 a S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N, uvažována 10× vyšší tuhost materiálu kostí

LINEÁRNÍ ZLOMENINA – tuhost pěny 10× větší			
Typ fixace	L4L5	L4	L5
Velikost posuvu L4	0,773	0,901	1,134
Velikost posuvu L5	0,580	0,694	0,613
Velikost posuvu S1	0,365	0,362	0,327

Tab. 20 Modelováno pro kominutivní zlomeninu, dislokace v mm na horní krycí desce L4, L5 a S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N, uvažována 10× vyšší tuhost materiálu kostí

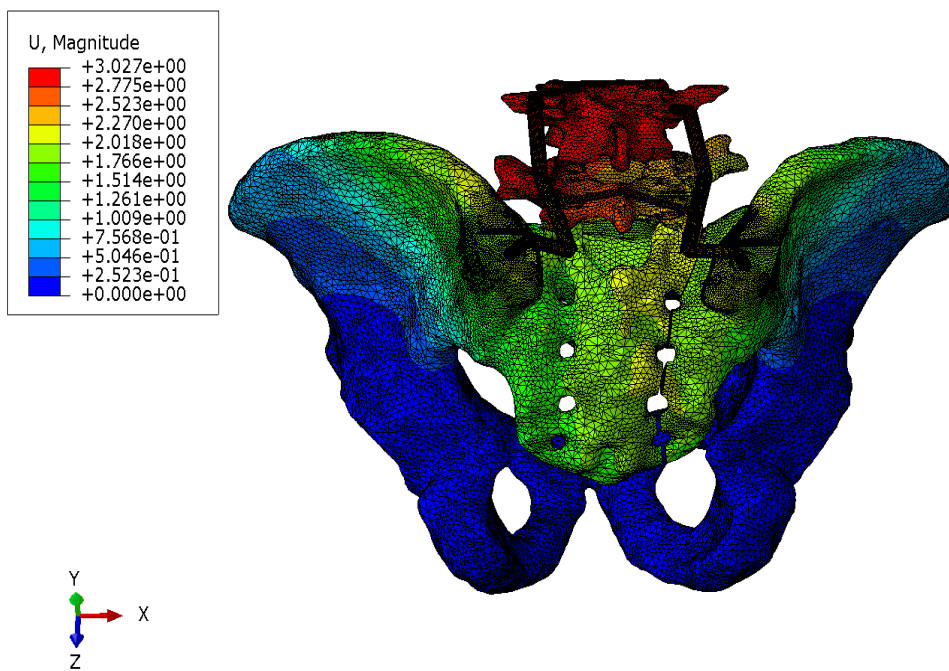
KOMINUTIVNÍ ZLOMENINA – tuhost pěny 10× větší			
Typ fixace	L4L5	L4	L5
Velikost posuvu L4	0,817	0,929	1,335
Velikost posuvu L5	0,646	0,755	0,894
Velikost posuvu S1	0,485	0,493	0,627

Výsledky experimentu ve formě barevného mapování

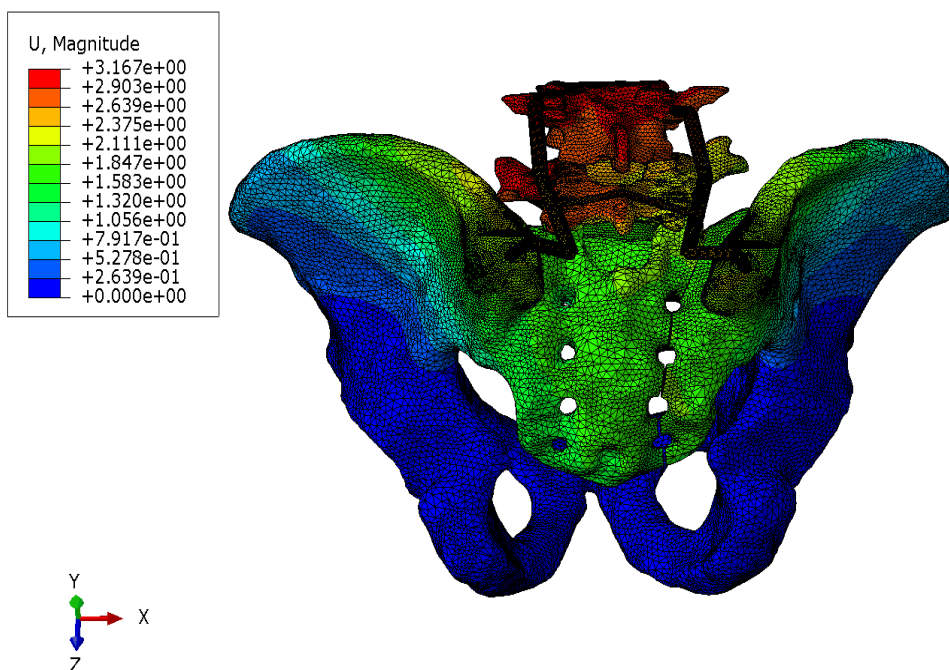


Obrázek 15 konečnoprvkový model při pohledu zředu (vlevo) a při pohledu zprava (vpravo), s fixací L4,L5 ilium oboustranně a transforaminální lineární linií lomu vpravo

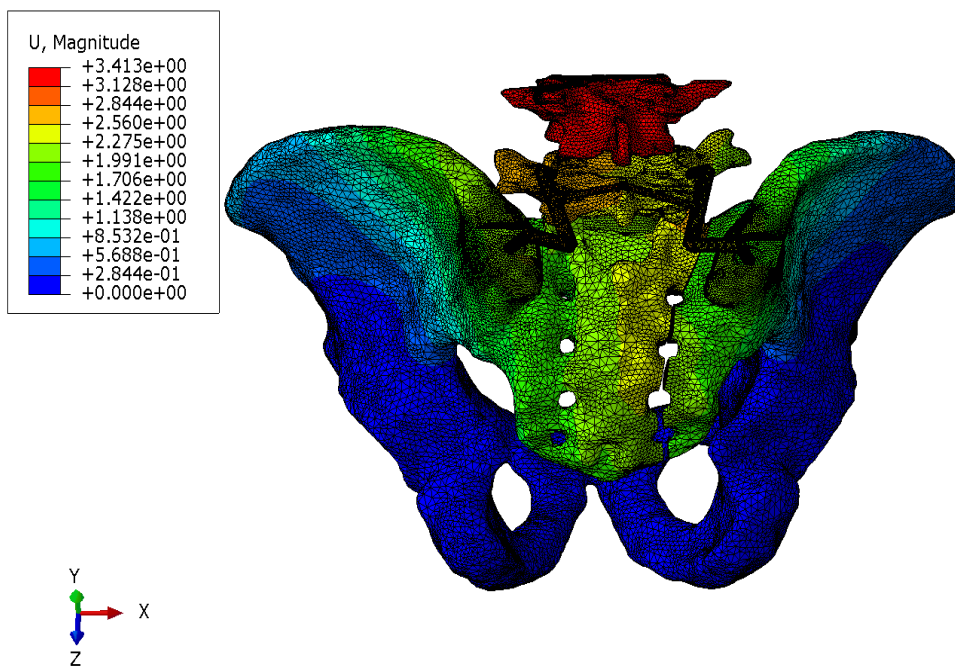
Modely měly rovněž grafický výstup ve formě barevného mapování. Z předchozích experimentů mapování velikosti dislokace u neporaněné pánve je známo, že k největšímu posuvu při zátěži dochází v oblasti baze kosti křížové a dále dorsálně při SI kloubech při úponech lig. sacroiliacum interosseum a posterius. V místech, kde se fyziologicky přenáší zátěž z dolní L páteře na pánevní kruh [36, 57]. V případě barevného mapování modelu spinopelvicé fixace a ISS byly dislokace měřeny vždy ve dvou uzlech, které přiléhaly k lomné linii, tj. mediálně (blíže k centrální části kosti křížové) a laterálně umístěný uzel (v linii blíže k SI kloubu). Data byla měřena v centrální části baze S1 a poté vždy v kaudálním okraji foramin S1–S4.



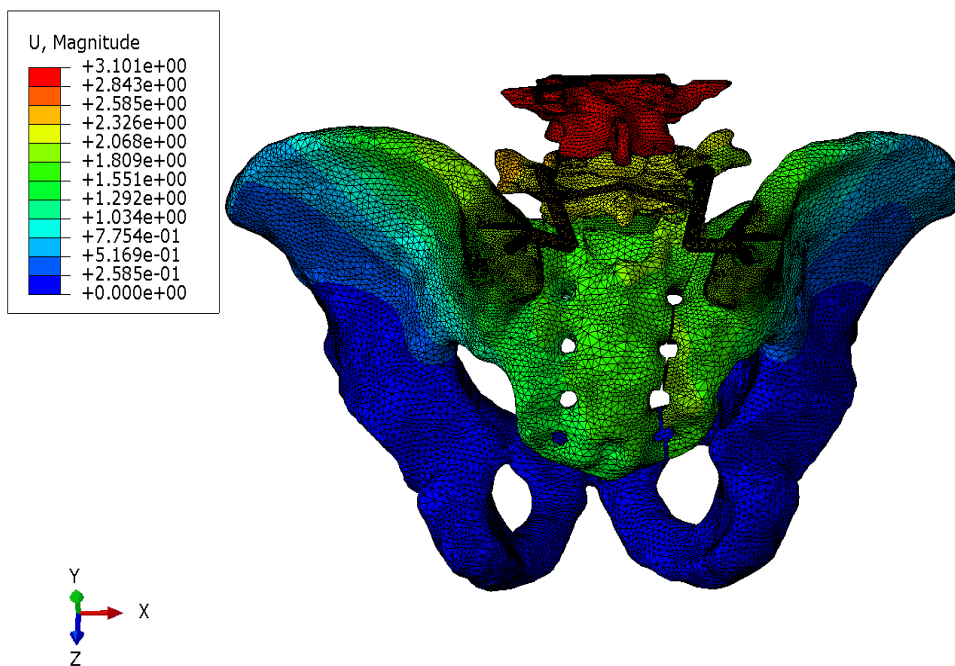
Obrázek 16 Barevné mapování pro lineární zlomeninu a spinopelvicou fixaci L4 ilium bilaterálně



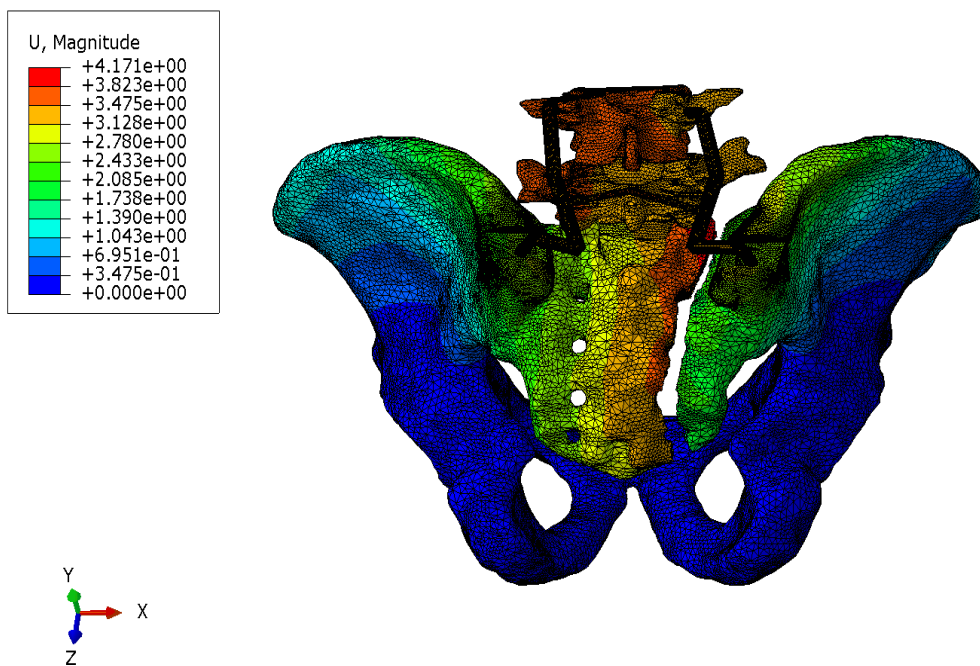
Obrázek 17 Barevné mapování pro lineární zlomeninu a spinopelvicou fixaci L4 ilium bilaterálně + ISS



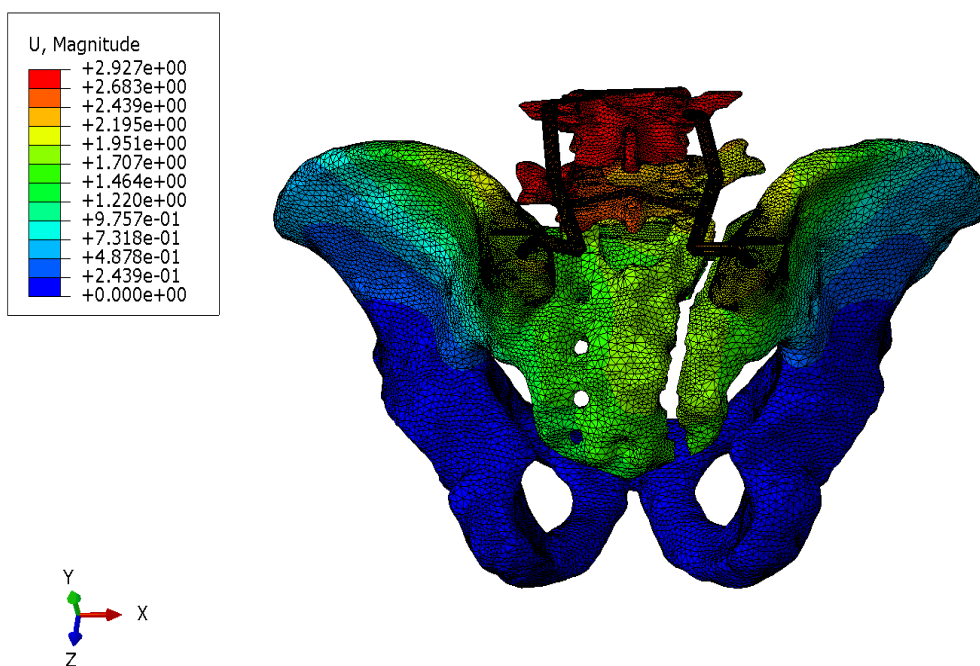
Obrázek 18 Barevné mapování pro lineární zlomeninu a spinopelvickou fixaci L5 ilium bilaterálně



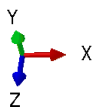
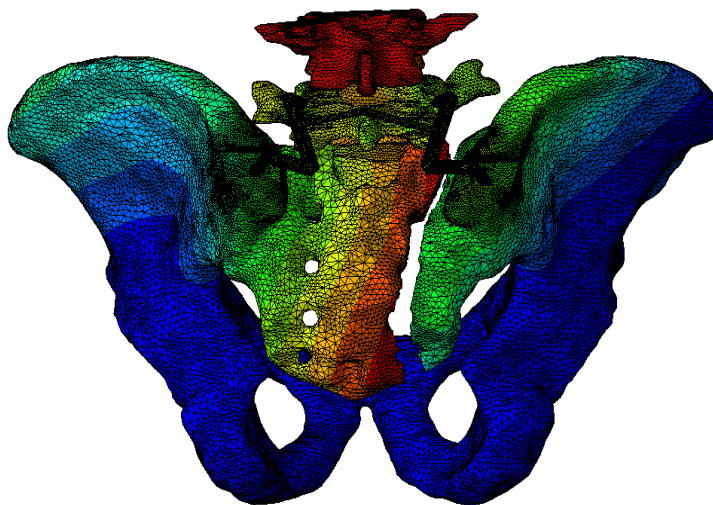
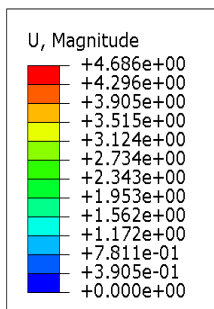
Obrázek 19 Barevné mapování pro lineární zlomeninu a spinopelvickou fixaci L5 ilium bilaterálně + ISS



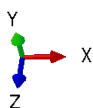
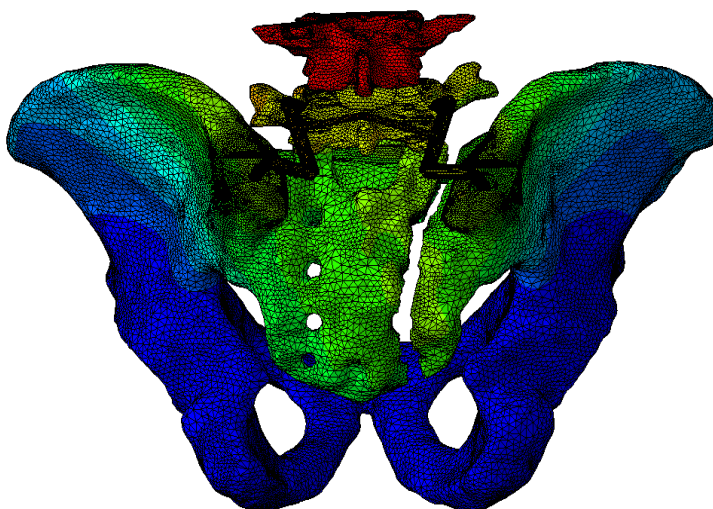
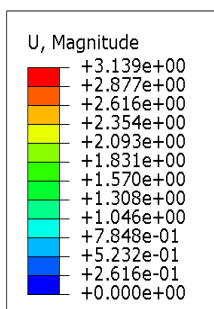
Obrázek 20 Barevné mapování pro kominutivní zlomeninu a spinopelvickou fixaci L4 ilium bilaterálně



Obrázek 21 Barevné mapování pro kominutivní zlomeninu a spinopelvickou fixaci L4 ilium bilaterálně + ISS



Obrázek 22 Barevné mapování pro kominutivní zlomeninu a spinopelvickou fixaci L5 ilium bilaterálně



Obrázek 23 Barevné mapování pro kominutivní zlomeninu a spinopelvickou fixaci L5 ilium bilaterálně + ISS

Problém našeho experimentu tkví v materiálu! Jedná se o pilotní studii, zatíženou zejména faktem, že veškeré měření je modelováno pro materiál s vlastnostmi tvrzené pěny. Neuvažujeme s pohyblivostí meziobratlových prostor, s pohyblivostí v SI kloubech ani v kyčelních kloubech. Modelován byl pouze stoj s rovnoměrným zatížením obou DK hmotností 50 kg.

Výsledkem experimentu je, že výhodnější je fixace s delším ramenem síly tzn. pedikulární šrouby v L4. Taková montáž při zatížení ukazuje, že posun na horní krycí desce obratle S1 při lineární i kombinativní zlomenině je menší, než u jiných montáží. Doplnění oboustranné lumbopelvické fixace o ISS na stranu zlomeniny ukazuje, že dle provedeného experimentu je jakákoli montáž pevnější. Zde se již výhoda zavedení v L4 neprokázala. Je proto lepší montáž L5–ilium bilaterálně doplněná o ISS, než L4–ilium bilaterálně, protože pevnost je ekvivalentní, přičemž segment L4/5 zůstane volný.

Nejsme schopni na základě experimentu vyvodit, zda se takto bude chovat i reálná kost, pánev, páteř a LS spojení.

VI Diskuse

Způsoby léčby zlomenin pánevního kruhu nebo sakra se spinopelvickou disociací představují stále diskutované téma: kdy volit konzervativní postup, kdy indikovat operační léčbu, kdy je prospěšná, či nezbytná dekomprese nervových struktur a v jakém rozsahu, jak správně načasovat indikovaný výkon?

Z publikovaných početnějších či méně početných retrospektivně hodnocených souborů pacientů lze vysledovat určité souvislosti i kontroverze.

V souboru Lindahla a kol. [51, 52] je uvedeno 36 pacientů (od 16 do 66 let) z traumacentra I. stupně operovaných s užitím lumbopelvické fixace pro spinopelvickou disociaci. Průměrná doba sledování činila 33 měsíců (rozmezí 18–71). Jednalo se o 3,1 % ze všech zlomenin pánevního kruhu a acetabula v tomto zařízení a časovém období. V souboru Sagiho a kol. [91] měli 58 pacientů. Pacienty sledovali prospektivně. Ve 40 případech získali data za dobu minimálně 12 měsíců (průměrně 18 měsíců, rozmezí 12–23). U Schildhauera a kol. [99] bylo v pětiletém období 19 poraněných (od 15 do 59 let), léčených operačně lumbopelvickou fixací. Osmnáct z nich bylo sledováno minimálně 12 měsíců. V práci Futamury a kol. [28] sledovali 15 pacientů (od 20 do 83 let) ve čtyřletém období řešených operační metodou SIRF (sacroiliac rod fixation). Jeden pacient zemřel během hospitalizace, 3 pacienti se ztratili ze sledování a byli ze souboru vyřazeni. Jejich cílem bylo potvrdit, že šroub v S1 působí jako pevná kotva a je dostatečně pevný pro stabilizaci spinopelvické disociace. Sdělení Lykomitrose a kol. [55] uvádí 16 pacientů (od 14 do 53 let) se sakrální zlomeninou, z nichž bylo 6 operováno, dalších 10 bylo léčeno konzervativně. Průměrná doba sledování byla 24 měsíců (13–40). Soubor Norka a kol. [67] je z traumacentra I. stupně a hodnotili operační léčení u 13 pacientů (od 21 do 60 let) s dislokovanou zlomeninou sakra tvaru U. Použili metodu zavřené repozice a stabilizace iliosakrálními šrouby. Průměrná doba sledování činila 14 měsíců (7–48). Posledním je soubor Moushinea a kol. [65], kteří sledovali 7 pacientů (od 22 do 41 let) zraněných v průběhu jednoho roku se zlomeninou sakra se spinopelvickou disociací, řešených lumbopelvickou fixací. Nejpočetnější skupinu uvedli Lindahl a kol., nejvyšší průměrný věk je v souboru Futamury a kol., nejméně žen je v souboru Moushinea a kol. a Norka a kol. 1 resp. 2.

V našem souboru jsme zaznamenali 15 pacientů (od 14 do 56 let). Dva (resp. 3, jeden sledován jen 6 týdnů) se úplně ztratili ze sledování, průměrná doba sledování u zbylých dvanácti byla 22,6 měsíců (5–48).

Tab. 21 Diskuse, demografická data souborů

	počet	období	věk	pohlaví M/Ž
Náš soubor	15	2009–2019	34,4	11/4
Lindhahl	36	1993–2011	30,5	18/18
Sagi	58	2003–2006	39	-
Schildhauer	19	1997–2002	33	11/8
Futamura	15	2012–2016	49,5	10/5
Lykomitros	16	2003–2007	30	11/5
Nork	13	38 měsíců	39	11/2
Moushine	7	2002–2003	31	6/1

Mechanismus úrazu a typ zlomeniny

Mechanismus úrazu v našem souboru dominuje pád z výše (v suicidiu či bez úmyslu) v 67 % případů. Společně s dopravními nehodami převažují tyto příčiny ve všech publikovaných souborech.

U Lindahla a kol. [51, 52] měli všichni zranění zlomeninu pánevního kruhu typu C3 dle AO, Denis III, morfologicky tvaru H. Dle Roy–Camilleho bylo 15 zlomenin typu 2 a 21 zlomenin typu 3. U Sagiho a kol. [91] se ve všech případech jednalo o zlomeninu Denis II, kominitivní s vertikální nestabilitou. V práci Schildhauera a kol. [99] zaznamenali 2× otevřenou zlomeninu, ve všech případech se jednalo o zlomeninu Denis III, čtyřikrát RC 4, šestkrát RC 3 a devětkrát RC 2. Morfologicky popsáno 14× jako typ H, 3× typ U, 2× typ Y. V práci Futamury a kol. [28] je uvedeno členění dle AO klasifikace. Uvádí dle AO 61–B2.3 1×, 61–C1.3 4×, 61–C2.3 7×, 61–C3.3 1×. Morfologicky podle tvaru byl zaznamenán dvakrát H typ zlomeniny. V souboru Lykomitrose a kol. [55] bylo bezmála 70 % se zlomeninou Denis I, ve třech případech Denis II. Ve dvou případech šlo o Denis III – zde dále popsáno jako RC 2 resp. RC 3. V práci Norka a kol. [67] uvedli třináct pacientů se zlomeninou sakra tvaru U

s dislokací. Ve všech případech se jednalo o zlomeninu 61 – A3.3. Dle Roy–Camilleho klasifikace byly ve třech případech typu 1, v osmi případech typu 2 a čtyřikrát typu 3. V posledním souboru Moushinea a kol. [65] uvádějí ve čtyřech případech vertikální zlomeninu sakra s nestabilitou pánevního kruhu (typu AO/C) a třikrát příčnou zlomeninu horní části křížové kosti. Příčné zlomeniny sakra byly ve všech případech Roy–Camille typ 2.

Tab. 22 Diskuse, mechanismus úrazu

	Σ	Pád z výše	Suicidium skokem	zavalení	Do-pravní nehoda	Sražený chodec	Pád s padákem
Náš soubor	15	6	4		3		2
Lindahl	37		18				
Schildhauer	19	10	0	2	7	0	0
Futamura	15	7		3	5		
Lykomitros	16	2			10	4	
Nork	13	4	3	2	3	1	
Moushinea	7	0	3	0	1	1	2

Tab. 23 Diskuse, typ zlomeniny

	Σ	Denis I/II/III	Roy Camille 1/2/3/4	Typ H/U/Y	Dle AO A/B/C
Náš soubor	15	0/4/11	4/3/4/0	6/2/0	0/0/10
Lindahl	36	0/0/37	0/15/21/0	36/0/0	0/0/36
Schildhauer	19	0/0/19	0/9/6/4	14/3/2	neuveďeno
Futamura	15	neuveďeno	neuveďeno	2/0/0	0/1/12
Lykomitros	16	11/3/2	0/1/1/0	neuveďeno	neuveďeno
Nork	13	0/0/13	1/8/4/0	0/13/0	13/0/0
Moushinea	7	0/3/1	0/3/0/0	3/0/0	0/0/4

Nejčastější zlomeninou byla Denis III, v našem souboru u 73 % případů, u Lindahla a kol., Schildhauera a kol. a Norka a kol. ve 100 %. U Lykomitrose a kol. byla téměř v 69 % případů Denis I, u Sagiho ve 100 % Denis II. V našem souboru byla dle AO klasifikace 100 % AO/C, stejně jako u Lindahla a kol. a Moushinea a kol.

Typ OS, den a trvání operace

U Lindahla a kol. [51, 52] byla operace provedena průměrně 21 dnů od úrazu, medián od přijetí do operace byl 8 dnů (3–12). U 21 pacientů byla indikována stabilizace předního segmentu pánve a byla provedena před lumbopelvickou stabilizací. U zraněných s kombinovaným zraněním sakra a předního segmentu pánve bylo operační řešení vícedobé. Stabilizace předního segmentu předcházela stabilizaci zadního segmentu. Lumbopelvickou fixaci zavedli ze středního zadního přístupu v uspořádání pedikulární šrouby do obratlů L4 a L5 a iliakální šrouby do oblasti SIPS na lopkách kyčelních kostí (2 páry ilických šroubů). Na každé straně byly tyčí spojeny 4 šrouby, obě tyče byly spojeny jedním příčnickem. Repozicí sakra provedli nepřímou dekompresi nervových kořenů, odstranili všechny volné fragmenty ve foraminech. Sakrální laminektomii a přímou dekompresi provedli u všech úplně dislokovaných transversálních sakrálních zlomenin se zasypaným centrálním sakrálním kanálem dle CT skenu a u těch, kde se nepodařila repozice zlomeniny. Při dobré repozici sakra dle bočního rtg snímku, přímou dekompresi neprováděli.

U Sagiho a kol. [91] operovali průměrně 4.–5. den po úrazu, prováděli triangulární jednostrannou OS v kombinaci s ISS. Iliosakrální šroub byl zaveden jako kompresní, po otevřené repozici a odstranění fragmentů z foramin, a jako první. Poté byla naložena spinopelvická fixace (pedikulární šroub do L5 (jen pod vlivem nepříznivých okolností do L4), iliakální šroub do oblasti SIPS a oba spojeny tyčí. Použili instrumentaci USS. Jen ve čtyřech případech fixovali symfyzeolýzu předního segmentu dlahou, zlomeniny ramének nestabilizovali.

V souboru Schildhauera a kol. [99] byli všichni pacienti léčeni otevřenou repozicí, sakrální laminektomií s dekompresí a lumbopelvickou fixací. Použili lumbopelvickou fixaci s konstrukcí: 2 páry pedikulárních šroubů a 2 páry iliakálních šroubů spojených po obou stranách tyčemi. Podélné tyče ponechali spojeny příčnickem anebo byly místo příčnicku zavedeny dva ISS z obou stran do S1. Dekompresi prováděli nepřímou repozicí zlomeniny i přímo odstraněním laminy nebo odstraněním volných fragmentů. Operaci provedli průměrně 6. den od úrazu (rozmezí 1–30 dnů). V 53 % případů operovali v rozmezí 2 až 15 dnů.

V souboru Futamury a kol. [28] bylo 15 pacientů léčených sakropelvickou fixací. Operovali u pacienta vleže na břiše, ze dvou incizí podél mediálního okraje SIPS. Zavedli pedikulární šrouby do S1 na poraněné straně (nebo oboustranně u 61–C2.3 a C3.3) a iliakální šrouby do obou lopat v úrovni SIPS. Poté zreponovali zlomeninu a přemostili zavedené šrouby tyčí. Faseta L5/S1 nebyla fixována. Někdy zavedli pedikulární šroub do L5, ale jen jako temporární joystick. Konečná fixace bederní páteř nijak nevyužila. Průměrný operační čas v jejich souboru uvedli 179 min (rozmezí 110–298 min).

V práci Lykomitrose a kol. [55] bylo operováno šest pacientů, průměrně 4,8 dne od úrazu (rozmezí 0–7 dní). Operační řešení bylo indikováno a individualizováno podle typu zlomeniny, ostatních poranění a celkového zdravotního stavu pacienta. Při operaci dvakrát použili fixaci transiliosakrálními šrouby, dvakrát transiliosakrálními tyčemi, v jednom případě použili dvě LC DCP dlahy ke stabilizaci příčné zlomeniny sakra a v jednom případě použili transiliakální rekonstrukční dlahu. Ve dvou případech provedli dekompresi nervových struktur v rozsahu L4-S1 resp. L5-S3. Ve dvou případech použili přední i zadní přístup pro stabilizaci pánevního kruhu.

V souboru Norka a kol. [67] byli pacienti léčeni perkutánně zavedeným iliosakrálním šroubem (jedním nebo dvěma). Operovali v supinační poloze pod SKIA kontrolou perkutánně. Šrouby byly se závitem po celé délce, kanylované, průměru 7 mm a délky až 150 mm. Kyfotická deformita nebyla nijak otevřeně reponována, zlomenina byla fixována in situ. Dekomprese nervových struktur nebyla provedena. Jedenáct pacientů bylo stabilizováno oboustranně zavedeným šroubem, jeden pacient měl jednostrannou fixaci dvěma šrouby a jedenkrát byla fixace jednostranně jedním šroubem. Ve třech případech byla provedena stabilizace předního segmentu pánve dlahou. Průměrná doba od přijetí do definitivního ošetření byla 4,2 dny (rozmezí 0-14 dnů). Široké rozmezí způsobilo u dvou poraněných pozdní přijetí do traumacentra resp. přehlédnutí poranění. Ostatních jedenáct bylo operováno v rozmezí 0. – 5. den (průměr 2,7 dne). Operační čas byl průměrně 48 min pro jeden šroub.

Moushine a kol. [65] použili primárně zevní fixátor. Při definitivní operaci zaváděli modifikovanou lumbopelvickou fixaci v konstrukci: jeden pár pedikulárních šroubů do L4 a jeden pár iliakálních šroubů, spojených po obou stranách podélnými tyčemi. V úrovni pediklů L5 obě tyče spojili příčnickem. Modifikace celé montáže sestávala ze skutečnosti, že nezaváděli iliosakrální šroub. Sakroiliakální kloub ponechali nedotčen a stabilizaci v horizontální rovině provedli výše zmíněným příčným spojením. Laminektomie byl provedena v případě

potvrzeného neurologického deficitu (v daném souboru čtyřikrát). Trvání operace bylo 90–120 minut. Definitivní ošetření proběhlo v průměru 9 dní po traumatu (rozmezí 1–17 dnů).

V našem souboru byla stabilizace předního segmentu indikována v šesti případech a vždy provedena v jedné době s lumbopelvicou fixací. Nejčastěji ve 33 % případů byl použita montáž pedikulární šrouby do L4 a L5 a jeden pár polyaxiálních šroubů do oblasti SIPS, na každé straně spojené tyčí a obě tyče spojené příčnickem mezi L5 a sakrem. Ve třech případech (20 %) byla použita sestava čtyř šroubů (L5, ilium oboustranně), spojených tyčemi a příčnickem. Přímá dekomprese sakrální laminektomií byla provedena v osmi případech.

Tab. 24 Diskuse, typ OS, den a trvání operace

	Σ	Typ OS	Den operace	Trvání operace (v min.)
Náš soubor	15	lumbopelvicá	5,6	162
Lindhahl	36	lumbopelvicá	8	neuveđeno
Sagi	40	Triangulární jednostr.+ISS	4.–5.	neuveđeno
Schildhauer	19	Lumbopel- vická+ ISS	6	neuveđeno
Futamura	15	sakropelvicá		179
Lykomitros	16/6	ISS/transiliak. tyče/dlahy	4,8	90-120
Nork	13	ISS	4,2	48
Moushine	7	lumbopelvicá	9	neuveđeno

Jak ukázal náš provedený experiment, doplnění fixace o iliosakrální šroub významně zvýší tuhost montáže. Podobné zvýšení pozorujeme, i pokud nepoužijeme ISS, ale prodloužíme montáž do pediklu L4.

Neurologický deficit

U Lindahla a kol. [51, 52] vyšetření senzitivní a motorické funkce dolních končetin i per rectum bylo provedeno před i po operaci. Neurologický deficit z poranění cauda equina (u Denis III zlomenin) byl klasifikován podle Gibbonsovy škály. Vstupně zaznamenaný neurologický deficit LS plexu s motorickým a/nebo senzitivním deficitem na dolních končetinách mělo 35 zraněných. Alespoň nějaké neurologické zotavení mělo 34 poraněných (jediný, který zůstal bez zlepšení, utrpěl současně zlomeninu Th12 s paraplegií). Syndrom cauda equina mělo vstupně 29 zraněných a u 17 z nich došlo k plnému zotavení sfinkterových funkcí. Z 36 pacientů u sedmi došlo k plnému neurologickému zotavení (19 %), 8 pacientům zůstal senzitivní deficit, devíti pacientům (25 %) zůstal motorický i senzitivní deficit na dolních končetinách. U 12 pacientů (33 %) zůstala inkontinence moči a/nebo stolice.

U Sagiho a kol. [91] měli 4 pacienti vstupně poranění LS plexu s neurologickým deficitem, po operaci mělo 5 pacientů iatrogenní poranění (4 kořen L5 a 1 L5 i S1). Pravděpodobně vzniklé repozičním manévrováním a manipulováním, nebylo dáno kompresí kořenů.

V souboru Schildhauera a kol. [99] všech 19 pacientů mělo neurologický deficit (sfinkterovou dysfunkci), z toho u 16 pacientů byla léze kompletní, u 3 nekompletní (zde zaznamenali úplnou reparaci). V souboru byli schopni sledovat 15 pacientů alespoň 12 měsíců. Z těchto sledovaných se v sedmi případech v plném rozsahu sfinkterové funkce obnovily. Celkem 15 pacientů (83 %) mělo plnou nebo částečnou obnovu funkce svěračů, ačkoli jen 10 (56 %) mělo zlepšení Gibbonsova skóre. Gibbonsovo skóre se vylepšilo ze 4 na 2,8 v období sledování trvajícím průměrně 31 měsíců. (rozmezí 12–57 měsíců). Kompletní zotavení syndromu kaudy bylo popsáno u pacientů, kde nebyly přerušeny všechny sakrální kořeny (86 % vs. 0 %) nebo u zraněných, kde byl vstupně zaznamenán neúplný deficit (100 % vs. 20 %).

U Norka a kol. [67] bylo neurologické vyšetření provedeno vstupně u 11 poraněných (2 byli zaintubováni a nebylo možné neurologický stav zhodnotit). Ve dvou případech byl normální neurologický nálezn, v devíti případech byly zaznamenány léze bederních či sakrálních kořenů. Pooperační neurologický deficit byl potvrzen u dvou pacientů z původních devíti. U obou pacientů, kteří měli sfinkterové potíže již před operací byl předpokládán spolupodíl přidružených poranění bederních obratlů (byly řešeny stabilizací s dekompresí). V jednom případě se deficit upravil do 3 měsíců od operace, v jednom přetrvávaly sfinkterové potíže ještě 9 měsíců od operace a nutnost opory holí při pohybu.

V souboru Moushinea a kol. [65] byl neurologický deficit zaznamenán u 4 pacientů. U všech došlo k postupnému pomalému plnému zotavení. V žádném z případů nedošlo k iatrogennímu neurologickému poškození.

Neurologický deficit v naše souboru byl prokázán vstupně u 8 zraněných (61,5 %). Ve dvou případech při bezvědomí neurologický status nešlo zhodnotit. V osmi uvedených případech byla provedena přímá dekomprese. Přetrvávající neurologický deficit mělo z 12 sledovaných sedm, z toho u čtyř sledovaných ve formě inkontinence moči a stolice.

Tab. 25 Diskuse, neurologický deficit

	Σ	Neurologický deficit vstupně	Inkontinence moči a stolice trvající	Plné zotavení (z sledovaných)
Náš soubor	15	8 z 13 (61,5%)	4 z 12 (33,3%)	4 z 12 (33,3%)
Lindahla	36	35	12 (33%)	7 (19%)
Sagi	40	4	neuveďeno	neuveďeno
Schildhauer	19	19	neuveďeno	7 z 15 (46,6%)
Futamura	15	neuveďeno	neuveďeno	neuveďeno
Lykomitros	16	4	0	4
Nork	13	9 z 11	2	7
Moushinea	7	4	0	4

Komplikace

U Lindahla a kol. [51, 52] v souboru nebyla zaznamenána žádná hluboká infekce, 2 pacienti měli povrchovou infekci, řešenou provedením debridement a ATB terapií. Nikdo neměl ztrátu repozice po operaci. Dvanáct pacientů mělo pozdní uvolnění šroubů fixace (bez vlivu na konečný rtg či klinický výsledek). V souboru Sagiho a kol. [91] mělo vstupně 8 zraněných (20 %) degloving poranění měkkých tkání, z nich rezultovalo 5 pacientů s dehiscencí operační rány. Po provedení debridement se zhojilo, u dvou pacientů (5 %) museli pro infekt odstranit implantáty. U 6 pacientů po repozici došlo k rozvoji skoliózy. V 95 % případů zaznamenali bolesti a prominenci implantátů. V souboru Schildhauera a kol. [99] byla infekce

rány nejběžnější komplikací (16 %). Kompletní zotavení syndromu kaudy bylo v sedmi případech v plném rozsahu sfinkterových funkcí. Asymptomatické zlomení tyčí instrumentace zaznamenali ve 33 % případů. Pětkrát provedli reoperaci kvůli problémům s hojením rány, ve třech případech se jednalo o infekci, v žádném z případů však nebylo nutno odstranit implantáty. V souboru Futamura a kol. [28] nebylo zjištěno žádné selhání repozice. U jednoho pacienta se rozvinula hluboká infekce, která si vyžádala debridement a laváž, nebylo potřeba odstranit implantáty. Vynětí implantátů provedli 1 rok po operaci u 3 pacientů, kvůli iritaci měkkých tkání nebo na vlastní žádost (u 2 (13,3 %) resp. 1 pacienta). V souboru Moushinea a kol. [65] byla zaznamenána jedenkrát infekční komplikace, řešená chirurgickým debridementem a lokální aplikací antibiotik. Po pěti měsících definitivně vyřešeno vynětím implantátů. Všichni pacienti si stěžovali na subjektivní dráždění nad iliakálními šrouby (citlivost v okolí, nikdo neměl kožní léze). u žádného pacienta nedošlo ke ztrátě repozice.

V našem souboru jsme zaznamenali ve dvou případech infekci (za 3 týdny resp. 3 měsíce), který byl v obou případech řešen provedením reoperace s debridementem a ATB terapií. V jednom případě rozvoj inkontinence 8. den po operaci, který jsme řešili reoperací a rozšířením sakrální dekomprese.

Tab. 26 Diskuse, komplikace po operaci

	Σ	infekt	Kyfóza sakra před/po operaci ve °	reoperace
Náš soubor	15	2 z 13 (15,3%)	52/44	3 z 13 (23,1%)
Lindahl	37	2	38/22	2
Sagi	40	5 z 40 (13%)	-	5
Schildhauer	19	3 z 19 (16%)	43/21	5 z 19 (26%)
Futamura	15	1	neuveďeno	4
Lykomitros	16	0 z 6	neuveďeno	0 z 6
Nork	13	0	29/28	0
Moushinea	7	1	neuveďeno	1

Studiem výsledků publikovaných souborů zjišťujeme, že Lindahl a kol. [51, 52] uvedli, že klasifikace jako taková nelze použít pro vyslovení prognózy. Nicméně konečný výsledek úzce koreluje se stupněm počáteční dislokace (posunem) u příčné zlomeniny a ukazuje vztah mezi rtg a klinickými výsledky. Také poukázali na skutečnost, že u RC typu 2 transversální linie typicky pokračuje tělem S2 (v 73 % případů), zatímco u RC typ 3 příčná linie je více kraniálně mezi S1 a S2 (v 67 %). Morfologické zlomeniny U a Y jsou rozdílné typy poranění a můžou být léčeny užitím ISS šroubu, nebo zadní ilioiliakální dlahou namísto segmentální lumbopelvicke fixace. Dále uvedli, že lumbopelvicke fixace poskytla dostatečnou stabilitu pro zhojení bez ztráty repozice, i bez provedené posterolaterální dezy. Všichni pacienti zaznamenali neurologické zlepšení, a tudíž indikaci k dekompresi neurologických struktur nemohli z daného souboru jednoznačně vyvodit. Sagi a kol. [91] uvedli, že otevřená repozice a jednostranná triangulární montáž s ISS je indikována pro kominutivní transforaminální zlomeniny, kladli důraz na pečlivou repozici, odstranění fragmentů z foramin a primární zavedení ISS. Nedoporučili repozici s použitím zavedených šroubů definitivní fixace, která více rozvírala jednostranně segment L5/S1 než reponovala linii lomu. Doporučili vždy po zhojení implantáty odstranit a pečlivě zvážit operační výkon v případě Morel–Lavallého léze měkkých tkání. Uvedli, že vertikalizace o berlích s odlehčením je možná od prvních dnů a plná zátěž po 6 týdnech. V práci Schildhauera a kol. [99] zaznamenali, že lumbopelvicke fixace poskytla spolehlivou stabilitu zlomeniny a umožnila zhojení bez ztráty repozice. Neurologický výsledek byl částečně ovlivněn tíží poranění a přítomností přerušovaných sakrálních kořenů. V souboru Futamury a kol. [28] prováděli sakropelvicke fixaci, která na rozdíl od spinopelvicke fixace nebo triangulární OS nevyužila L páteř jako fixační bod. Dle autorů byla méně invazivní na měkkých tkáních, měla méně komplikací při hojení ran a menší riziko vzniku hluboké infekce. Na základě výsledovaných dat doporučili tento typ montáže pro zlomeniny dle AO typu 61–C1.3. V případě doplnění fixace předního segmentu i pro 61–C2.3 a 61–C3.3. Pravidla pro zavedení jednoho nebo dvou šroubů v S1 nebyla přesně stanovena a závisela na úsudku operátora. U Lykomitrose a kol. [55] v jediném z uvedených souborů porovnávali pacienty léčené operačně a konzervativně. Specifikovali i jednoznačnou pooperační RHC léčbu, která obnášela postupnou chůzi o berlích s odlehčením ne dříve než 3 týdny po operaci (u pacientů bez neurologického deficitu). Plné zatížení bylo umožněno po 6 týdnech od operace a návrat do práce nejdříve 3 měsíce po úrazu. Perkutánní osteosyntézu použili k dosažení brzké mobilizace u minimálně dislokovaných zlomenin bez neurologického deficitu. Nebyli schopni relevantně hodnotit výhody a (potenciální) nevýhody užitých operačních technik v takto heterogenním souboru s krátkou dobou sledování.

V souboru Norka a kol. [67] použili metodu zavřené repozice a stabilizace. Potřeba sakrální dekomprese nebyla v tomto souboru sledována. Moushine a kol. [65] ve své práci uvedli, že modifikovaná triangulární zadní stabilizace je dostatečně stabilní, aby umožnila okamžité postupné zatížení a bezpečnou ošetrovatelskou péči o polytraumatizovaného. Uvedli, že stabilizace příčnickem je dostatečná k dosažení horizontální pevnosti, a další zadní fixace pomocí transiliakálních dlah nebo iliosakrálních šroubů není nezbytná. Vyzdvihli, že v případech, kdy dislokace není příliš závažná (některé zlomeniny Roy–Camille typu 2), není nutné dosáhnout anatomické sagitální repozice. I podle našeho souboru souhlasíme s autory [96], že sakrální zlomenina se obvykle zahojí i v případě nepřesné repozice.

V našem souboru nebylo dosaženo anatomické repozice, přesto vždy nastalo zhojení, vyjma dvou případů, kdy hodnoceno jako pakloub, který pacientům nečiní problémy a situaci nechtějí dále řešit.

Co se týče LS přechodu je akceptováno, že eventuální fúze L5/S1 může snížit pooperační bolesti dolní části zad. Naopak provedení fúze SI kloubu není obecně přijato. A to i přesto, že obnovení hybnosti po vynětí implantátů je minimální a k odstranění chronických bolestí zpravidla nedojde [109]. Nicméně v souboru Sagiho a kol. [91], kde L5/S1 fúzovali pouze v případě jeho poranění a vždy jen jednostranně, a kde všechny pacienty indikovali k vynětí implantátů, popisovali po vynětí v 100 % subjektivní zlepšení – ústup bolestí zad i zlepšení hybnosti.

Ve většině publikovaných souborů zaznamenali, že zbytková dislokace zadního segmentu pánevního kruhu do 1 cm je dostatečná k dosažení uspokojivého funkčního výsledku. Jiné zdroje uvádějí, že dislokace v zadním segmentu by pro příznivý výsledek neměla být větší než 5 mm, a že dislokace v sakroiliakálních kloubech by měly být považovány za odlišné, protože tyto vyžadují anatomickou repozici. Rozpor v dostupné literatuře, pokud jde o to, jaká míra zbytkové dislokace zadního segmentu je přijatelná, je s největší pravděpodobností výsledkem zahrnutí různých typů úrazu a heterogenních skupin pacientů, jakož i absence standardně zhodnocených výsledků a metod pro hodnocení repozice. V důsledku toho nelze vyslovit žádná přesvědčivá doporučení [19].

VII Závěr

Počet pacientů s poraněním pánve se v posledních letech zvyšuje a nese s sebou značné riziko morbidity a mortality. Pacienti se zlomeninou křížové kosti se spinopelvickou disociací a se zlomeninou zadního segmentu pánve s vertikální nestabilitou jsou závažnou podskupinou poranění pánve. Takové poranění postihuje často mladé jedince při vysokoenergetických dopravních úrazech nebo pádech z výše. Bývá součástí sdruženého traumatu či polytraumatu a léčení vyžaduje spolupráci lékařských týmů a přiměřené technické zázemí.

Indikace konzervativní, anebo operační léčby je provedena po klinickém a radiologickém vyšetření a po klasifikaci zranění. U výrazně dislokovaných zlomenin bývají současně i vážná poranění měkkých tkání, která trauma provázejí a ovlivní výsledek léčení a/nebo poranění neurologických struktur. Operační léčení dovede poskytnout lepší výsledky, musí mu však předcházet předoperační rozvaha a správná indikace. Vyžaduje dobré porozumění mechanismu úrazu a klasifikaci, stejně jako ovládání repositionálních manévrů a instrumentárií. Operační stabilizace může umožnit dřívější mobilizaci. Navzdory všemu nejedno zranění skončí s chronickými bolestmi a/nebo invalidní. Přesto je u dislokovaných nebo nestabilních zranění operační řešení zpravidla nezbytné.

Dříve známé metody k řešení rotační dislokace pánevního kruhu doplnila distrakční spondylodéza a vznikla kombinace horizontální i vertikální osteosyntézy – lumbopelvická fixace. Fixace, která využívá principy i konstrukční prvky ze stavebnictví (opravy klenbových pásů).

Typ stabilizace je určen typem zlomeniny a mírou nestability. Nejvhodnější metodou léčby pro zlomeniny Denis I je ISS, pro Denis II bez vertikální nestability TIFI. Lumbopelvickou fixací formou triangulární jednostranné montáže společně s ISS můžeme s určitými připomínkami použít u transforaminálních kominucí s vertikální nestabilitou (Denis II). Oboustrannou lumbopelvickou fixací s pedikulárními a ilickými šrouby užitými rovněž pro řešení kominutivních zlomenin (Denis II). Z hlediska biomechaniky je tady nezbytná přítomnost transversálního spojovacího zařízení (příčnicku) mezi oběma tyčemi, které zajišťuje rotační stabilitu. Takto zavedená lumbopelvická fixace je užitečná i pro spinopelvickou disociaci (Denis III, morfologicky typ U).

Na základě našeho experimentu navrhuje pro nejtěžší oboustrannou zlomeninu sakra se spinopelvickou disociací (typ H), lumbopelvickou montáž s fixací L5–ilium oboustranně

(dva páry polyaxiálních šroubů spojených tyčí a příčnickem). To celé doplněné iliosakrálním šroubem přes obě linie lomu. v této kombinaci vykazuje nejlepší výsledky pro okamžitou absolutní tuhost a pevnost vůči statickému zatížení.

Konstrukce celé fixace by měla být co nejjednodušší, ale dostatečně dimenzovaná. Unilaterální konstrukce dovolí velké namáhání druhostranných intervertebrálních kloubů a disků, k čemuž nedochází, pokud je fixování oboustranné (i v případě jednostranných zlomenin). Pedikulární i ilické šrouby, by měly být co nejdelší, protože pevné kotvení se délkou šroubu zvyšuje. Důležité je i uložení šroubů tak, aby jejich hlavy neprominovaly do měkkých tkání.

Samotný přístup a zavedení bilaterální lumbopelvicke fixace nebývají dostatečné k repozici a stabilizaci velké kyfotické deformity křížové kosti. Kyfotizace, jež se vyskytuje u transversálních sakrálních zlomenin při spinopelvicke disociaci má prokázanou souvislost s kostní nestabilitou a neurologickým deficitem. Nutno přiznat, že repozice v sagitální rovině je velmi obtížná a dosáhnout anatomických poměrů je až nemožné, jelikož nelze mnohdy adekvátně manipulovat s distálním sakrálním fragmentem (riziko iatrogenního poranění plexu). Je proto legitimní se domnívat, že anatomická repozice zadního pánevního segmentu není nezbytným požadavkem.

Ačkoli neexistuje žádná kategorická indikace pro časování, provedení operace v prvních 24 – 72 hodinách maximalizuje kapacitu pro zotavení z neurologického poškození.

Z analýzy našeho a ostatních souborů vyplývá, že zatížení ve stoje na obou dolních končetinách (neporaněných) je možné za 6–8 týdnů od operace.

Laminektomie prováděná v případě neurologického deficitu dovolí dekompresi nervových struktur. Prospěšnost vzhledem ke zkušenostem z málo početných souborů není jednoznačně potvrzena. Velmi zvažujeme její provedení v případě Morel-Lavalléeho léze. Úplná paréza špatně reaguje i po dekompresi a riziko nezhojení či dalšího iatrogenního poškození je třeba velmi pečlivě zvážit. Metodou volby může být dekomprese provedená nepřímo repozicí zlomeniny s obnovou tvaru sakra.

Hojení zpravidla proběhne dobře, přesto zůstávají v různém rozsahu doživotní následky.

Zlepšení pohyblivosti po odstranění implantátů je minimální. Jejich ponechání je zpravidla dobře tolerováno. Vynětí implantátů je indikováno v případě iritace měkkých tkání či jiných komplikací (infekce), jinak je jako každý elektivní výkon pečlivě zvažován.

Malý počet těchto úrazů a jejich variabilita a složitost neumožňují zodpovědně na základě důkazů doporučit optimální léčbu. Operátor by měl být erudován nejen v pánevní a páteřní skeletální problematice, ale i v problematice epidurální a nitropánevní chirurgie. Pacient jednoznačně profituje ze správně indikované, časně provedené operace a optimálně zreponované zlomeniny. Nedílnou součástí je intenzivní rehabilitace.

Počet těchto poranění a s tím související evidence base medicine bude i v dalším období pravděpodobně chudá. Nelze polevit v úsilí a dalším zkoumání ať již na poli studia lumbosakrální a sakropelvicke mechaniky, nebo na poli repositionálních a operačních technik. Hlavními metodami i do budoucna budou polyaxiální pedikulární, iliosakrální a iliakální šrouby a jejich kombinace.

VIII Použitá literatura

- [1] ABITBOL, M.M. Evolution of the sacrum in hominoids. *Am J Phys Anthropol.* 1987; 74: 65–81.
- [2] AIELLO, L., DEAN, C. Bipedal locomotion and the postcranial skeleton. In *An Introduction to Human Evolutionary Anatomy*. London, Academic Press, 1990: 244–274.
- [3] ALLEN, B.L.jr., FERGUSON, R.L. The Galveston experience with L-rod instrumentation for adolescent idiopathic scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1988; 229: 59–69.
- [4] ASHER, M.A., STRIPPGEN, W.E. Anthropometric studies of the human sacrum relating to dorsal transsacral implant design. *Clin Orthop Relat Res.* 1986; 203: 58–62
- [5] ATLÍHAN, D., BOZKURT, M., TURANLÍ, S. et al. Anatomy of the posterior iliac crest as a reference to sacral bar insertion. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2004; 418: 141–5.
- [6] BAKLAND, O., HANSEN, J.H. The “axial sacroiliac joint”. *Anat Clin.* 1984; 6: 29–36.
- [7] BALOGH, Z., KING, K.L., MACKAY, P., DOUGALL, D., MACKENZIE, S., EVANS, J.A., LYONS, T., DEANE, S.A. The epidemiology of pelvic ring fractures: a population-based study. *J. Trauma.* 2007; 63:1066–1073.
- [8] BARCELLOS, A.L.L., DA ROCHA, V.M., GUIAMARAES, J.M. Current concepts in spondylopelvic dissociation. *Injury.* 2017; 48 (Suppl 6): S5-S11.
- [9] BARTONÍČEK, J., HEŘT, J. *Základy klinické anatomie pohybového aparátu*. Praha, Maxdorf Jessenius, 2004.
- [10] BERRY, J.L., STAHURSKI, T., ASHER, M.A. Morphometry of the supracriatic notch intrailiac implant angor passage. *Spine.* 2001; 26: E143–8.
- [11] BIRCHER, M., HARGROVE, R. Is it possible to classify open fractures of the pelvis? *Eur. J. Trauma.* 2004; 30: 74–79.

- [12] 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.* 2011; 131(10): 1427–33.
- [13] BODZAY, T., SZTRINKAI, G., GÁL, T., SIMONOVICS, J., VÁRADI, K. How bilateral iliolumbar fusion increases the stability of horizontal osteosynthesis in unstable pelvic ring injuries? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013; 133(7): 947–52.
- [14] BOROVSANÝ, L., HROMADA, J., KOS, J., ZRZAVÝ, J., ŽLÁBEK, K. *Soustavná anatomie člověka*. Praha, Avicenum, 1976.
- [15] BURGESS, A.R., JONES, A.L. Fractures of the pelvic ring. In: *ROCKWOOD, C.A., GREEN, D.P., BUCHOLZ, R.W., HECKMAN, J.D. (Eds): Rockwood and Green's fractures in adults*. Philadelphia, Lippincott–Raven, 1996, 1575–1615.
- [16] BURNS, C.B., DUA, K., TRASOLINI, N.A., KOMATSU, D.E, BARSI, J.M. Biomechanical comparison of spinopelvic fixation constructs iliac screw versus S2-alar-iliac screw. *Spine Deform.* 2016; 4(1): 10–15.
- [17] CAMP, J.F., CAUDL, R., ASHMUN, R.D., ROACH, J. Immediate complications of Cotrel–Dubousset instrumentation to the sacro–pelvis. a clinical and biomechanical study. *Spine.* 1990; 15: 932–41.
- [18] CARMONT, M.R. The Advanced Trauma Life Support course: a history of its development and review of related literature. *Postgrad. Med. J.* 2005; 81: 87–91.
- [19] CEARRA, I., ALONSO, R., MARTÍNEZ–OGALLA, D., HOYOS, J., LAUZIRIKA, A., MONGIL, R., ALVAREZ–IRUSTETA, E. Sacral fracture with spino-pelvic dissociation: a literature review. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2013; 57(6): 434–442.
- [20] COTREL, Y., DUBOUSSET, J., GUILLAUMAT, M. New universal instrumentation in spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1988; 227: 10–23.
- [21] CULEMANN, U., TOSOUNIDIS, G., REILMANN, H., POHLEMANN, T. Beckenringverletzung, Diagnostik und aktuelle Behandlungsmöglichkeiten. *Chirurg.* 2003; 74: 687–698.
- [22] DENIS, F., DAVIS, S., COMFORT, T. Sacral fractures - an important problem. Retrospective analysis of 236 cases. *Clin. Orthop.* 1988; 227: 67–81.

- [23] DEVLIN, V.J., BOACHIE-ADJEI, O., BRADFORD, D.S., OGILVIE, J.W., TRANSFELDT, E.E. Treatment of adult spinal deformity with fusion to the sacrum using CD instrumentation. *J Spinal Disord.* 1991; 4: 1–14.
- [24] DIJKSTRA, P.F., VLEEMING, A. Complex motion tomography of the sacroiliac joint. An anatomical and roentgenological study. *Rofó.* 1989; 150: 635–642.
- [25] DŽUPA, V., PAVELKA, T., TALLER, S. et al. *Léčba zlomenin pánve a acetabula.* Praha, Galén, 2013.
- [26] FARCY, J.P., RAWLINS, B.A., GLASSMAN, S.D. Technique and results of fixation to the sacrum with iliosacral screws. *Spine.* 1992; 17 (6 Suppl): S190–5.
- [27] 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.* 2004; 107: 1142–51.
- [28] FUTAMURA, K., BABA, T., MOGAMI, A., KANDA, A., OBAYASHI, O., IWASE, H., KANEKO, K. "Within ring"-based sacroiliac rod fixation may overcome the weakness of spinopelvic fixation for unstable pelvic ring injuries: technical notes and clinical outcomes. *Int Orthop.* 2018; 42(6):1405–1411.
- [29] GÄNSSLEN, A., LINDAHL, J. Evaluation tools and outcomes after osteosynthesis of unstable type B and C pelvic ring injuries. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2013; 80(5): 305–20.
- [30] GIANNOUDIS, P.V., GROTZ, M.R., TZIOUPIS, C., DINOPOULOS, H., WELLS, G.E., BOUAMRA, O., LECKEY, F. Prevalence of pelvic fractures associated injuries, and mortality: the United Kingdom perspective. *J. Trauma.* 2007; 63: 875–883.
- [31] GUERADO, E., CERVAN, A.M., CANO, J.R., GIANNOUDIS, P.V. Spinopelvic injuries. Facts and controversies. *Injury.* 2018; 49(3): 449–456.
- [32] HADRA, B.E. Wiring the spinous processesi Pott's disease. *Trans Am Orthop. Assoc.* 1891; 4: 206–10.
- [33] HAK, D., J., BARAN, S., STAHEL, P. Sacral fractures: current strategies in diagnosis and management. *Orthopedics.* 2009; 32: 658–670.

- [34] HARRINGTON, P.R. Treatment of scoliosis: correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1962; 44: 591–610.
- [35] HART, R.A., BADRA, M.I., MADALA, A., YOO, J.U. Use of pelvic incidence as a guide to reduction of H-type spino-pelvic dissociation injuries. *J Orthop Trauma.* 2007; 21: 369–74.
- [36] HARTLOVÁ, J. *Experimental analysis of sacral bone fixators.* Plzeň 2015. Bakalářská práce. Západočeská univerzita. Fakulta aplikovaných věd.
- [37] 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.* 2016; 476(6): 1417–21.
- [38] CHANG, T.L., SPONSELLER, P.D., KEBASHI, K.M., FISHMAN, E.K. Low profile pelvic fixation: anatomic parameters for sacral alar-iliac fixation versus traditional iliac fixation. *Spine.* 2009; 34(5): 436–40.
- [39] CHMELOVÁ, J., DŽUPA, V., PAVELKA, T. et al. *Diagnostika zlomenin pánve a acetabula.* Praha, Galén, 2010.
- [40] IGUCHI, T., OGAWA, K., DOI, T. Computed tomography fluoroscopy-guided placement of iliosacral screws in patients with unstable posterior pelvic fractures. *Skeletal Radiol.* 2010; 39: 701–5.
- [41] ISLER, B. Lumbosacral lesions associated with pelvic ring injuries. *J. Orthop. Trauma.* 1990; 4: 1–6.
- [42] JACKSON, R.P., McMANUS, A.C. The iliac buttress. a computed tomographic study of sacral anatomy. *Spine.* 1993; 18: 1318–28.
- [43] JONES, A.L., POWELL, J.N., KELLAM, J.F., MCCORMACK, R.G., DUST, W., WIMMER, P. Open pelvic fractures: a multicenter retrospective analysis. *Orthop. Clin. North. Am.* 1997; 28: 345–350.
- [44] KÄCH, K., TRENTZ, O. Distraction spondylodesis of the sacrum in “vertical shear lesions” of the pelvis. *Unfallchirurg.* 1994; 97: 28–38.
- [45] KING, A.G., THOMAS, K.A., EISERLOH, H.L.3rd., MILLS, T.E., PISCIOTTA, D.N. Analysis of the STIF technique for spino–pelvic fixation: clinical

- result in 19 patients with neuromuscular scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 2000; 20: 667–76.
- [46] KOLÁŘ, P. et al. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha, Galén, 2020.
- [47] KÖNIG, M.A., JEHAN, S., BOSZCZYK, A.A., BOSZCZYK, B.M. Surgical management of U-shaped sacral fractures: a systematic review of current treatment strategies. *Eur Spine J*. 2012; 21(5): 829–836.
- [48] KÖNIG, M.A., SEIDEL, U., HEINI, P., ORLER, R., QURAIISHI, N.A., BOSZCZYK, B.M. Minimal-invasive percutaneous reduction and transsacral screw fixation for U-shaped fractures. *J Spinal Disord Tech*. 2013; 26: 48–54.
- [49] KOSTUIK, J.P., ERRICO, T.J., GLEASON, T.F. Techniques of internal fixation for degenerative conditions of the lumbar spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1986; 203: 2019–31.
- [50] LEHMANN, R.A.JR., KANG, D.G., BELLABARBA, C. a new classification for complex lumbosacral injuries. *Spine J*. 2012; 12(7): 612–28.
- [51] LINDAHL, J. Operative reduction and lumbopelvic fixation of spino–pelvic dissociation. *Suomen ortopedia ja traumatologia*. 2008; 31(1): 48-51.
- [52] LINDAHL, J., MÄKINEN, T.J., KOSKINEN, S.K., SÖDERLUND, T. Factors associates with outcome of spinopelvic dissociation treated with lumbopelvic fixation. *Injury*. 2014; 45(12): 1914-20.
- [53] LOVEJOY, C.O. Evolution of human walking. *Sci Am*. 1988; 259: 118–125.
- [54] LUQUE, E.R. Interpeduncular segmental fixation. *Clin Orthop Relat Res*. 1986; 203: 54–47.
- [55] LYKOMITROS, V.A., PAPAVALIIOU, K.A., ALZEER, Z.M., SAYEGH, F.E., KIRKOS, J.M., KAPETANOS, G.A. Management of traumatic sacral fractures: a retrospective case-series study and review of the literature. *Injury*. 2010; 14(3): 266–72.
- [56] MAJEED, S. A. Grading the outcome of pelvic fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1989; 71: 304–306.
- [57] MAREŠOVÁ, M., LOBOVSKÝ, L., MANDYS, T., SALÁŠEK, M., HLUCHÝ, J., PAVELKA, T., KŘEN, J. Minimally invasive fixation techniques of

- sacral bone fractures, In proc. EAN 2021 - Conference on Experimental Stress Analysis, Litomyšl 2021
- [58] MATTA, J., SAUCEDO, T. Internal fixation of pelvic ring fractures. *Clin. Orthop.* 1989; 242: 83–87.
- [59] MATTA, J.M., TORNETTA, P. Internal fixation of unstable pelvic ring injuries. *Clin Orthop Relat Res.* 1996; 329: 129–40.
- [60] MCCORD, D.H., CUNNIGHAM, B.W., SHONO, Y., MYERS, J.J., MCAFEE, P.C. Biomechanical analysis of lumbosacral fixation. *Spine* 1992; 17(8 Suppl): S235–43.
- [61] 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.* 2012; 43: 446–51.
- [62] MIRKOVIC, S., ABITBOL, J.J., STEINMAN, J., EDWARDS, C.C., SCHAFFLER, M., MASSIE, J., GARFIN, S.R. Anatomic consideration for sacral screw placement. *Spine.* 1991; 16 (6 Suppl): S289–94.
- [63] 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.* 2006; 20(6): 378–383.
- [64] MOSHIRFAR, A., RAND, F.F., SPONSELLER, P.D., PARAZIN, S.J., KHANNA, A.J., KEBASHI, K.M., STINSON, J.T., RILEY, L.H.3rd. Pelvic fixation in spine surgery. Historical overview, indications, biomechanical relevance, and current techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87 (Suppl 2): 89–106.
- [65] MOUSHINE, E., WETTSTEIN, M., SCHIZAS, C., BORENS, O., BLANC, CH., LEYVRAZ, P.F., THEUMANN, N., GAROFALO, R. Modified triangular posterior osteosynthesis of unstable sacrum fracture. *Eur Spine J.* 2006; 15: 857–863.
- [66] MÜLLER, M.E., NAZARIAN, S., KOCH, P. et al. *The comprehensive classification of fractures of long bones.* New York, Springer-Verlag, 1990.
- [67] NORK, S.E., JONES, C.B., HARDING, S.P., MIRZA, S.K., ROUTT, M.L.JR. Percutaneous stabilization of U-shaped sacral fractures using iliosacral screws: technique and early results. *J Orthop Trauma.* 2001; 15: 238–246.

- [68] O'BRIEN, M.F. Sacropelvic Fixation in Spinal Deformity. In DeWALD, R. L. (eds.) *Spinal deformities: the comprehensive text*. New York, Thieme, 2003, 601–14.
- [69] OLSON, S.A., BAY, B.K., HAMEL, A. Biomechanics of the hip joint and the effects of fracture of the acetabulum. *Clin. Orthop.* 1997; 339: 92–104.
- [70] 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.* 2011; 131: 809–13.
- [71] PAPE, H., GIANNOUDIS, P.V., KRETTEK, C., TRENTZ, O. Timing of fixation of major fractures in blunt polytrauma: role of conventional indicators in clinical decision making. *J. Orthop. Trauma.* 2005; 19: 551–562.
- [72] PASCAL-MOUSSELLARD, H, HIRSCH, C, BONACCORSI, R. Osteosynthesis in sacral fracture and lumbosacral dislocation. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016; 102(1 Suppl): S45–57.
- [73] PAVELKA, T., DŽUPA, V., RYŠAVÝ, M., GRILL, R., BÁČA, V., SKÁLA–ROSENBAUM, J., CHMELOVÁ J., OTČENÁŠEK, M. Poranění pánevního kruhu. *Acta Chir. orthop. Traum. Čech.* 2006; 73: 405–413.
- [74] PAVELKA, T., DŽUPA, V., ŠTULÍK, J., GRILL, R., BÁČA, V., SKÁLA–ROSENBAUM, J. Výsledky operační léčby nestabilního poranění pánevního kruhu. *Acta Chir. Orthop. Traum. Čech.* 2007; 74: 19–28.
- [75] PENNAL, G.F., TILE, M., WADDEL, J.P., GARSIED, H. Pelvic disruption: assessment and classification. *Clin. Orthop.* 1980; 151: 12–21.
- [76] POHLEMANN, T., GÄNSSLEN, A., TSCHERNE, H. Die Problematik der Sakrumfraktur: Klinische Analyse von 377 Fällen. *Orthopäde.* 1992; 21: 400–412.
- [77] POHLEMANN, T., ANGST, M., SCHNEIDER, E., GANZ, R., TSCHERNE, H. Fixation of transforaminal sacrum fractures: a biomechanical study. *J Orthop Trauma.* 1993; 7(2): 107–117.
- [78] POHLEMANN, T., GÄNSSLEN, A., SCHELLWALD, O., CULEMANN, U., TSCHERNE, H. Outcome after pelvic ring injuries. *Injury.* 1996; 27: S-B31–8.

- [79] POHLEMANN, T., GÄNSSLEN, A., TSCHERNE, H. Die Sakrumfraktur. *Unfallchirurg*. 2000; 103: 769–786.
- [80] POHLEMANN, T., BRAUNE, C., GÄNSSLEN, A., HÜFNER, T., PARTENHEMER, A.: Pelvic emergency clamps: anatomic landmarks for a safe primary application. *J. Orthop. Trauma*. 2004; 18: 102–105.
- [81] RAGNARSSON, B., OLERUD, C., OLERUD, S. Anterior square-plate fixation of sacroiliac disruption: 2-8 years follow-up of 23 consecutive cases. *Acta Orthop Scand*. 1993; 64(2): 138–142.
- [82] ROMMENS, P.M. Pelvic ring injuries: a challenge for the trauma surgeon. *Acta chir Belg*. 1996; 96: 78–84.
- [83] ROMMENS, P.M., DIETZ, S.O., OSSENDORF, C., PAIRON, P., WAGNER, D., HOFMANN, A. Fragility Fractures of the Pelvis: Should they Be Fixed?. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*. 2015; 82: 101–112.
- [84] ROTONDO, M.F., SCHWAB, W., MCGONICAL, M.D., PHILIPS, G.R., FURCHTEMAN, T.M., KAUDER, D.R. „Damage Control“: an approach for improve survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J. Trauma*. 1993; 35: 375–382.
- [85] ROUTT, M.L., MEIER, M., KREGOR, P. Percutaneous iliosacral screws with the patient supine technique. *Oper. Tech. Orthop*. 1993; 3: 35–45.
- [86] ROUTT, M.L.JR., KREGOR, P.J. et al. Early results of percutaneous iliosacral screws placed with the patient in the supine position. *J. Orthop. Trauma*. 1995; 9: 207–214.
- [87] ROY-CAMILLE, R., SAILLANT, G., GAGNA, G., MAZEL, C. Transverse fracture of the upper sacrum. Suicidal jumper's fracture. *Spine*. 1985; 10: 838–845.
- [88] RUATTI, S., KERSCHBAUMER, G., GAY, E., MILAIRE, M., MERLOZ, P., TONETTI, J. Technique for reduction and percutaneous fixation of U- and H-shaped sacral fractures. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013; 99: 625–9.
- [89] RUEDDI, T.P., MURPHY, W.M. *AO principles of fracture management*. Stuttgart, New York, Thieme 2000, 415–438.

- [90] RUCHHOLZ, S., WAYDHAS, C., LEWAN, U., PEHLE, B., TAEGER, G., KÜHNE, C., NAST-KOLB, D. Free abdominal fluid ultrasound in unstable pelvic fracture: is laparotomy always necessary? *J. Trauma*. 2004; 57: 278–287.
- [91] SAGI, H.C., MILITANO, U., CARON, T., LINDVALL, E. a comprehensive analysis with minimum 1-year follow-up of vertically unstable transforaminal sacral fractures treated with triangular osteosynthesis. *J Orthop Trauma*. 2009; 23(5): 313–19.
- [92] SAGI, H.C. Technical aspects and recommended treatment algorithms in triangular osteosynthesis and spinopelvic fixation for vertical shear transforaminal sacral fractures. *J Orthop Trauma*. 2009; 23(5): 354–60.
- [93] 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*. 2015; 17: 39–49.
- [94] SAR, C., KILICOGLU, O. S1 pediculoiliac screw fixation in instabilities of the sacroiliac complex: biomechanical study and report of two cases. *J Orthop Trauma*. 2003; 17: 262-270.
- [95] SCIULLI, R.L., DAFFNER, R.H., ALTMAN, D.T. et al. CT-guided iliosacral screw placement, technique and clinical experience. *AJR Am. J. Roentgenol*. 2007; 188: W181–W192.
- [96] SCHILDHAUER, T.A., JOSTEN, C., MUHR, G. Triangular osteosynthesis of vertically unstable sacrum fractures: a new concept allowing early weight-bearing. *J Orthop Trauma*. 1998; 12: 307–314.
- [97] SCHILDHAUER, T.A., MCCULLOCH, P., CHAPMMAN, J.R., MANN, F.A. Anatomic and radiographic considerations for placement of transiliac screws in lumbopelvic fixations. *J Spinal Disord Tech*. 2002; 15(3): 199–205.
- [98] SCHILDHAUER, T.A., LEDOUX, W.R., CHAPMAN, J.R., HENLEY, M.B., TENCER, A.F., ROUTT, M.L.JR. Triangular osteosynthesis and iliosacral screw fixation for unstable sacral fractures: a cadaveric and biomechanical evaluation under cyclic loads. *J Orthop Trauma*. 2003; 17: 22–31.
- [99] SCHILDHAUER, T.A., BELLABARBA, C., NORK, S.E., BAREI, D.P., ROUTT, M.L.JR., CHAPMAN, J.R. Decompression and lumbopelvic fixation for

- sacral fracture dislocations with spinopelvic dissociation. *J Orthop Trauma*. 2006; 20(7): 447–57.
- [100] SCHWEND, R.M., SLUYTERS, R., NAJDZINEK, J. The pylon concept of pelvic anchorage for spinal instrumentation in the human cadaver. *Spine*. 2003; 28: 542–7.
- [101] SOLONEN, K. A. The sacroiliac joint in the light of anatomical, roentgenological and clinical studies. *Acta Orthop Scand*. 1957; 28(Suppl): 1–127.
- [102] STEINKE, H, HAMMER, N, SLOWIK, V. et al. Novel insights into the sacroiliac joint ligaments. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35: 257–263.
- [103] TAKAO, M., NISHII, T., SAKAI, T. et al. Iliosacral screw insertion using CT-3D-fluoroscopy matching navigation. *Injury*. 2014; 45: 988–994.
- [104] TIEMANN, A.H., SCHMIDT, C., JOSTEN, C. Triangular vertebropelvine stabilisation of unstable posterior pelvic ring fractures. *Zentralblatt Für Chir*. 2003; 128: 202–8.
- [105] TILE, M., HELFET, D.I., KELLAM, J.F. (Eds). *Fractures of the pelvis and acetabulum. Third edition*. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 2003.
- [106] TILE, M. Pelvic ring fractures: should they be fixed? *J Bone Joint Surg Br*. 1988; 70 – B: 1–12.
- [107] TONETTI, J. Management of recent unstable fractures of the pelvic ring. An update Conference supported by the Club Bassin Cotyle (Pelvis-Acetabulum Club). *Orthop Traumatol Surg Res*. 2013; 99: S77–86.
- [108] TROTTER, M. Accessory sacroiliac articulations in East African skeletons. *Am J Phys Anthropol*. 1964; 22: 137–141.
- [109] VERBEEK, D.O., ROUTT, M.L.JR. High-energy pelvic ring disruptions with complete posterior instability: contemporary reduction and fixation strategies. *J Bone Joint Surg Am*. 2018; 100(19): 1704–12.
- [110] VINÁŘ, J. *Konstrukce historických staveb*. Praha, Společnost pro technologie a ochrany památek, 2006.

- [111] VLEEMING, A, STOECKART, R., VOLKERS, A.C. et al. Relation between form and function in the sacroiliac joint. Part I: clinical anatomical aspects. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990; 15: 130–132.
- [112] VLEEMING, A., VAN WINGERDEN, J.P., SNIJDERS, C.J. et al. Mobility in the sacroiliac joints in the elderly: a kinematic and radiological study. *Clin Biomech*. 1992; 7: 170–176.
- [113] VLEEMING, A., SCHUENKE, M.D., MASI, A.T., CARREIRO, J.E., DANNEELS, L., WILLARD, F.H. The sacroiliac joint: an overview of its anatomy, function and potential clinical implications. *J. Anat.* 2012; 221(6): 537–567.
- [114] WITZANY, J. *Poruchy a rekonstrukce zděných budov*. Praha. Nakladatelství ŠEL, 1999.
- [115] YOUNG, J.W., BURGESS, A.R., BRUMBACK, R.J., POKA, A. Pelvic fractures. value of plain radiography in early assessment and management. *Radio-logy*. 1986; 160: 445–451.
- [116] ZINDRICK, M.R., WILTSE, L.L., WIDELL, E.H., THOMAS, J.C., HOLLAND, W.R., FIELD, B.T., SPENCER, C.W. a biomechanical study of intra-peduncular screw fixation in the lumbosacral spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1986; 203: 99–112.

IX Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1 CT rekonstrukce křížové kosti (pohled zředu, zezadu, shora)	13
Obrázek 2 Vlevo tvar kloubní plochy sakra, vpravo sklon kloubních ploch v etáži S1 až S3 (převzato [113])	14
Obrázek 3 Denisova klasifikace (převzato dle AO[66])	21
Obrázek 4 Roy–Camilleho klasifikace (převzato [87])	22
Obrázek 5 Islerova klasifikace (převzato [41])	23
Obrázek 6 Morfologická klasifikace (převzato [87])	24
Obrázek 7 Lumbosakrální pivot point dle McCorda (převzato dle [60])	32
Obrázek 8 Zóny pevnosti sakropelvickej fixace (převzato [64])	33
Obrázek 9 Stabilní zavedení spinopelvickej fixace (převzato [64])	33
Obrázek 10 rtg AP snímky pánve s různým uspořádáním spinopelvickej fixací, nahoře L5 ilium bez příčnicku/s příčnickem (montáž E/B), dole vlevo L5 ilium s příčnickem a stabilizace předního segmentu plazivým šroubem a dlahou (montáž B), vpravo L4 L5 ilium bilaterálně s příčnickem (montáž A)	47
Obrázek 11 Malpozice iliakálního šroubu v pravém SI kloubu, vlevo transversální CT řez, vpravo CT rekonstrukce pánve	49
Obrázek 12 Rozsáhlý dekubit sakrální krajiny způsobený tlakem implantátů na měkké tkáně, vlevo po vynětí implantátů, vpravo po zhojení	49
Obrázek 13 Zlomení dlahy na předním segmentu	50
Obrázek 14 Graf velikosti dislokace v mm na horní krycí desce S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N pro lineární a kominutivní zlomeninu Denis II u různých typů spinopelvickej fixací	75
Obrázek 15 konečnoprvkový model při pohledu zředu (vlevo) a při pohledu zprava (vpravo), s fixací L4,L5 ilium oboustranně a transforaminální lineární linií lomu vpravo	76
Obrázek 16 Barevné mapování pro lineární zlomeninu a spinopelvickej fixaci L4 ilium bilaterálně	77
Obrázek 17 Barevné mapování pro lineární zlomeninu a spinopelvickej fixaci L4 ilium bilaterálně + ISS	77
Obrázek 18 Barevné mapování pro lineární zlomeninu a spinopelvickej fixaci L5 ilium bilaterálně	78
Obrázek 19 Barevné mapování pro lineární zlomeninu a spinopelvickej fixaci L5 ilium bilaterálně + ISS	78
Obrázek 20 Barevné mapování pro kominutivní zlomeninu a spinopelvickej fixaci L4 ilium bilaterálně	79
Obrázek 21 Barevné mapování pro kominutivní zlomeninu a spinopelvickej fixaci L4 ilium bilaterálně + ISS	79
Obrázek 22 Barevné mapování pro kominutivní zlomeninu a spinopelvickej fixaci L5 ilium bilaterálně	80
Obrázek 23 Barevné mapování pro kominutivní zlomeninu a spinopelvickej fixaci L5 ilium bilaterálně + ISS	80

Tab. 1	Náš soubor, typ zlomeniny dle uvedených klasifikací	43
Tab. 2	Náš soubor, další poranění zjištěná vstupně	44
Tab. 3	Náš soubor, způsob a výsledky ošetření	46
Tab. 4	Náš soubor, hodnocení dle Majeeda a POS	52
Tab. 5	Náš soubor, incidence na 100 000 obyvatel a rok.....	55
Tab. 6	Náš soubor, hodnotící testy a statistická významnost	56
Tab. 7	Náš soubor, porovnání skupin s nutností revize a bez komplikací dle věku	59
Tab. 8	Náš soubor, porovnání skupin s nutností revize a bez komplikací dle věkových kategorií...	60
Tab. 9	Náš soubor, zhodnocení pravděpodobnosti revize pro věkové kategorii do 23 a nad 23 let	61
Tab. 10	Náš soubor, porovnání skupin s nutností revize a bez komplikací dle pohlaví	61
Tab. 11	Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle typu zlomeniny podle Denise	63
Tab. 12	Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle prvotního ošetření ZF	64
Tab. 13	Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle vstupního neurologického deficitu	65
Tab. 14	Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle typu zlomeniny dle Roy–Camilleho	67
Tab. 15	Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle typu zlomeniny morfologicky	69
Tab. 16	Náš soubor, porovnání skupin revize/bez dle ostatních poranění.....	71
Tab. 17	Modelováno pro lineární zlomeninu, dislokace v mm na horní krycí desce L4, L5 a S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N.....	74
Tab. 18	Modelováno pro kominutivní zlomeninu, dislokace v mm na horní krycí desce L4, L5 a S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N.....	74
Tab. 19	Modelováno pro lineární zlomeninu, dislokace v mm na horní krycí desce L4, L5 a S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N, uvažována 10× vyšší tuhost materiálu kostí	75
Tab. 20	Modelováno pro kominutivní zlomeninu, dislokace v mm na horní krycí desce L4, L5 a S1 při aplikaci kolmého tlaku na horní krycí desku L4 o velikosti 500 N, uvažována 10× vyšší tuhost materiálu kostí	76
Tab. 21	Diskuse, demografická data souborů	83
Tab. 22	Diskuse, mechanismus úrazu	84
Tab. 23	Diskuse, typ zlomeniny	84
Tab. 24	Diskuse, typ OS, den a trvání operace.....	87
Tab. 25	Diskuse, neurologický deficit.....	89
Tab. 26	Diskuse, komplikace po operaci	90

X Použité zkratky

2D dvojdimenzionální

3D trojdimenzionální

a. arteria, tepna

AG angiografie

AO Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesenfragen, angl. verze

AP antero-posterior, předozadní, projekce při rtg vyšetření

ATB antibiotikum

ATLS Advance Trauma Life Support- Rozšířená život zachraňující opatření

CT Computered Tomography – výpočetní tomografie

CT AG angiografie provedená pomocí výpočetní tomografie

DCS resp. PDCS damage control surgery resp. pelvic DCS operace k odstranění následků

FAST Focused Assesment for the Sonographic examination of the Trauma patient

FEM konečnoprvkový model

ISS iliosakrální šroub

L4, L5 čtvrtý resp. pátý bederní obratel

LCP Locking Compression Plate – kompresní dlaha s možností zavedení úhlově stabilních šroubů

lig. ligamentum, vaz

m. musculus, sval

MRI Magnetic Resonance Imagine – magnetická rezonance

n. nervus, nerv

OS osteosyntéza

ORIF Open Reduction and Internal Fixation, Otevřená repozice s vnitřní fixací

OT osteotomie

POS Pelvic outcome score

RHB rehabilitace

R-C klasifikace dle Roy Camilleho

rtg rentgen, rentgenové vyšetření

S1 - 4 první až čtvrtý sakrální obratel

SIAI Spina iliaca anterior inferior, přední dolní trn kyčelní

SIAS Spina iliaca anterior superior, přední horní trn kyčelní

SIPS Spina iliaca posterior superior, zadní horní trn kyčelní

TIFI transiliakální vnitřní fixátor

v. vena, žíla

Poděkování

Na tomto místě bych velice ráda vyjádřila dík za pomoc a podporu při tvorbě této práce svému školiteli a přednostovi Kliniky ortopedie a traumatologie pohybového ústrojí LF UK v Plzni doc. MUDr. Tomáši Pavelkovi, Ph.D, dále přednostovi Kliniky zobrazovacích metod LF UK v Plzni prof. MUDr. Jiřímu Ferdovi za zapůjčení velkého množství grafického materiálu, prof. Ing. Jiřímu Křenovi, CSc. a ing. Liboru Loboenskému, PhD., z katedry mechaniky Fakulty aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni za ochotnou spolupráci při analýze biomechaniky lumbopelvicích fixací a mechanických vlastností stabilizace spinopelvicích disociací pomocí lumbopelvicé fixace. V neposlední řadě bych ráda poděkovala i svým spolupracovníkům, přátelům a svým nejbližším, bez jejichž pomoci by vznik této práce nebyl možný.