

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Autoreferát disertační práce



Spondylodiscitis – chirurgické léčení

Operační léčba přední bederní spondylodiscitidy

MUDr. Josef Včelák

Praha, 2014

Doktorské studijní programy v biomedicině
Univerzita Karlova v Praze a Akademie věd České republiky

Obor: Experimentální chirurgie

Předseda oborové rady: Prof. MUDr. Jaroslav Živný, DrSc.

Školící pracoviště: Ortopedická klinika 1. LF UK.

Školitel: Doc. MUDr. Jíří Chomiak, CSc.

Disertační práce bude nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněna k nahlížení veřejnosti v tištěné podobě na Oddělení pro vědeckou činnost a zahraniční styky Děkanátu 1. lékařské fakulty.

Abstrakt

Úvod: (Experimentální část). Hypotéza definuje riziko kvazi-statického selhání transpedikulární fixace u páteřního kadaverozního preparátu s defektem předního sloupce s ohledem na rozsah fixace a stanovuje riziko selhání transpedikulární fixace s ohledem na konvergenci zavedení šroubů fixace při cyklickém zatížení. (Klinická část). Hypotéza stanovuje rizika klinických a RTG výsledků u izolovaného zadního přístupu v léčbě přední bederní spondylodiscitidy a hodnotí rizika použití titanového implantátu při přední radikální resekci infekčního ložiska spondylodiscitidy.

Metoda: (Experimentální část). Čtyři anatomické preparáty Th-L páteře s defektem předního sloupce páteře byly transpedikulárně instrumentovány a následně kvazi-staticky testovány na MTS 858,2 Mini-Bionix. Koncepce části s testováním cyklického zatížení byla založena na koncepci ASTM standard F1717. (Klinická část). Skupina A(23 pacientů) byla léčena pouze zadním transmuskulárním přístupem a druhá skupina B(8 pacientů) byla léčena dvoudobým zado-předním přístupem.

Výsledky: (Experimentální část). Byla zaznamenána progresse ve všech hodnocených parametrech se značnou asymetrií (extenze, flexe, dukce) zatížení preparátu páteře s defektem předního sloupce při kvazi-statickém zatížení. Deformace(zatížení) tyče klesá se zvýšením rozsahu transpedikulární fixace. Konstrukce s maximální konvergencí transpedikulárních šroubů selhala při nejmenším počtu cyklů zatížení v hodnocení ASTM standard F1717. (Klinická část). Rozdíly ($p < 0,001$) ve skupině A byly nalezeny v hodnocení JOA před (Ø9.30), 6T (Ø11.82) a 12M pooperačně (Ø13.27) a rozdíly VAS před (Ø7.39), 6T (Ø3.82) a 12M pooperačně (Ø2.36) a ve skupině B JOA hodnoty před (Ø9.38), 6T (Ø11.75) a 12M pooperačně (Ø13.63) a VAS před (Ø7.38), 6T (Ø4.63) a 12M pooperačně (Ø2.25). RTG hodnocení skupiny A před (Ø1.75), 6T (Ø -3.73) a 12M pooperačně (Ø -0.79) a ve skupině B před (Ø3.71), 6T (Ø -8.21) a 12M pooperačně (Ø -6.45).

Závěr: (Experimentální část). Rigidita spinální transpedikulární fixace u kadaverozního preparátu páteře při maximálním zatížení kontinuálně narůstá bez skokových změn hodnot a nebylo zaznamenáno riziko selhání konstrukce v předdefinovaném kalibrovaném rozmezí. Experiment cyklického zatížení ukazuje vyšší riziko selhání ASTM standard F1717 u soustavy s vyšší počáteční rigiditou. Studie ukazuje, že změna v konvergenci transpedikulárních šroubů ovlivňuje rigiditu a trvanlivost soustavy v podmínkách cyklického zatížení. Důležitost tohoto faktoru narůstá v případě snížené kvality kosti. (Klinická část). Výsledky ukazují minimum závažných klinických komplikací a vyšší ztrátu sagitální rovnováhy u skupiny A. Ve skupině B nebyla nalezena recidiva nebo přetrvávání hlubokého infektu v místě původního ložiska infektu.

Klíčová slova: bederní spondylodiscitida, transpedikulární fixace, kadaverozní preparát páteře, konvergence transpedikulárního šroubů, radikální přední debridement páteře, izolovaný zadní přístup.

Abstract

Introduction: (Experimental part). Hypothesis evaluates the quasi-static risk of transpedicular fixation failure in the spinal cadaver with anterior column defect due to the fixation extension and defines the risk of transpedicular fixation failure due to screw convergence in cyclic loading. (Clinical part). Hypothesis evaluates the risk of isolated dorsal approach to ventral lumbar spondylodiscitis due to clinic and radiographic results and the risk of anterior radical debridement due to using titanium implant in the site of bone infection.

Methods: (Experimental part). Four anatomically prepared spinal cadavers with anterior spinal column defect transpedicular instrumented were quasi-statically tested on MTS 858,2 Mini-Bionix. Concept of cyclic loading part were based on ASTM standard F1717. (Clinical part). The group A consisting of 23 patients was treated only by dorsal transmuscular approach and the second group B consisting of 8 patients was treated by two-stage postero-anterior surgery in lumbar spondylodiscitis.

Results: (Experimental part). There were progress in all assessed parameters with considerable asymmetry direction in extension to flexion and duction in spinal column loading with anterior defect during quasi-static loading. The rod deformation decrease with extent of transpedicular instrumentation. The construction with maximum convergence failed during the smallest number of loading cycles in ASTM standard F1717 during cyclic loading. (Clinical part). Differences ($p < 0,001$) in the group A were found between JOA values before ($\bar{0}9.30$), 6w ($\bar{0}11.82$), and 12m after the surgery ($\bar{0}13.27$) and VAS differences before ($\bar{0}7.39$), 6w ($\bar{0}3.82$), and 12m after surgery ($\bar{0}2.36$) and in the group B the JOA values before ($\bar{0}9.38$), 6w ($\bar{0}11.75$), and 12m after surgery ($\bar{0}13.63$) and VAS before ($\bar{0}7.38$), 6w ($\bar{0}4.63$), and 12m after surgery ($\bar{0}2.25$). Radiographic examinations of the Group A was found before ($\bar{0}1.75$), 6w after surgery ($\bar{0} -3.73$), and 12m after surgery ($\bar{0} -0.79$) and in the group B before ($\bar{0}3.71$), 6w ($\bar{0} -8.21$), and 12m after surgery ($\bar{0} -6.45$).

Conclusions: (Experimental part). The rigidity of the spinal transpedicular instrumentation in spinal cadavers during quasi-static loading increase continuously without any skip transmutations and there is no risk factor of possible loosening of constructions in calibrated conditions in quasi-static loading. Cyclic loading experiment shows the higher risk of assembly loosening with higher initial rigidity in ASTM standard F1717. The study provides evidence that the change in convergence of pedicular screws affects the rigidity and longevity of the model as a whole in conditions of cyclic loading. This factor increases in importance with regard to the pathology of a skeleton with reduced bone density. (Clinical part). Results demonstrate the minimum serious surgical complications and greater loss of sagittal balance without clinical correlation in the group A. We did not find any relapse or persistence of the infection in the post-operative period in the group B.

Key words: lumbar spondylodiscitis, transpedicular fixation, spinal cadaver, transpedicular screw convergence, anterior spinal debridement, dorsal isolated approach.

Úvod

Obecný úvod

Základní problematikou operační léčby přední spondylodiscitidy je:

- 1. biomechanicky stabilní rekonstrukce s dostatečným potenciálem biologického zhojení a obnovení stability a tvaru páteřního sloupce.**
- 2. biologicky kompatibilní rekonstrukce předního defektu vznikajícího po radikální přední nekrectomii s minimálními riziky recidivy hlubokého infektu.**

K bodu 1. Metoda zadní transpedikulární fixace patří v současnosti k základním operačním postupům ošetření patologických stavů páteře. Technika transpedikulární fixace umožňuje stabilizovat postižený segment, korigovat deformitu a výsledek korekce udržet do obnovení biologické integrity páteře. V léčbě přední spondylodiscitidy je další výhodou extrakompartmentální uložení šroubu (mimo infekční ložisko). Problematika v pevnosti transpedikulární fixace nastává u přední spondylodiscitidy vznikem defektu destabilizující přední sloupec páteře. Hlavní konstrukce transpedikulární fixace je uložena za instantním centrem rotace (ICR), které je uloženo v zadní třetině obratlového těla a disku, proto patologické změny páteře před ICR zvyšují ohybový moment (M) na konstrukci fixace a zejména na transpedikulární šroub. Výsledkem může být selhání konstrukce fixace před biologickým obnovením pevnosti páteřního sloupce.

K bodu 2. Bakteriální kontaminace spinálního implantátu může vzniknout peroperační, lokální nebo hematogenní kontaminací implantátu s tvorbou biofilmu a následnými patofyziologickými pochody závisujícími na virulenci mikroorganismu a imunitní odpovědi hostitele, která je klinicky vyjádřena lokálními (osteolýza, uvolnění implantátu, tvorba abscesu) nebo celkovými projevy infektu. Biofilm je definován agregací bakterií (buněk) a buněčných produktů formovaných do vrstev (glykokalyx – extracelulární polysacharid), pevně adherující k solidnímu povrchu nebo substrátu.

Cíl práce a stanovené hypotézy

Experimentální část - principem experimentální in-vitro laboratorní studie bylo modelovat chování transpedikulární fixace v různém třídimenzionálním prostorovém uspořádání při kvazistatickém a cyklickém zatížení.

In-vitro studie biomechanického zatížení páteře stabilizovaného transpedikulární fixací - cílem první in-vitro studie byla laboratorní „in vitro“ modelace zatížení defektu předního sloupce páteře, ošetřeného monosegmentální nebo bisegmentální transpedikulární fixací na kadaverozním preparátu a jeho biomechanické měření při maximálním jednorázovém kvazistatickém zatížení.

Vliv konvergence šroubů na stabilitu transpedikulární fixace při cyklickém zatížení: biomechanická studie - principem druhé in-vitro studie je experimentální měření a popis chování transpedikulární fixace při cyklickém zatěžování s ohledem na konvergenci zavedení šroubů a jeho vliv na životnost celé soustavy.

Klinická část - chirurgické léčení bederní spondylodiscitidy: retrospektivní studie dvou operačních metod. Cílem práce je hodnocení souboru pacientů léčených operační terapií pro přední spondylodiscitidu bederní páteře s ohledem na použití metody operační techniky, metody použití instrumentace, její lokalizace a komplikace.

Hypotéza Ia. Tuhost kadaverozního preparátu s defektem předního sloupce páteře ošetřeného transpedikulární fixací při kvazistatickém zatížení je ovlivněna rozsahem transpedikulární instrumentace.

Hypotéza Ib. Jaké jsou testovací možnosti a reprodukovatelnost výsledků měření kadaverozního spinálního modelu v laboratorních podmínkách.

Hypoteza II. Iniciální zvýšení konvergence transpedikulárních šroubů fixace zvyšuje stabilitu a trvanlivost konstrukce spinálního modelu při pohybu (flexe/extenze) v průběhu cyklického zatížení.

Hypotéza IIIa. Izolovaný dorzální přístup v léčbě bederní přední spondylodiscitidy zvyšuje riziko ztráty sagitální rovnováhy bez zvýšeného rizika vážných komplikací a v důsledku nezhoršují výsledné klinické výsledky.

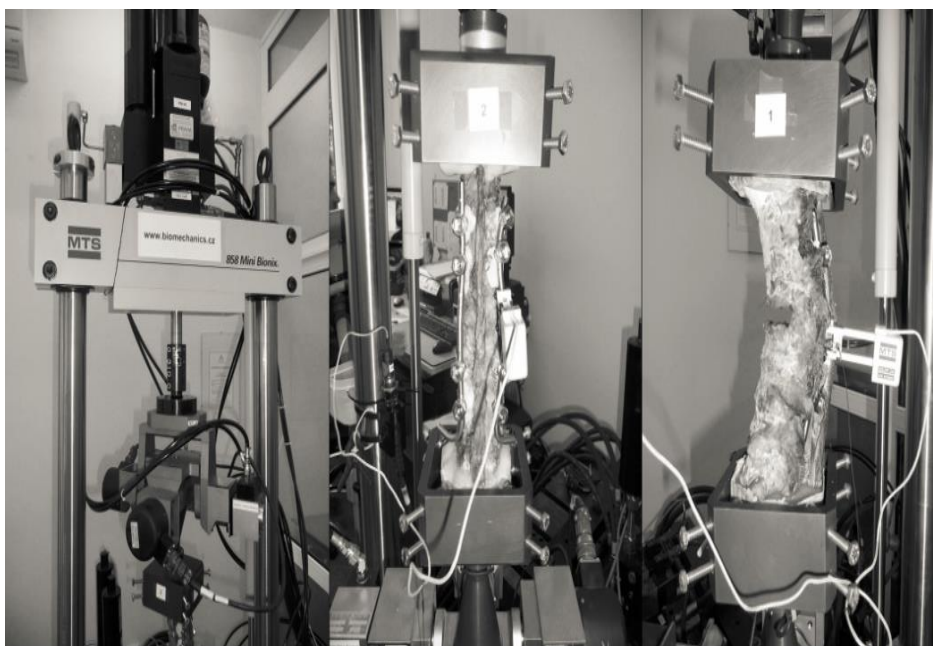
Hypotéza IIIb. Použití titanového spinálního implantátu v rekonstrukci defektu předního sloupce zvyšuje riziko recidivy hlubokého infektu.

Materiál a metoda

Experimentální část

In-vitro studie biomechanického zatížení páteře stabilizovaného transpedikulární fixací. Celkem byly získány čtyři kadaverozní modely hrudní páteře v rozsahu Th3-L2. Preparace byla provedena se zachováním kostních struktur a vazivových struktur. Akrální ukotvení bylo posíleno samořeznými vruty a následně byl proveden odlitek hranolu proximálního a distálního segmentu modelu v rozměru úchytu měřícího přístroje (materiál – Dentacryl R). Následně byla provedena vlastní montáž transpedikulární fixace (fixater Prospan Fe TL III, transpedikulární šrouby 6/50mm). Vzhledem ke kvalitě kosti byly šrouby primárně cementovány cementem CMW 1 (Johnson & Johnson). Celkem jeden model páteře byl ošetřen instrumentací vzor 1+1 (1 instrumentovaný segment proximálně/distálně od měřeného segmentu) a dva modely byly fixovány vzorem 2+2. V průběhu vlastního měření a kalibrace přístroje byl na úrovni Th6/7 proveden vlastní defekt předního sloupce a to resekci disku. Pro vlastní měření byl využit testovací systém MTS 858,2 Mini Bionix v sestavě s víceosým simulátorem. K měření deformací fixace byl použit extenzometr MTS s pracovním rozsahem 1/- 0,4mm. Pro jednoznačnost zatížení a interpretaci odezvy jednotlivých vzorků byla využita doporučená metodika (Wilke, et al., 1998). Jako parametr hodnotící chování samotné zadní stabilizace byla vybrána deformace fixačních tyčí (Obrázek 1).

Obrázek 1. Kadaverozní model páteře Th3-L2 ukotvený v testovacím systému MTS 858,2 Mini Bionix v sestavě s víceosým simulátorem.



Vliv konvergence šroubů na stabilitu transpedikulární fixace při cyklickém zatížení: biomechanická studie. Koncepce experimentální studie je principiálně založena na metodě ASTM Standard F171 (Standard Test Method for Spinal Implant Construct in a Vertebrectomy model), kde UHMPWE materiál (Ultra-high-molecular-weight polyethylene) byl nahrazen materiálem PUR (Cellular Rigid Polyurethane Foam 10 pcf, Sawbones Europe AB Sweden) (ASTM, 2009). Geometrie PUR bloků byla volena s ohledem na zachování hloubky zašroubování a vzdálenost pedikulárních šroubů od osy zatížení. Pro sestavu stabilizace bylo použito dvou párů monoaxiálních pedikulárních šroubů ZIMMER Instinct™ Java® Ø6.5x45mm z titanové slitiny a páru ocelových spojovacích fixačních tyčí Ø5.5x110mm dle doporučeného postupu firmy. Zkušební vzorky byly rozděleny do tří skupin: skupina A - paralelně zavedené pedikulární šrouby (konvergence 0 stupňů), skupina B – šrouby s konvergencí 20 stupňů a skupina C – s konvergencí 40 stupňů. Každá skupina obsahovala 3 vzorky. Pro experimenty byl použit testovací systém MTS 858.2 Mini Bionix ve spojení se silovým snímačem INTERFACE 1010ACK s rozsahem 2.5 kN. Parametry zatěžovacího cyklu, frekvence zatížení: 5 Hz, maximální amplituda zatížení: 150 N a rozsah amplitudy zatížení: R 15 (F_{\min} , -150 / F_{\max} 10 [N]), byly nastaveny podle směrnice ASTM Standard F1717. Sběr dat byl naprogramován na záznam píků amplitudy posuvu (u_{\min} , u_{\max} [mm]) a zatěžující síly (F_{\min} , F_{\max} [N]) v sekvenci 10ti hodnot každých 250 cyklů. Ke zpracování a analýze včetně statistického vyhodnocení dat byl použit MATLAB® R2012b, MathWorks, Inc. Statistické zpracování porovnání jednotlivých skupin mezi sebou bylo provedeno pomocí párového t-testu na hladině pravděpodobnosti ($P < 0.05$). Navzájem byly porovnávány mezi sebou skupiny A-B, B-C a A-C.

Klinická část

Chirurgické léčení bederní spondylodiscitidy: retrospektivní studie dvou operačních metod.

V období 1/2006 do 12/2012 bylo pro infekt páteře na našem pracovišti léčeno celkem 124 pacientů. Do studie tedy bylo zahrnuto 31 pacientů (20 mužů, 11 žen) o průměrném věku 60,5 let (21-81). Pacienti byli rozděleni do dvou skupin. Skupina A, celkem 23 (74%) pacientů byla léčena pouze zadním transmuskulárním přístupem, v jedné době provedenou dorzální transpedikulární fixací kombinovanou s posterolaterální fúzí a zároveň limitovaným transartikulárním přístupem s resekci infekčního ložiska a fúzí. Druhá skupina (skupina B) počtem 8 (26%) pacientů byla léčena dvoudobým zadopředním výkonem, kdy primárně zadní transpedikulární instrumentace je v druhé době doplněna přední retroperitoneální resekci zánětlivého ložiska a defekt rekonstruován titanovou náhradou. Obě hodnocené skupiny (skupina A, skupina B) byly retrospektivně hodnoceny v intervalu předoperačním, 6 týdnů pooperačně a 1 rok pooperačně. Ke klinickému hodnocení bylo použito hodnocení JOA (Japanesse Orthopaedic Association score, 0-15 bodů), VAS (Visual Analog Pain Scale, 1-10) a Kirkaldy-Willis Functional kriteria (poor, fair, good, excellent). Zároveň byly zaznamenány komplikace léčení v jednotlivých skupinách pacientů. RTG hodnocení bylo prováděno v intervalech předoperačním, 6 týdnů pooperačně a 1 rok pooperačně ze standardně provedených předozadních a bočných projekcí bederní páteře. K hodnocení obnovení sagitální rovnováhy bylo použito měření modifikovaným Cobbovým úhlem horní koncové ploténky proximálního a dolní koncové ploténky distálního obratle postiženého segmentu. Zároveň byly zaznamenávány selhání instrumentace a nezhojení spondylodézy. Statistické posouzení významnosti rozdílů mezi třemi různými návštěvami bylo provedeno metodou ANOVA s opakovanými měřeními (repeated measure ANOVA). Následné porovnání, které konkrétní dvojice měření se vzájemně průkazně liší, bylo provedeno Scheffeho post hoc testem.

Výsledky

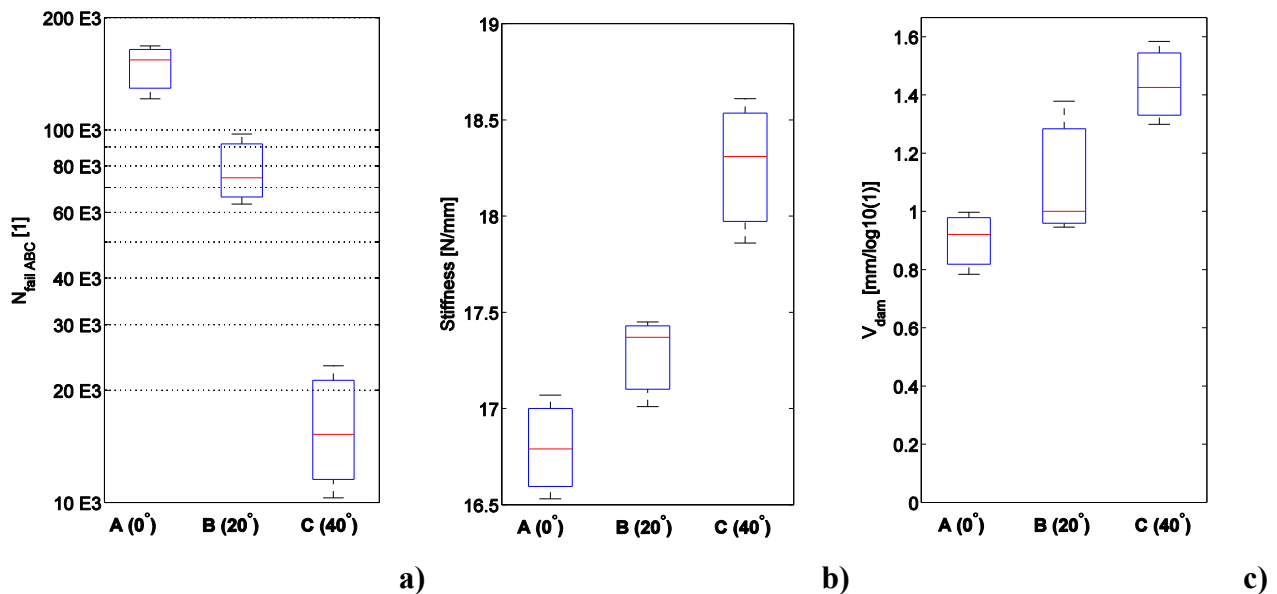
Experimentální část

In-vitro studie biomechanického zatížení páteře stabilizovaného transpedikulární fixací. Hodnocení tuhosti soustavy - flexe/extenze před resekci/po resekci: Vzorky č.1(montáž typ 1+1) a č.2 (montáž typ 2+2) vykazují před resekci obdobný rozsah pohybu NZ, ROM. Masivní vzorek č.3 (montáž typ 2+2) vykazuje výrazně menší rozsah pohybu, tj. vyšší tuhost, což je dáno patrně jeho velikostí a mírou osifikace vazivových struktur. Po vytvoření defektu v předním sloupci páteře resekci disku dochází k progresi nárůstu hodnocených parametrů bez ohledu na vzorek nebo typ montáže. Zajímavý je výskyt směrové asymetrie. Ve všech případech dochází k výraznějšímu nárůstu EZ a ROM při extenzi proti flexi. Hodnocení tuhosti soustavy - pravá/levá dukce před resekci/po resekci: všechny vzorky vykazují před resekci symetrické výsledky z pohledu pravé, resp.levé dukce. Opět se projevila vyšší tuhost vzorku č.3. Progrese nárůstu hodnot NZ, EZ, ROM po resekci není taková, jako u flexe/extenze, což je patrné především u vzorků č.2 a č.3 s montáží typu 2+2. Vzorek č.1 vykazuje výrazný rozdíl NZ před (1,6st.) a po (6,3st.). U ostatních vzorků nepřesahuje tento rozdíl dvounásobku hodnot před resekci. Výsledek měření vykazuje výrazně vyšší tuhost montáže vzorků č.2 a č.3 (2+2) proti vzorku č.1 (1+1). Hodnocení napětí na fixačních tyčích transpedikulární fixace - flexe/extenze před resekci/po resekci: hodnoty napětí na tyčích transpedikulární fixace před resekci jsou u všech vzorků velmi malé. Nejmenší pak u vzorku č.3 ve flexi (1Mpa) a v extenzi (-2Mpa) na obou tyčích. Společným znakem je větší tlakové napětí při extenzi proti menšímu tahovému napětí při flexi stejným momentem (10 Nm). Hodnoty napětí u všech vzorků po resekci předního sloupce jsou vyšší a je zřejmý trend asymetrie napětí flexe/extenze.

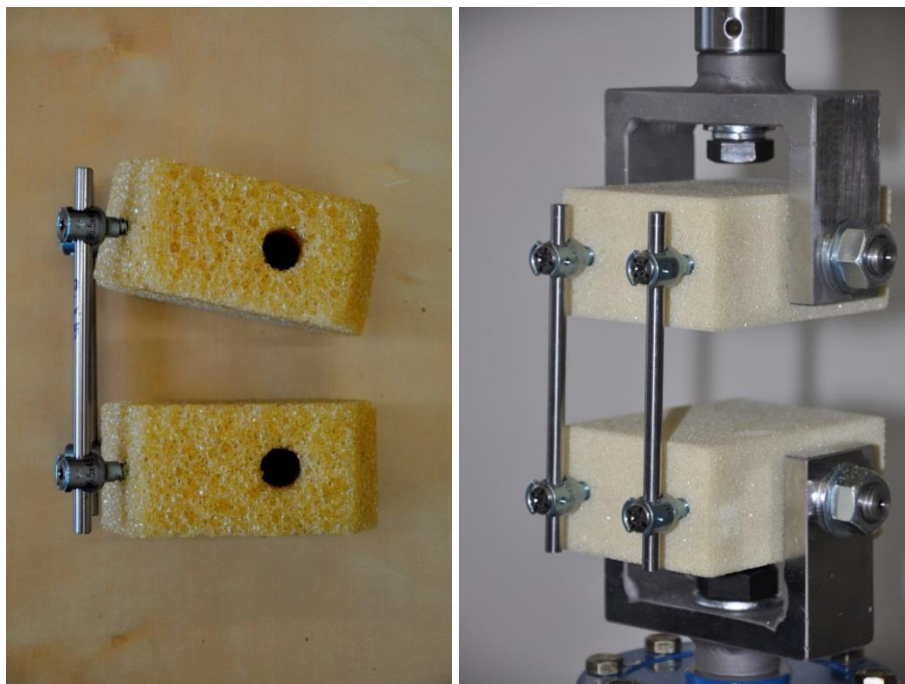
Vliv konvergence šroubů na stabilitu transpedikulární fixace při cyklickém zatížení: biomechanická studie. Na všech vzorcích ve skupinách "A" (0°), "B" (20°) a "C" (40°) byl zjištěn počet cyklů do selhání soustavy – cycles to failure N_{fail} [1], počáteční rychlost porušení - initial damage rate v_{dam} [mm/log₁₀(1)] a tuhost sestavy - Stiffness [N/mm] (Graf 1). Vzorky byly cyklicky zatěžovány do doby, kdy bylo možno pozorovat zjevné selhání primární stabilizace sestavy dorzální fixace. K selhání funkce dorzální fixace jako celku došlo pokaždé v rozhraní pedikulární šroub/PUR blok pcf10. Došlo k uvolnění šroubů v PUR bloku, které lze charakterizovat/přirovnat k tzv. „windshield wiper“ efektu (Obrázek 2). S rostoucí tuhostí stabilizace, resp. rostoucím úhlem šroubů roste počáteční rychlost porušení – initial damage rate V_{dam} . Nejvýznamnější dopad má úhel konvergence na nejdůležitější parametr N_{fail} – Cycles to failure. S rostoucím úhlem konvergence, resp. s rostoucí tuhostí sestavy významně klesá počet cyklů do selhání stabilizace jako celku (Graf 2). Z porovnání středních hodnot počtu cyklů do selhání a středních hodnot tuhostí ve skupinách A a B vyplývá, že i statisticky nevýznamný nárůst tuhosti sestavy ($Stiff_A = 16.797 \pm 0.270$, $Stiff_B = 17.277 \pm 0.234$ [N/mm], $P_{AB} = 0.080693 > 0.05$) způsobí statisticky významný pokles cycles to failure ($N_{fail_A} = 147.650 \pm 24.020$, $N_{fail_B} = 78.322 \pm 17.442$ [10^3 cycles], $0.05 > P_{AB} = 0.015537 < 0.05$). Stejně porovnání skupin B a C kde pozorujeme statisticky významný nárůst tuhosti sestavy ($Stiff_B = 17.277 \pm 0.234$, $Stiff_C = 18.260 \pm 0.377$ [N/mm], $P_{BC} = 0.018569 < 0.05$) i statisticky významný pokles cycles to failure ($N_{fail_B} = 78.322 \pm 17.442$, $N_{fail_C} = 16.273 \pm 6.557$ [10^3 cycles],

$P_{BC} = 0.004486 < 0,05$). Za pozornost stojí pokles, resp. poměr $N_{fail_A} / N_{fail_B} \approx 2/1$ a $N_{fail_B} / N_{fail_C} \approx 5/1$. Pokles Cycles to failure N_{fail} při změně konvergence $20^\circ \rightarrow 40^\circ$ je daleko významnější ($P_{BC} = 0.004486 \ll 0.05$), než při změně konvergence $0^\circ \rightarrow 20^\circ$ ($P_{AB} = 0.015537 < 0.05$) (Tabulka 1).

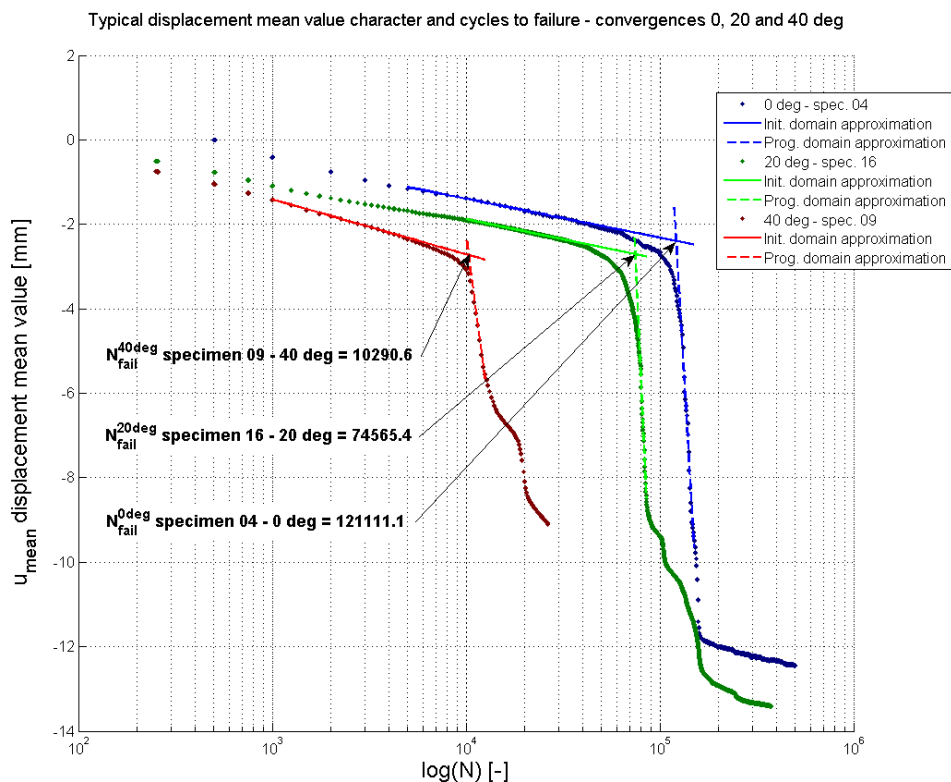
Graf 1. a. počet cyklů do selhání – cycles to failure N_{fail} [1], b. počáteční rychlost porušení - initial damage rate v_{dam} [mm/log1], c. tuhost sestavy - Stiffness [N/mm].



Obrázek 2. Selhání soustavy uvolněním transpedikulárního šroubu z PUR bloku tzv. „windshield wiper“ efekt.



Graf 2. Pokles cyklů do selhání: N_{fail} při změně konvergence $0^\circ \rightarrow 20^\circ \rightarrow 40^\circ$.



Tabulka 1. Počet cyklů do selhání – cycles to failure N_{fail} [1], tuhost sestavy - Stiffness [N/mm], počáteční rychlost porušení - initial damage rate v_{dam} [mm/log1].

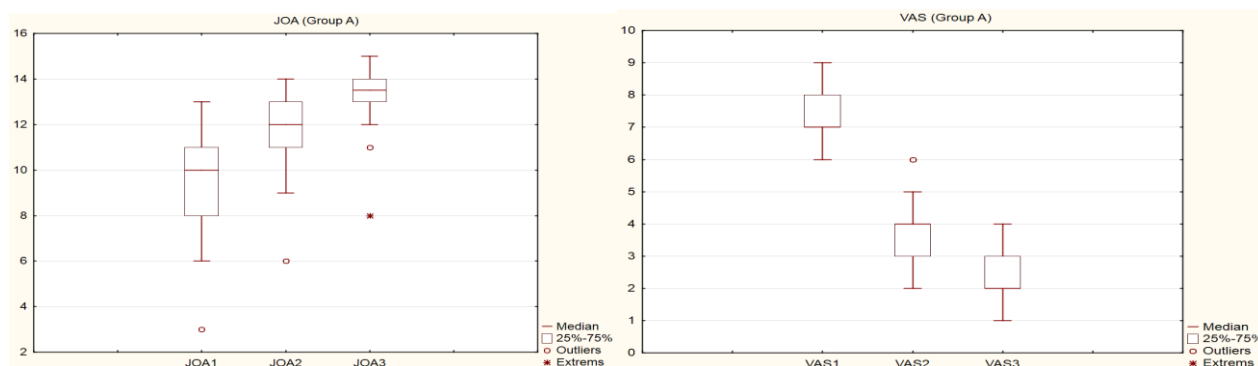
	Group	0 deg	Group B	20 deg	Group C	40
N_{fail} in [1000]		147.650 ± 24.020	78.322 ± 17.442		16.273 ± 6.557	
		0.05 >	0.015537			
				0.05 >	0.004486	
			0.05 >	= 0.0007955		
Stiffness		16.797 ± 0.270	17.277 ± 0.234		18.260 ± 0.377	
		0.05 <	0.080693			
				0.05 >	0.018569	
			0.05 >	= 0.0054678		
V_{dam}		0.901 ± 0.108	1.108 ± 0.236		1.436 ± 0.143	
		0.05 <	0.238104			
				0.05 <	0.108102	
			0.05 >	= 0.0066189		

Klinická část

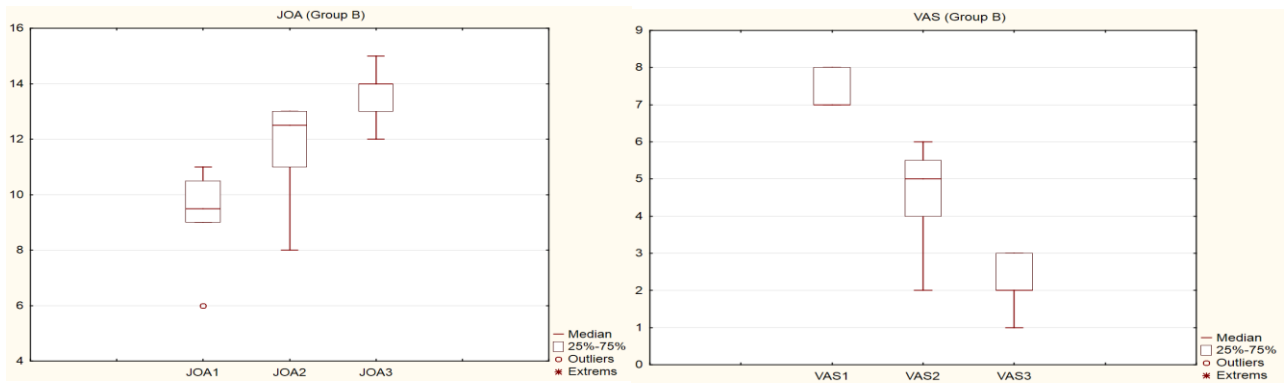
Chirurgické léčení bederní spondylodiscitidy: retrospektivní studie dvou operačních metod.

Celkem 23 pacientů (skupina A) bylo operováno izolovaným zadním přístupem. Neurologické zhoršení po operaci jsme nezaznamenali. Ke klinickému hodnocení bylo použito JOA a VAS skóre. Funkční výsledek byl hodnocen pomocí Kirkaldy-Willis Functional kriteria. Výsledná p hodnota ANOVA testu vyšla v případě JOA ve skupině A $p < 0.001$. Mezi hodnotami JOA předoperačně (průměr 9,30), pooperačně po 6 měsících (průměr 11,82) a pooperačně po 12 měsících (průměr 13,27) byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly. Z následných Scheffeho post hoc testů vyplývá, že statisticky významně se navzájem liší hodnoty mezi všemi třemi sledovanými obdobími. Hodnoty VAS skupiny A byly získány předoperačně (průměr 7,39), pooperačně po 6 měsících (průměr 3,82) a pooperačně po 12 měsících (průměr 2,36) (Graf 3). Celkem 8 pacientů (skupina B) bylo primárně operováno zadním přístupem s následným předním radikálním debridement. Výsledné hodnoty JOA skóre skupiny B ($p < 0.001$) ukazují zlepšení mezi hodnotami JOA předoperačně (průměr 9,38), pooperačně po 6 měsících (průměr 11,75) a pooperačně po 12 měsících (průměr 13,63). Výsledná p hodnota ANOVA testu vyšla v případě VAS ($p < 0.001$) předoperačně (průměr 7,38), pooperačně po 6 měsících (průměr 4,63) a pooperačně po 12 měsících (průměr 2,25) (Graf 4). K RTG hodnocení byl použit modifikovaný Cobbův úhel, měřící úhel koncových plotének sousedních obratlů segmentu. Negativní úhel lordózy je číslo záporné (-0,0), kyfózy číslo kladné (+0,0). Výsledná p-hodnota ANOVA testu ($p < 0.001$) vyšla v případě RTG u zadního přístupu (skupina A) předoperačně (průměr 1,75), pooperačně po 6 měsících (průměr -3,73) a pooperačně po 12 měsících (průměr -0,79). U jednoho pacienta na kontrolních RTG snímcích došlo k selhání dorzální instrumentace tzv. „windshield whipping“ efektem s následnou předozadní revizní operací. U jednoho pacienta byl zaznamenáno vyvlečení tyče z distálních transpedikulárních šroubů a u dalších tří pacientů byly viditelné zóny uvolnění šroubů (clear-zones) na kontrolních RTG. Všichni čtyři pacienti byli doléčeni v korzetech bez nutnosti další operační terapie. U pacientů ve skupině B byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ($p < 0.001$) mezi hodnotami RTG (průměr 3,71), pooperačně po 6 měsících (průměr -8,21) a pooperačně po 12 měsících (průměr -6,45). (Graf 5). Selhání instrumentace jsme ve skupině B nezaznamenali.

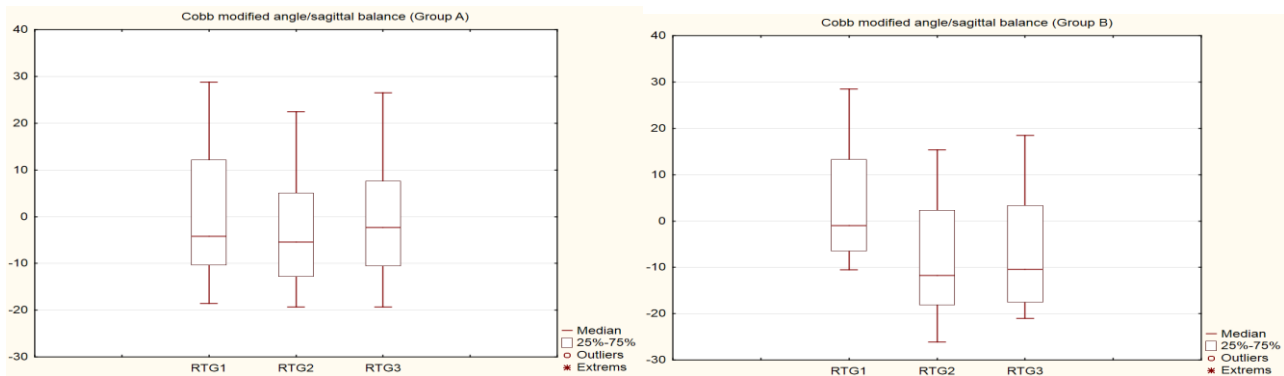
Graf 3. Skupina A – JOA (Japanesse Orthopaedic Association score), předoperačně, 6 týdnů pooperačně a 1 rok pooperačně. Skupina A – VAS (visual analog pain scale), předoperačně, 6 týdnů pooperačně a 1 rok pooperačně.



Graf 4. Skupina B – JOA (Japanesse Orthopaedic Association score), předoperačně, 6 týdnů pooperačně a 1 rok pooperačně. Skupina B – VAS (visual analog pain scale), předoperačně, 6 týdnů pooperačně a 1 rok pooperačně.



Graf 5. Skupina A – úhel sagitální rovnováhy (modifikovaný Cobbův úhel), předoperačně, 6 týdnů pooperačně a 1 rok pooperačně. Skupina B – úhel sagitální rovnováhy (modifikovaný Cobbův úhel), předoperačně, 6 týdnů pooperačně a 1 rok pooperačně.



Diskuze

Experimentální část

In-vitro studie biomechanického zatížení páteře stabilizovaného transpedikulární fixací. Prezentovaná studie je celkovým počtem preparátů srovnatelná s ostatními autory (Eskander, et al., 2007), (Schlenk, et al., 2003), (Sun, et al., 2009). Výsledkem byly souměřitelné hodnoty rozdílu měření na tomtéž preparátu, podobně postupovali autoři (Valdevit, et al., 2005), (Xu, et al., 2006). Vyhodnocení napětí na fixačních tyčích transpedikulární fixace před a po resekci předního sloupce páteře lze interpretovat ve dvou obecných závěrech. Prvním výsledkem je obecné zjištění, že destabilizace předního sloupce páteře zvyšuje napětí na spojovací tyči konstrukce. Druhým závěrem měření je nezanedbatelná asymetrie výsledných hodnot na pravé a levé tyči transpedikulární fixace. Nárůst hodnot je po resekci očekávaný, vzhledem k tomu, že fixace je hlavním stabilizačním prvkem segmentu. Zajímavá je zmíněná asymetrie naměřených hodnot napětí. Ta se projevuje jednak z pohledu pravé a levé tyče, ale i směru zatížení. Asymetrie je výraznější stranově a je patrně způsobena jednak počáteční deformací instrumentace (ohýbání fixačních tyčí při vlastní instrumentaci, dotažení fixační matkou) a jednak geometrií konstrukce.

Obecně lze konstatovat, že soustava vykazuje větší tuhost při dukci než flexi/extenzi, což je dáno samotnou konstrukcí fixace, anatomii páteře, resp. rozložením průřezových charakteristik, vzhledem k rovinám zatěžování.

Z vyhodnocení biomechanických parametrů rozsahu pohybu soustavy kadaverozního preparátu ošetřeného transpedikulární fixací v sestavě 1+1 a 2+2 není patrné, kromě hodnocení dukce, výrazný rozdíl mezi použitým typem instrumentace. V tuhostních charakteristikách vzorku se v celém rozsahu zatížení nevyskytují žádné skokové změny tuhosti, které by ukazovaly možnému selhání konstrukce.

Vliv konvergence šroubů na stabilitu transpedikulární fixace při cyklickém zatížení: biomechanická studie. Prezentovaná in-vitro studie srovnává selhání jednotlivých konstrukcí konvergence (0-20-40st.) při cyklickém zatížení soustavy v sagitální rovině zatížení. Jako náhrada kosti byla použita polyuretanová pěna Cellular Rigid Polyuretane Foam. Výhodou výběru považujeme maximální standardizaci a souměřitelnost jednotlivých testů proti použití kadaverozního modelu (Včelák, et al., 2011). Naopak určitou nevýhodou může být velikost pórů 0.5 – 2.0 mm u použité pěny pcf 10.

Dalším omezením studie je zároveň zatěžování pouze směrem flexe/extenze, tak jako u jiných in-vitro studií (Brodke, et al., 2001) (Chen, et al., 2003) (Sterba, et al., 2007). Důvodem studie bylo popsání mechanismu selhání soustavy s ohledem na velikost konvergence zavedení šroubů při cyklickém zatěžování. Výsledky prokázaly časnější uvolnění fixace u konstrukce s maximální konvergencí (40 stupňů), tj. při nejmenším počtu cyklů zatížení. Selhání soustavy se manifestovalo na úrovni implantát-kost, tzv. „windshield wiper“ efektem (Law, et al., 1993).

Obecně je k modelaci chování páteře a testování v in-vitro laboratorních podmínkách možné použít čertvě zmrazený nebo formalinem fixovaný humánní kadaverozní preparát, dále je možné použít preparát animální, nejčastěji telecí nebo prasečí. Wilke (Wilke, et al., 1998) definuje základní kritéria výběru, přípravy a následného použití čertvě zmrazených lidských preparátů páteře a

zároveň nedoporučuje užití preparátů fixovaných ve formalinu pro in-vitro laboratorní testování. Výběr čtvrtě zmrazeného zvířecího preparátu se může zdát příznivější vzhledem ke kvalitě a souměřitelnosti získaných preparátů (Xu, et al., 2006), stále však zůstává problém se změnou kvality preparátu při delším testování v rámci cyklického zatěžování. Testování kadaverozních vzorků podle metodiky „Testing criteria for spinal implants: recommendations for standartization of in vitro stability testing of spinal implants (Wilke, et al., 1998) má samo o sobě nezastupitelnou roli v popisu mechaniky segmentu, ve výsledku však kombinace použití normalizovaných testů s kadaverozními vzorky segmentů není ideální zejména z důvodu nekonzistence kadaverozních vzorků a nekonzistence geometrie sestavy stabilizace (prakticky nelze udržet délky a úhly jednotlivých soustav). Použití "vertebrectomy" testovacího modelu podle protokolu ASTM F1717 je vzhledem k trvanlivosti, zároveň souměřitelnosti jednotlivých vzorků nejvýhodnější pro testování zatěžování páteřního segmentu v cyklickém zatížení. Dynamické testování se provádí pro nejhorší možný případ, kdy je přenos zatížení realizován přes sestavu implantátu bez jakékoliv podpory předního sloupce. Výsledky studie z klinického hlediska diskutují vztah mezi snahou o konstrukci maximálně rigidní fixace a její výslednou optimální stabilitou a ovlivnění biologického obnovení pevnosti páteře (Valdevit, et al., 2005). Při cyklickém zatěžování, na rozdíl od kvazistatických a pull-out studií (Huang, et al., 2003) (Kilinçer, et al., 2007) (Vishnubhotla, et al., 2011) (Zdeblick, et al., 1993) musíme posoudit místa minimální rezistence, které s počtem cyklů fungují, jako místa inicializace selhání. V klinické praxi je tedy výsledná instrumentace konstruována s ohledem na typ, lokalizaci patologické instability a kvalitu kosti (BMD) (Včelák, et al., 2009), (Soshi, et al., 1991).

Klinická část

Chirurgické léčení bederní spondylodiscitidy: retrospektivní studie dvou operačních metod.

Operační terapie je vzhledem ke komorbiditám zatížena velkým množstvím komplikací a je vymezena pro případy nejasné diagnózy, progresu infektu bez reakce na konzervativní terapii, neurologického deficitu a poruchy integrity páteřního sloupce se vznikem nestability a výsledné deformity (Akbar, et al., 2011).

Cílem operační terapie by mělo být zhojení infektu a obnovení stability a rovnováhy páteřního sloupce (Di Martino, et al., 2012) (Karadimas, et al., 2008). V případě lokalizovaného onemocnění s minimální destrukcí předního sloupce bederní páteře je možné neutralizovat postižený segment dorsální transpedikulární fixací a posterolaterální fúzí (Brodke, et al., 2001). Dorzální výkony bederní páteře v indikaci přední spondylodiscitidy je možné rozšířit o ošetření předního sloupce páteře. Hempelmann (Hempelmann, et al., 2010) preferuje dorzální přístup u vážně nemocných starších pacientů. Obecně je preferován centrální přístup metodou PLIF nebo TLIF. Zaveri (Zaveri a Mehta, 2009) prezentuje skupinu 55 pacientů pro TBC spondylodiscitidu, z toho 15 pacientů operovaných metodou TLIF. U žádného pacienta nezaznamenal komplikace, recidivu zánětu a nutnost revizní operace. Lee (Lee, et al., 2007) používá v této indikaci metodu PLIF, jako prevenci ztráty korekce sagitální rovnováhy. Madert (Madert, et al., 2013) užívá metodu TLIF u pacientů s thorakolumbální nespecifickou spondylodiscitidou, úspěšné fúze dosáhl ve skupině 114 pacientů u 90%, z 39 pacientů s předoperačním neurologickým deficitem dosáhl regrese u 26 pacientů. Za nevýhodu centrálního přístupu můžeme považovat riziko poranění neurogenických struktur, tvorbu peridurální jizvy a rizika revizních operací při relapsu infektu nebo biomechanického selhání. Další

limitací je vždy rozsah postižení předního sloupce. V případě třetinové a větší destrukce těla obratle, patologické zlomeniny nebo nutnosti velké korekce deformity se zvyšuje riziko selhání transpedikulární fixace s progresí nestability, a proto je preferován přední přístup ve druhé době. Používaná metoda umožňuje ošetřit většinu zánětů bederní páteře při zachování akceptovatelné náročnosti a bezpečnosti pro pacienta. Vzhledem k lokalizaci infekčního ložiska je v současnosti preferována radikální přední resekce zánětlivého ložiska s přední dekompresí neurogenních struktur a následné obnovení stability a tvaru páteře. K rekonstrukci je nejčastěji doporučován strukturální autoštěp s dobrými osteoinduktivními/konduktivními vlastnostmi a poměrně nízkým rizikem relapsu zánětu. Dimar (Dimar, et al., 2004) prezentuje skupinu 42 pacientů léčených dvoudobým výkonem. Nezaznamenal recidivu infektu. Jako výhodu uvádí nejlepší vitalitu štěpu v terénu infektu, jeho osteoinduktivní/konduktivní vlastnosti, nevýhodou je omezení velikosti štěpu, bolesti v odběrové oblasti, retence a možný kolaps štěpu. Tyto závěry uvádějí další autoři (Hopf, et al., 1998), (Mann, et al., 2004). Rajasekaran a Soundarapandian (Rajasekaran a Soundarapandian, 1989) upozorňují na riziko selhání strukturálního autograftu s možností jeho zlomení, zaboření nebo absorpce. Klockner a Valencia (Klockner a Valencia, 2003) považují za dostačující ošetření jednoho segmentu s nevelkou destrukcí koncových plotének pouze excochelací a autologním štěpem. Oxland (Oxland, et al., 2003) ve své biomechanické studii upozorňuje na riziko proboření implantátu při destrukci koncové ploténky. Pee (Pee, et al., 2008) srovnává skupiny pacientů ošetřených přední debridement a rekonstrukcí strukturálním autologním štěpem s nebo bez dorzální instrumentace. Fúze v první skupině pacientů dosahuje u 91,7% pacientů, ve skupině pacientů doplněných dorzální instrumentací fúze dosahuje ve 100%. Zároveň upozorňuje na riziko kolapsu štěpu teleskopickým zatížením v oblasti bederní páteře. Použití titanových implantátů (Harms, titanium body replacement system), zejména při nutnosti rekonstrukce velkých předních defektů představuje další možnost ošetření přední spondylodiscitidy. Současné systémy umožní velmi dobrou korekci kyfozy a obnovení stability předního sloupce páteře. Korovessis (Korovessis, et al., 2006) prezentuje skupinu 14 pacientů operovaných pro pyogenní spondylodiscitidu, primárně přední resekci s náhradou Harmsovým košíkem a zadní instrumentací ve druhé době bez recidivy hlubokého infektu. Zlepšení neurologického nálezu udává průměrně o 1,5 st. Frankelovi stupnice, korekci kyfozy 4st., jeden pacient měl recidivu hlubokého infektu s nutností revizní operace. Tento výkon doporučuje i v aktivní fázi infektu. Faundez (Faundez, 2006) studii tří pacientů podmiňuje použití titanu při předních výkonech možností radikálního odstranění celého zánětlivého ložiska. Lim (Lim, et al., 2008) nepovažuje užití titanového implantátu, jako kontraindikaci v terénu infektu, za výhodu považuje obnovení sagitální rovnováhy páteře. Některými autory je uváděna nižší adheze bakterií na povrch titanových implantátů v porovnání s ostatními kovy (Di Martino, et al., 2012), (Sheehan, et al., 2004). Sobottke (Sobottke, et al., 2008) provedl komparativní studii adheze a persistence mikrobiální flory na povrchu titanových a slitinových, ocelových implantátů, kde ukazuje výrazně lepší vlastnosti titanu. Podobné výsledky uvádí Sheehan (Sheehan, et al., 2004) používající mikrobiální kulturu *Staphylococcus epidermidis*.

Závěr

Hypotéza Ia. Tuhost kadaverozního preparátu při kvazistatickém zatížení je ovlivněna rozsahem transpedikulární instrumentace.

Nepotvrzena. Z vyhodnocení biomechanických parametrů rozsahu pohybu soustavy kadaverozního preparátu ošetřeného transpedikulární fixací v sestavě 1+1 a 2+2 není patrné, kromě hodnocení dukce, výrazný rozdíl mezi použitým typem instrumentace. V tuhostních charakteristikách vzorku se v celém rozsahu zatížení nevyskytují žádné skokové změny tuhosti, které by ukazovaly na možné selhání konstrukce. Druhým závěrem měření je nezanedbatelná asymetrie výsledných hodnot na pravé a levé tyči transpedikulární fixace. Nárůst hodnot je po resekci očekávaný, vzhledem k tomu, že fixace je hlavním stabilizačním prvkem segmentu. Asymetrie naměřených hodnot je výraznější stranově a je způsobena jednak počáteční deformací instrumentace a jednak geometrií konstrukce.

Hypotéza Ib. Jaké jsou testovací možnosti a reprodukovatelnost výsledků měření kadaverozního spinálního modelu v laboratorních podmínkách ?

Kadaverozní humánní preparáty jsou dle výsledků velmi problematické pro použití v testování cyklického zatěžování vzhledem k individuální velikosti, variabilitě, patologických změnách, problémům při preparaci se zachováním individuální studii definovaných anatomických struktur a zejména je problémem zachování kvality preparátu při prolongovaném testování a následně možné laboratorní odchylka a možná nesouměřitelnost.

Hypotéza II. Iniciální zvýšení konvergence transpedikulárních šroubů fixace zvyšuje stabilitu a trvanlivost konstrukce spinálního modelu při pohybu (flexe/extenze) v průběhu cyklického zatížení.

Nepotvrzena. Výsledky prokázaly časnější uvolnění fixace u konstrukce s maximální konvergencí (40 stupňů), tj. při nejmenším počtu cyklů zatížení. Selhání soustavy se manifestovalo na úrovni implantát-kost, tzv. „windshield wiper“ efektem. Při daném zatížení stabilizovaného segmentu jsou pedikulární šrouby namáhány hlavně ohybem. Kritickým místem zatíženým dominantně kompresním napětím je oblast na vstupu pedikulárního šroubu do těla obratle. Obecně lze konstatovat, že soustava, která byla maximálně rigidní v čase montáže, selhala při cyklickém zatěžování nejdříve.

Hypotéza IIIa. Izolovaný dorzální přístup v léčbě bederní přední spondylodiscitidy zvyšuje riziko ztráty sagitální rovnováhy bez zvýšeného rizika vážných komplikací a nezhoršuje výsledné klinické výsledky.

Potvrzena. V souboru pacientů léčených izolovaným dorzálním přístupem bylo prokázáno statisticky významné zhoršení úhlu sagitální rovnováhy, které ve svém důsledku nezhoršuje výsledné klinické hodnocení. Hodnocení je však limitováno primární selekcí pacientů pro izolovaný dorzální přístup. V případě rozsáhlé osteolýzy, destrukce a přítomnosti patologické zlomeniny pacienty ve druhé

době indikujeme k přední retroperitoneální resekci infekčního ložiska a rekonstrukci páteřního sloupce nejčastěji titanovou expanzní náhradou obratlového těla.

Hypotéza IIIb. Použití titanového spinálního implantátu v rekonstrukce defektu předního sloupce zvyšuje riziko recidivy hlubokého infektu.

Nepotvrzena. V našem souboru pacientů léčených přední retroperitoneální resekci zánětlivého ložiska a rekonstrukcí předního sloupce byla vždy použita titanová náhrada. U velkých předních defektů byla dosažena primárně velmi dobrá stabilita a obnovena sagitální rovnováha páteře. Relaps nebo pokračování infektu jsme v pooperačním období nezaznamenali. Podmínkou použití kovového implantátu však podmiňujeme možností radikálního odstranění celého ložiska a dosažení plné stability implantátu v páteři. Důležité je tedy operovat v přeléčeném terénu, kdy již není přítomno aktivní abscesové ložisko v akutní fázi infektu.

Citovaná literatura

- Akbar, M, Lehner, B, Doustdar, S, Furstenberg, Ch, Hemmer, S a Bruckner, T.** Pyogenic spondylodiscitis of the thoracic and lumbar spine: a new classification and guide for surgical decision-making. *Orthopade*. 2011, 40, stránky 614-623.
- ASTM.** F1717, ASTM Standard Test Methods for Spinal Implant Constructs in a Vertebrectomy Model. ASTM International. West Conshohocken, PA : autor neznámý, 2009. 10.1520/F1717-09.
- Brodke, DS, Bachus, KN, Mohr, RA a Nguyen, BN.** Segmental pedicle screw fixation or cross-links in multilevel lumbar constructs: a biomechanical analysis. *Spine J*. 2001, 1(5), stránky 373-379.
- Di Martino, A, Papapietro, N, Lanotte, A, Russo, F, Vadala, G a Denaro, V.** Spondylodiscitis: standard of current treatment. *Current Medical Research and opinion*. 2012, Sv. 28, stránky 1-11.
- Dimar, JR, Carreon, LY, Glassman, SD, Campbell, MJ, Hartman, MJ a Johnson, JR.** Treatment of pyogenic vertebral osteomyelitis with anterior debridement and fusion followed by delayed posterior spinal fusion. *Spine*. 2004, 29, stránky 326-332.
- Eskander, M, Brooks, D, Ordway, N, Dale, E a Connolly, P.** Analysis of Pedicle and Translaminar Facet Fixation in a Multisegment Interbody Fusion Model. *Spine*. 2007, 32, stránky 230-235.
- Faundez, A.** Spondylodiscite infectieuse: approche chirurgicale. *Rev. Med. Suisse*. 2006, 2, stránky 709-714.
- Hempelmann, RG, Mater, E a Schon, R.** Septic hematogenous lumbar spondylodiscitis in elderly patients with multiple risk factors: efficacy of posterior stabilisation and interbody fusion with iliac crest bone graft. *Eur Spine J*. 2010, 19, stránky 1720-1721.
- Hopf, C, Meurer, A, Eysel, P a Rompe, JD.** Operative treatment of spondylodiscitis – What is the most effective approach? *Neurosurgical Review*. 1998, 21(4), stránky 217-225.
- Huang, T, Hsu, RW, Tai, C a Chen, W.** A biomechanical analysis of triangulation of anterior vertebral double-screw fixation. *Clin Biomech*. 2003, 18, stránky 40-45.
- Chen, SI, Lin, RM a Chang, CH.** Biomechanical investigation of pedicle screw–vertebrae complex: a finite element approach using bonded and contact interface conditions. *Med Eng Phys*. 2003, 25, stránky 275-282.
- Karadimas, EJ, Bungler, C, Lindblad, BE, Hansen, ES, Hoy, K, Helmig, P, Kannerup, AS a Niedermann, B.** Spondylodiscitis. A retrospective study of 163 patients. *Acta Orthop*. 2008, 79, stránky 650-659.
- Kilincer, C, Inceoglu, S, Sohn, MJ, Ferrara, LA a Benzel, EC.** Effects of angle and laminectomy on triangulated pedicle screws. *J Clin Neurosci*. 2007, 14, stránky 1186-1191.
- Klockner, C a Valencia, R.** Sagittal alignment after anterior debridement and fusion with or without additional posterior instrumentation in the treatment of pyogenic and tuberculous spondylodiscitis. *Spine*. 2003, 28, stránky 1036-1042.
- Korovessis, P, Petsinis, G, Koureas, G a Iliopoulos, P, Zacharatos, S.** Anterior Surgery with insertion of Titanium Mesh Cage and Posterior Instrumented Fusion performed sequentially on the same day under one anesthesia for Septic Spondylitis of thorakolumbar spine. *Spine*. 2006, 9, stránky 1014-1019.
- Law, M, Tencer, AF a Anderson, PA.** Caudo-cephalad loading of pedicle screws: mechanisms of loosening and methods of augmentation. *Spine*. 1993, 18, stránky 2438-2443. .
- Lee, JS, Moon, KP a Kim, SJ.** Posterior lumbar interbody fusion and posterior instrumentation in the surgical management of lumbar tuberculous spondylitis. *J Bone Joint Surg Br*. 2007, 89, stránky 210-214.
- Lim, JK, Kim, SM, Jo, DJ a Lee, TO.** Anterior Interbody Grafting and instrumentation for advanced spondylodiscitis. *J Korean Neurosurg Soc*. 2008, 43, stránky 5-10.
- Madert, J, Liem, MI Frosch, KH a Niemeyer, T.** Dorsolateral access and interbody spinal fusion in spondylodiscitis of the thorakolumbar spine (TLIF technique). *Oper Orthop Traumatol*. 2013, 25, stránky 262-272.

- Mann, S, Schutze, M, Sola, S a Peik, J.** Nonspecific pyogenic spondylodiscitis: clinical manifestations, surgical treatment, and outcome in 24 patients. *Neurosurg. Focus.* 2004, 17(1), str. 3.
- Oxland, TR, Grant, JP a Dvorak, MF.** Effects of endplate removal on the structural properties of the košer lumbar vertebral bodies. *Spine.* 2003, 28, stránky 771-777.
- Pee, YH, Park, JD, Choi, Y a Lee, S.** Anterior debridement and vision followed by posterior pedicle screw fixation in pyogenic spondylodiscitis: autologous iliac bone strut versus cage. *J Neurosurg Spine.* 2008, 8, stránky 405-412.
- Rajasekaran, S a Soundarapandian, S.** Progression of kyphosis in tuberculosis of the spine treated by anterior arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1989, 71, stránky 1314-1323.
- Sheehan, E, Mckenna, J a Mulhall, KJ.** Adhesion of Staphylococcus to orthopaedic metals, an in vivo study. *J Orthop. Res.* 2004, 22, stránky 39-43.
- Schlenk, RP, Stewart, T a Benzel, EC.** The Biomechanics of Iatrogenic Spinal Destabilisation and Implant Failure. *Neurosurgical Focus.* 2003, 15(3), str. 2.
- Sobottke, R, Fatkenheuer, H, Schmidt, M a Eysel, P.** Current Diagnosis and treatment of spondylodiscitis. *Dtsch arztebl Int.* 2008, 105, stránky 181-187.
- Soshi, S, Shiba, R, Kondo, H a Murota, K.** An experimental study on transpedicular screw fixation in relation to osteoporosis of the lumbar spine. *Spine.* 1991, 16, stránky 1335-1341.
- Sterba, W, Kim, D, Fyhrie, DP, Yeni, YN a Vaidya, R.** Biomechanical analysis of differing pedicle screw insertion angles. *Clin Biomech.* 2007, 22, stránky 385-391. .
- Sun, E, Alkalay, R, Vadr, D a Snyder, BD.** Preventing Distal Pullout of Posterior Spine Instrumentation in Thoracic Hyperkyphosis, A Biomechanical Analysis. *J Spinal Disord Tech.* 2009, 22, stránky 270-277.
- Valdevit, A, Kambic, H a Mclain, RF.** Torsional stability of cross-link configurations: a biomechanical analysis. *The Spine Journal.* 2005, 5, stránky 441-445.
- Včelák, J, P, Tichým, Tóth, L a Chomiak, J.** Biomechanical in-vitro analysis of the spinal column loading with transpediculat fixation. *Ortopedie.* 2011, 5, stránky 110-115.
- Včelák, J, Tóth, L, Šlégl, M, Šuman, R a Majerniček, M.** Vertebroplastika a kyfoplastika – metoda léčby osteoporotických zlomenin páteře (Vertebroplasty and Kyphoplasty – Treatment of Osteoporotic Vertebral Fractures. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.* 2009, Sv. 76, 1, stránky 54-59.
- Vishnubhotla, S, McGarry, WB, Mahar, AT a Gelb, DE.** A titanium expandable pedicle screw improves initial pullout strength as compared with standard pedicle screws. *Spine.* 2011, 11, stránky 777-781.
- Wilke, HJ, Winger, K a Claes, L.** Testing criteria for spinal implants: recommendations for the standardization of in vitro stability testing of spinal implants. *Eur Spine J.* 1998, 7, stránky 148-154.
- Xu, H, Wang, X, Chi, Y, Zhu, Q, Lin, Y, Huang, Q a Dai, L.** Biomechanical evaluation of a dynamic pedicle screw fixation device. *Clin Biomech.* 2006, 21, stránky 330-336.
- Zaveri, GR a Mehta, SS.** Surgical Treatment of Lumbar Tuberculous Spondylodiscitis by Transforaminal Lumbar Interbody Vision (TLIF) and Posterior Instrumentation. *J Spinal Disord Tech.* 2009, 22, stránky 257-262.
- Zdeblick, TA, Kunz, DN, Cooke, ME a McCabe, R.** Pedicle screw pullout strength. Correlation with insertional torque. *Spine.* 1993, 18, stránky 1673-1676.

Seznam publikací doktoranda

Publikace, které jsou podkladem disertace

Publikace s impact faktorem

Včelák, J, Chomiak, J a Tóth, L. Surgical treatment of lumbar spondylodiscitis: a comparison of two methods. *Int Orthop.* July 2014, 38(7), stránky 1425-34. (IF 2.019)

Včelák, J, Tóth, L, Šlégl, M, Šuman, R a Majerníček, M. Vertebroplastika a kyfoplastika – metoda léčby osteoporotických zlomenin páteře (Vertebroplasty and Kyphoplasty – Treatment of Osteoporotic Vertebral Fractures. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.* 2009, Sv. 76, 1, stránky 54-59. (IF 1.628)

Včelák, J, P, Tichý, Bouda, T a Chomiak, J. Pedicle screw convergence impact on the stability of transpedicular fixation in cyclic loading: biomechanical study. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology.* 2014. (V recenzním řízení, IF 0.76)

Ostatní publikace

Články

Včelák, J, Tichý, P, Tóth, L a Chomiak, J. In-vitro studie biomechanického zatížení páteře stabilizovaného transpedikulární fixací. *Ortopedie.* 2011, Sv. 5, 3, stránky 110-115.

Tóth, L, Včelák, J, Dungal, P, Šlégl, M a Šuman, R. Vertebroplastika a kyfoplastika páteře. (Vertebroplasty and kyphoplasty of the backbone). *Ortopedie.* 2009, 3, stránky 299-305.

Včelák, J a Tóth, L. Operační léčba spondylodiscitidy (Surgical treatment of spondylodiscitis). *Acta Chir. orthop. Traum. čech.* 2008, Sv. 75, 2, stránky 110-116.

Kapitoly v knize

Tóth, L a Včelák, J. 2005. Zánětlivá onemocnění páteře. [autor knihy] Pavel Dunkl. *Ortopedie.* 2. Praha : Grada, 2014, 14.4, stránky 466-473.

Tóth, L a Včelák, J. Zánětlivá onemocnění páteře. [autor knihy] Pavel Dunkl. *Ortopedie.* Praha : Grada, 2005, 15.4, stránky 635-644.

Příspěvky

Tóth, L, Včelák, J, Šlégl, M a Šuman, R. Místo vertebroplastiky a kyfoplastiky v léčbě osteoporotické zlomeniny TL páteře. *XIII. Národní kongres ČSOT.* 2009, str. 66. 20.-22.5.2009.

Tóth, L a Včelák, J. Osteoporotické a patologické fraktury páteře. *X. národní kongres ČSOT.* 2006, str. 125. 17.-20.5.2006.

Tóth, L a Včelák, J. Operační léčba spondylodiscitidy. *X. národní kongres ČSOT.* 2006, str. 100. 17.-20.5.2006.

Publikace bez vztahu k tématu disertace

Publikace s impact faktorem

Chomiak, J, Dungl, P a Včelák, J. Reconstruction of elbow flexion in arthrogryposis multiplex congenita type I. The results of the transfer of the pectoralis major muscle with a follow-up at skeletal maturity. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 2014. Přijato do tisku. (IF 1.426)

Kubeš, R, Landor, I, Podškubka, A, Majerníček, M a Včelák, J. Totální endoprotéza kyčelního kloubu z MIS-AL přístupu – porovnání se standardním anterolaterálním přístupem. *Acta Chir. Orthop. Traum. čech.* 2009, Sv. 76, 4, stránky 288-294. (IF 1.628)

Ostatní publikace

Články

Včelák, J, Šuman, R, Šlégl, M, Tóth, L a Chomiak, J. Peroperační vyšetření a monitorace periprotetického infektu TEP kyčle a kolena – retrospektivní studie (Perioperative analysis and monitoring of periprosthetic infection of THR and TKR – retrospective study). *Ortopedie.* 2012, Sv. 6, 3, stránky 109-113.

Majerníček, M a Včelák, J. První zkušenosti s expanzními hřeby. *Úraz. Chir.* 2004, Sv. XII, 3, stránky 6-8.

Kapitoly v knize

Včelák, J a Závitkovský, P. Osteomyelitidy. [autor knihy] Pavel Dunkl. *Ortopedie.* 2. Praha : Grada, 2014, 7.6, stránky 166-183.

Včelák, J. 2014. Spondylolistéza. [autor knihy] R Hart. *Degenerativní onemocnění páteře.* Česká republika : Galén, 2014, 5.5, stránky 90-98.

Příspěvky

Šlégl, M, Šuman, R a Včelák, J. VAC v léčbě rozsáhlých defektů. *XII. Národní kongres ČSOT.* 2008, str. 118. 15.-17.5.2008.

Včelák, J, Tóth, L, Šuman, R a Šlégl, M. Degenerativní skolióza. *XIII. Národní kongres ČSOT.* 2009, str. 65. 20.-22.5.2009.