

RADIAČNÍ ZÁTĚŽ U INTERVENČNÍCH VÝKONŮ PŘI POUŽITÍ CT FLUOROSKOPIE – PRVNÍ ZKUŠENOSTI

RADIATION DOSE DURING INTERVENTIONAL PROCEDURES UNDER CT FLUOROSCOPY – FIRST EXPERIENCE

původní práce

Kateřina Daničková¹
Daša Chmelová²
Vojtěch Suchánek¹
Radek Pádr¹
Miloslav Roček¹

¹Klinika zobrazovacích metod FN Motol, Praha

²PTÚ FN Motol, Praha

Přijato: 21. 4. 2016.

Korespondenční adresa:

Ing. Kateřina Daničková
Klinika zobrazovacích metod FN Motol
V Úvalu 84, 150 05 Praha 5
e-mail:
katerina.danicikova@fnmotol.cz

Hlavní stanovisko práce

Článek shrnuje první poznatky o radiační zátěži a její optimalizaci při intervenčních vyšetření s použitím CT fluoroskopie.

SOUHRN

Daničková K, Chmelová D, Suchánek V, Pádr R, Roček M. Radiační zátěž u intervenčních výkonů při použití CT fluoroskopie – první zkušenosti

Cíl: CT fluoroskopie (CTF) představuje bezpečný a efektivní způsob pro provádění percutánních intervenčních výkonů. Hlavním problémem při jejím používání je relativně vysoká radiační zátěž. Cílem pilotní studie bylo zmapovat dávky radiologů i pacientů a dále prozkoumat metody jejich optimalizace při použití různých typů ochranných pomůcek.

Metodika: Pro každou jednotlivou intervenci při CTF byla měřena kumulativní dávka na ruku radiologa pomocí přímo odečítacího dozimetru Unfors EDD umístěného na dorzální straně ruky lékaře. Dále bylo provedeno měření na vodním fantomu s cílem určit potenciál ochranných rukavic a roušek. Pomocí ionizační komory a dozimetrického systému RADCAL byla stanovena kumulativní dávka na ruce i na tělo radiologa při CTF při různém použití těchto ochranných pomůcek.

Pro přehled o radiační zátěži pacientů při CTF byly stanoveny místní diagnostické referenční úrovně pro nejčastěji prováděná vyšetření podle postupu popsáno v Národních radiologických standardech pro radiologickou fyziku z dedikovaného CT přístroje. Získaná data byla následně podrobena analýze s cílem zjistit korelaci mezi dávkovými parametry.

Major statement

Summary of the first findings on radiation load and its optimization in interventional examinations using CT fluoroscopy.

SUMMARY

Daničková K, Chmelová D, Suchánek V, Pádr R, Roček M. Radiation dose during interventional procedures under CT fluoroscopy – first experience

Aim: CT fluoroscopy (CTF) is a safe and effective method for performing percutaneous interventional procedures. The main problem with its use is relatively high radiation burden. The aim of this pilot study was to map doses to the radiologists and patient doses and to explore different methods of optimizing the use of various types of protection devices.

Methodology: For each individual intervention using CTF cumulative dose to the radiologist's hand was measured using the direct dosimeter Unfors EDD. The dosimeter was located on the dorsal side of the interventionalist's hand. Furthermore, measurements were taken using water phantom in order to identify potential use of protective gloves and pads. We used the dosimetric system RADCAL with ionisation chamber and measured cumulative dose to the hands and the body radiologist CTF under various circumstances with different protective device used.

For an overview of the radiation exposure of patients during CTF we established local diagnostic reference levels for the most commonly performed procedures. The process was in accordance with National Radiological Standards for Radiological Physics. We had data from two dedicated CT devices. The dose data obtained were further analyzed to

Výsledky: Ze sledovaných výkonů představuje nejmenší dávkovou zátěž rukou intervenujícího lékaře periradikulární terapie. Biopsie i drenáže jsou dávkově 3–4krát náročnější.

Nejúčinnější ochrannou pomůckou pro snížení ozáření ruky intervenujícího radiologa používajícího CTF je zapnutí softwarové ochrany. Rukavice dávku ještě snižují o dalších cca 8 %. Použití roušky snižuje ozáření těla intervenujícího radiologa o 15 %.

Studie ukázala, že patientská dávková data se v průběhu času příliš nemění. Díky neexistenci národních úrovní není možné získané MDRÚ porovnat s jinými referenčními hodnotami v rámci republiky. Analýza dat ukázala, že při intervenčním zákroku a CTF představuje preintervenční a postintervenční sken více než 2/3 radiační zátěže pacienta.

Závěr: Intervence prováděné pod CT kontrolou jsou rychlé, efektivní a miniinvasivní diagnostické či léčebné zákroky. I když je CTF relativně dávkově náročnější metoda, dávky lze optimalizovat správnou volbou expozičních parametrů a použitím vhodných ochranných pomůcek.

Klíčová slova: CT fluoroskopie, intervenční radiologie, optimalizace radiační ochrany, RADPAD[®], ochranné rukavice.

determine the correlation between the dose and other exposure parameters.

Results: Among the monitored interventional procedures with CTF the periradicular therapy is associated with the smallest dose to the hands of the interventionalist. Biopsies and drainages are associated with doses 3–4 times higher.

The most effective protective equipment for hand exposure reduction while using CTF is use the software protection. Protective gloves even further reduced the dose by about 8%. Using masks reduces body irradiation intervening radiologist by 15%.

The study showed that patient dose data does not change much over time. Due to the absence of national reference levels, obtained local DRLs cannot be compared with other benchmarks in the republic. Data analysis showed that the intervention procedure under CTF, the pre-intervention and post-intervention scan represents more than 2/3 of the radiation load to the patient.

Conclusion: Interventions performed under CT guidance are fast, efficient and minimally invasive diagnostic or therapeutic procedures. Although the CTF is relatively high dose method, the dose can be optimized by selecting the correct exposure parameters and proper use of an appropriate protective equipment.

Key words: CT fluoroscopy, interventional radiology, radiation protection optimization, RADPAD[®], protective gloves.

ÚVOD

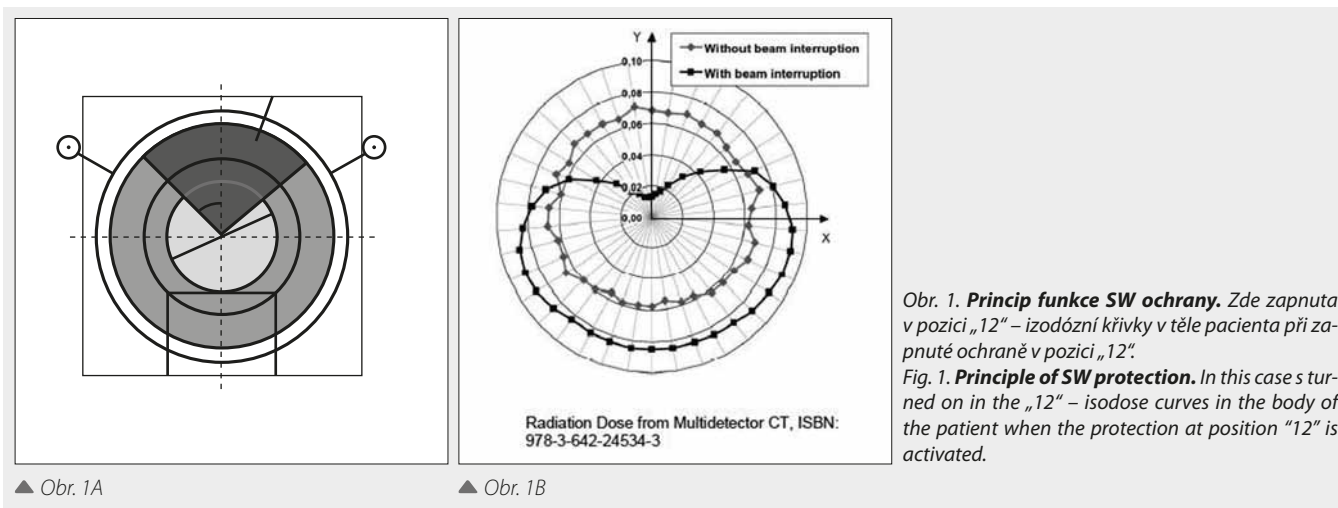
CT fluoroskopie (CTF) představuje jeden z posledních technologických pokroků na poli výpočetní tomografie. Zavedení této metody bylo možné až díky vyvinutí multi-slice CT zahrnující slip-ring technologii, rentgenku s vysokou tepelnou kapacitou, vysokorychlostní výpočetní procesorová pole a algoritmy pro částečnou rekonstrukci obrazu (1, 2). Obrazy z CT je tak možné rekonstruovat rychlostí přibližně šest snímků za sekundu, a tím umožnit vizualizaci probíhajících dějů v reálném čase, podobně jako je tomu třeba při použití ultrazvuku nebo klasické skiaskopie. CTF byla zavedena do klinické praxe především kvůli usnadnění intervenčních výkonů. Využije se jednak přesnost lokalizace léze pomocí CT, tak i možnosti sledování probíhajících intervencí v reálném čase.

Závěry prvních provedených klinických studií ukazují CTF jako bezpečný a efektivní způsob zavádění instrumentária při všech typech perkutánních intervencí v oblasti hrudníku, páteře, břicha i pánve. Díky možnosti CT fluoroskopie jsou in-

tervence prováděny rychleji a tato metoda je zvláště užitečná pro intervence v oblasti hlubokých struktur (např. retroperitoneální masy), nebo u orgánů, kde dochází k fyziologickým pohybům (játra nebo plíce) (3, 6).

Jedním z problémů při používání CTF je relativně vysoká radiační zátěž (4, 5, 8). Na rozdíl od konvenční skiaskopie, ve které je dávka pro pacienta v řádu cGy za minutu, u CT fluoroskopie může být dávka v řádu až cGy za sekundu. Některé studie uvádějí dávkové rozpětí až tři řády (8). Při použití CT fluoroskopie je pacient vystaven přibližně stejné radiační zátěži jako při diagnostickém CT, dávkový příkon na kůži představuje jednotky mGy/s (120 kV, 50 mA – cca 5 mGy/s), typické rozmezí dávkového příkonu je asi 1–10 mGy/s, přičemž celkový expoziční čas je od 10 s až do několika minut (typicky 1–2 minuty) (8).

Dalším problémem je rozptýlené záření z těla pacienta, kterému je vystaven intervenující radiolog, který se často při



manipulaci s jehlou ani nevyhne přítomnosti prstů v primárním svazku CT gantry (7). Typické hodnoty pro dávkový příkon na ruce radiologa, který má ruku v gantry, jsou jednotky mGy/s. Zde je třeba pamatovat na možné překročení limitu ozáření kůže pro radiační pracovníky kategorie A. Dosažení ročního limitu je tedy možné již po 100 s fluoroskopie (při 5 mGy/s) (8). Dávkový příkon v úrovni očí lékaře, cca 1 m od izocentra je typicky 1 μ Gy/s (9).

Rozpětí dávek jak pro pacienta, tak i intervenujícího radiologa je relativně velké. To je dáno především různou komplexností prováděných intervencí. Významnou roli zde jistě hraje i zkušenost a manuální zručnost intervenujícího radiologa, ale i zavedená místní praxe na konkrétním pracovišti. Uvádí se (8), že je možné při provádění biopsií zredukovat expoziční čas, tedy dávku pro radiologa i pacienta, na polovinu po provedení asi 250 zákroků.

Pro výkony s použitím CTF nejsou stanoveny žádné diagnostické referenční úrovně. To je dáno hned několika důvody – jedná se o relativně novou a komplexní metodu a ani CT protokoly od jednotlivých výrobců nejsou standardizované.

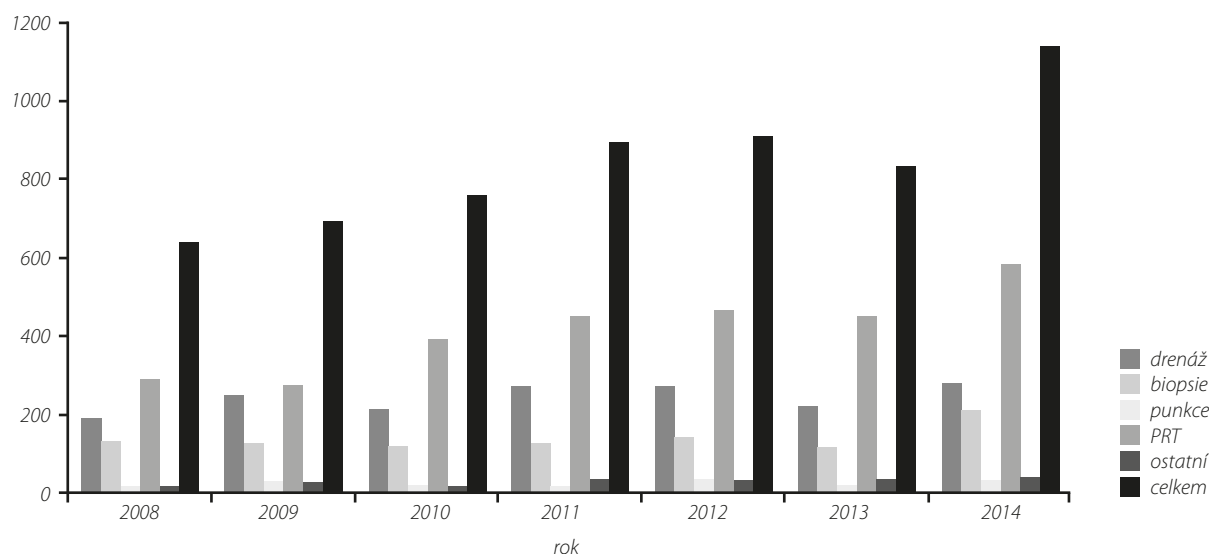
Pro tyto typy výkonů chybí i mezinárodní doporučení od autorit z oblasti radiologie, ale i radiační ochrany.

Budeme-li se držet trendu počtu vyšetření na naší klinice (graf 1), lze do budoucna předpokládat, že počty intervencí s využitím CT fluoroskopie budou narůstat.

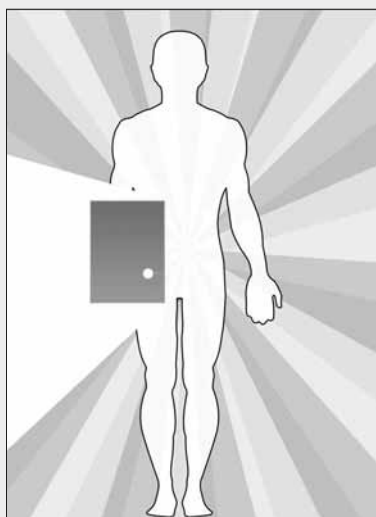
Vzhledem k tomuto faktu je nutné důkladněji zmapovat radiační zátěž pacientů i samotných intervenujících radiologů a poukázat na metody její optimalizace a případného snížení.

Naším prvotním cílem bylo stanovit dávku intervenujících radiologů během výkonů při použití CTF a poukázat na další možnosti optimalizace zavedené praxe.

Metodou první volby je standardně používat speciální softwarovou techniku pro redukci dávky na ruce při CTF. Při jejím zapnutí se významně snižuje proud v rentgence v předem zvoleném 120° úhlovém sektoru, kde jsou očekávány ruce intervenujícího radiologa. Komerční názvy této ochranné funkce se liší dle výrobce, např. Toshiba SureFluoro, Siemens Handcare. Výběr polohy ochrany bývá často označen podle pozice ručiček hodin, která je vrcholem dané kruhové výšeče (obr. 1). Tato ochranná funkce snižuje dávku na ruce radiolo-



Graf 1. **Grafický přehled počtu intervenčních výkonů s využitím CT fluoroskopie na KZM FN Motol**
Graph 1. **The number of interventional procedures with CTF at University hospital Motol**



▲ Obr. 2

Obr. 2. **Jednorázová sterilní stínící rouška na bázi bismutu** (www.radpad.com)
 Fig. 2. **Disposable sterile protective pad based on bismuth** (www.radpad.com)

ga přibližně o 50 %, vede ale k navýšení dávky na kůži pacienta ve spodní části o cca 50 % (7).

Další možností, jak snížit ozáření radiologa, je použití jednorázových sterilních ochranných chirurgických rukavic a roušek. Konkrétně byly prozkoumány možnosti ochranných chirurgických rukavic (International Biomedical, USA) (obr. 2), které se na naší klinice již standardně používají u intervenčních radiologických výkonů jako biliární intervence, fistulografie AV shuntu, nebo TIPS. Výrobce těchto rukavic udává při standardně používaném napětí na CT 120 kV zeslabení o 40,6 %.

Jako další pomůcky byly prověřeny stínící roušky RADPAD® (WIT, USA) (obr. 3) a jejich efektivita při odstínění ozáření radiologa sekundárním zářením z těla pacienta. Zde výrobce uvádí možnost zeslabení rozptýleného záření až o 95%.

METODIKA

Prvním cílem bylo zmapování radiační zátěže rukou radiologů při použití CTF na přístroji Aquilion One (Toshiba).



▲ Obr. 3

Obr. 3. **Jednorázová sterilní chirurgická rukavice s Pb ekvivalentem** (<http://www.int-bio.com/radiation-attenuating-surgical-gloves.php>)
 Fig. 3. **Disposable sterile surgical gloves with Pb equivalent** (<http://www.int-bio.com/radiation-attenuating-surgical-gloves.php>)

Zde se nelze spoléhat na výsledky osobní prstové dozimetrie, neboť intervenční radiologové neprovádějí pouze intervence pod CT, ale i další intervenční výkony na angiografickém sále.

Pro každou jednotlivou intervenci pod CT byla měřena kumulativní dávka na ruku radiologa pomocí polovodičové sondy přímo odečítajícího dozimetru Unfors EDD 30 (obr. 4). Dozimetr se sondou je kalibrován ve veličině osobní dávkový ekvivalent v hloubce $d = 0,07 \text{ mm}$ ($H_p(0,07)$). Dozimetr má izotropní úhlovou odezvu při umístění na referenčním místě na těle nebo prstu. Sonda byla během intervenčního výkonu přilepena na dorzální straně pro vyšetření dominantní ruky lékaře (4). Na naší klinice se standardně používá softwarová ochrana a její použití bylo zaznamenáno, stejně jako počet realizovaných fluoroskopických CT řezů, prováděných standardně v kolimaci 18 mm ($3 \times 6 \text{ mm}$). Radiolog tak má k dispozici 3 sousední řezy o šířce 6 mm.

Dále se provádělo měření na fantomu pomocí dozimetrického systému RADCAL s příslušnou ionizační komorou za účelem určit potenciál ochranných rukavic a roušek. Ochranné rukavice by měly sloužit ke snížení ozáření ruky držící jehlu během probíhající fluoroskopie. Při tomto experimentu byla použita válcová komora používaná pro měření v přímých svazcích. Roušky by měly významně redukovat ozáření radiologa rozptýleným zářením z těla pacienta. Zde byla použita velkoobjemová komora pro měření rozptýleného záření.

Pro určení relevance použití rukavic byla měřena vstupní povrchová kerma na vodním 20 cm fantomu simulujícím trup pacienta pro jeden intervenční CT sken provedený standardně při kolimaci $3 \times 6 \text{ mm}$. Kerma byla měřena pro čtyři možnosti použití CT fluoroskopie:

1. bez jakékoliv ochrany
2. pouze se softwarovou ochrannou
3. pouze při použití rukavic
4. použití jak softwarové ochrany, tak rukavic současně.

Geometrické uspořádání při měření je uvedeno na obrázku 5. Střed fantomu byl umístěn v izocentru gantry.

Pro určení efektivit stínící roušky byla měřena kerma ve vzduchu pomocí velkoobjemové ionizační komory, která je standardně určena pro měření rozptýleného záření. Na pracovním místě radiologa byl změřen kermový příkon při kontinuální CT fluoroskopii ve standardní kolimaci $6 + 6 + 6 \text{ mm}$ ve dvou situacích:

1. bez jakékoliv ochrany
2. při přiložení roušky na fantom (pacienta)

Geometrické uspořádání při měření je na obrázku 6. Střed fantomu byl opět umístěn v izocentru gantry.

Pro získání přehledu o radiační zátěži pacientů při CTF byly stanoveny MDRÚ pro nejčastěji prováděná vyšetření s použitím CT fluoroskopie podle postupu popsáno v Národních radiologických standardech pro radiologickou fyziku (10). Pro každý typ vyšetření byla sebrána data alespoň deset standardních pacientů a vypočten aritmetický průměr. Intervence pod CT kontrolou se na naší klinice provádí jen na jednom dedikovaném CT skeneru, takže pro stanovení MDRÚ bylo třeba sebrat data jen z jednoho přístroje (Aquilion One). Získaná data byla následně podrobena analýze s cílem zjistit korelaci celkové dávky vyjádřené pomocí DLP a dílčích DLP z pre- a postintervenční fáze a počtu realizovaných CTF řezů. Vzhledem k faktu, že intervence probíhaly před instalací stá-



▲ Obr. 4A



▲ Obr. 4B

Obr. 4. Geometrie měření (v tomto případě dominantní levá ruka) (vlastní archiv autorů)
Fig. 4. Measurement Geometry (in this case the dominant is left hand) (authors' own archive)



▲ Obr. 5A



▲ Obr. 5B

Obr. 5. Geometrie měření na fantomu s použitím rukavic (vlastní archiv autorů)
Fig. 5. Measurement geometry set up when evaluating the gloves (authors' own archive)



◀ Obr. 6A



◀ Obr. 6B

Obr. 6. Geometrie měření na fantomu s použitím roušek (vlastní archiv autorů)
Fig. 6. Measurement geometry set up when evaluating the pad (authors' own archive)

vajícího CT na jiném přístroji (Somatom Definition DS), bylo tak možné sledovat i časový vývoj MDRÚ.

VÝSLEDKY

Pro zmapování radiační zátěže radiologů jsou data uvedena v tabulkách 1, 2 a 3.

Tab. 1. Data pro periradikulární terapii

Table 1. Data for periradicular therapy

Periradikulární terapie			
intervenující ruka	SW ochrana pozice	dávka na ruce (μSv)	scanů
levá	12	38,58	19
levá	12	31,93	16
levá	12	26,88	12
pravá	2	7,216	9
pravá	2	11,66	23
levá	12	9,7	8
pravá	12	1,158	13
pravá	2	11,76	8
levá	12	16,26	8
pravá	12	14,41	8
levá	12	52,91	24
průměr		20 ± 15	13 ± 5,8

Tab. 2. Data pro drenáže

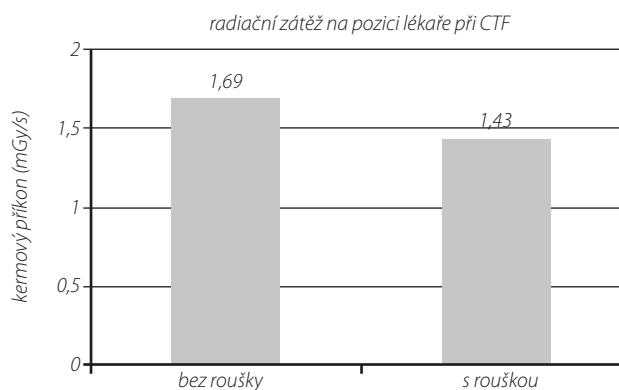
Table 2. Data for drainages

Drenáž				
orgán	intervenující ruka	SW ochrana pozice	dávka na ruce (μSv)	scanů
hrudník	levá	10	74,58	9
játra	levá	10	228	31
břicho	pravá	12	145,6	21
hrudník	pravá	12	14,23	4
břicho	pravá	3	22,76	6
játra	levá	10	18,11	9
plíce	pravá	12	23,2	7
břicho	pravá	3	22	9
průměr			69 ± 73	12 ± 8,6

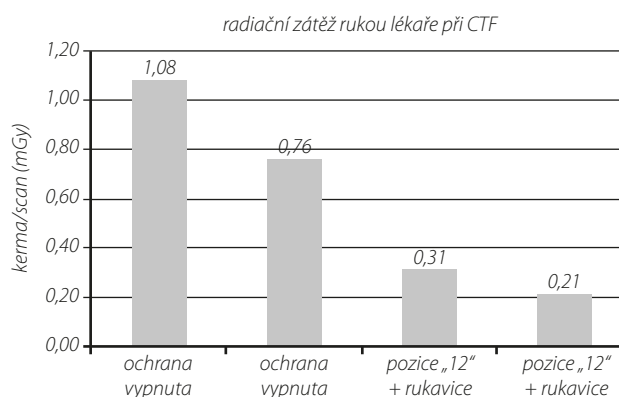
Tab. 3. Data pro biopsie

Table 3. Data for biopsies

Biopsie				
orgán	intervenující ruka	SW ochrana pozice	dávka na ruce (μSv)	scanů
hrudní stěna	levá	12	155,7	26
pankreas	pravá	12	58,76	6
játra	levá	12	88,14	9
třísko	levá	9	119,8	18
játra	pravá	12	292,3	16
plíce	levá	9	23,09	6
plíce	levá	9	28,35	12
uzliny v peritoneu	levá	12	81,14	16
játra	pravá	10	40,39	9
plíce	levá	10	39,98	6
játra	pravá	10	12,82	12
plíce	levá	10	45,53	10
pánev	pravá	10	158,3	7
plíce	pravá	12	160,4	15
průměr			93 ± 75	12 ± 5,5



Graf 2. Výsledky pro měření s rukavicemi (zátěž rukou). Nejlepší ochranou rukou je použití softwarové CT ochrany než samotných ochranných rukavic. Graph 2. Measurement results for the gloves (dose to the hands). The best way protecting the hand is to use CT software protection rather than protective gloves.



Graf 3. Výsledky pro měření s rouškou (zátěž z rozptýleného záření). Ochranná rouška redukuje rozptýlené záření z těla pacienta. Graph 3. Measurement results for the pad (dose from the scattered radiation). Protective pad reduces the amount of scattered radiation from the patient.

Výsledky z provedeného měření na fantomu těla jsou pro lepší přehlednost uvedeny v grafech 2 a 3.

Pro zmapování radiační zátěže pacientů jsou MDRÚ uvedeny v tabulkách 4 a 5.

Tab. 4. Přehled expozičních parametrů a průměrných dávkových veličin pro intervenční výkon s použitím CT fluoroskopie (CT Siemens Somatom Definition DS, data z 2013)

Table 4. Overview of exposure parameters and average dose values for interventional procedures using CT fluoroscopy (CT Siemens Somatom Definition DS, data from 2013)

Intervenční výkon	kV	mA	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy. cm)
CT biopsie hrudníku	120	30	260	380
CT biopsie břicha	120	50	270	380
CT biopsie pánve	120	50	200	290
CT drenáž hrudníku	120	30	150	220
CT drenáž břicha	120	50	180	260
CT drenáž pánve	120	50	250	360
CT PRT C	120	58	220	320
CT PRT L	120	58	280	400
CT punkce (plíce, játra)	120	50	380	540

Tab. 5. Přehled expozičních parametrů a průměrných dávkových veličin pro intervenční výkon s použitím CT fluoroskopie (CT Toshiba Aquilion One, data z 2015)

Table 5. Overview of exposure parameters and average dose values for interventional procedures using CT fluoroscopy (CT Toshiba Aquilion One, data from 2015)

Intervenční výkon	kV	mA	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
CT biopsie	120	50	–	370
CT drenáž	120	50	–	460
CT PRT	120	50	–	350

DISKUSE

Z výsledků mapujících radiační zátěž rukou radiologů je patrné, že nejmenší zátěž představuje periradikulární terapie. Biopsie i drenáže jsou dávkově 3–4krát náročnější. Získané výsledky a jejich směrodatné odchylky však poukazují na velkou variabilitu prováděných výkonů a k dosažení významnějších výsledků bude potřeba širší spektrum naměřených dat.

Při následné optimalizaci radiační zátěže a použití speciálních ochranných pomůcek se ukazuje, že nejlepší metodou volby je použití softwarové ochrany, kdykoliv je to možné. Její zapnutí samo o sobě sníží ozáření až o 2/3. Použití ochranných rukavic ozáření dále sníží o dalších 9 %. Samotné použití rukavic bez SW ochrany redukuje dávky jen o cca 30 %. Použití roušky přispívá ke snížení radiační zátěže z rozptýleného záření z těla pacienta o cca 15 %.

Zhodnotíme-li patientská dávková data, lze konstatovat, že v průběhu času se příliš nemění. Díky neexistenci národních úrovní není ani možné získané MDRÚ porovnat s jinými referenčními hodnotami v rámci republiky. Analýza patientských dat ale odhalila, že při intervenčním zákroku při použití CTF představuje preintervenční a postintervenční sken více než 2/3 celkové radiační zátěže pacienta. Proto při optimalizaci radiační zátěže pacienta tedy lze vycházet z obecných zásad optimalizace pro CT skenování jako volba vhodného napětí, pitch faktoru a modulace proudu.

Dále lze radiační ochranu dále optimalizovat při samotné CTF. Tady již není potřebná diagnostická kvalita obrazu, protože díky vysokému kontrastu zaváděného nástroje je vyšší šum akceptovatelný. Dalším parametrem ovlivňujícím radi-

ační zátěž je používané napětí. Trendem je snaha upravit používané kV dle konstituce pacienta a nepoužívat vždy 120 kV. Snížení napětí ze 140 na 120 kV znamená 30% redukci CTDI, ze 120 na 80 kV 300% redukci CTDI, a tím i dávky pacienta. Na naší klinice se při CTF používá nemodulovaný proud 30–50 mA. Literatura (8) uvádí, že modulace proudu (ve směru x, y) ve většině případů použít dávku při CTF navýší. Samozřejmě je pak co nejmenší klinicky akceptovatelný počet snímků nebo případně co nejkratší expoziční čas a také kolimace CT svazku pouze na oblast zájmu.

Pro další optimalizaci zátěže samotného radiologa je nejvhodnější tzv. přerušovaný režim, kdy radiolog používající CTF podstoupí od gantry nebo úplně odejde, kdykoliv je to možné. Dále je třeba dbát na vhodnou pozici personálu vůči gantry a používat vhodné ochranné pomůcky: brýle, zástěru, límec, rukavice, stínění stolu, stropní závěs a především SW ochranu. Přiložením stínění (roušky) na pacienta se také dávka na personál sníží asi o 15 %. Pro dodržení všech těchto zásad je klíčová spolupráce intervenčního radiologa a radiologického asistenta ovládajícího CT přístroj.

Všechny typy ochranných pomůcek při správném použití významně snižují radiační zátěž intervenčních radiologů. Jejich používání tak může pomoci k oddálení překročení vyšetřovací úrovně na prstovém dozimetru (150 mSv/rok) nebo celotělovém dozimetru (20 mSv/rok).

ZÁVĚR

Intervence pod CT kontrolou jsou rychlé, efektivní a miniinvazivní diagnostické či léčebné zákroky, které často nahrazují otevřené chirurgické řešení či konzervativně neřešitelné stavy. CTF je sice relativně dávkově náročnější metoda, která by z hlediska optimalizace radiační ochrany neměla být používána rutinně pro všechny typy intervenčních zákroků. K CTF by se mělo přistoupit pouze tehdy, je-li to nezbytně nutné z důvodu přesné lokalizace léze či vyhnutí se okolním strukturám. Nicméně pokud již je CTF indikována, dávky z ní lze optimalizovat nejen správnou volbou expozičních parametrů, ale i použitím vhodných ochranných pomůcek. Ve zkoumání této problematiky budeme i nadále pokračovat a navrhnout radiologický standard pro používání CTF.

LITERATURA

- Katada K, Anno H, Ogura Y, et al. Early clinical experience with real-time CT fluoroscopy. *Nippon Acta Radiol* 1994; 54: 1172–1174.
- Katada K, Kato R, Anno H, et al. Guidance with real-time CT fluoroscopy: early clinical experience. *Radiology* 1996; 200: 851–856.
- Meyer CA, White CS, Wu J, Futterer SF, Templeton PA. Real-time CT fluoroscopy: usefulness in thoracic drainage. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 171: 1097–1101.
- Froelich JJ, Saar B, Hoppe M, et al. Real-time CT-fluoroscopy for guidance of percutaneous drainage procedures. *J Vasc Interv Radiol* 1998; 9: 735–740.
- Silverman SG, Tuncali K, Adams DF, Nawfel RD, Zou KH, Judy PF. CT fluoroscopy-guided abdominal interventions: techniques, results, and radiation exposure. *Radiology* 1999; 212: 673–681.
- Daly B, Krebs TL, Wong-You-Cheong JJ, Wang SS. Percutaneous abdominal and pelvic interventional procedures using CT fluoroscopy guidance. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 173: 637–644.
- Kato R, Katada K, Anno H, Suzuki S, Ida Y, Koga S. Radiation dosimetry at CT fluoroscopy: physician's hand dose and development of needle holders. *Radiology* 1996; 201: 576–578.
- Novák L. Radiační ochrana a dávky při výkonech vedených pod CT kontrolou, Seminář SÚJB a KZM 2. LF a FN Motol, Intervenční výkon pod CT kontrolou, Praha, 30. 10. 2014. Dostupné z http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiazni-ochrana/seminare/4_CT_intervence_Novak.pdf
- Kalender WA. *Computed tomography (2nd edition)* 2004. ISBN 3-89578-216-5
- Věstník MZ ČR, částka 6/2015, Standardy zdravotní péče Národní radiologické standardy – radiologická fyzika „Postupy pro stanovení a hodnocení dávek pacientů při lékařském ozáření“.