

POROVNÁNÍ RADIAČNÍ ZÁTĚŽE U TŘÍ CT NAVIGOVANÝCH MINIMÁLNĚ INVAZIVNÍCH METOD LÉČBY BOLESTI U NEMOCNÝCH S CHRONICKÝM LUMBOISCHIADICKÝM SYNDROMEM

COMPARISON OF THE RADIATION EXPOSURE WITHIN THE THREE CT NAVIGATED MINIMALLY INVASIVE PAIN TREATMENT METHODS FOR PATIENTS WITH CHRONIC SCIATICA

původní práce

Jiří Jandura¹
Pavel Ryška¹
Antonín Krajina¹
Jakub Grepl^{1,2}
Jaroslav Storm¹
Ondřej Slezák¹
Eva Čermáková³

¹Radiologická klinika FN Hradec Králové
Lékařská fakulta v Hradci Králové
Univerzita Karlova

²Katedra radiobiologie, Fakulta vojenského zdravotnictví, Univerzita obrany, Brno

³Ústav lékařské biofyziky
Lékařská fakulta v Hradci Králové
Univerzita Karlova

Přijato: 15. 8. 2018.

Korespondenční adresa:

MUDr. Jiří Jandura
Radiologická klinika
FN Hradec Králové
Sokolská 581
500 05 Hradec Králové

e-mail: jiri.jandura@fnhk.cz

Konflikt zájmů: žádný.

Hlavní stanovisko práce

CT navigovaná minimálně invazivní léčba bolesti je spojena s určitým rizikem radiační zátěže pro pacienta.

SOUHRN

Jandura J, Ryška P, Krajina A, Grepl J, Storm J, Slezák O, Čermáková E. Porovnání radiační zátěže u tří CT navigovaných minimálně invazivních metod léčby bolesti u nemocných s chronickým lumboischia-dickým syndromem

Cíl: Porovnání radiační zátěže u tří CT navigovaných minimálně invazivních metod léčby bolesti – pulzní radiofrekvenční modulace (PRF), kyslík-ozonové terapie (KOT) a periradikulární terapie (PRT) prováděných u nemocných s chronickým monoradikulárním lumboischia-dickým (LI) syndromem.

Metodika: Retrospektivní analýza radiační zátěže u souboru 86 pacientů s chronickým LI syndromem, kteří podstoupili jeden ze tří uvedených způsobů léčby s intermitentním způsobem CT navigace v období 10/2015 až 06/2017. Míra radiační zátěže byla hodnocena na základě porovnání velikosti hodnot celkového součinu kerry a délky (dose length product – DLP) a vypočtených efektivních dávek (E). Byl zjišťován vliv opakování periprocedurálních kontrolních CT zobrazení, věku a body mass indexu (BMI).

Výsledky: Průměrné hodnoty DLP byly u skupiny PRF: $33 \pm 3,3$ mGy.cm, u KOT: $35,8 \pm 5,8$ mGy.cm a u PRT: $37,5 \pm 7,1$ mGy.cm.

Major statement

CT navigated percutaneous minimally invasive treatment of pain is accompanied with a possible risk of ionizing radiation for the patient.

SUMMARY

Jandura J, Ryška P, Krajina A, Grepl J, Storm J, Slezák O, Čermáková E. Comparison of the radiation exposure within the three CT navigated minimally invasive pain treatment methods for patients with chronic sciatica

Aim: To compare the radiation exposure in the group of patients, which were treated by the CT guided minimally invasive methods – pulsed radiofrequency modulation (PRF), oxygen-ozone therapy (OOT) and periradicular therapy (PRT) for chronic sciatica.

Methods: Retrospective analysis of the radiation exposure in cohort of 86 patients, which had undergone one of the forementioned minimally invasive kinds of treatment with intermittent CT navigation, during the period 10/2015 to 06/2017. The radiation exposure was evaluated on the basis of measured total dose length products (DLP) and calculated effective radiation doses (E). Possible influence of periprocedural control CT scans quantity, age and body mass index (BMI) was also evaluated.

Results: Mean DLP in the group PRF was: 33 ± 3.3 mGy.cm, in the group OOT: 35.8 ± 5.8 mGy.cm and in the group PRT: 37.5 ± 7.1 mGy.cm. Mean E in the group PRF was: 0.48

Průměrné hodnoty E byly u skupiny PRF: $0,48 \pm 0,096$ mSv, u KOT: $0,51 \pm 0,097$ mSv a u PRT: $0,55 \pm 0,12$ mSv. Byl zjištěn statisticky významný rozdíl při srovnání velikosti DLP a E u skupiny PRF proti skupinám KOT a PRT ($p < 0,05$). Byla potvrzena statisticky významná závislost mezi počtem opakování kontrolních CT zobrazení a hodnotami DLP i E. Nebyla zjištěna statisticky významná závislost hodnot DLP, či E na věku a BMI. Všechny výkony byly technicky provedeny úspěšně. Nebyly zaznamenány klinicky významné komplikace léčby.

Závěr: Největší vliv na velikost radiační zátěže u porovnávaných metod léčby měl počet opakování kontrolních CT scanů. Vliv věku a BMI se neukázal jako významný.

Klíčová slova: lumboischiadický syndrom, pulzní radiofrekvenční léčba, radiační zátěž, výpočetní tomografie.

$\pm 0,096$ mSv, in the group KOT: 0.51 ± 0.097 mSv and in the group PRT: 0.55 ± 0.12 mSv. The statistically significant difference of DLP and E values was confirmed between the PRF and OOT, PRT groups ($p < 0.05$). Also the statistically significant dependence of the DLP and E values to the control scans quantity was confirmed. No statistically significant relationship was found in comparison of the DLP and E to the age and BMI. All procedures have been technically successful. No significant complications of the treatment have occurred.

Conclusion: The radiation exposure in the compared groups was mostly influenced by the quantity of control CT scans. The influence of age and BMI was not statistically significant.

Key words: sciatica, pulsed radiofrequency treatment, radiation exposure, computed tomography.

ÚVOD

V léčbě bolesti při LI syndromu se mimo jiné dobře uplatňují minimálně invazivní techniky, jejichž tradičním představitelem je PRT. Jejich společným znakem je perkutánní zavedení instrumentária (jehly) do zvolené anatomické oblasti (obvykle transforaminálně ke kořeni spinálního nervu). Tyto výkony mohou být prováděny s využitím zobrazovacích metod, což umožňuje zvýšit bezpečnost a efektivitu léčby. V praxi se nejčastěji uplatňuje skiaskopická a CT navigace (1, 2). V případě CT lze využít intermitentní způsob zobrazení či CT skiaskopický režim. Jejich zřejmou nevýhodou je vystavení pacienta, eventuálně i výkon provádějícího personálu, působení ionizujícího záření (1–4), kdy zejména v případě CT skiaskopie může být radiační zátěž vyšší.

Uvedené metody (PRF, KOT, PRT) jsou založeny na různých principech. PRF má neuromodulační účinek na nervovou tkáň, který se zakládá na vystavení ganglia dorzálního kořene spinálního nervu elektrickému poli (vlivem přerušovaného působení vysokofrekvenčního střídavého elektrického proudu) a také na současném mírném lokálním zvýšení teploty tkáně (nepřevyšuje 42°C) (5, 6). Při KOT je ke kořeni spinálního nervu injekčně aplikována plynná směs kyslíku s ozonem. Tato má vliv na stimulaci antinociceptorových analgetických mechanismů, má protizánětlivý efekt tlumící projevy radikulitidy a také ovlivňuje lokální mikrocirkulaci (redukuje žilní stázu a edém) (7, 8). Při PRT je ke kořeni spinálního nervu injekčně aplikována léková směs, obvykle s obsahem depotního kortikosteroidu a analgetika. Kortikosteroidy mají vliv na inhibici syntézy prostaglandinů, ovlivňují buněčnou i humorální imunitní odpověď organismu, stabilizují buněčné membrány a blokují vedení nociceptivních nervových vláken (9).

Cílem práce je zhodnotit míru radiační zátěže u metod PRF, KOT a PRT, prováděných s intermitentní CT navigací u nemocných s LI syndromem.

METODIKA

Soubor 86 pacientů s chronickým (nejméně 3 měsíce trvajícím) monoradikulárním LI syndromem s propagací bolesti do dermatomu L5, nebo S1. Metodami PRF i KOT bylo ošetřeno po 28 nemocných, PRT 30 nemocných (tab. 1). Věk nemocných byl v rozmezí 20–82 let (tab. 2). Celkem 56 osob (65,1 %) bylo starších 50 let. Průměrná hodnota BMI byla u žen: 28,8 a u mužů: 28,2 (tab. 3). Počet nemocných se syndromem selhání chirurgické léčby (failed back surgery syndrome – FBSS) byl 25 (29,1 %) (tab. 4).

Tab. 1. Charakteristika souboru – pohlaví

Table 1. Patient groups characteristics – gender

Pohlaví	Celkem	PRF	KOT	PRT
společně	86 (100 %)	28 (32,6 %)	28 (32,6 %)	30 (34,9 %)
ženy	56 (65,1 %)	19 (67,9 %)	16 (57,1 %)	21 (70 %)
muži	30 (34,9 %)	9 (32,1 %)	12 (42,9 %)	9 (30 %)

Tab. 2. Charakteristika souboru – věk (roky) (průměrné hodnoty a směrodatné odchylky)

Table 2. Patient groups characteristics – age (years)

Věk (let) ($\pm$ SD)	Celkem	PRF	KOT	PRT
společně	$56,2 \pm 12,3$	$58,5 \pm 11,1$	$51,3 \pm 12,7$	$58,6 \pm 12,1$
ženy	$56,8 \pm 12,1$	$58,7 \pm 11,2$	$51,7 \pm 13,5$	$59,0 \pm 10,7$
muži	$55,1 \pm 12,4$	$58,2 \pm 10,1$	$50,8 \pm 11,1$	$57,8 \pm 14,4$

Tab. 3. Charakteristika souboru – BMI (průměrné hodnoty a směrodatné odchylky)

Table 3. Patient groups characteristics – BMI

BMI ($\pm$ SD)	Celkem	PRF	KOT	PRT
společně	28,7 $\pm$ 5,1	30,1 $\pm$ 5,5	28,1 $\pm$ 4,3	27,9 $\pm$ 5,4
ženy	28,8 $\pm$ 5,6	30,7 $\pm$ 5,5	27,5 $\pm$ 5,2	28,3 $\pm$ 6,0
muži	28,2 $\pm$ 4,1	28,8 $\pm$ 5,6	28,9 $\pm$ 2,8	27,0 $\pm$ 3,8

Tab. 4. Charakteristika souboru – podíl nemocných s FBSS

Table 4. Patient groups characteristics – number of patients with FBSS

FBSS	Celkem	PRF	KOT	PRT
společně	25 (29,1 %)	10 (11,6 %)	9 (10,5 %)	6 (7 %)
ženy	14 (16,3 %)	6	3	5
muži	11 (12,8 %)	4	6	1

Vstupními kritérii byly věk nemocného nad 18 let, intenzita bolesti minimálně 3 body na stupnici vizuální analogové škály (0 až 10 bodů) a souhlas s provedením léčebného výkonu. Vylučujícími kritérii byly přítomnost lokálního infekčního fokusu či septického stavu, koagulopatie či léčba anti-koagulancii, těhotenství, známé alergické reakce na použité materiály či léky, nekorigovaný diabetes mellitus a indikace k neurochirurgickému výkonu.

Pro hodnocení radiační zátěže byly zaznamenány hodnoty celkového elektrického množství (mAs), celkového DLP (mGy.cm) a hodnot CTDIvol (mGy). Výpočet efektivních dávek byl proveden v programu ImPACT-CT Patient Dosimetric Calculator (Impact, Londýn, Spojené království). Tento program umožňuje výpočet radiačních dávek pomocí dat předpočítaných metodou Monte Carlo (data představují simulaci distribuce záření matematickým fantomem).

Statistické zpracování dat bylo provedeno v programu NCSS, verze 11.0.7. (NCSS, LCC, Kaysville, Utah). Při porovnání kvantitativních parametrů mezi skupinami se testovala hypotéza shody vůči alternativě, že alespoň dvě skupiny se statisticky významně liší. K tomu byla použita neparametrická Kruskalova-Wallisova analýza rozptylu s post hoc Dunno-vým testem s Bonferroni korekcí. Míra lineární souvislosti dat byla hodnocena na základě neparametrického Spearmanova koeficientu pořadové korelace.

Všechny výkony byly provedeny s intermitentním způsobem navigace na CT přístroji Somatom Definition AS (Siemens, Forchheim, Německo) při použití jednoho nízkodávkového protokolu (bez automatické modulace proudu). Protokol obsahoval topogram oblasti lumbosakrální páteře v boční projekci (expoziční parametry: 120 kV, 35 mAs; délka 256 mm), plánovací spirální axiální zobrazení (expoziční parametry: 80 kV, 100 mAs; čas rotace 0,5 s; kolimace 128 $\times$ 0,6 mm; faktor stoupání 1,3; rekonstrukční algoritmus I31f) a kontrolní sekvenční třívrstevné axiální zobrazení (expoziční parametry: 100 kV, 50 mAs; kolimace 12 $\times$ 1,2 mm; rekonstrukční algoritmus B30s), které bylo zpravidla několikrát periprocedurálně opakováno.

Všechny tři metody (PRF, KOT i PRT) byly prováděny dvěma lékaři s několikaletou praxí s tímto způsobem léčby. Ošetření probíhala v ambulantním režimu. Nejprve byly při pohovoru s nemocnými ověřeny informace uvedené na žádance k ošetření. Poté byli nemocní poučeni o zamýšlené léčbě, jejích možných komplikacích a následujících režimových opatřeních. Součástí poučení bylo také upozornění na možná rizika ionizujícího záření. Pacienti svůj souhlas s provedením ošetření potvrzovali podepsáním dokumentu informovaného souhlasu.



▲ Obr. 1

Obr. 1. Axiální scan v úrovni S1 – kovová značka nalepená na kůži pacienta, k potvrzení a vyznačení polohy místa vpichu jehly pro přístup do foramen S1 vpravo

Fig. 1. Axial CT scan at S1 level – metal mark stuck on the patients skin, to assess the pathway to the first sacral neuroforamen on the right side



▲ Obr. 2

Obr. 2. Axiální scan v úrovni S1 – jehla zavedena do cílového místa – do blízkosti kořene S1 vpravo

Fig. 2. Axial CT scan at S1 level – accurate needle placement near the S1 nerve on the right side

Během výkonu leželi nemocní na stole CT přístroje v poloze na břiše, s rukama složenýma pod hlavou a s podložním bérčů. CT navigace byla zahájena zhotovením topogramu, podle kterého byl následně vymezen rozsah plánovacího spirálního zobrazení. V něm byla vybrána vrstva vhodná pro perkutánní přístup do cílového neuroforamina, s vyměřením vzdálenosti místa vpichu jehly. Následující třívrstevné kontrolní sekvenční zobrazení bylo provedeno po nalepení kovové značky na kůži pacienta, k potvrzení a vyznačení polohy místa vpichu (obr. 1). Následovala příprava operačního pole podle zásad aseptiky. Výběr instrumentária závisel na zvolené metodě a také na vzdálenosti od kožní vrstvy k neuroforaminu. Jehla byla zaváděna postupně, přičemž její poloha byla ověřována dalšími kontrolními třívrstevnými zobrazeními. Po dosažení cílového místa (obr. 2) byla provedena ošetření zvolenou metodou.

Pro léčbu PRF bylo využito radiofrekvenčního generátoru RFG-1B (Cosman Medical, Burlington, USA) a dedikovaných 22G a 20G jehel SMK (NeuroTherm, Amsterdam, Holandsko). Pro správnou funkci metody byla kromě ověření polohy jehly na CT zobrazení ve všech případech ještě provedena kontrola selektivní stimulací senzitivních a motorických vláken kořene nervu. Na základě tohoto byla poloha jehly případně upravena. Doba ošetření trvala 2krát 120 s, při hodnotě $U = 45$ V. Pro léčbu KOT byla směs kyslíku s ozonem vytvořena generátorem OZO2 FUTURA (Alnitec, Cremosano, Itálie). Použité množství směsi bylo přibližně 6 ml, s koncentrací 23–24 $\mu\text{g}/\text{ml}$. V případě PRT byla aplikována směs tvořená jednou ampulí (1 ml) Diprophos (Merck Sharp & Dohme B.V.), 3 ml 0,5% Marcainu (AstraZeneca) a 0,5 ml neiontové jódové kontrastní látky Iomeron 300 (Iomeprolum) (Bracco). Při KOT i PRT byly ve většině případů použity 22G jehly Spinocan (B

Braun Medical, Melsungen, Německo). V případě KOT a PRT následovalo po aplikaci uvedených směsí poslední kontrolní třívrstvé zobrazení k ověření jejich distribuce v cílové oblasti (obr. 3, 4). U skupiny PRF toto kontrolní zobrazení nebylo prováděno. Následně byla jehla extrahována a místo vpichu ošetřeno. Po výkonu vyčkali pacienti 30 minut vsedě v prostorách pracoviště, které poté opouštěli s doprovázející osobou.

VÝSLEDKY

Průměrné hodnoty DLP byly u skupiny PRF: $33 \pm 3,3$ mGy.cm, u KOT: $35,8 \pm 5,8$ mGy.cm, u PRT: $37,5 \pm 7,1$ mGy.cm. Vypočtené průměrné hodnoty E byly u skupiny PRF: $0,48 \pm 0,096$ mSv, u KOT: $0,51 \pm 0,097$ mSv, u PRT: $0,55 \pm 0,12$ mSv (tab. 5). Rozdíly nejvyšších průměrných hodnot DLP a E (skupina PRT) a nejnižších (skupina PRF) činily přibližně 14%. Při použití neparametrické Kruskalovy-Wallisovy analýzy rozptylu s post hoc Dunnovým testem s Bonferroniho korekcí byl v případě DLP prokázán statisticky významný rozdíl při srovnání skupin KOT a PRT proti skupině PRF ($p < 0,05$). V případě E byl také zjištěn statisticky významný rozdíl mezi PRF a dalšími dvěma skupinami (bez Bonferroniho korekce). Průměrný počet opakování kontrolních sekvenčních tří-

Tab. 5. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky naměřených hodnot total dose lenght product (DLP) a vypočtených efektivních dávek (E)
Table 5. Measured total dose lenght products (DLP) and calculated effective doses (E) (mean values and sum of diameters)

DLP a E ($\pm$ SD)	Celkem	PRF	KOT	PRT
DLP (mGy.cm)	$35,4 \pm 5,4$	$33 \pm 3,3$	$35,8 \pm 5,8$	$37,5 \pm 7,1$
E (mSv)	$0,51 \pm 0,1$	$0,48 \pm 0,096$	$0,51 \pm 0,097$	$0,55 \pm 0,12$



▲ Obr. 3

Obr. 3. Axialní CT scan v úrovni foramin L5/S1 – kontrolní zobrazení distribuce plynové směsi $\text{O}_2\text{-O}_3$ v okolí kořene nervu L5 vlevo, při kyslík-ozonové terapii

Fig. 3. Axial CT scan at level of neuroforamen L5/S1 – control scan of $\text{O}_2\text{-O}_3$ gas mixture distribution near the left sided L5 nerve root, in the course of oxygen-ozone therapy



▲ Obr. 4

Obr. 4. Axialní CT scan v úrovni foramin L5/S1 – kontrolní zobrazení distribuce lékové směsi při periradikulární terapii kořene nervu L5 vlevo (směs s obsahem jódové kontrastní látky)

Fig. 4. Axial CT scan at level of neuroforamen L5/S1 – control scan of drug mixture distribution (marked by contrast agent) near the left sided L5 nerve root, in the course of periradicular therapy

vrstevných zobrazení byl u PRF: $3,8 \pm 1,1$, u skupiny KOT: $5,0 \pm 1,7$ a u skupiny PRT: $5,2 \pm 1,8$. Celkový průměr počtu axiálních řezů (plánovací spirální zobrazení + součet třívrstevných sekvenčních zobrazení) byl u PRF: $31,8 \pm 4,6$, u KOT: $34,5 \pm 5,3$ a u PRT: $35,7 \pm 5,3$. U všech tří skupin byla zjištěna přímá souvislost mezi celkovým počtem axiálních řezů i třívrstevných kontrolních zobrazení s hodnotami DLP i E, přičemž Spearmanovy koeficienty pořadové korelace dosahovaly hodnot v rozmezí: (0,77–0,91). Při porovnání souvislosti hodnot BMI k DLP a E bylo rozmezí Spearmanových koeficientů: (–0,08 až 0,27), při porovnání souvislosti věku k DLP a E bylo rozmezí koeficientů –0,09 až –0,45. Souvislost BMI a věku s hodnotami E a DLP tedy byla méně významná, v případě věku nepřímá. Všechny výkony byly technicky provedeny úspěšně. Nebyly zaznamenány klinicky významné komplikace léčby. Nebyly zaznamenány projevy deterministických účinků ionizujícího záření (u žádného z pacientů nebylo dosaženo limitů pro jejich vznik).

DISKUSE

Prevalence chronických bolestí zad přibližně lineárně vzrůstá s věkem od třetí do šesté dekády života. Je 3–4krát vyšší u osob ve věku nad 50 let, než mezi 18. až 30. rokem života, přičemž vyšší prevalence chronické bolesti zad je obecně u žen (10). Toto koresponduje i se zastoupením pohlaví a věkovou strukturou pacientů v hodnoceném souboru (tab. 1 a 2).

Předpokladem úspěšné minimálně invazivní léčby bolesti u LI syndromu a snížení rizika možných komplikací je precizní zavedení jehly do zvolené anatomické oblasti (11). Při provádění výkonu v oblasti páteře „naslepo“ bývá dosaženo cílové oblasti méně často (až ve 30 % případů) než při kontrole procesu zobrazovacími metodami (12). CT navigace při srovnání s klasickou skioskopickou navigací umožňuje podrobněji zobrazit strukturu měkkých tkání i skeletu. To může usnadnit zavádění jehly, například přes místo kostěné stenózy (1, 4, 13). CT navigaci lze provádět ve formě intermitentního zobrazování, nebo jako CT skioskopii, kdy je zavádění jehly vizualizováno v reálném čase. Ve druhém případě je možné zkrácení času výkonu, nicméně zřejmou nevýhodou je vystavení výkon provádějícího lékaře působení ionizujícího záření. Intermitentní CT zobrazení umožňuje zcela redukovat radiační riziko pro výkon provádějící personál (4). K důležitým faktorům ovlivňujícím velikost radiační zátěže patří počet opakování kontrolních zobrazení při intermitentní CT navigaci, případně doba vystavení pacienta působení ionizujícího záření u skioskopie či CT skioskopie (11, 14). Kumulativní riziko stochastických účinků ionizujícího záření se zvyšuje při opakování léčby (1).

Byl potvrzen předpoklad, že ve skupinách KOT a PRT budou průměrné hodnoty radiačních dávek vyšší, vzhledem k provádění jednoho kontrolního zobrazení navíc k posouzení distribuce aplikovaných látek v cílové oblasti. Dosažené průměrné hodnoty DLP a E byly u skupin KOT a PRT oproti PRF vyšší, již se statistickou významností ($p < 0,05$). V literatuře je uváděno rozpětí hodnot DLP pro PRT: 4,94–89,60 mGy.cm (3). V hodnoceném souboru naměřené průměrné hodnoty DLP (33–37,5 mGy.cm) z uvedeného spektra nevybočují, nicméně nejsou zcela při jeho dolní hranici. Vypočtené průměrné hodnoty efektivních dávek (0,48–0,55 mSv) jsou přibližně 2krát

vyšší, než je průměrná roční efektivní dávka z kosmického záření na úrovni hladiny moře (0,24 mSv) a odpovídají přibližně 15 % průměrné efektivní dávky z ozáření z přírodního pozadí za rok v České republice (3,4 mSv) (15, 16).

Recentně se objevují práce s dosažením ještě nižších hodnot DLP. Jako zásadní se přitom ukazuje využívání nízkodávkových CT protokolů. Elsholz et al. porovnali techniku spot scanning s helikálním zobrazením u PRT v oblasti bederní páteře, přičemž u této nízkodávkové techniky byl medián celkového DLP 3,2 mGy.cm, zatímco u helikálního zobrazení 8,9 mGy.cm (3). Artner et al. provedli retrospektivní hodnocení u 100 osob ošetřených PRT v oblasti bederní páteře. Jedním ze vstupních kritérií byla hodnota BMI < 30 . U poloviny pacientů bylo použito nízkodávkového CT protokolu a u druhé poloviny konvenční intervenční CT protokol. V obou případech byl počet opakování navigačních sekvencí 3 až 6. Vypočtené efektivní dávky byly v rozmezí 1,51–3,53 mSv u standardního protokolu a 0,22–0,43 mSv u nízkodávkového protokolu. Autoři poukazují na skutečnost, že kvalita zobrazení může být u obézních pacientů limitovaná (1).

Navigační CT zobrazení se obvykle dělí na plánovací část a fázi kontrolní při zavádění jehly. Možností redukce dávky záření v případě plánovací části PRT na bederní páteři se zabývali Amrhein et al. Porovnali dvě 40členné skupiny pacientů. První skupina pacientů byla ošetřena se standardním navigačním CT protokolem s automatickou modulací proudu. U druhé skupiny byl pro navigaci využit nízkodávkový protokol, s výběrem použité hodnoty proudu v závislosti na ventrodorzálním rozměru pacienta. Pokud byl tento rozměr (měřený na bočním topogramu) menší než 30 cm, bylo pro zobrazení použito proudu 50 mA, pokud byl rozměr nad 30 cm, bylo použito proudu 100 mA. Dosažené průměrné hodnoty DLP u druhé skupiny 11krát nižší (313,1 mGy.cm proti 27,9 mGy.cm). Celkové dosažené hodnoty DLP (navigace + CT skioskopie) pak byly u druhé skupiny o 78 % nižší (13).

Vyšší hodnoty BMI i věk bývají v literatuře uváděny jako faktor podmiňující zvýšení radiační zátěže. Fenster et al. se zaměřili na bezpečnost provádění PRT u starších pacientů pod CT kontrolou. U souboru 688 ošetřených pacientů nezaznamenali komplikace léčby. Autoři uvádějí délku trvání výkonu a BMI jako pozitivní prediktivní faktory korelující s velikostí hodnot DLP, přičemž silnější prediktivní hodnota byla stanovena u délky trvání výkonu (14). Cushman et al. hodnotili vliv BMI na délku provádění skioskopické navigace a během ní obdržené dávky při transforaminálních epidurálních injekcích. Prokázali signifikantní rozdíl v průměrné délce výkonu i v dávce záření mezi skupinou osob s normálním BMI a u osob s nadváhou (11). V hodnoceném souboru pacientů nebyla zjištěna významná souvislost mezi hodnotami BMI, věkem a hodnotami DLP, což však může být podmíněno relativně malým počtem pacientů.

K navigaci minimálně invazivních metod se začínají prosazovat i metody nevyužívající ionizující záření, tedy UZ a MR (2, 17). Pod MR kontrolou lze provádět různé minimálně invazivní výkony, včetně PRT (2). Výhodou MR proti ostatním zobrazovacím technikám je schopnost vynikajícího rozlišení měkkých tkání v oblasti páteře. Mezi nevýhody patří potřeba MR kompatibilního intervenčního instrumentária, zpravidla delší čas výkonu, finanční nákladnost a známé kontraindikace k MR vyšetření (2). Při UZ navigované PRT poskytuje

relief kostních struktur základní anatomickou orientaci pro zavádění jehly. Výhodou je možnost sledování polohy jehly v reálném čase. UZ také umožňuje provedení výkonu u lůžka nemocného. K nevýhodám patří závislost zobrazení na zkušenostech výkon provádějícího lékaře a také na konstituci pacienta. Wan et al. provedli UZ navigovanou PRT u 46 pacientů, přičemž uvádějí úspěšnost v blokáde nervového kořene (L4, L5) přesahující 95 % (17).

Do budoucna lze očekávat zlepšení přesnosti zavádění jehly a tím i redukci radiační zátěže při použití navigačních systémů, ať už založených na označování trajektorie punkce laserem či roboticky asistované punkce (18).

Limity této práce jsou podmíněny retrospektivním hodnocením a relativně malým počtem pacientů v souboru. Nebyl proto ani hodnocen vliv FBSS. Méně významným limitem je použití parametru DLP jako základního ukazatele velikosti radiační zátěže. Parametr DLP je dobře definovaný a měřitel-

ný, což umožňuje porovnání s jinými pracemi zabývajícími se touto problematikou. Vzhledem ke snaze o porovnání výsledků s literaturou nebyly v rámci studie zohledněny efektivní průměry pacientů a příslušné hodnoty SSDE (size-specific dose estimate) (19).

ZÁVĚR

Při provádění minimálně invazivní léčby bolesti u LI syndromu s CT navigací je třeba mít na paměti možné negativní důsledky stochastických účinků ionizujícího záření pro pacienty, zejména při opakování tohoto způsobu léčby. Významný vliv na dávky radiační zátěže má u intermitentního způsobu CT navigace množství periprocedurálních kontrolních zobrazení. Zásadním faktorem pro snížení radiační zátěže je využití nízkodávkového CT navigačního protokolu.

LITERATURA

1. Artner J, Cakir B, Weckbach S, Reichel H, Lattig F. Radiation dose reduction in CT-guided periradicular injections in lumbar spine: feasibility of a new institutional protocol for improved patient safety. *Patient Saf Surg* 2012; 13(6): 19.
2. Himes NC, Chansakul T, Lee TC. Magnetic resonance imaging-guided spine interventions. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2015; 23(4): 523–532.
3. Elsholz FHJ, Schaafs LA, Erxleben C, Hamm B, Niehues SM. Ultra-low-dose periradicular infiltration of the lumbar spine: spot scanning and its potential for further dose reduction by replacing helical planning CT. *Radiol med* 2017; 122(9): 705–712.
4. Chang AL, Schoenfeld AH, Brook AL, Miller TS. Radiation dose for 345 CT-guided interlaminar lumbar epidural steroid injections. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013; 34(10): 1882–1886.
5. Sluijter ME, Racz G. Technical aspects of radiofrequency. *Pain pract* 2002; 2(3): 195–200.
6. Byrd D, Mackey S. Pulsed radiofrequency for chronic pain. *Curr Pain Headache Rep* 2008; 12(1): 37–41.
7. Bonetti M, Fontana A, Cotticelli B, et al. Intraforaminal O₂–O₃ versus periradicular steroidal infiltrations in lower back pain: randomized controlled study. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005; 26(5): 996–1000.
8. Andreula C. Ozone therapy. *Neuroradiology* 2011; 53(1): 207–209.
9. Cyteval C, Fescquet N, Thomas E, et al. Predictive factors of efficacy of periradicular corticosteroid injections for lumbar radiculopathy. *Am J Neuroradiol* 2006; 27(5): 978–982.
10. Meucci RD, Fassa AG, Faria NMX. Prevalence of chronic low back pain: systematic review. *Rev Saude Publica* 2015; 49(1): 1.
11. Cushman D, Mattie R, Curtis B, Flis A, McCormick ZL. The effect of body mass index on fluoroscopic time and radiation dose during lumbar transforaminal epidural steroid injections. *Spine J* 2016; 16(7): 876–883.
12. Kim S, Shin JH, Lee JW, et al. Factors affecting radiation exposure during lumbar epidural steroid injection: a prospective study in 759 patients. *Korean J Radiol* 2016; 17(3): 405–412.
13. Amrhein TJ, Schauburger JS, Kranz PG, Hoang JK. Reducing patient radiation exposure from CT fluoroscopy-guided lumbar spine pain injections by targeting the planning CT. *AJR Am J Roentgenol* 2016; 206(2): 390–394.
14. Fenster AJ, Fernandes K, Brook AL, Miller T. The safety of CT-guided epidural steroid injections in an older patient cohort. *Pain Physician* 2016; 19(8): E1139–E1146.
15. Cinelli G, Gruber V, de Felice L, et al. European annual cosmic-ray dose: estimation of population exposure. *J Maps* 2017; 13(2): 812–829.
16. Zachariášová I. Přínos nadále převažuje. *Rentgen bulletin* 2009. https://www.suro.cz/cz/publikace/lekarske-ozareni/rtg_bulletin_2009.pdf
17. Wan Q, Wu S, Li X, et al. Ultrasonography-guided periradicular injections for unilateral radicular pain. *Biomed Res Int* 2017; 2017: 8784149.
18. Gruber-Rouh T, Lee C, Bolck J, et al. Intervention planning using laser navigation system for CT-guided interventions: a phantom and patient study. *Korean J Radiol* 2015; 16(4): 729–735.
19. Sůkupová L. Co představuje parametr CTDI_{vol} uváděný CT skenery a je tento parametr skutečně vhodný pro stanovení dávek pacientům. *Ces Radiol* 2015; 69(3): 194–200.