

Augmentace thorakolumbální páteře kyfoplastikou – klinické výsledky po dvou letech

Kyphoplasty Augmentation in Thoracolumbar Spine – Clinical Outcomes after 2 Years

R. ZÍTKA¹, H. GAKHAR¹, J. CLAMP¹, R. BOMMIREDDY¹, Z. KLEZL^{1,2,3}

¹ University Hospitals Derby and Burton NHS Foundation Trust, UK

² Ortopedicko-traumatologická klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, Praha, ČR

³ 1. chirurgická klinika 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, Praha, ČR

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

With the ageing of population the vertebral insufficiency fractures are increasing in number and occur ever more frequently. Symptomatic relief is often difficult to achieve by non-operative treatment. The aim of this study was to determine the level of pain relief and functional outcomes in patients who failed initial non-operative treatment and, because of persisting or growing symptoms, underwent kyphoplasty.

MATERIAL AND METHODS

Total number of 303 patients who underwent balloon kyphoplasty between January 2011 and December 2016 were included in our study. These 303 patients had 357 surgeries. This is a retrospective review of a prospectively updated database maintained by our spinal surgery department. In total, 575 levels were augmented. The patients were mostly females (246). The age of the patients ranged from 30 years to 98 years, with the mean age being 72.6 years. The average follow-up for our series was 17.2 months (2–63 months). Pain relief was assessed using the Visual Analogue Scale (VAS) and functional outcome using the Oswestry Disability Index (ODI).

RESULTS

The average pre-operative VAS was 6.34 ($p = 0.00003$). At 6 weeks postoperatively the average VAS decreased to 3.80 ($p = 0.00000$). In our series, the VAS scores showed a progressive decline progressing from the mean value of 3.18 ($p = 0.15890$) at 1 year to the mean value of 2.85 ($p = 0.00205$) at 2 years.

The average pre-operative ODI was 25.65 ($p = 0.03604$). At 6 weeks, the value improved to 17.69 ($p = 0.00120$) and further improvements were seen at 1 year (ODI 14.13) and at 2 years (ODI 12.08). In our series no clinically significant complications were reported. The social drift was observed in 17 patients in our study.

DISCUSSION

The pain relief and the improvement of functional outcomes were maintained even at a two-year follow-up. No clinically significant complications were reported that would require further surgical intervention and that would affect the good clinical results of our study.

CONCLUSIONS

Balloon kyphoplasty proved to be a safe surgical technique and should be considered in patients with an ongoing pain following vertebral insufficiency fractures that do not improve with the initial non-operative treatment. Cement augmentation significantly improves pain levels and as well functional status in elderly patients.

Key words: cement augmentation, osteoporotic fracture, kyphoplasty, vertebroplasty, osteoporotic spine fracture.

ÚVOD

Kompresivní zlomeniny obratlových těl vznikají většinou jako následek nízkoenergetických úrazů u obratlů postižených osteoporózou. Ve Spojených státech amerických je ročně diagnostikováno 250 000 zlomenin obratlů a 80 % z nich je způsobeno osteoporózou (15). Kompresivní zlomenina obratlového těla v terénu osteoporózy představuje pro pacienta výrazné snížení kvality života a významně zvyšuje jeho nemocnost a úmrtnost (13, 14, 18). Kompresivní zlomeniny se mohou objevit na podkladě sekundárně změněné kvality kostí jako patologické zlomeniny při myelomu nebo

kostních metastázách. Stárnoucí populace přispívá ke zvýšení jejich výskytu. Analýzy ukazují, že 25 %–33 % žen a 12,5 % mužů starších 50 let je postiženo zlomeninou v terénu osteoporózy (1, 15). 40 % osteoporotických zlomenin je klinicky němých v době vzniku (7). Klinickým příznakem je nejčastěji menší či větší bolest v zádech, která má vliv na kvalitu života pacienta a ovlivňuje jeho výkon při každodenních aktivitách. Kvalita života se může snížit v některých případech natolik, že pacient již není schopen sám vykonávat činnosti běžného denního života, přestane být soběstačný a vyžaduje umístění do

domu s pečovatelskou službou, léčebny pro dlouhodobě nemocné nebo je nutno pacienta hospitalizovat. V anglické literatuře se pro tento jev používá termín „social drift“.

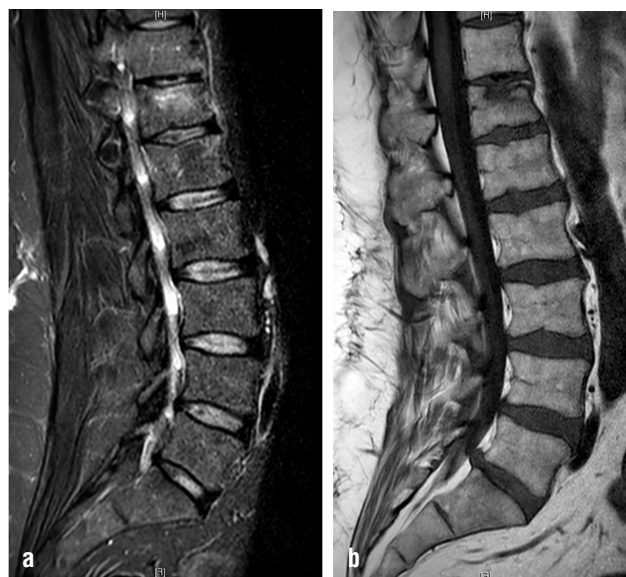
Konzervativní léčba symptomatických osteoporotických zlomenin páteře (OZP), často u rizikových a polymorbidních pacientů, je založena na systémové terapii osteoporózy a kombinaci analgetik s časnou mobilizací pacienta dle tolerance. Externí fixace ortézou je staršími nemocnými špatně tolerována a má potenciální rizika ve formě dekubitů a dalšího oslabení paravertebrálního svalstva. Přímá otevřená stabilizace páteře není u těchto často polymorbidních pacientů primárně indikována. Indikací ke kyfoplastice je významná bolestivost spojená s osteoporotickou zlomeninou jednoho či více obratlů, většinou při selhání konzervativní léčby (4–6 týdnů) nebo narůstající bolestivá deformita páteře (kyfóza) v příčinné souvislosti s osteoporotickou zlomeninou. Pacienty, kteří vyžadují hospitalizaci a tlumení bolesti opiáty, operujeme akutně. Kyfoplastiku preferujeme u symptomatických čerstvých zlomenin do 2 měsíců od nástupu obtíží s MRI verifikací.

Vertebroplastika (VP) a kyfoplastika (KP) představují alternativní mininvazivní metody léčby umožňující stabilizaci postiženého obratle a rychlou mobilizaci nemocného při relativně malé zátěži pacienta. VP je cementová augmentace obratlového těla pomocí plnicích jehel (Deramond a Galibert, 1982). Při KP se navíc používá balonek, který se v obratli expanduje pomocí aplikace kontrastní látky, vytvoří dutinu, balonek je následně odstraněn a vytvořená dutina je vyplněna kostním cementem. U čerstvých zlomenin můžeme i částečně obnovit výšku komprimovaného obratlového těla a korigovat kyfotické postavení. Mechanismus účinku této metody je vysvětlován mechanickou stabilizací postiženého obratle po zatuhnutí cementu, určitou roli hraje také neurotoxický efekt PMMN (polymetylmetakrylát) cementu a termická nekróza nociceptivních receptorů při polymerizaci cementu (5).

MATERIÁL A METODIKA

Do studie byli zahrnuti pacienti, kteří podstoupili balonovou KP thorakolumbální páteře od ledna 2011 do prosince 2016. Vyloučení ze studie byli pacienti, kteří měli provedenu jakoukoliv stabilizaci páteře. Všichni pacienti měli předoperačně provedeno MRI vyšetření páteře, na kterém byla zobrazena čerstvá zlomenina s vysokým signálem kostní dřevě v T2 váženém obraze nebo STIR sekvencích a s nízkým signálem v T1 váženém obraze (obr. 1). U některých pacientů byla indikace k intervenci provedena na základě srovnání starší obrazové dokumentace (rtg, CT, MRI), na kterých nebyla zlomenina patrná, a nových rtg snímků. V případě, že bylo MRI vyšetření kontraindikováno, bylo provedeno CT vyšetření.

Ke klinickému hodnocení jsme použili klasifikaci ODI (Oswestry Disability Index) a VAS (Visual Analogue Scale) před operací, po 6 týdnech, po 6 měsících, 1 roce a 2 letech po operaci. Po dvou letech bylo ambulantní sledování asymptomatických pacientů ukončeno a pacienti

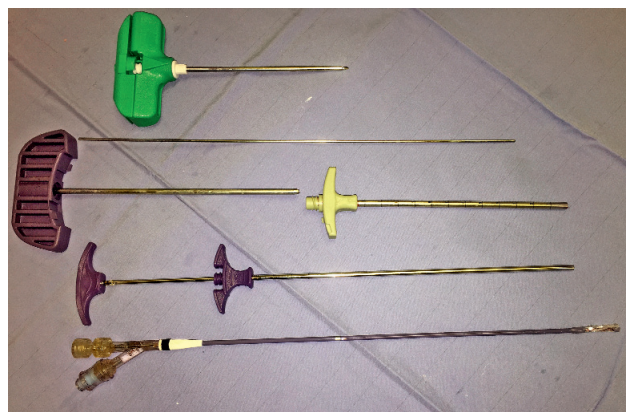


Obr. 1. Snímky magnetické rezonance bederní páteře zachycující čerstvou zlomeninu obratle T12 ve STIR (1a) a T1 (1b) sekvencích.

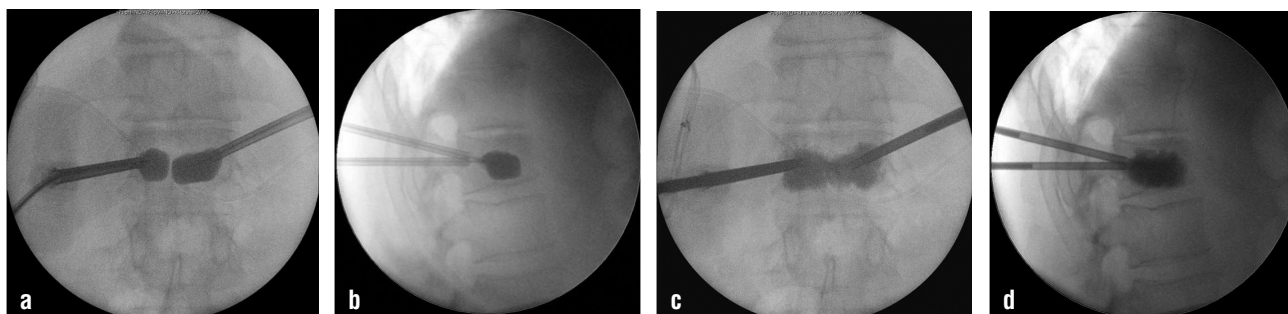
byli dále předáni do péče obvodního lékaře. Informace týkající se VAS a ODI se nám podařilo shromáždit díky záznamům z registru (British Spine Registry – BSR), jehož dotazníky jsou nedílnou součástí pooperačních kontrol a jsou vyplňovány v uvedených intervalech samotnými pacienty.

Data zahrnují též věkové rozložení, diagnózu, úroveň postiženého obratle, počet augmentovaných obratlů během jednoho operačního výkonu, objem aplikovaného cementu, únik cementu, radiační expozici a případnou zlomeninu sousedního obratle. Operační výkony byly prováděny 4 spinálními chirurgy standardní technikou.

Pacienti byli operováni nejčastěji v celkové anestezii, u vysoce rizikových pacientů v lokální anestezii v kombinaci s analgosedací pacienta. Pacient je umístěn v pronáční poloze na speciální matraci na radiolucenčním operačním stole. Výkon je prováděn pod kontrolou dvou rtg zesilovačů ve dvou na sebe kolmých rovinách, které nastavujeme před vlastním rouškovaním. Z krátkých



Obr. 2. Část instrumentária pro kyfoplastiky: Jamshidiho jehla, K-drát, pracovní kanylka s trokarem, plnicí kanylka a systém pro expanzi balonků.



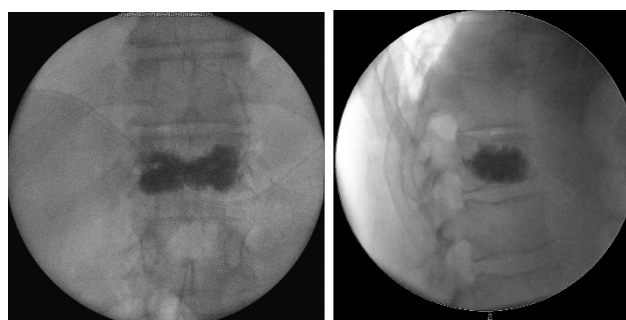
Obr. 3. Obrázek 3a) a 3b) znázorňuje na snímku zavedené a expandované balony v předozadní a boční projekci. V obratlovém těle je takto vytvořena dutina, která je následně opatrně vyplněna kostním cementem – obrázek 3c) a 3d).

kožních incizí zavádíme do postiženého obratlového těla Jamshidiho jehly transpedikulárně, na střední hrudní páteři někdy extrapedikulárně. Jehlami zavedeme vodící K-drát, přes který následně zavádíme pracovní kanylu instrumentária balonové KP (obr. 3). Při zavádění K-drátu je nutné předejit perforaci přední nebo dolní stěny obratlového těla. Kostní biopsii jsme provedli ve 124 případech, kdy jsme si nebyli jisti povahou zlomeniny. Standardně používáme bipedikulární přístup (266 případů). V případech sklerotických pediklů obratlů byl ojediněle použit unipedikulární nebo jednostranný nebo oboustranný extrapedikulární přístup (17). V případě, že byla zlomeninou zasažena i zadní hrana obratlového těla, používáme takzvanou „egg shell“ techniku. U těchto případů je expanzí balonku vytvořena dutina. Balonek se poté vypustí a odstraní a do takto vzniklé dutiny je vstříknut méně viskózní (více tekutý) cement. Balonek je znovu do dutiny zaveden a expandován. Takto se vytvoří z cementu jakási bariéra, skořápka, do které je aplikován větší objem vysoce viskózního cementu. Pokud nebylo možno přes pedikly do obratlového těla zavést kanylu pro KP nebo expandovat balonek, byla provedena pouze VP. Důležitou součástí instrumentária KP jsou speciální plnicí kanyly, které umožňují aplikaci vysoce viskózního kostního cementu do obratlů po velmi malých dávkách pro lepší kontrolu toku cementu na obou rtg zesilovačích (obr. 2). Objem jedné kanyly je 1,5 cm³. Mají velkou výhodu oproti klasickým injekčním stříkačkám, protože jimi můžeme aplikovat nesrovnatelně viskóznější cement. Pokud je během aplikace cementu zpozorován jeho únik, aplikaci přerušujeme na 1–2 minuty a pokračujeme, pokud se únik cementu zhoršuje, aplikaci ukončujeme. Z uvedeného je patrné, že je třeba zpozorovat únik v samém začátku, zejména pokud se blíží k zadní hraně obratle, je třeba postupovat s maximální opatrností.

Pacienti jsou časně mobilizováni bez fixace první pooperační den a většinou také propuštěni z nemocnice a následně sledováni při klinických kontrolách ve výše uvedených intervalech.

VÝSLEDKY

V našem souboru jsme od ledna 2011 do prosince 2016 evidovali 303 pacientů, kteří podstoupili KP. Většinu pacientů tvořili ženy, kterých bylo 246. Mužů bylo 111.



Obr. 4. Výsledný skiaskopický obraz provedené kyfoplastiky v AP a boční projekci.

Celkový počet operačních výkonů v daném souboru byl 357, neboť někteří pacienti prodělali během šesti let více operací na dalších páteřních segmentech. Většina pacientů podstoupila jen jeden operační výkon, a to ve 253 případech, dva výkony ve 40 případech, tři u 5 pacientů, čtyři u 2 pacientů. U jedné pacientky jsme zaznamenali celkem 6 operačních výkonů.

U dvou pacientů bylo od kyfoplastiky upuštěno, protože nebylo technicky možné, díky sklerotizaci pediklů, do obratlového těla kanylou proniknout.

V našem souboru dominovaly osteoporotické zlomeniny (298). Ve 32 případech šlo o patologické zlomeniny u metastazujících nádorů, ve 27 případech šlo o postižení při mnohočetném myelomu.

Celkem bylo v daném období ošetřeno 575 obratlů u 303 pacientů. V nejvíce případech byl během jednoho operačního výkonu augmentován pouze jeden obratel, a to ve 207 případech, dva obratle v 94 případech, tři u 41 pacientů, čtyři u 13 pacientů. Jedna pacientka měla v rámci jednoho operačního zákroku augmentováno 5 obratlových těl (tab. 2).

Věkové rozložení pacientů bylo od 30 do 98 let s průměrným věkem 72,6 let. Maximum pacientů bylo ve věkové skupině mezi 60 a 90 roky.

Minimální délka sledování byla 1,5 měsíce, maximální délka 63 měsíců s průměrnými 17,2 měsíci. V souboru bylo 72 pacientů s délkou sledování 6 týdnů po operaci, 123 pacientů s délkou sledování 12 měsíců a 140 pacientů s délkou sledování 2 roky.

Průměrný čas radiační expozice v rámci jednoho operačního výkonu byl 1 minuta a 44 sekund (104,2 s) s rozpětím mezi 20 a 360 sekundami. Délku expozice

Tab. 1a. Zobrazení a statistika hodnoty VAS

VAS	Předoperačně	6 týdnů	1 rok	2 roky
průměr	6,34	3,80	3,18	2,85
medián	6,00	3,00	3,00	2,00
směrodatná odchylka	1,65	2,46	2,70	2,63
Z test (p)	0,00003	0,00000	0,15890	0,00205

Tab. 1b. Zobrazení a statistika hodnot ODI

ODI	Předoperačně	6 týdnů	1 rok	2 roky
průměr	25,65	17,69	14,13	12,08
medián	25,00	16,00	12,00	10,00
směrodatná odchylka	6,51	9,96	9,57	10,44
Z test (p)	0,03604	0,00120	0,00104	0,03014

Tab. 2. Počet augmentovaných obratlových těl během jednoho operačního výkonu

Počet augmentovaných obratlů během jednoho operačního výkonu	Ženy	Muži	Celkem
1	149	58	207 (57,9%)
2	64	30	94 (26,3%)
3	22	19	41 (11,5%)
4	9	4	13 (3,6%)
5	1	0	1 (0,3%)
Celkem	246	111	357

prodlužuje charakter zlomeniny, zejména u postižení zadní stěny obratlového těla, kde je kontrola toku cementu nezbytná, nebo u metastatického postižení obratlů. Expozici také prodlužuje předoperační verifikace správné úrovně operačního výkonu, kterou jsme v našem souboru zahrnovali do vlastního operačního výkonu.

Průměrný objem aplikovaného cementu ve všech obratlích byl 5,40 cm³. Průměrný objem cementu aplikovaný do obratlového těla bederní páteře byl 6,34 cm³ a 4,26 cm³ u páteře hrudní.

Průměrné předoperační VAS skóre bylo 6,34 (p = 0,00003). Při kontrole v 6. týdnu po operaci kleslo na 3,80 (p = 0,00000) a dále na 3,18 (p = 0,15890) v jednom roce a na 2,85 (p = 0,00205) dva roky po operaci (tab. 1a).

Průměrná předoperační hodnota ODI skóre bylo 25,65 (p = 0,03604). Při kontrole v 6 týdnu po operaci kleslo na 17,69 (p = 0,00120) a dále na 14,13 (p = 0,00104) v jednom roce a dále 12,08 (p = 0,03014) dva roky po operaci (tab. 1b).

Komplikace jsme pozorovali velmi zřídka. Nejčastěji šlo o minimální únik kostního cementu mimo obratlové tělo a to v 82 případech (22,9 %). V 58 případech se jednalo o únik kostního cementu horní nebo dolní krycí ploténkou do meziobratlové ploténky, v 11 případech šlo o únik cementu do cév před obratlovým tělem, v 8 případech o únik cementu zadní hranou, u 4 pacientů byl pozorován únik cementu laterálně mimo obratlové tělo. Pouze u jednoho pacienta jsme zjistili únik cementu do páteřního kanálu bez neurologických následků. U dvou pacientů došlo při překlada na operační stůl ke zlomenině dvou žeber. Infekci po operaci jsme nezaznamenali.

Novou zlomeninu sousedního obratlového těla po předchozí augmentaci jsme pozorovali u 42 pacientů (11,76 %).

V našem souboru jsme zaznamenali u 17 pacientů "social drift." Původně soběstační pacienti po operaci vyžadovali následnou domácí pečovatelskou službu nebo umístění do domu s pečovatelskou službou či léčebny pro dlouhodobě nemocné.

DISKUSE

U pacientů v našem souboru jsme zaznamenali výraznou úlevu od bolesti již první pooperační den, která byla potvrzena 40% poklesem VAS skóre z původních 6,34 na 3,80 při kontrole šest týdnů po operaci. VAS poté nadále klesalo při roční kontrole na 3,18. Toto je důkaz, že stabilizace obratlového těla má rychlý, účinný a dlouhodobý efekt na snížení bolestivosti u postižených pacientů.

Dobry funkční výsledek byl demonstrován poklesem ODI z původních 25,65 na 17,69 po šesti týdnech a dalšímu zlepšení při kontrole po jednom roce po operaci na 14,13. Celkem 140 pacientů z našeho souboru se podařilo klinicky sledovat více než 24 měsíců pooperačně. Je to dáno tím, že někteří pacienti měli vícečetné operace pro kolaps přilehlého segmentu nebo pro nově vzniklou osteoporotickou zlomeninu. Průměrná hodnota ODI v dané skupině byla 12,08. U některých pacientů jsme ale pozorovali mírné klinické zhoršování v rámci degenerativních změn páteře. Tento trend byl patrný především u pacientů z vyšší věkové skupiny.

Multicentrické klinické randomizované studie ukázaly, že KP zlepšila bolest, kvalitu života, mobilitu a funkční výsledek rychleji ve srovnání se skupinou léčenou konzervativně s odstupem jeden měsíc od operace. Tento rozdíl nebyl již patrný při roční kontrole, díky postupně se zlepšujícím klinickému stavu nemocných v neoperované skupině (9, 16). Ukázalo se také, že je KP ve srovnání s VP či konzervativní léčbou mnohem efektivnější metodou z hlediska nákladů (12). To ovšem záleží na nastavení úhrad zdravotní péče.

Objem aplikovaného cementu byl průměrně 4,71 cm³. Kadaverózní studie předpokládají, že je potřeba aplikovat minimálně 3,5 cm³, aby bylo obnoveno téměř normální rozložení stresových sil v postiženém a v obou přilehlých obratlích (4, 10). Experimentální studie ukazují, že přeplnění obratle cementem může způsobit nerovnoměrné rozložení zatížení obratle a může být méně biomechanicky výhodné (3). Naše údaje o objemu kostního cementu na hrudní (4,26 cm³) a bederní páteři (6,34 cm³) odpovídají publikovaným doporučením (14).

Radiační zátěž během výkonu představuje narůstající problém v současné spinální chirurgii se zvyšujícím se trendem minimálně invazivních perkutánních výkonů. Náš průměrný čas radiační expozice byl 1 minuta a 44 sekund. Souvisí to se zkušeností chirurga, použitím dvou C-ramen ve dvou na sebe kolmých rovinách a sekvenčním snímkování při aplikaci cementu. Rentgenový čas roste se vzrůstajícím počtem augmentovaných obratlů. Mroz a kolektiv prezentovali 5,7 (± 2,0) minut na jeden obratel při jednoetážové kyfoplastice, 3,9 (± 0,8) minut

na jeden obratel pro dvouetážovou a 2,9 (\pm 1,2) minuty na třítážovou kyfoplastiku. Stanovili zdravotní riziko na 300 výkonů za rok. Zdůraznili důležitost používání ochranných pomůcek (rentgenové zástěry, protekčních brýlí a nákrčníku) a odstranit ruce z operačního pole při rentgenování (6). Jak jsme již zmínili, radiační expozice se prodlužuje u zlomenin s postižením zadní hrany obratle, které někteří považují za kontraindikaci VP nebo KP, neboť rizika úniku do páteřního kanálu jsou velmi vysoká.

Komplikace jsme pozorovali velmi zřídka. Jednalo o minimální asymptomatický únik kostního cementu mimo obratlové tělo, a to v 82 případech (22,9 %). Procento asymptomatického úniku cementu uváděné v zahraniční literatuře se pohybuje mezi 14–37 % (1, 2, 14). Neurologické postižení jako následek úniku cementu do páteřního kanálu nebo plicní embolii cementem jsme v našem souboru nepozorovali (7, 8, 11).

Následnou zlomeninu přilehlého obratlového těla jsme zaznamenali u 42 pacientů (11,76 %). Přestože asymptomatický únik cementu přes horní nebo dolní krycí ploténku obratle je některými považován za nevýznamný, může přispívat ke kolapsu přilehlého segmentu. Předpokládá se, že KP zvyšuje riziko kolapsu přilehlého segmentu. Metaanalýzy komplikací uvádí 17% riziko následné fraktury, z nichž 75 % jsou v přilehlém segmentu (2). Na druhé straně je jasné, že páteř je osteoporózou postižena difúzně a řada pacientů je postižena mnohočetnými zlomeninami bez předchozí augmentace.

Přestože je instrumentarium na KP drahé, je konzervativní léčení VCF celkově ekonomicky nákladnější v srovnání s KP (12). Již jsme zmínili, že je nutné tento údaj posoudit v souvislosti s konkrétním způsobem úhrady zdravotní i sociální péče, které u těchto většinou starších pacientů hraje podstatnou roli.

Klinické signifikantní komplikace byly zanedbatelné a nevyžadovaly žádnou další chirurgickou intervenci a zároveň neovlivnily dobré klinické výsledky.

ZÁVĚR

Balonová kyfoplastika a vertebroplastika mohou být při důsledném dodržení operačního postupu efektivními metodami léčby osteoporotické zlomeniny obratlového těla. Umožňují rychlou mobilizaci pacienta bez nutnosti zevní fixace. Pokud je správně technicky provedena, je považována za bezpečnou chirurgickou techniku s minimálním počtem komplikací. Měla by být posuzována jako vhodný způsob léčení symptomatických pacientů s osteoporotickými zlomeninami obratlů, kteří nereagují dobře na počáteční konzervativní terapii. Augmentace kostním cementem v našem souboru vedla k významnému snížení bolestivosti a zlepšení funkčního výsledku u starších pacientů.

Literatura

1. Bouza C, López T, Magro AM, Navalpotro L, Amate JM. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review. *Eur Spine J.* 2006;15:1050–1067.
2. Chotivichit A, Korwutthikulrangsri E, Churojana A, Songsaeng D. Complications in vertebroplasty. *J Med Assoc Thai.* 2012;95:(Suppl 9):S75–81.
3. Eichholz KM, O Toole JE, Christie SD, Fessler RG. Vertebroplasty and kyphoplasty. *Neurosurg Clin N Am.* 2006;17:507–518.
4. Garfin SR, Buckley RA, Ledlie J. Balloon kyphoplasty for symptomatic vertebral body compression fractures results in rapid, significant, and sustained improvements in back pain, function, and quality of life for elderly patients. *Spine.* 2006;31:2213–2220.
5. Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, Berlemann U. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies. *Spine.* 2006;31:1983–2001.
6. Lau E, Ong K, Kurtz S, Schmier J., Edidin A. Mortality following the diagnosis of a vertebral compression fracture in the Medicare population. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:1479–1486.
7. Ledlie JT, Renfro MB. Kyphoplasty treatment of vertebral fractures: 2-year outcomes show sustained benefits. *Spine* 2006;31:57–64.
8. Lee MJ, Dumonski M, Cahill P, Stanley T, Park D, Singh K. Percutaneous treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of complications. *Spine.* 2009;34:1228–1232.
9. Liebschner MA, Rosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty. *Spine.* 2001;26:1547–1554.
10. Luo J, Daines L, Charalambous A, Adams MA, Annesley-Williams DJ, Dolan P. Vertebroplasty: only small cement volumes are required to normalize stress distributions on the vertebral bodies. *Spine.* 2009;34:2865–2873.
11. Molloy S, Mathis JM, Belkoff SM. The effect of vertebral body percentage fill on mechanical behavior during percutaneous vertebroplasty. *Spine.* 2003;28:1549–1554.
12. Mroz TE, Yamashita T, Davros WJ, Lieberman IH. Radiation exposure to the surgeon and the patient during kyphoplasty. *J Spin Disord Tech.* 2008;21:96–100.
13. Müller CW, Gössling T., Mameghani A, Stier R, Klein M, Hüfner T, Krettek C. Osteoporosebedingte Wirbelkörperfrakturen. *Orthopäde.* 2010;39:417–424.
14. Nieuwenhuijse MJ, Bollen L, van Erkel AR, Dijkstra PD. Optimal intravertebral cement volume in percutaneous vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37:1747–1755.
15. Svedbom A, Alvares L, Cooper C, Marsh D, Ström O. Balloon kyphoplasty compared to vertebroplasty and nonsurgical management in patients hospitalised with acute osteoporotic vertebral compression fracture: a UK cost-effectiveness analysis. *Osteoporos Int.* 2013;24:355–367.
16. Taylor RS, Frixzell P, Taylor RJ. Balloon kyphoplasty in the management of vertebral compression fractures: an updated systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2007;16:1085–1100.
17. Yilmaz A, Çakır M, Yüçetaş CŞ, Urfalı B, Üçler N, Altaş M, Aras M, Serarslan Y, Koç RK. Percutaneous kyphoplasty, is bilateral approach necessary? *Spine (Phila Pa 1976).* 2018;43:977–983.
18. Wardlaw D, Cummings SR, Van Meirhaeghe J, Bastian L, Tillman JB, Ranstam J, Eastell R, Shabe P, Talmadge K, Boonen S. Efficacy and safety of balloon kyphoplasty compared with non-surgical care for vertebral compression fracture (FREE): a randomised controlled trial. *Lancet.* 2009;373:1016–1024.

Korespondující autor:

Prof. Z. Klezl, Ph.D.
Consultant Orthopaedic and Spine surgeon
University Hospitals Derby and Burton NHS
Foundation Trust
Uttoxeter road, DE22 3NE, Derby, United Kingdom
E-mail: zklezl@aospine.org