

# Radiologické středně-dlouhé výsledky u Th12 a L1 zlomenin, kde přední sloupec byl rekonstruován alogenním diafyzárním tibiálním štěpem

## Mid-term Radiographic Results in Th12 and L1 Fractures after Anterior Column Reconstruction with Tibial Shaft Bone Allograft

P. WENDSCHE<sup>1</sup>, J. KOČIŠ<sup>1</sup>, J. CHMELOVÁ<sup>2</sup>, M. KELBL<sup>1</sup>, V. STURSA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Úrazová nemocnice v Brně

<sup>2</sup> Oddělení radiologie a zobrazovací metody Městské nemocnice Ostrava

### ABSTRACT

#### PURPOSE OF THE STUDY

Frozen tibial shaft bone allografts filled with autologous cancellous bone chips were used for anterior column reconstruction in Th12 and L1 fractures. The aim of this retrospective study was to evaluate the five-year results of the treatment on the basis of radiographic findings.

#### MATERIAL AND METHODS

Twenty-six patients treated in 2005 and 2006 for isolated Th12 or L1 fractures, with no neurological deficit, were evaluated. In all patients, the spine was stabilised from an isolated anterior approach or through a combined posterior and anterior approach, and angle-stable implants were used. On radiographic examination the loss of correction and lateral compression of the segment involved were measured on standard X-ray views. Data on bone union at graft-bone interfaces were obtained from spiral CT scans. For assessment of the stage of bone healing, a scale of 0–25–50–75–100 % was established, and each patient was evaluated by two independent radiologists. Based on the average results, bone union was defined as non-union, 0–24 %; incomplete union, 25–74 %; complete union, 75–100 %.

#### RESULTS

The average loss of correction measured by Beck's method was 0.77 degree. In four patients, the lateral compression angle deteriorated on the average by 1.1 degree (range, 0.7°–1.8°) during the treatment. The proximal graft-bone interface showed complete union in 19 patients (73 %), and the distal interface was completely healed in 20 patients (77 %). Incomplete bone union at the proximal and the distal interface was found in seven (27 %) and six (23 %) patients, respectively. Non-union was not recorded. No complications occurred.

#### CONCLUSIONS

The use of tibial shaft bone allografts filled with autologous cancellous bone chips resulted in stable reconstruction of the anterior column of the thoracolumbar spine which showed a low loss of correction and good bone union.

**Key words:** transpedicular spinal stabilisation, video-assisted thoracoscopic approach, loss of correction, spinal fusion surgery, combined approach for thoracolumbar fractures.

### ÚVOD

Nestabilní thorakolumbální zlomeniny s významnou kompresí obratlového těla bývají léčeny většinou operačně. Cílem chirurgické intervence je docílení biomechanicky stabilní rekonstrukce předního sloupce. K tomuto výsledku vedou různé metody: izolovaný přední (anterolaterální) přístup, izolovaný posterior přístup s různými technikami rekonstrukce předního sloupce, nebo kombinovaný přístup (1, 2, 4, 5, 9, 10, 12–15,

18, 20, 21, 23, 25, 27, 29, 35, 38–41, 43, 44, 45). Jedno z kritérií stabilního segmentálního hojení je kostní spojení (fúze) mezi zraněným a sousedním obratlem (sousedními obratli). Tato retrospektivní studie vyšetřuje efektivitu použití alogenních kostních štěpů diafýzy tibie k zabránění ztráty korekce rekonstruovaného předního sloupce a evaluuje rozsah fúze mezi štěpem a těly obratlů.

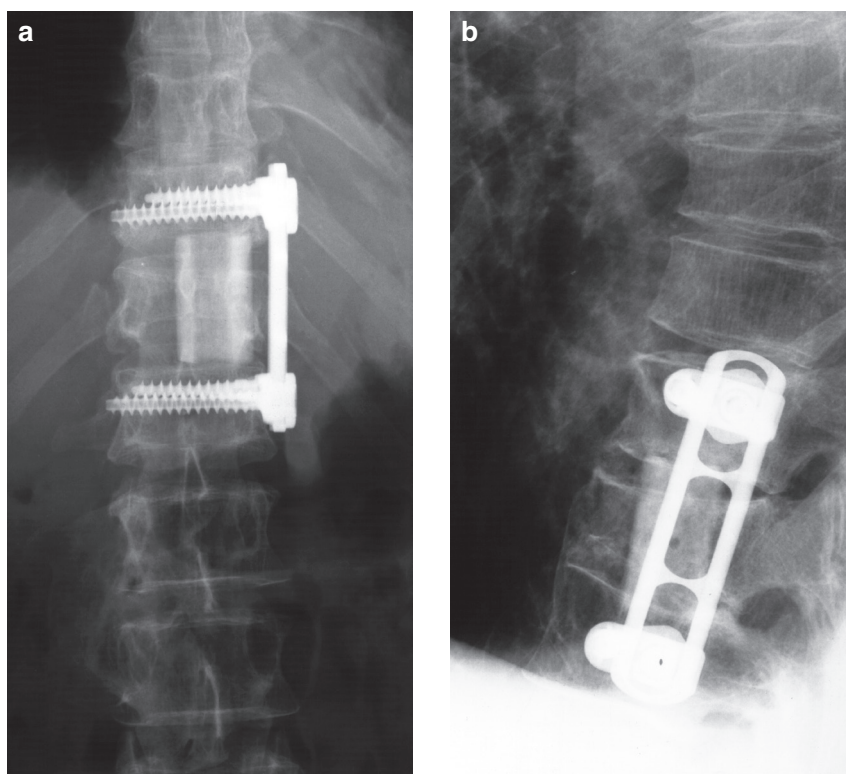
## MATERIÁL A METODIKA

V letech 2005 ( $n = 16$ ) a 2006 ( $n = 10$ ) jsme použili u 26 pacientů se zlomeninou Th12 nebo L1 alogenní kostní štěpy z diafýzy tibie pro rekonstrukci předního sloupce poraněné páteře. 15 pacientů byli muži, 11 ženy. Průměrný věk v době operace byl 48,4 let (rozpětí 22 do 70 let). Kritéria pro zařazení do studie byla: (a) izolovaná zlomenina Th12 nebo L1 bez neurologického deficitu a (b) typ A nebo typ B zlomeniny dle Magerleho klasifikace (30) s významnou kompresí těla obratle.

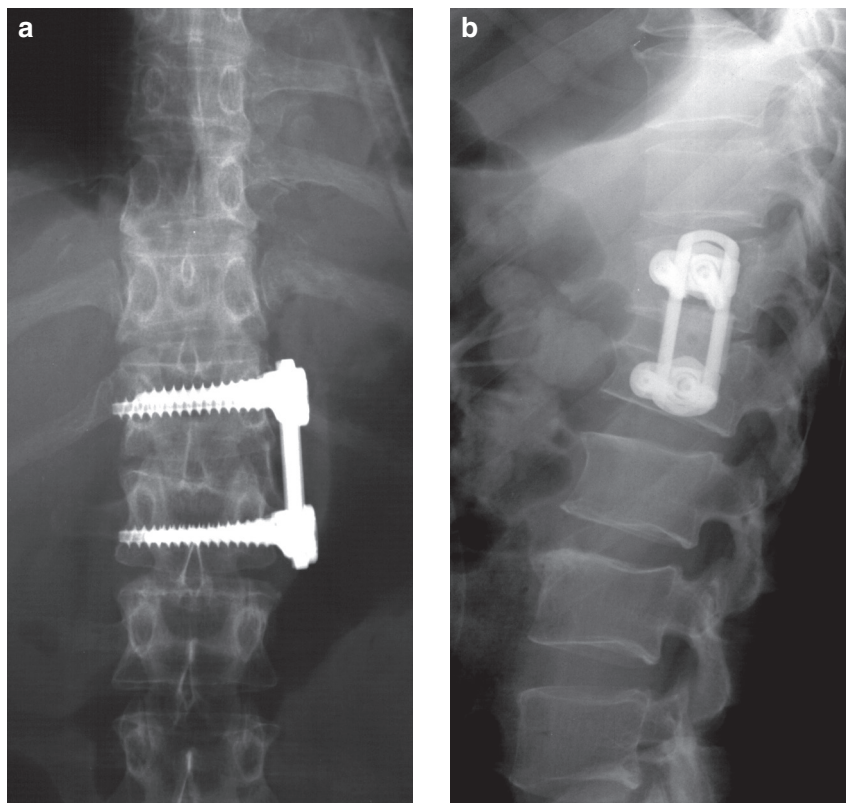
### Chirurgický protokol

Zlomeniny typu B byly vždy stabilizovány kombinovaným přístupem ( $n = 8$ ), typu A obvykle izolovaným předním přístupem ( $n = 17$ ). V jednom případě byl použit kombinovaný přístup. Příklad byl předoperačně omylem klasifikován jako zlomenina typu B. U kombinovaných přístupů byla vždy první zadní transpedikulární stabilizace. Použity byly různé úhlově stabilní šroub-tyč-šroub systémy pro přední přístup. Aplikace kostních štěpů pro dorzolaterální fúzi použita nebyla. Interval mezi zadním a předním výkonem činil 4–6 dní. Pro přední proceduru byla vytvořena 7–10 cm thorakotomie nad poraněným úsekem bez dalších pomocných portů (44). Po preparaci poraněného úseku v hrudní dutině byly šrouby aplikovány do obou sousedních obratlů – v případě dvousegmentální rekonstrukce (obr. 1) – nebo do horního nezraněného obratle a do distální nepostížené části obratle zlomeného – v případě monosegmentální rekonstrukce (obr. 2). Tříštivá část poraněného obratle byla vyjmuta stejně jako chrupavčitá část sousedního obratle (obratlů). Úsek byl distrahován a alogenní štěp na míru aplikován. Vnitřní část diafyzárního štěpu byla vyplněna autologními kostními štěpy z odstraněné části poraněného obratlového těla. Jiným způsobem autologní štěpy aplikovány nebyly.

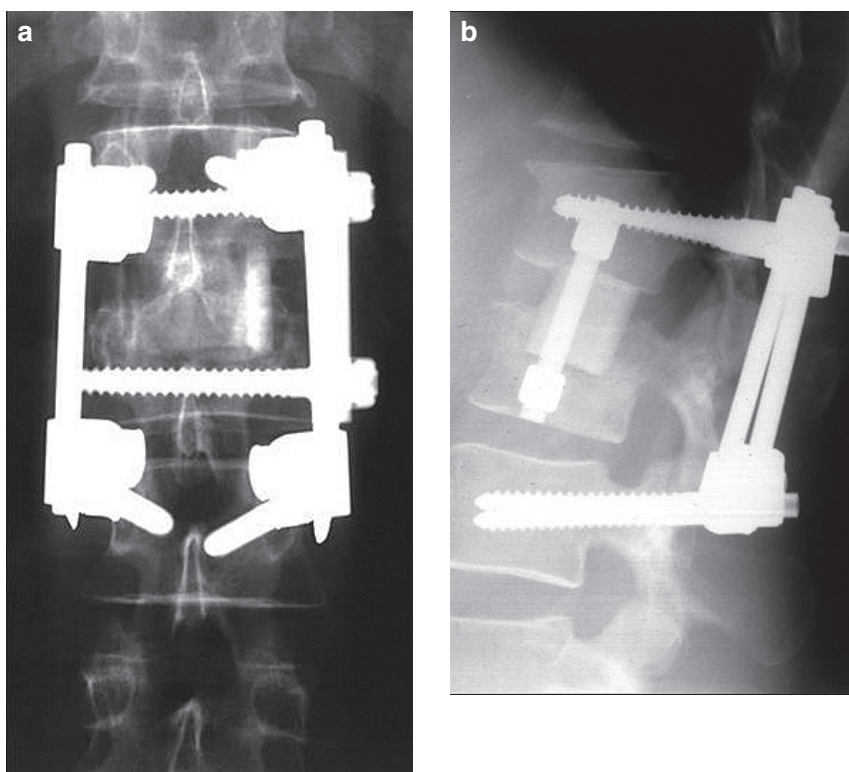
Štěp by zajištěn kompletizací stabilizačního systému. Bylo-li předem stabilizováno zezadu, použili jsme



Obr. 1. Pooperační rtg snímky ukazují **bisegmentální** rekonstrukci předního sloupce pomocí izolovaného předního přístupu alogenním kostním štěpem a kovovým implantátem, a – a.p. projekce, b – laterální projekce.



Obr. 2. Pooperační rtg snímky ukazují **monosegmentální** rekonstrukci předního sloupce pomocí izolovaného předního přístupu použitím distální části poraněného obratle pro aplikaci šroubů, a – a.p. projekce, b – laterální projekce.



Obr. 3. Pooperační rtg snímky ukazují obě procedury: zadním transpedikulárním přístupem překlenujeme dva pohybové segmenty, předním transtorakálním pak jen jeden segment,

a – a.p. projekce, b – laterální projekce.

při předním přístupu z úsporných důvodů již jen jednoduchý šroub-tyč-šroub systém (obr. 3), (součást systému Expedium<sup>R.1</sup>). Jednalo-li se naopak o izolovaný přední přístup, stabilizovali jsme vždy úhlově stabilním implantátem (Modul Anterior Compression System<sup>R2</sup>) (obr. 1, 2). Páteří kanál revidujeme pro dekompresi míchy v případě neurologického poškození. Tito pacienti zařazení do této studie nejsou. Pokaždé distrahuje instrumentovaný úsek a spoléháme na „re-alignment“ kostního hojení.

### Studijní protokol

Pro vyhodnocení výsledků byly použité následující radiologické metody: (a) standardní rtg v boční projekci před operací (úrazové), bezprostředně po operaci a během vyšetření pro tuto studii na jaře roku 2011 (maximální follow-up). Na těchto snímcích byl

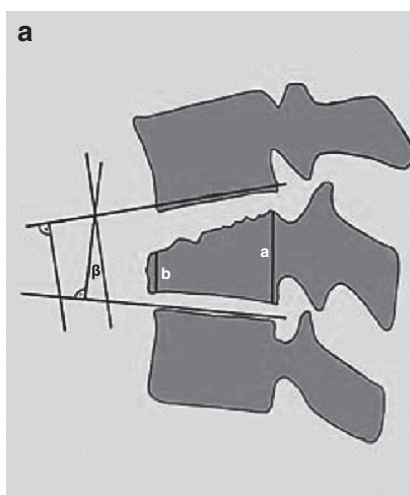
<sup>1</sup> DePuy (Johnson&Johnson, USA)

<sup>2</sup> B. Braun (Aesculap), Německo

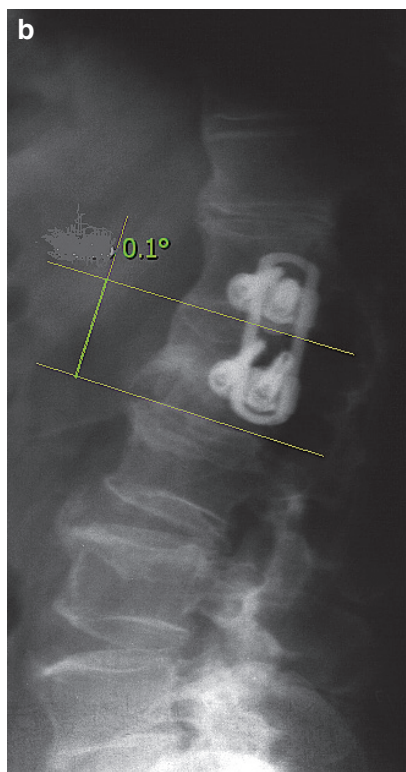
Tab 1. Radiologické výsledky

pacient	operace	zhlomenina	klasifikace	přístup	segmenty	Radiologické výsledky				laterální komprese			
						GDW- (Beck)			ztráta				follow-up
						úraz	poop	follow-up		úraz	poop	follow-up	
1	2005	L1	B1.2(A3.1)	komb	bisegm	-6,5	0,3	0,3	0	1	1,2	1	
2	2005	L1	A 3.2	přední	monosegm	-4,1	0,1	0,1	0	0,7	0,9	0,9	
3	2005	L1	A 3.2	přední	monosegm	chybí	chybí	0,1		chybí	chybí	0,8	
4	2005	L1	A 3.1	přední	monosegm	-10,6	-5	-8,4	3,4	0	0	1,8	
5	2005	L1	A 2.3	přední	bisegm	18	17,9	17,9	0	0,6	1,9	1,8	
6	2005	Th12	A 2.3	přední	bisegm	chybí	chybí	-4,3		chybí	chybí	0,4	
7	2005	L1	A 3.2	přední	monosegm	-4,4	0,1	0,2	0	1,7	5,5	0	
8	2005	Th12	A 2.2	přední	bisegm	-7	3,4	3,5	0	2,6	1,4	1,6	
9	2005	L1	A 2.2	přední	monosegm	-1,2	9	7,9	1,1	-1,5	1,7	1,7	
10	2005	L1	B1.2 (A1.2)	komb	bisegm	-4,1	2,2	2,3	0	chybí	2,3	2,4	
11	2005	L1	A 3.2	přední	monosegm	-2,7	0,1	1	0	2,3	2,3	2	
12	2005	L1	A 3.2	přední	monosegm	-5,2	-3	-3,4	0,4	0	0,8	0,8	
13	2005	L1	A 3.2	přední	monosegm	chybí	1,4	1,4	0	chybí	0,1	0	
14	2005	Th12	A 2.3	přední	bisegm	-13,9	0,3	0,3	0	1,5	1,6	1,4	
15	2005	Th12	A 2.3	komb	bisegm	-3,3	6,2	5,7	0,5	20,7	7,7	8,9	
16	2005	Th12	B1.2 (A2.3)	komb	bisegm	chybí	2,4	-0,2	2,6	chybí	2,1	2,9	
17	2006	Th12	A 3.2	přední	monosegm	chybí	5,6	5,3	0,3	chybí	0,5	0,4	
18	2006	L1	B1.2 (A3.1)	komb	bisegm	-4,7	4,2	4,1	0,1	2,1	0,6	0,5	
19	2006	L1	A 2.3	přední	bisegm	-4,4	-0,4	-6,5	6,1	0,1	0,1	0	
20	2006	L1	B1.2 (A3.1)	komb	monosegm	-4,1	-0,4	-0,4	0	0,2	0,4	0,5	
21	2006	L1	A 3.2	přední	bisegm	chybí	chybí	2		chybí	chybí	0	
22	2006	L1	B1.2 (A1.2)	komb	monosegm	-20,9	0,1	0,1	0	1,9	1,8	1,8	
23	2006	L1	A 3.2	přední	monosegm	-8,4	-1	-3,4	2,4	2,4	0,1	0,8	
24	2006	L1	A 3.2	přední	monosegm	chybí	chybí	-19,1		chybí	chybí	0	
25	2006	Th12	B1.2 (A1.2)	komb	bisegm	-21,5	0,1	0	0,1	15,2	0	0	
26	2006	L1	B1.2 (A2.3)	komb	bisegm	-13,8	3,2	3	0,2	1,8	1,7	1,4	
n = 26								n = 22	0,77				





Obr. 4. Měření Beckova úhlu (GDW) na laterální rtg projekci,  
a – schematické znázornění měření,  
b – laterální rtg snímek ukazuje digitální založení čáry k měření úhlů<sup>1</sup>.



<sup>1</sup> Pomocí software X-Vision

Tab. 2a. Radiologická evaluace hojení kostních štěpů pomocí spirálního CT

Radiologická evaluace (spirální CT) hojení štěpů						
Pacient	1. radiolog		2. radiolog		průměr	
	hojení %		hojení %		hojení %	
	prox	dist	prox	dist	prox	dist
1	75	75	100	50	87.5	62.5
2	100	100	75	100	87.5	100
3	75	100	50	50	62.5	75
4	75	75	100	100	87.5	87.5
5	100	100	100	75	100	87.5
6	100	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100	100
8	75	50	100	100	87.5	75
9	100	75	25	75	62.5	75
10	100	100	100	75	100	87.5
11	75	75	75	50	75	62.2
12	75	100	100	100	87.5	100
13	100	100	75	75	87.5	87.5
14	100	100	100	75	100	87.5
15	50	50	75	25	50	62.5
16	100	75	50	75	75	75
17	50	50	75	100	62.2	75
18	50	25	50	50	50	37.5
19	75	50	100	100	87.5	75
20	50	100	50	100	50	100
21	75	100	100	75	87.5	87.5
22	75	100	75	100	75	100
23	100	100	100	100	100	100
24	75	100	75	100	75	100
25	50	25	75	75	62.2	50
26	50	25	100	75	75	50

geometricky měřen<sup>3</sup> Beckův úhel – GDW<sup>4</sup> (3), (obr. 4), (b) standardní rtg v a.p. projekci pro měření laterální komprese, a (c) spirální CT přes oblasti štěpů pro evaluaci rozsahu kostního hojení (fúze) v kontaktních zónách („interface“). Proximální a distální kontaktní zóny byly virtuálně rozděleny na kvadranty, což dovolilo klasifikovat kostní hojení na 4 rozsahy (25 %, 50 %, 75 nebo 100 %). Tato evaluace byla provedena dvěma radiology z různých pracovišť a průměr obou hodnocení byl použit ke stanovení rozsahu kostního hojení (do 24 % – „nezhojeno“, 25–74 % – „částečně zhojeno“ a 75–100 % – „zhojeno“). Zadní implantát při kombinovaném přístupu odstraňujeme po kostním hojení štěpu (4.–12. měsíc). U všech pacientů uvedených v této studii byl zadní stabilizační materiál již dříve extrahován.

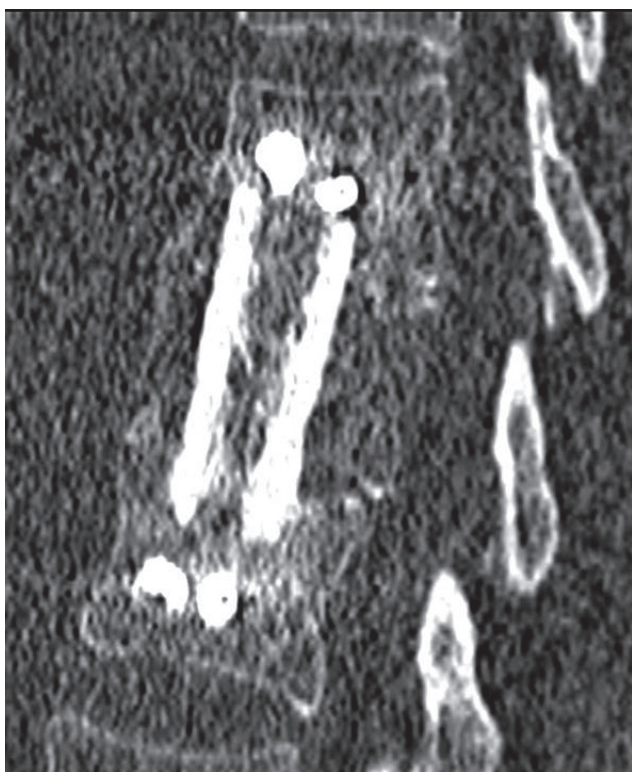
## VÝSLEDKY

Výsledky geometrického měření úhlů ztráty korekce, laterální komprese a spirálního CT pro stanovení rozsahu fúze jsou shrnuty v tabulkách 1, 2a a 2b. Je patrné, že průměrný úhel ztráty korekce v našem souboru měří 0,77° (n = 22). Ve 4 případech k měření nedošlo z důvodu ztráty pooperační rtg dokumentace. Vyřadíme-li nejhorší výsledek („worse case“, pac. č. 18) činí průměrná ztráta 0,55°. Vezme-li v potaz přirozenou nepřesnost náčrtu čar do elektronického obrazu (předpokládáme 0,3°), 17 případů (77,3 %) bylo bez ztráty korekce. Úhel laterální komprese se zhoršil ve 4 z 22 případů (18,2 %), přičemž v jednom případě měřil 5,5°. Průměr činil 1,1° (0,7°–5,5°).

CT vyšetření přes celou areu štěpů mohlo být provedeno u všech 26 pacientů (tab. 2a). Klasifikace „kompletně zhojeno“ byla stanovena u 19 pacientů (73 %), „částečně zhojeno“ u 7 pacientů (27 %), (tab. 2b, 3). U žádného pacienta nebylo nalezeno „nezhojeno“ (tab. 3). Pouze

<sup>3</sup> Použitím software X-Vision

<sup>4</sup> GDW (německý výraz: Grund-Deckplatten-Winkel, úhel mezi dolní krycí plochou horního sousedního obratle a dolní krycí plochou poraněného nebo distálního dolního obratle



Obr. 5. Sagitální řez spirálního CT skrz aloštep, který ukazuje kostní integraci jak v proximální, tak distální hraniční zóně (boarder zone).

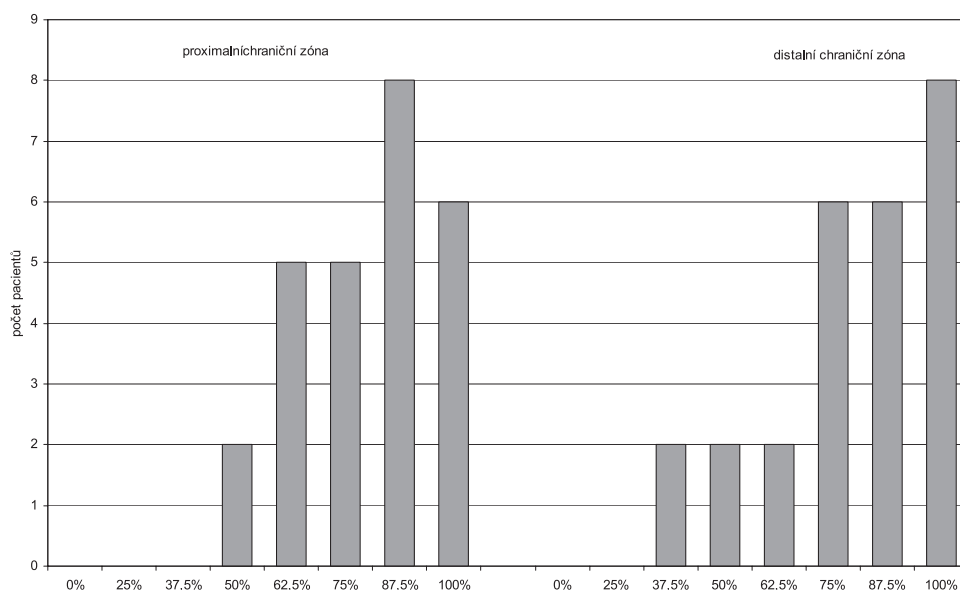
u 3 pacientů (11,5 %) byl štěp klasifikován proximálně i distálně jako „částečně“ zhojen.

Dislokace štěpu nebo jiné komplikace týkající se štěpů či implantátů nebyly v tomto souboru pacientů nalezeny.

## DISKUSE

Konzervativní terapie zlomenin thorakolumbálního přechodu s významnou kompresí obratlového těla je limitována (33, 46). V retrospektivní multicentrické studii evaluovali Reinhold et al. (33) u 43 pacientů se „stabilními“ konzervativně léčenými zlomeninami po průměrnou dobu sledování 16,3 roku ztrátu korekce (kyfotizaci)  $5,2^\circ$ . Několik let poté evaluovali ztrátu korekce u různých terapeutických skupin: konzervativně  $8,5^\circ$ , po kombinované dorzoventrální stabilizaci  $6,1^\circ$  (35). Při srovnání mezi kombinovaným operačním přístupem a izolovaným zadním, měřili u kombinované stabilizace signifikantně menší ztrátu korekce (12, 20, 25). Při izolované zadní stabilizaci bez rekonstrukce předního sloupce následuje ztráta korekce, což může vést k lomu šroubů (obr. 6). Weninger et al. (44) našli v souboru 104 zlomenin Th11-L2 po konzervativní léčbě ztrátu korekce  $12,5^\circ$ . Görler (21) referuje o ztrátě korekce  $2,4^\circ$  rok po implantaci expanzibilního předního implantátu.

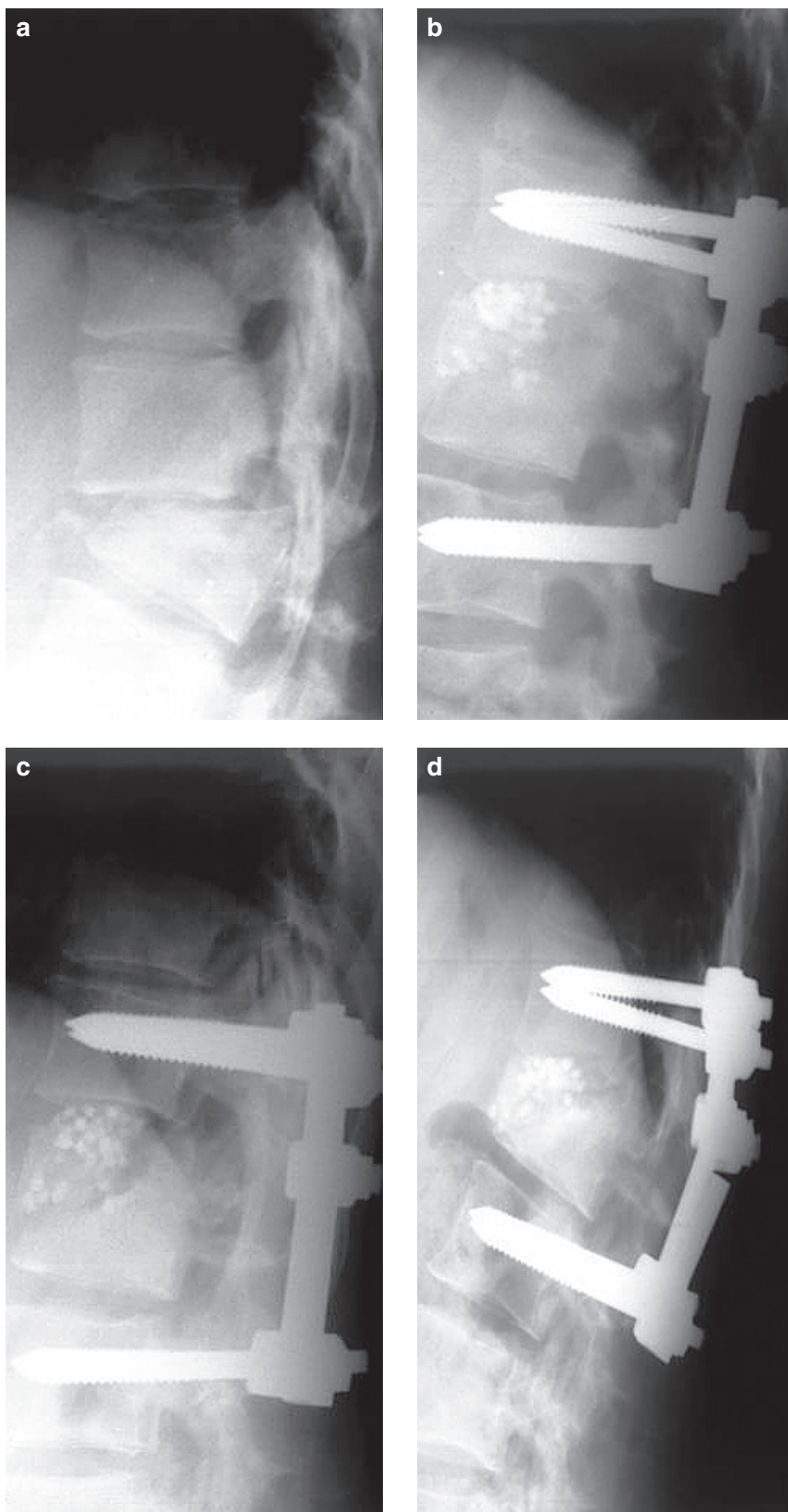
Pro rekonstrukci předního sloupce je fúze nezbytná (8, 19, 22). I přesto, že autologní kostní štěpy mají lepší biologické vlastnosti (19), pro jejich nedostatek používáme štěpy alogenní. O použití diafyzárních autologních štěpů fibuly referováno bylo (40). Málo referenci je o použití alogenních štěpů (13, 17). Naopak mnoho autorů referuje o výsledcích po náhradách těl obratlů (expanzibilními „klíčky“), (8, 21, 23, 34, 41). Jiné publikace ve kterých je referováno o použití diafyzárních kortikálních štěpů vyplněných autologními spongiózními kousky nalezeny nebyly. Odběr, skladování a distribuce štěpů podléhá legislativním předpisům, provádí je tkáňová banka. Ehrler et al. (17) uvádí, že



Tab. 2b. Střední hodnoty kostního hojení v hraničních zónách (boarder zone), hodnoceno dvěma nezávislými radiology

Tab. 3. Výsledky kostního hojení alogenních štěpů

	Kompletně	Částečně zhojeno	Nezhojeno
Proximálně	19 (73 %)	7 (27 %)	0
Distálně	20 (77 %)	6 (23 %)	0



Obr. 6. Zlomenina L1 (typ B), která byla stabilizována zadním, transpedikulárním přístupem. Insuficientní rekonstrukce předního sloupce aplikací biokeramických granul v Daniauxové technice

a – laterální rtg snímek před operací

b – laterální rtg snímek pooperační

c – po 3 měsících není patrná kostní konsolidace

d – rok po operaci patrná kyfotizace bez konsolidace předního sloupce - pedikulární šrouby se lámou z únavy materiálu.

při dodržování standardních legislativních předpisů je riziko přenosu nemocí malé. Gazdag et al. (19) naopak poukazují na riziko přenosu HIV infekce při použití čerstvých štěpů. Vzhledem k neuspokojivým výsledkům (vysoká ztráta korekce) při použití alogenních kortikospongiózních štěpů (4), preferujeme alogenní diafyzární (kortikální) štěpy. Bridwell a spol. použili kortikospongiózní štěpy s dobrými výsledky, avšak v chirurgii skolióz (7).

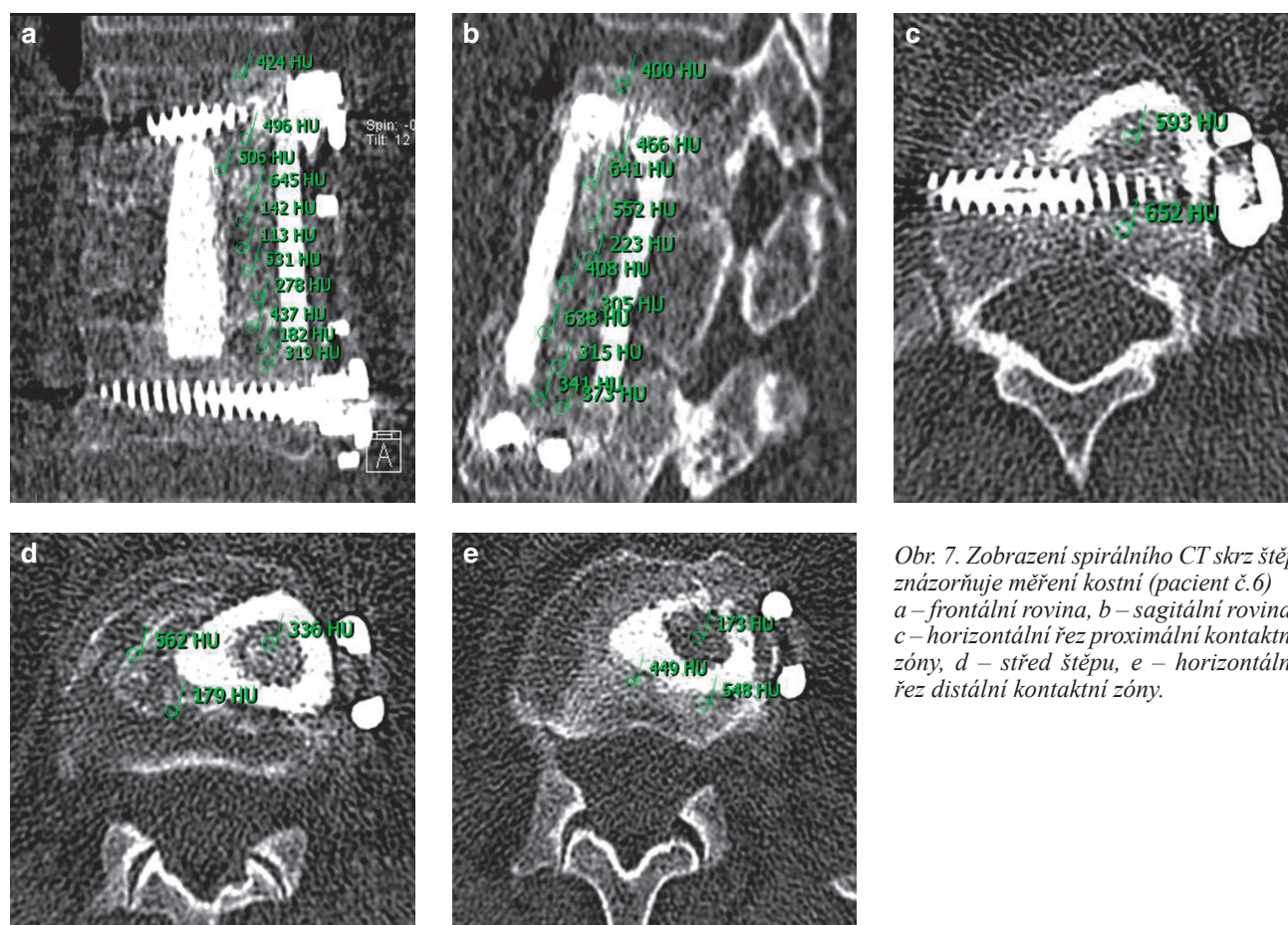
Ulmar et al. (42) diskutují shodu opakovaného měření vertebrálních a segmentálních úhlů (Cobb) stejnými a rozdílnými vyšetřovateli (inter- and intra-observer reliability). Cobb původně navrhl vlastní metodu měření úhlů u skolióz. Na našem pracovišti jsme se rozhodli k měření používat metodu dle Becka (3) tak, jako mnozí autoři v německy mluvících zemích (cit. u 21 a 29). Quint et al. (32) vyvinuli počítačem podpořený program pro standardní rtg projekce, který nevyžaduje zvláštní vybavení osobního počítače.

Standardní rtg snímky nemohou exaktně determinovat rozsah fúze po použití kostních štěpů (6, 16, 24, 26, 29, 31). Různí autoři doporučují detekci fúze CT vyšetřením (6, 24, 26, 36, 37). Kritéria fúze jsou však diskutována kontroverzně (31). Ve dvou studiích (6, 31) byla nalezena nízká korelace (68 % a 69 %) mezi rtg vyšetřením předpokládanou fúzí a peroperačním nálezem. Vaccaro a spol. naopak uvádí, že ve 20 % případů peroperačně nalezená fúze byla lepší než byla podle rtg předpokládána. Příčinou může být dle autorů inkompletní mineralizace kostí (43). Měření v centrální části klíček nebo diafyzárních kostí, jako v našem případě, je problematické (11). Obrázky 7a-d ukazují denzitu<sup>5</sup> uvnitř štěpu ve třech projekcích: (a) ve frontální rekonstrukci, (b) v sagitální rekonstrukci a (c) a (d) v řezech proximálních a distálních hraničních zón (border zones).

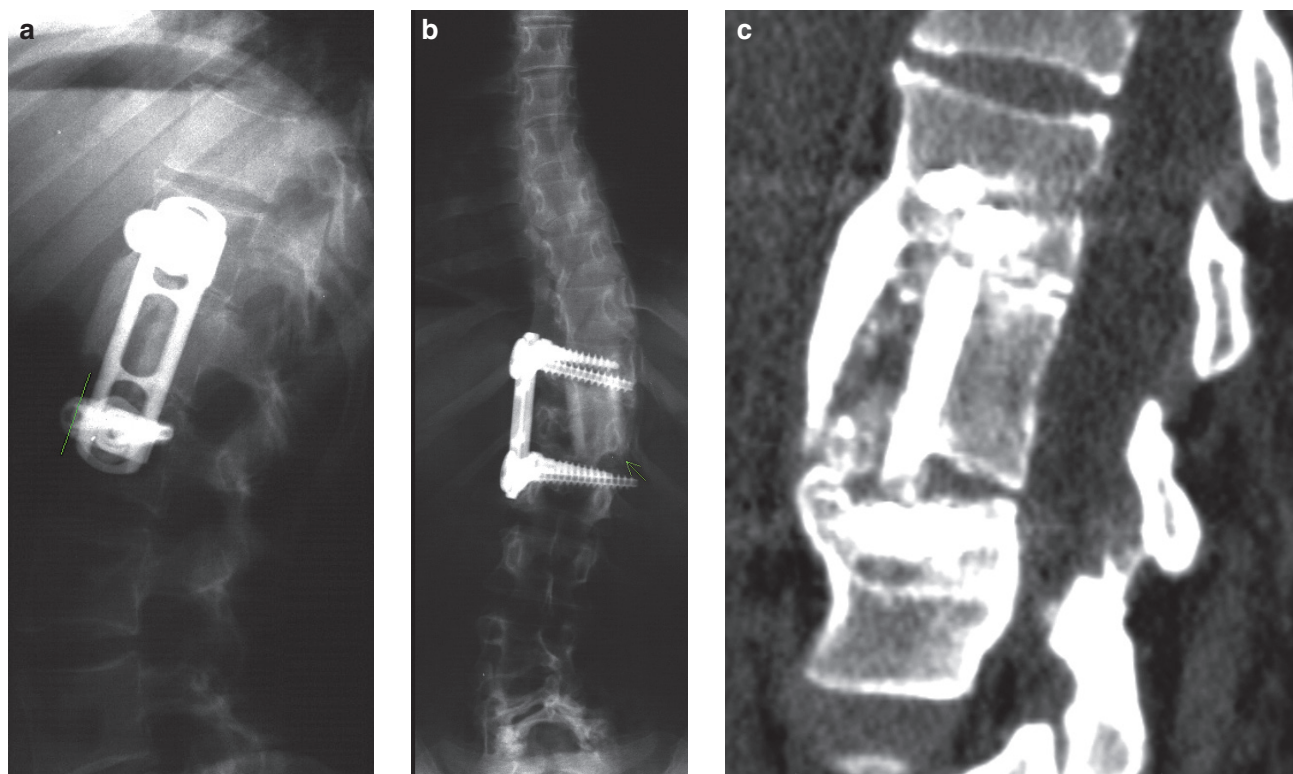
Lang et al. (28) uvádí 3dimenzionální vyšetření. Rozhodli jsme se pro 2dimenzionální vyšetření spirálním CT, standardním protokolem

<sup>5</sup> měřená softwarem X-Vision





Obr. 7. Zobrazení spirálního CT skrz štěp znázorňuje měření kostní (pacient č.6)  
a – frontální rovina, b – sagitální rovina,  
c – horizontální řez proximální kontaktní zóny, d – střed štěpu, e – horizontální řez distální kontaktní zóny.



Obr. 8. Pokud štěp není koplánárně aplikován, nemůže nastat “kompletní” hojení,  
a – pooperační laterální rig snímek ukazuje, že štěp nebyl přesně koplánárně založen  
b – pooperační a.p. projekce ukazuje špatnou polohu štěpu  
c – CT obrázek po 5 letech ukazuje, že štěp distálně není dobře příhojen.

pro všechny pacienty. Výsledky pak byly vyhodnoceny dvěma nezávislými radiology na různých pracovištích. Podle společného protokolu rozdělili oba hodnotitelé proximální i distální plochu hraniční zóny virtuálně na 4 kvadranty a klasifikovali rozsah hojení do skupin: „žádné“, 25, 50, 75 nebo 100 % zhojeno. Velmi nízké (25 %) procento hojení bylo stanoveno jedním hodnotitelem - distální plocha u pacienta č. 18 („worse-case“ – obr. 8c). Pokud se však díváme na pooperační rtg snímky (obr. 8a, b) je patrné, že při přítomnosti premorbidní skoliózy nebyl štep distálně ideálně založen, neměl totiž kontakt po celém objemu.

U poranění typu A3.3 (30) bývají poraněné obě ploténky. U těchto zlomenin musí být odstraněna nejen tříštivá zóna poraněného obratle, ale i chrupavčité krycí plochy obou sousedních obratlů tak, aby došlo ke kostnímu hojení se štěpem (obr. 1). Naopak u poranění typu A1.3 lze použít distální část poraněného obratle pro inzerci šroubů, obětujeme tím pouze jeden pohybový segment (obr. 2). V případě kombinovaného přístupu se zavádí pedikulární šrouby nad a pod poraněným obratlem (imobilizace dvou pohybových segmentů). Po časném odstranění zadního stabilizačního systému zůstává v zadu jeden pohybový segment (zpravidla distální) zachován (obr. 3). Přední implantáty neodstraňujeme. Funkční vyhodnocení výsledků, jak doporučuje Chafetz (24) jsme neprováděli.

## ZÁVĚR

Tato studie dokazuje, že alogenními diafyzárními tubiálními kostními štěpy pro rekonstrukci předního páteřního sloupce u zlomenin Th12 a L1 jsme docílili dobré výsledky s velmi nízkou ztrátou korekce (0,77°) po dobu 5 let sledování. Spirálním CT vyšetřením jsme našli vysoké procento „kompletního“ kostního hojení (proximálně 73 %, distálně 77 %). „Nezhojení“ (méně než 25 % zhojení plochy štěpu) jsme nekonstatovali v žádném případě.

## Literatura

- ACOSTA, F. L., BUCKLEY, J. M., XU, Z., LOTZ, J. C., AMES, C. P.: Biomechanical comparison of three fixation techniques for unstable thoracolumbar burst fractures. *Laboratory investigations*. Spine, 8: 341–346, 2008.
- BENCE, T., SCHREIBER, U., GRUPP, T., STEINHAUSER, E., MITTELMEIER, W.: Two column lesions in the thoracolumbar junction: anterior, posterior or combined approach? A comparative biomechanical in vitro investigation. *Eur. Spine J.*, 16: 813–820, 2007.
- BECK, E.: Röntgenologische Messmethoden bei Wirbelbrüchen. *Hefte Unfallheilkd.*, 108: 36–37, 1971
- BILIK, A., KOČIŠ, J., WENDSCHE, P., MUŽIK, V., PAŠA, L.: Přední spondylodéza kortikospongiózními štěpy při kombinovaném přístupu u Th-L zlomenin. *Rozhl. Chir.*, 11: 573–580, 2006.
- BLATTERT, T., JARVERS, J. S., SCHMIDT, C., RIESNER, H. J., JOSTEN, C.: Anterior column reconstruction in thoracolumbar injuries utilizing a computer-assisted navigation system. *Eur. J. Trauma Emerg. S.*, 37: 127–133, 2011.
- BLUMENTHAL, S. L., GILL, K.: Can lumbar spine radiographs accurately determine fusion in postoperative patients? Correlation of routine radiographs with a second surgical look at lumbar fusion. *Spine*, 18: 1186–1189, 1993.
- BRIDWELL, K. H., LENKE, L. G., MC ENERY, K. W., BALDUS, C., BLANKE, K.: Anterior fresh frozen structural allograft in the thoracic and lumbar spine. *Spine*, 20: 1410–1418, 1995.
- BRIEM, D., RÜGER, J. M., LINHART, W.: Einheilung autologer Transplantate nach dorsoventraler Instrumentierung instabiler Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Unfallchirurg*, 106: 195–203, 2003.
- BRIEM, D., LINHART, W., LEHMANN, W., BULLINGER, M., SCHODER, V., MEENEN, N. M., WINDOLF, J., RUEGER, J. M.: Untersuchungen der Lebensqualität nach dorsoventraler Stabilisierung von Wirbelkörperfrakturen des thorakolumbalen Überganges. *Unfallchirurg*, 106: 625–632, 2003.
- BRODKE, D. S., GOLLOGLY, S., BACHUS, K. N., MOHR, R., NGUYEN, B. K.: Anterior thoracolumbar instrumentation: Stiffness and load sparing characteristics of plate and rod systems. *Spine*, 28: 1794–1801, 2003.
- BRODSKY, A. E., KOVALSKY, E. S., KHALI, M. A.: Correlation of radiologic assessment of lumbar spine fusion with surgical exploration. *Spine*, 16 (Suppl 6): 261–265, 1991.
- BÜHREN, V.: Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg*, 106: 55–68, 2003.
- CARDENAS, R. J., JAVALKAR, V., PATIL, S., GONZALES-CRUZ, J., ODGEN, A., MUKHERJEE, D., NANDA, A.: Comparison of allograft bone and titanium cages for vertebra body replacement in the thoracolumbar spine: A biomechanical study. *Oper. Neurosurg.*, 66: 314–318, 2010.
- DANIAUX, H.: Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen. *Unfallchirurg*, 89: 187–193, 1996.
- DISCH, A. C., KNOP, C., SCHASER, K. D., BLAUTH, M., SCHMOELZ, W.: Angular stable anterior plating following thoracolumbar corpectomy reveals superior segmental stability compared to conventional polyaxial plate fixation. *Spine*, 33: 1429–37, 2008.
- ECK, K. R., LENKE, L. G., BRIDWELL, K. H., GILULA, L. A., LASHGARI, C. J., RIEW, K. D.: Radiographic assessments of anterior titanium mesh cages. *J. Spinal Disord.*, 13: 501–505, 2000.
- EHLER, D., VACCARO, A.: The use of allograft bone in lumbar spine surgery. *Clin. Orthop. Relat. R.*, 371: 38–45, 2000.
- FARO, F. D., WHITE, K. K., AHN, J. S., OKA, R. S., MAHAR, A. T., BAWA, M., FARNSWORTH, C. L., GARDIN, S. R., NEWTON, P. O.: Biomechanical analysis of anterior instrumentation for lumbar corpectomy. *Spine*, 28: E468–E471, 2003.
- GAZDAG, A. R., LANE, J. M., GLASER, D., FOERSTER, R. A.: Alternatives to autogenous bone graft: Efficacy and indications. *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, 3: 1–8, 1995.
- GONSCHOREK, O., SPIEGEL, U., WEISS, T., PÄTZOLD, R., HAUCK, S., BÜHREN, V.: Rekonstruktion der ventralen Säule nach thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen. *Unfallchirurg*, 114: 26–34, 2011.
- GÖRLER, T.: Radiologische 1-Jahres-Ergebnisse der ventralen Spondylodese bei Frakturen der BWS/LWS mit expandierbarem Cage. *Dissert. Berlin*, 2008.
- HAMER, A. J., STRACHAN, J. R., BLAFL, M. M., IBBOTSON, C. J., STOCKLEY, I., ELSON, R. A.: Biomechanical properties of cortical allograft bone using a new method of bone strength measurement: a comparison of fresh, fresh-frozen and irradiated bone. *J. Bone Jt Surg.*, 78-B: 363–368, 1996.
- HUANG, P., GUPTA, M. C., SARIGUL-KLIJN, N., HAZELWOOD, S.: Two in vivo surgical approaches for lumbar corpectomy using allograft and a metallic implant: A controlled clinical and biomechanical study. *Spine J.* 6: 648–658, 2006.
- CHAFETZ, N., CANN, C. E., MORFIA, J. M., STEINBACH, L. S., GOLDBERT, H. I.: Pseudarthrosis following lumbar fusion: detection by direct coronal CT scanning. *Radiology*, 162: 803–809, 1987.
- JOSTEN, C., KATSCHER, S., GONSCHOREK, O.: Therapiekonzepte bei Frakturen des thorakolumbalen Überganges und der Lendenwirbelsäule. *Orthopäde*, 34: 1021–1032, 2005.



26. KANT, A. P., DAUM, W. J., DEAN, S. M., UCHIDA, T.: Evaluation of lumbar spine fusion. Plain radiographs versus direct surgical exploration and observation. *Spine*, 20: 2313–2317, 1995.
27. KOČIŠ, J., WENDSCHE, P., MUŽIK, V., BILIK, A., VESELÝ, R., ČERNOHOUSOVÁ, I.: Méně invazivní retropleurální-retr-operitoneální přístup k torakolumbální páteři. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 76: 232–238, 2009.
28. LANG, T. F.: Quantitative computed tomography. *Radiol. Clin. North Am.*, 48: 589–600, 2010.
29. LUDWIG, P.: Retrospektive Evaluation von operativ versorgten Brust-und Lendenwirbelsäulenfrakturen. Dissert. Freiburg i. Br., 2006.
30. MAGERL, F., AEBI, M., GERTZBEIN, S. D.: A comprehensive classification of thoracic and lumbar spine injuries. *Eur. Spine J.*, 3: 184–201, 1994.
31. MCAFEE, P. C., BODEN, S. D., BRANTIGAN, J. W.: Symposium: A critical discrepancy and criteria of successful arthrodesis following interbody spinal fusion. *Spine*, 26: 320–334, 2001.
32. QUINT, D. J., TUIITE, G. F., STERN, J. D., DORAN, S. E., PAPADOPOULUS, S. M., MC GILLICUDDY, J. E., LUNDQUIST, C. A.: Computer-assisted measurement of lumbar spine radiographs. *Acad. Radiol.*, 4: 742–752, 1997. Reinhold, M., Knop, C., Lange, U., Bastion, L., Blauth, M.: Nichtoperative Behandlung von Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule. Klinische Spätergebnisse nach 16 Jahren. *Unfallchirurg*, 106: 566–576, 2003.
33. REINHOLD, M., KNOP, C., BEISSE, R., AUDITE, L., KAND-ZIORA, F., PIZANIS, A., PRANZ, R., GERCEK, E., SCHULTHEISS, M., WECKBACH, A.: Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust-und Lendenwirbelsäule. Teil II: Operation und röntgenologische Befunde. *Unfallchirurg*, 112: 149–167 2009.
34. REINHOLD, M., KNOP, C., BEISSE, R., AUDITE, L., KAND-ZIORA, F., PIZANIS, A., PRANZ, R., GERCEK, E., SCHULTHEISS, M., WECKBACH, A.: Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust-und Lendenwirbelsäule. Teil III: Nachuntersuchungen. *Unfallchirurg*, 112: 294–316 2009.
35. ROTHMANN, S. L., GLENN, W. V.: CT evaluation of interbody fusion. *Clin. Orthop.*, 193: 47–56, 1985.
36. SANDHU, H. S., BODEN, S. D.: Biologic enhancement of spinal fusion. *Orthop. Clin. N. Am.*, 29: 621–631, 1998
37. SCHMOELZ, W., SCHASER, K. D., KNOP, C., BLAUTH, M., DISCH, A. C.: Extent of corpectomy determines primary stability following isolated anterior reconstruction in a thoracolumbar fracture model. *Clin. Biomech.*, 25: 16–20, 2010. Schreiber, U., Bence, T., Grupp, T., Steinhäuser, E., Mückley, T., Mittelmeier, W., Beisse, R.: Is a single anterolateral screw plate fixation sufficient for the treatment of spinal fractures in the thoracolumbar junction? A biomechanical in vitro investigation. *Eur. Spine J.*, 14: 197–204, 2005.
38. SCHULTHEISS, M., HARTWIG, E., KINZL, L., CLAES, L., WILKE, H. J.: Axial compression force measurement acting across the strut graft in thoracolumbar instrumentation testing. *Clin. Biomech.*, 18: 631–636, 2003.
39. SCHULTHEISS, M., HARTWIG, E., SARKAR, M., KINZL, L., CLAES, L., WILKE, H. J.: Biomechanical in vitro comparison of different mono- and bisegmental anterior procedures with regard to the strategy for fracture stabilisation using minimally invasive techniques. *Eur. Spine J.*, 5: 82–89, 2006.
40. ULMAR, B., GÜHRING, M., SCHMÄLZLE, T., WEISE, K., BADKE, A., BRUNNER, A.: Inter- and intra-observer reliability of the Cobb angle in the measurement of vertebral, local and segmental kyphosis of traumatic lumbar spine fractures in the lateral X-ray. *Arch. Orthop. Trauma S.*, 130: 1533–1538, 2010.
41. VACCARO, A. R., CIRELLO, J.: The use of allograft bone and cages in fractures cervical, thoracic and lumbar spine. *Clin. Orthop. Relat. R.*, 394: 19–26, 2002.
42. WENDSCHE, P., MUŽIK, V., KOČIŠ, J.: The less invasive, video-assisted anterior approach in the treatment of thoracolumbar fractures. Mid-term results. *Eur. J. Trauma (Suppl. 1)*, 30: 343, 2004.
43. WENDSCHE, P., KOČIŠ, J., ZELNÍČEK, P.: Spinal injuries. Outcomes after urgent decompression and early stabilization. *Eur. J. Emerg. Surg. Int. Care*, 20: 19–22, 1997.
44. WENINGER, P., SCHULTZ, A., HERTZ, H.: Conservative management of thoracolumbar and lumbar spine compression and burst fractures: functional and radiographic outcomes in 136 cases treated by closed reduction and casting. *Arch. Orthop. Trauma S.*, 129: 207–219, 2009.

#### Korespondující autor:

Prof. MUDr. Peter Wendsche, CSc.  
Úrazová nemocnice v Brně  
Ponávka 6  
662 50 Brno  
E-mail: p.wendsche@unbr.cz