

Léčba bolesti u zlomenin páteře a facetového syndromu hrudní a bederní páteře z pohledu intervenčního radiologa

Pain management in vertebral fractures and facet joint syndrome of the thoracic and lumbar spine from the perspective of an interventional radiologist

Pavel Ryška¹, Jiří Jandura¹, Milan Vajda¹, Michal Čech¹, Jiří Vaňásek¹, Jan Raupach¹, Petr Hoffmann¹, Roman Kostyšyn²

¹Radiologická klinika LF UK a FN, Hradec Králové

²Neurochirurgická klinika LF UK a FN, Hradec Králové

Hlavní stanovisko práce

Práce přináší současný pohled na základní možnosti postavení léčby bolesti s využitím miniinvasivních technik u nemocných s facetovým syndromem či zlomeninou páteře.

SOUHRN

Ryška P, Jandura J, Vajda M, Čech M, Vaňásek J, Raupach J, Hoffmann P, Kostyšyn R. Léčba bolesti u zlomenin páteře a facetového syndromu hrudní a bederní páteře z pohledu intervenčního radiologa

Zlomeniny páteře patří mezi častá poranění provázející všechny věkové skupiny. Nestabilní zlomeniny jsou léčeny chirurgicky se snahou o obnovení základních funkcí páteře. Stabilní fraktury se léčí ve většině případů konzervativně nebo pomocí minimálně invazivních technik. Bolest je přítomna u většiny nemocných a může být limitujícím faktorem pro časný návrat k běžným denním aktivitám. Mezi minimálně invazivní metody umožňující ovlivnění bolesti patří analgetické blokády, kyslíko-ozonová terapie (KOT), radiofrekvenční ablace (RFA) či augmentace skeletu polymethylmetakrylátovým (PMMA) cementem. Práce pak předkládá současný pohled medicíny založené na důkazech (EBM) na jednotlivé metody léčby bolesti, přičemž jsou probírány základní principy a aspekty jednotlivých metod. Na pracovišti autorů bylo provedeno za posledních 8 let více než 8800 zákroků léčby bolesti zad s CT navigací a 253 augmentačních zákroků. Nebyla zaznamenána klinicky významná komplikace.

Klíčová slova: evidence-based medicine, chirurgie, osteoporóza, ozon, vertebroplastika.

Major statement

This paper summaries current basic possibilities of mini-invasive techniques regarding the treatment of pain in patients with facet joint syndrome or vertebral fracture.

SUMMARY

Ryška P, Jandura J, Vajda M, Čech M, Vaňásek J, Raupach J, Hoffmann P, Kostyšyn R. Pain management in vertebral fractures and facet joint syndrome of the thoracic and lumbar spine from the perspective of an interventional radiologist

Vertebral fracture is a common trauma can occur at any age group. Unstable fractures are treated surgically to restore the basic spinal functionality. In most cases, stable fractures are treated conservatively or by minimally invasive techniques. Pain is the most common symptom and can be a limiting factor for an early return to ones daily activities. Among the minimally invasive procedures for pain management are analgesis blockades, oxygen-ozone therapy, radiofrequency ablation or augmentation. This paper presents the current view of evidence-based medicine (EBM) on individual methods of pain treatment of which basic principles and aspects are discussed. Furthermore, the practical experiences of the author's workplace are presented. Over the past 8 years, more than 8,800 back pain treatments under CT guidance and 253 augmentation procedures have been performed at the authors' workplace. No clinically significant complication was observed.

Key words: evidence-based medicine, surgery, osteoporosis, ozone, vertebroplasty.

Přijato: 31. 12. 2022

Korespondenční adresa:

doc. MUDr. Pavel Ryška, Ph.D.
Radiologická klinika LF UK a FN
Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové
e-mail: pavel.ryska@fnhk.cz

Konflikt zájmů: žádný.

ÚVOD

Bolesti zad provázejí velkou část populace. Podle délky trvání je můžeme dělit na akutní, které trvají do 2 týdnů, nebo chronické. Za chronickou bolest označujeme takovou, jenž trvá déle než 3 měsíce. Zlomenina páteře bývá častá u nemocných s polytraumaty po pádu z výšky, u poranění v rámci dopravních nehod či u starších nemocných s osteoporózou. Klinicky se projeví bolestí a případným neurologickým deficitem. Bolest je lokalizovaná do oblasti zlomeniny a při fyzikálním vyšetření často prokážeme paravertebrální svalové spazmy. Neurologický deficit může být různé závažnosti od kompletní míšní léze po radikulární syndrom. Facetový syndrom je klinická jednotka projevující se bolestí zad, často se zhoršením při záklonu. Častá bývá pseudoradikulární iritace. Z jednotlivých miniinvazivních přístupů v rámci léčby bolesti u nemocných se zlomeninou páteře se používají nejčastěji: paravertebrální či facetové blokády, kyslíko-ozonová terapie a augmentační techniky. Pro vlastní navigaci zákroků lze využít ultrazvuk, skiaskopii či výpočetní tomografii. Pro augmentační techniky je zcela nezbytnou podmínkou přímá skiaskopická kontrola fáze plnění kostního PMMA cementu ve zlomeném obratli.

Léčba nemocných představuje komplexní problém, kdy možnosti řešení

zahrnují jak přístupy konzervativní, tak i semiinvazivní a operační. Vlastní zákroky jsou porovnány na principech medicíny postavené na důkazech (EBM). Hlavním cílem doporučení je vytvoření léčebných algoritmů na základě objektivních a vědeckých faktů vedoucích k účinné léčbě nemocných. Na podkladě výsledků studií jsou vytvářeny různé stupně síly doporučení pro jednotlivé typy léčby. Pro bolest jsou doporučovány například schémata dle Manchikantiho (1, 2) (tab. 1, 2).

PARAVERTEBRÁLNÍ ČI FACETOVÁ BLOKÁDA

V roce 1930 W. Evans (3) popsal injekci anestetika epidurálně v léčbě bolesti zad. Provedení první injekční aplikace steroidu epidurálně byla popsána v padesátých letech 20. století J. A. Lievrem. To je možné označit za určitý začátek kombinovaných metod charakteru **periradikulární terapie**, která pak následně vedla k postupnému vývoji technik, jako jsou blokády nervových struktur. Při blokádách se používá léčebná směs anestetika s depotním kortikoidem. Glukokortikoidy jsou léky s protizánětlivým a antiedematózním efektem. Rozeznáváme dva injektabilní typy těchto látek: *partikulární* a *nepartikulární*. Nupartikulární mají

rychlejší nástup účinku s krátkodobým protizánětlivým efektem a u partikulárních je pak působení dlouhodobější. Partikulární kortikosteroidy však mají větší riziko velmi závažných komplikací jako infarkt míchy, paraplegii, těžké parézy či embolizaci do CNS. Nezbytnou podmínkou pro správnou aplikaci steroidů v oblasti páteře míchy je navigace pomocí zobrazovacích metod.

Technika zákroku

Pod CT kontrolou je zavedena 19G až 22G jehla do oblasti odstupů ramus dorsalis medialis míšního kořene v oblasti zadní části transverzálního výběžku (obr. 1). Po zpětné aspiraci je následně aplikována léčebná směs 10 ml 0,5 % Marcainu s depotním kortikoidem (1 ml Dexamedu). Značení směsi pomocí kontrastní látky není při správné poloze jehly nezbytné. Při vytahování jehly je možná kontinuální aplikace zbytku směsi do paravertebrálního svalstva. Intraartikulární aplikace se u facetového syndromu nedoporučuje. U facetové blokády se ošetřuje při jednostranné bolesti místo obtíží + etáž nad i pod (tři vpichy). Při oboustranné bolesti (tak jak je tomu u většiny zlomenin) ošetřujeme optimálně celkově tři etáže oboustranně (6 vpichů) tak, že zlomenina je uprostřed.

EBM hrudní páteř

- úroveň I. se silným doporučením pro navigaci zákroku pod CT či skiaskopii
- úroveň evidence II. se středně významným doporučením pro cílenou blokádu facet
- úroveň evidence III. se středně silným doporučením pro intraartikulární aplikaci

EBM bederní páteř

- úroveň I. se silným doporučením pro navigaci zákroku pod CT či skiaskopii
- úroveň evidence II. se středně významným doporučením pro lumbální facetový blok
- úroveň evidence IV. s uspokojivým doporučením pro intraartikulární facetovou blokádu

Tab. 1. Úroveň typu důkazů EBM pro bolest dle Manchikantiho 2020–2021 (1, 2)

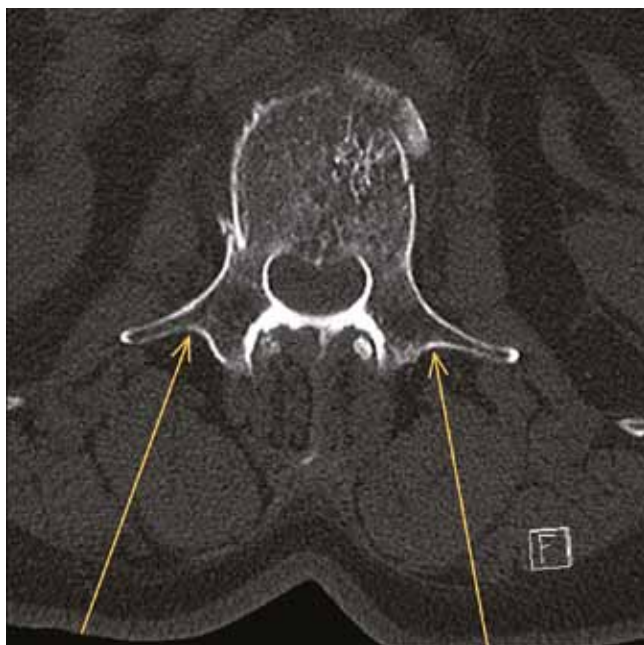
Table 1. Levels of evidence for pain according to Manchikanti 2020–2021 (1, 2)

Úroveň	Síla doporučení	Síla evidence
I.	silné	evidence na základě vysoce kvalitních randomizovaných kontrolovaných studií či vícečetných vysoce kvalitních diagnosticky přesných studií
II.	střední	na základě jedné relevantní randomizované studie nebo vícečetných méně kvalitních randomizovaných studií
III.	uspokojivé	na základě středně či níže kvalitní randomizované studie nebo na základě jedné vysoce kvalitní observační studie
IV.	limitované	na základě vícečetných níže kvalitních observačních studií
V.	konsenzus	na základě konsenzu velké skupiny lékařů či vědců

Tab. 2. Stupeň doporučení v léčbě bolesti dle Manchikanti 2020–2021 (1, 2)

Table 2. Strength of recommendation according Manchikanti 2020–2021 (1, 2)

Silný	na podkladě vícečetných, multicentrických randomizovaných studií a metaanalýz Léčba je doporučena.
Střední	na podkladě jednoduchých randomizovaných a nerandomizovaných studií Léčbu lze použít.
Slabý	názorový konsenzus odborníků, retrospektivní studie, registry Léčbu lze použít limitovaně.



- 1** **Anatomické CT schéma** (šipky označující cílový bod pro ošetření ramus dorsalis medialis, inervující facetový kloub)
- Anatomical CT schema** (arrows shows the target area for treatment of the ramus dorsalis medialis, innervating the facet joint)

Technika zákroku

Pod CT kontrolou je zavedena 19G až 22G jehla do stejného místa jako při facetové blokádě. Poté, co je směs vytvořena v generátoru, je aspirována do 12ml stříkačky a bezprostředně po vytvoření aplikována do oblasti zájmu (obr. 2).

EBM pro hrudní a bederní páteř

- úroveň I. se silným doporučením pro navigaci zákroku pod CT či skiaskopii
- není evidence pro použití kyslíko-ozonové terapie u léčby bolesti u zlomenin páteře
- úroveň evidence III. pro léčbu chronického facetového syndromu
- úroveň evidence III. pro paravertebrální aplikaci kyslíko-ozonové terapie

KYSLÍKO-OZONOVÁ TERAPIE

Využití směsi kyslíku s ozonem pro léčbu bolestivých stavů páteře publikovali italská autoři M. Muto a M. Leonardi (4, 5) ve druhé polovině devadesátých let 20. století. Hovoříme o **kyslíko-ozonové terapii** (KOT). K vlastní aplikaci se injekce léčebné směsi připravuje

pomocí speciálního generátoru ozonu. Ten ho vytváří z kyslíku, který je přivedený do generátoru. Aplikace směsi kyslíku s ozonem pak přímo vede ke zlepšení perianglionární mikrocirkulace v oblasti nervového kořene. Vzniká zde i celá řada biochemických procesů. Plynná směs vytvořená generátorem je pomocí injekční stříkačky aplikována do oblasti zájmu. Směs obsahuje cca 0,1–5 % ozonu a zbytek pak tvoří kyslík.

RADIOFREKVENČNÍ ABLACE

Radiofrekvenční ablace (RFA) je metodou neurodestruktivní. Během zákroku je pomocí generátoru přes zavedenou elektrodu vytvářena v cílové tkáni vysoká teplota (80–100 °C), při které dochází k ireverzibilnímu buněčnému poškození. Elektroda je k cílové tkáni zavedena přes elektricky izolovanou jehlu. V léčbě bolesti zad ji pak použil C. N. Shealy (6) v roce 1975 při léčbě facetového syndromu páteře.

Technika zákroku

Pod CT kontrolou je zavedena 19G elektricky izolovaná jehla s aktivním hrotem, přes kterou je zavedena elektroda (obr. 3). Poté je provedena termická ablace cílové tkáně při teplotě 80 °C po dobu 60 sekund.

EBM pro hrudní páteř

- úroveň evidence I. se silným doporučením pro navigaci zákroku pod CT či skiaskopii
- úroveň evidence III. s uspokojivým výsledkem pro radiofrekvenční ablací facet

EBM pro bederní páteř

- úroveň I. se silným doporučením pro navigaci zákroku pod CT či skiaskopii
- úroveň evidence II. se středně významným doporučením pro bederní radiofrekvenční facetovou ablací.

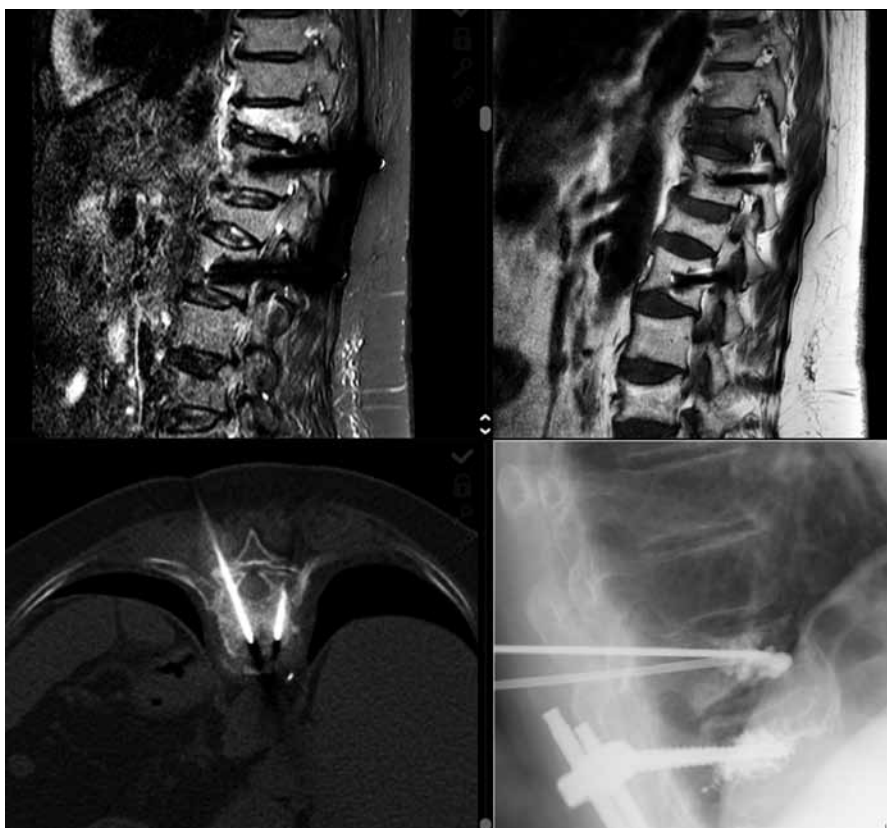


- 2** V horní části obraz akutní osteoporotické zlomeniny prvního bederního obratle (sagitální MR zobrazení), v dolní části obrázku pak zavedení jehel a následná aplikace plynné léčebné směsi s její dobrou distribucí (axiální CT zobrazení)

In the upper part, an image of an acute osteoporotic fracture of the first lumbar vertebra (sagittal MRI scans), in the lower part of the picture, the insertion of the needles and the subsequent application of the gas mixture with its correct distribution (axial CT scans)



3 CT vyšetření nemocného s vícečetnými patologickými zlomeninami obratle při mnohočetném myelomu – zavedení RF elektrod s následným provedením ablace facet v distálním LS úseku
CT scans of a patient with multiple pathological vertebral fractures in multiple myeloma – insertion of RF electrodes followed by facet ablation in the distal LS segment



4 Nemocná s cementovanou stabilizací TH12-L2 – nově akutní fraktura TH-11: horní část – předoperační MR, v dolní části provedení vertebroplastiky TH-11 bipedikulární technikou
Patient with TH12-L2 cemented stabilization – new acute TH-11 fracture: upper part – pre-operative MR. In the lower part, the procedure of TH-11 vertebroplasty using the bipedicular technique.

AUGMENTAČNÍ TECHNIKY SKELETU

Perkutánní vertebroplastika byla poprvé použita při léčbě hemangiomu krčních obratlů ve Francii v osmdesátých letech 20. století (7). Začátkem 21. století se metoda vertebroplastiky rozšířila i v České republice.

Technika zákroku

Perkutánní vertebroplastika se standardně provádí pod navigací pomocí CT přístroje nebo skiaskopicky na angiografickém kompletu či C-rameni. Nezbytnou podmínkou pro bezpečné provádění zákroku je přímá skiaskopická kontrola fáze plnění obratle cementem (obr. 4).

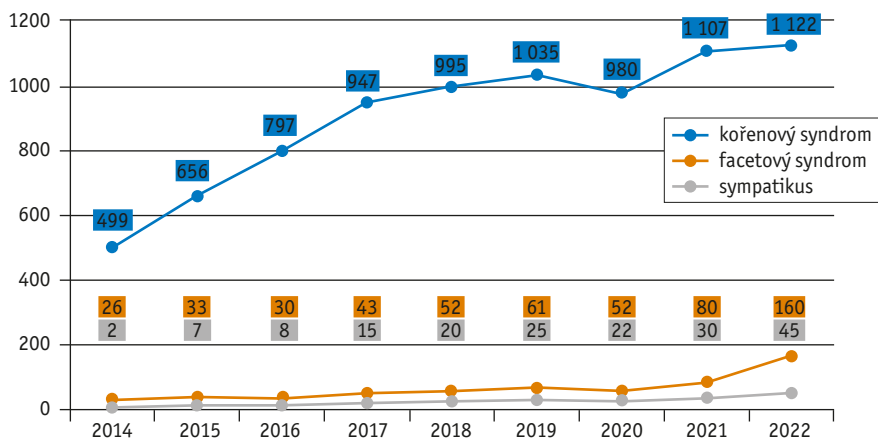
VÝSLEDKY

Od roku 2014 do roku 2022 bylo ve FN Hradec Králové, v rámci léčby bolesti páteře bez augmentačních technik, provedeno pod CT kontrolou ošetření více než 8850 nemocných (graf 1). V celém souboru nebyla zaznamenána závažnější komplikace ve smyslu většího krvácení, zánětlivé komplikace či nechtěného poranění nervových struktur. Vzestupný trend počtu intervencí v průběhu let byl jen se zcela minimálním poklesem v roce 2020 během pandemie COVID-19. Za 8 let je počet zákroků téměř trojnásobný. Ve stejném období bylo provedeno také 253 augmentačních zákroků z důvodu zlomeniny obratle.

DISKUZE

Facetový syndrom

Facetový syndrom je klinická jednotka projevující se bolestí zad. Ta je často lokalizovaná paravertebrálně dorzálně. Bolest se zhoršuje při zatížení zadních elementů (záklonu) a často má pseudoradikulární charakter. Facetové klouby jsou bohatě inervované, jejich struktura i proces degenerace odpovídá velkým synoviálním kloubům (kyčel, koleno, ...). Projevy na zobrazovacích metodách závisí na stupni degenerace. V první fázi prokazujeme zúžení kloubní štěrbin, následuje vznik spondylofytů, zvýšená



Graf 1. Počet CT navigovaných intervenčních zákroků v léčbě bolesti zad
Graph 1. Number of CT-guided interventions in the treatment of back pain

náplň kloubu synoviální tekutinou, hypertrofií žlutých vazů a vznik synoviálních cyst. Může být přítomna i spondylolýza. Pro pacienty může být blokáda či ošetření pomocí KOT vhodnou možností léčby bolesti. Vlastní provedení zákroku je jednoduché s minimem periprocedurálních komplikací. V případě přítomnosti segmentální instability je vhodná konzultace spondylochirurgického pracoviště. U bederní páteře se považuje za nestabilitu již významný rozdíl v posunu obratlových těl při funkci o více než 5–6 mm (předklon versus záklon) na funkčním skiagrafickém zobrazení páteře.

Osteoporotické zlomeniny páteře

Osteoporóza je onemocnění skeletu, které vede k postupnému úbytku kostní hmoty. Skelet je pak více náchylný ke zlomeninám. Zlomeniny obratlů jsou provázeny bolestí, která je svým maximem lokalizovaná do místa zlomeniny. Při klinickém vyšetření prokážeme často paravertebrální spazmy a poklepovou bolestivost spinózního trnu. Pokud je přítomný neurologický deficit, je primárně zlomenina indikována ke spondylochirurgické léčbě. Neurologický deficit je však u osteoporózy vzácný. Jedním z významných projevů je akutní lumbago. To je často provázeno facetovým syndromem.

Terapie je primárně konzervativní a zahrnuje klid na lůžku, analgetickou terapii s následným využitím podpůrných pomůcek, jako jsou korzet a bederní pás. Ty primárně nevedou ke stabilizaci segmentu, ale k zabránění nežádoucích pohybů (flexe, extenze, rotace). Dalšími léčebnými miniinvasivními

metodami jsou analgetické blokády, ablace, aplikace kyslíko-ozonové terapie či augmentační techniky. U indikovaných případů je pak doporučena léčba operační. Mezi hlavní principy spondylochirurgické terapie patří dekomprese nervových struktur s následnou stabilizací postiženého segmentu.

EBM u vertebroplastiky v konfrontaci dlouhodobých výsledků VERTOS II. a IV.

Výsledky dvou randomizovaných dvojitě zaslepených studií publikovaných v roce 2009 (8, 9) zpochybnily efekt na bolest u vertebroplastiky při léčbě osteoporotických zlomenin. „Falešná procedura“ v podobě paravertebrálního či facetového bloku přinášela v krátkodobém sledování nemocným srovnatelnou úlevu jako vertebroplastika. V roce 2010 byly v časopise Lancet zveřejněny výsledky randomizované studie VERTOS II (10). Ta porovnávala efekt konzervativní terapie s vertebroplastikou. Výsledky ukázaly prospěšnost vertebroplastiky. V případě průkazu edematózních změn v obratlovém těle na magnetické rezonanci a při dobré korelaci klinického nálezu je pak augmentace vhodná. Výsledky studie INVEST (11) publikované na konci roku 2013 ukazují, že pacienti ošetřeni vertebroplastikou udávají klinický efekt i při kontrole za 12 měsíců. V roce 2016 byly publikovány výsledky studie VAPOUR (12), prospektivní dvojitě zaslepené studie týkající se vertebroplastiky u nemocných s akutní frakturou obratle a spojené s jeho výraznou bolestivostí (NRS bylo v průměru 8, 6/10). V této studii došlo ke statisticky významnému

rozdílu při kontrole NRS za 24 hodin i 14 dní po léčbě. Rozdíl pak byl patrný i na kontrole za 6 měsíců ($p < 0,05$). Ve skupině pacientů ošetřených pomocí vertebroplastiky byla prokázána kratší délka hospitalizace (5,5 dne) oproti skupině ošetřené jinou technikou. V roce 2018 byly zveřejněny výsledky studie VERTOS IV (13). Jedná se o prospektivní dvojitě zaslepenou studii srovnávající vertebroplastiku oproti falešné proceduře (paravertebrální blok se zavedením jehly do části pediklu v obou sledovaných skupinách pacientů). Za jeden ze zásadních vedlejších výsledků považujeme zachování výšky obratle ve skupinách ošetřených pomocí perkutánní vertebroplastiky oproti „falešným procedurám“ ve studii VAPOUR (12) i VERTOS IV (13). Prohlubující se deformace páteře se změnou její dynamiky mohou být příčinou zvýšené morbidity a mortality nemocných s vertebrální kompresivní frakturou. Jedná se o důležitý aspekt, který je potřeba zohlednit v případě rozhodování o typu intervenčního zákroku. Pro další vývoj terapeutických postupů je velmi zásadní i dlouhodobý efekt zákroků. V roce 2022 bylo publikováno porovnání dlouhodobých (ročních) výsledků nemocných zařazených ve studiích VERTOS II a VERTOS IV (14). Zde se prokazuje jednoznačné snížení bolesti u nemocných ošetřených perkutánní vertebroplastikou oproti skupině ošetřené pomocí falešné procedury či skupině léčené konzervativně. Jednoznačný benefit měli nemocní se vstupním VAS nad hodnotu 8/10, vyšší mírou komprese obratle, ženy nebo nemocní s přítomností nové zlomeniny. Tyto závěry ukazují novou indikační skupinu nemocných vhodnou pro tento typ léčby.

DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Výsledky randomizovaných studií jsou stran indikace vertebroplastiky u osteoporotických zlomenin páteře rozporuplné a ukazuje se nutnost zcela individuálního přístupu k indikaci. Pro ošetření jsou vhodní zejména nemocní s velmi čerstvou zlomeninou (do 2–3 týdnů od úrazu), s vyšším stupněm komprese a VAS nad hodnotu 8/10. Pro predikci případného analgetického úspěchu zákroku je zejména u subakutních kompresí ke zvážení provedení kyslíko-ozonové terapie či facetové

blokády před případnou vertebroplastikou. Facetový blok ani kyslíko–ozonová terapie však ve svém principu nevedou ke stabilizaci postiženého obratle. Pro pracoviště, která nemají možnost provádět augmentace, jsou minimálně invazivní techniky zajímavou alternativou pomoci široké skupině nemocných. Je dobré mít na paměti, že i krátkodobý analgetický efekt může vést ke zlepšení kvality života našich pacientů.

ZÁVĚR

Perkutánní vertebroplastika představuje nadále bezpečnou techniku pro stabilizaci postiženého obratle, jak ukazují poslední výsledky má dlouhodobější efektivitu při léčbě bolesti oproti blokádám či kyslíko–ozonové terapii. Méně invazivní techniky jsou však velmi jednoduchou a dostupnou možností pro rychlou pomoc

nemocným s bolestí zad při facetovém syndromu či zlomenině páteře s minimálním rizikem komplikací. ●

Seznam zkratk

DSA	digitální subtrakční angiografie
EBM	evidence based medicine
NRS	Numeric Rating Scale
PMMA	polymethylmetakrylát
VAS	visual analogue scale

LITERATURA

1. **Manchikanti L, Kaye AD, Sooin A, et al.** Comprehensive Evidence-Based Guidelines for Facet Joint Interventions in the Management of Chronic Spinal Pain: American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) Guidelines Facet Joint Interventions 2020 Guidelines. *Pain Physician* 2020; 23: 1–127.
2. **Manchikanti L, Atluri S, Boswell MV, et al.** Methodology for evidence synthesis and development of comprehensive evidence-based guidelines for interventional techniques in chronic spinal pain. *Pain Physician* 2021; 24: 1–26.
3. **Evans W.** Intrasacral epidural injection in the treatment of sciatica. *Lancet* 1930; 216(5597): 1225–1229.
4. **Leonardi M, Riccoli LA, Battaglia S, et al.** Oxygen-ozone chemonucleolysis for herniated disc with sciatica. A comparison of treatments in patients with subacute and chronic symptoms. *Rivista Italiana di Ossigeno-Ozonoterapia*, 2006; 5: 33–36.
5. **Muto M, Ambrosanio G, Guarnieri G, et al.** A. Low back pain and sciatica: treatment with intradiscal-intraforaminal O₂-O₃ injection. Our experience. *La Radiologia medica* 2008; 113(5): 695–706.
6. **Shealy CN.** Percutaneous radiofrequency denervation of spinal facets. Treatment for chronic back pain and sciatica. *J Neurosurg* 1975; 43(4): 448–451.
7. **Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D.** Note préliminaire sur le traitement des angiomes vertébraux par vertébroplastie acrylique percutanée. *Neurochirurgie* 1987; 33(2): 166–168.
8. **Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ, et al.** A Randomized Trial of Vertebroplasty for Osteoporotic Spinal Fractures. *N Engl J Med* 2009; 361(6): 569–579.
9. **Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR, et al.** A Randomized Trial of Vertebroplasty for Painful Osteoporotic Vertebral Fractures. *N Engl J Med* 2009; 361(6): 557–568.
10. **Klazen CAH, Lohle PNM, de Vries J, et al.** Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (Vertos II): An open-label randomised trial. *Lancet* 2010; 376(9746): 1085–1092.
11. **Comstock BA, Sittani CM, Jarvik JG, et al.** Investigational Vertebroplasty Safety and Efficacy Trial (INVEST): Patient-reported Outcomes through 1 year. *Radiology* 2013; 269(1): 224–231.
12. **Clark W, Bird P, Gonski P, et al.** Safety and efficacy of vertebroplasty for acute painful osteoporotic fractures (VAPOUR): a multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet* 2016; 388(10052): 1408–1416.
13. **Firanesco CE, de Vries J, Lodder P, et al.** Percutaneous Vertebroplasty is no Risk Factor for New Vertebral Fractures and Protects Against Further Height Loss (VERTOS IV). *Cardiovasc Intervent Radiol* 2019; 42(7): 991–1000.
14. **Firanesco CE, Venmans A, de Vries J, et al.** Predictive Factors for Sustained Pain after (sub)acute Osteoporotic Vertebral Fractures. Combined Results from the VERTOS II and VERTOS IV Trial. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2022; 45: 1314–1321.