

# CT ANGIOGRAFIE BŘIŠNÍ AORTY A TEPEN DOLNÍCH KONČETIN NA DVOUZDROJOVÉM CT PŘÍSTROJI: MOŽNOSTI REDUKCE RADIAČNÍ ZÁTĚŽE A MNOŽSTVÍ PODANÉ KONTRASTNÍ LÁTKY

## DUAL-SOURCE CT ANGIOGRAPHY OF ABDOMINAL AORTA AND LOWER LIMB ARTERIES: POSSIBILITIES OF RADIATION DOSE AND CONTRAST MATERIAL REDUCTION

původní práce

Jan Baxa<sup>1</sup>  
 Jiří Ferda<sup>1</sup>  
 Petr Duras<sup>1</sup>  
 Jiří Moláček<sup>2</sup>  
 Petr Havránek<sup>1</sup>  
 Hynek Mírka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

<sup>2</sup>Chirurgická klinika LF UK a FN, Plzeň

Přijato 25. 1. 2012.

### Korespondenční adresa:

as. MUDr. Jan Baxa, PhD.  
 Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN  
 Alej Svobody 80, 306 40 Plzeň  
 e-mail: baxaj@fnplzen.cz

Práce byla podpořena výzkumným projektem MSM 0021620819.

### SOUHRN

**Baxa J, Ferda J, Duras P, Moláček J, Havránek P, Mírka H.** CT angiografie břišní aorty a tepen dolních končetin na dvouzdrojovém CT přístroji: možnosti redukce radiační zátěže a množství podané kontrastní látky

**Cíl.** Práce je zaměřena na možnosti provedení CT angiografie břišní aorty a dolních končetin na nové generaci dvouzdrojového CT přístroje využívající skenování s vysokým pitch faktorem a ohledem na redukci radiační zátěže a množství podávané kontrastní látky.

**Metoda.** V rámci prospektivní studie bylo vyšetřeno 29 osob s klinickými známkami či již známým postižením tepen dolních končetin. Vyšetření byla provedena na přístroji Somatom Definition FLASH (Siemens, Německo), použita kolimace 128 × 0,6 mm, rychlá rotace rentgenky (0,28 s/otáčku) a vyšším fázovým posunem (pitch faktor 1,55). Kontrastní látka v množství 60–70 ml byla aplikována rychlostí 5 ml/s, načasování akvizice bylo provedeno na základě monitorace testovacího bolusu (10 ml) v popliteálních tepnách. Hodnocení kvality zobrazení bylo provedeno na základě vizuálního posouzení a stanovení denzity v jednotlivých částech tepenného systému.

**Výsledky.** Ve všech případech bylo dosaženo vysoké kvality zobrazení aorty, pánevních, femorálních i popliteálních tepen

### SUMMARY

**Baxa J, Ferda J, Duras P, Moláček J, Havránek P, Mírka H.** Dual-source CT angiography of abdominal aorta and lower limb arteries: possibilities of radiation dose and contrast material reduction

**Aim.** Our work was focused on the feasibility of CT angiography of abdominal aorta and lower limbs using new generation of dual-source CT with a high pitch factor, concerning on the reduction of radiation exposure and the amount of administered contrast agent.

**Methods.** In the prospective study were examined 29 patients with clinical signs, or known disability of lower limbs arteries. The examinations were performed on the Somatom Definition Flash (Siemens, Germany) using collimation 128 × 0.6 mm, high tube rotation speed (0.28 s/rotation) and a higher pitch factor of 1.55. Amount of contrast agent (60 to 70 ml) was applied at 5 ml/s, the timing of acquisition was based on results of the test bolus monitoring (10 ml) in the popliteal arteries. Evaluation of image quality was based on visual assessment and determination of density in different parts of the arterial system.

**Results.** In all cases were achieved a high display quality of the aorta, pelvic, femoral and popliteal arteries by visual assessment and also determination of luminal density (aorta – 456.3 HU, groin – 507.3 HU, k

na základě vizuálního hodnocení i stanovení denzity (aorta – 456,3 HU, třísla – 507,3 HU, podkolenní – 554,3). V případě distální části bérců a nohy došlo u tří osob k suboptimální náplni vlivem rychlejší akvizice vůči postupu bolusu kontrastní látky. Pouze v jednom případě byla distální oblast bérců nehodnotitelná. Průměrná úroveň denzity v úrovni kotníků byla 367,7 HU.

Průměrná radiační dávka byla nízká – CTDIvol 2,40, efektivní dávka 1,79 mSv.

**Závěr.** První výsledky naší prospektivní studie prokázaly možnost provedení CT angiografie dolních končetiny pomocí „high-pitch“ módu. Přes velmi nízkou hodnotu radiační dávky i aplikovaného množství kontrastní látky bylo dosaženo vysoké diagnostické kvality v oblasti aorty, pánve stehen a proximálních částí bérců. Tento způsob vyšetření je zvláště vhodný pro osoby s vysokým rizikem kontrastní nefropatie, eventuálně pro mladé osoby v produktivním věku.

**Klíčová slova:** CT angiografie, subrenální aorta, tepny dolních končetin, high-pitch mód, dvouzdrojové CT.

nee – 554,3). In the region of the distal leg and ankle occurred in 3 people in suboptimal quality due to overrun of bolus. Only in one case, the distal region leg was uninterpretable. The average level density at ankle level was 367.7 HU.

The average radiation exposure was low – CTDIvol 2.40, 1.79 mSv effective dose.

**Conclusion.** The preliminary results of our prospective study showed the possibility of performing CT angiography of the lower limbs in “high-pitch” mode. Despite the very low radiation dose and the amount of applied contrast agent was achieved a high diagnostic quality of the aorta, pelvic, femoral, popliteal and proximal crural arteries. This test method should be especially recommended for people at high risk of contrast nephropathy and for young people.

**Key words:** CT angiography, subrenal aorta, lower limbs arteries, high-pitch mode, dual-source CT

## ÚVOD

Možnosti diagnostiky tepen dolních končetin se v minulosti výrazně vyvíjely. Základem diagnostiky sice stále zůstává anamnestické a klinické vyšetření, zcela nedílnou součástí jsou však již delší dobu zobrazovací metody. Nejstarší a dlouhou dobu také jedinou možností zobrazení bylo provedení invazivního angiografického vyšetření, ať již v klasickém, či digitálně subtrakčním provedení. Digitální subtrakční angiografie (DSA) byla hlavní zobrazovací metodou i v období rozvoje neinvazivních metod, jako jsou ultrasonografie, magnetická rezonance či výpočetní tomografie. V diagnostice byla plnohodnotně nahrazena až CT angiografií prováděnou na moderních multidetektorových přístrojích a zčásti také vyšetřením na moderních MR přístrojích s vysokým magnetickým polem (1,5 T a výše) (1). Pevné postavení ve vyšetřovacím algoritmu tepen dolních končetin v současnosti získala CT angiografie kromě kvality zobrazení také díky své relativní jednoduchosti a rychlosti provedení a rovněž díky stále lepší dostupnosti v porovnání s magnetickou rezonancí. Její hlavní limitací zůstává trvale radiační zátěž a také nutnost aplikace relativně vysokého množství jodové kontrastní látky (2). Cílem práce je zhodnotit možnosti redukce radiační zátěže a množství aplikované kontrastní látky na nové generaci CT přístroje se dvěma zdroji záření.

## MATERIÁL A METODIKA

V období od 6/2011 do 1/2011 jsme prospektivně vyšetřili 29 osob indikovaných k CT angiografii z důvodu podezření či kontrole terapie ischemické choroby dolních končetin (ICHDK). Všechna vyšetření byla provedena v rozsahu břišní aorty, pánevních tepen a dolních končetin na přístroji se dvěma zdroji záření, Somatom Definition FLASH (Siemens, Německo). Použitá kolimace 128 × 0,6 mm, rychlá rotace rentgenky (0,28 s/otáčku) a vyšším fázovým posunem (pitch 1,55). Expozice byla provedena za použití principu anatomické modulace parametrů (CareDose4D, Siemens) s nastavením referenční hodnoty mAs 120–140 a 100 kV.

Pro stanovení optimálního zpoždění byl proveden testovací bolus 10 ml kontrastní látky, který byl monitorován v úrovni podkolenních tepen a stanovena časová hodnota maximální hodnoty denzity. Zpoždění začátku akvizice vůči aplikaci kontrastní látky bylo stanoveno přičtením 4 sekund. V případě odlišné hodnoty u jednotlivých končetin byla zvolena průměrná hodnota. Při samotném vyšetření bylo aplikováno 60 nebo 70 ml jodové kontrastní látky s vysokou koncentrací jódu (350 ml) a záplachem 50 ml fyziologického roztoku. Rychlost podání byla v obou případech standardně 5 ml/s.

Sada základních axiálních obrazů byla rekonstruována za použití techniky iterativní rekonstrukce dat k potlačení

šumu (SAFIRE, Siemens) se šíří vrstvy 0,75 mm a vzdáleností vrstev 0,5 mm s potlačením denzitních rozhraní (kernel I26f). Tato data byla využita pro vizuální hodnocení kvality i měření denzity.

Vizuální hodnocení bylo prováděno v aplikaci InSpace (Syngo, Siemens), kdy byla posuzována optimální možnost hodnocení ve čtyřech jednotlivých úsecích (aorta, pánev a třísla, stehna a podkolenní, bérce a kotníky). Kvalita byla posuzována konsenzem dvou radiologů s dlouholetou praxí v hodnocení CT angiografických vyšetření (1 – optimální, 2 – suboptimální, ale hodnotitelné, 3 – nedostatečné) na základě hodnocení objemových (VRT – volume rendering technice) a multiplanárních (MPR – multiplanar reformations). Zároveň bylo provedeno měření hodnoty denzity v jednotlivých úrovních tepenného systému (aorta, třísla – a. femoralis communis, podkolenní – a. poplitea a kotníky – a. tibialis anterior). Hodnota denzity byla stanovena na axiálním obrazu v maximálním možném rozsahu plochy průřezu tepny. V případě třísel, podkolenní a kotníků byla denzita stanovena v obou končetinách a zaznamenána nižší hodnota. V případě uzáveřu přední tibiální tepny byla pro měření použita jiná bérceová větev.

## VÝSLEDKY

Výsledky hodnocení vizuální kvality obrazové dokumentace a také úroveň denzity v jednotlivých částech tepenného systé-

mu jsou shrnuty v tabulce 1. Zároveň jsou uvedeny hodnoty radiační zátěže. V rozsahu aorty a tepen dolních končetin až po oblast podkolenní bylo dosaženo velmi vysoké kvality zobrazení a průměrná hodnota denzity v lumen dosáhla hodnoty: aorta – 456,3 HU, třísla – 507,3 HU, podkolenní – 554,3. V oblasti bérce byla ve třech případech dosažena pouze suboptimální kvalita zobrazení, která však nebránila hodnocení až do úrovně kotníků. Pouze v jednom případě byla oblast bérceových tepen z větší části nehodnotitelná. Průměrná hodnota efektivní dávky byla 1,79 mSv (CTDIvol. 2,40).

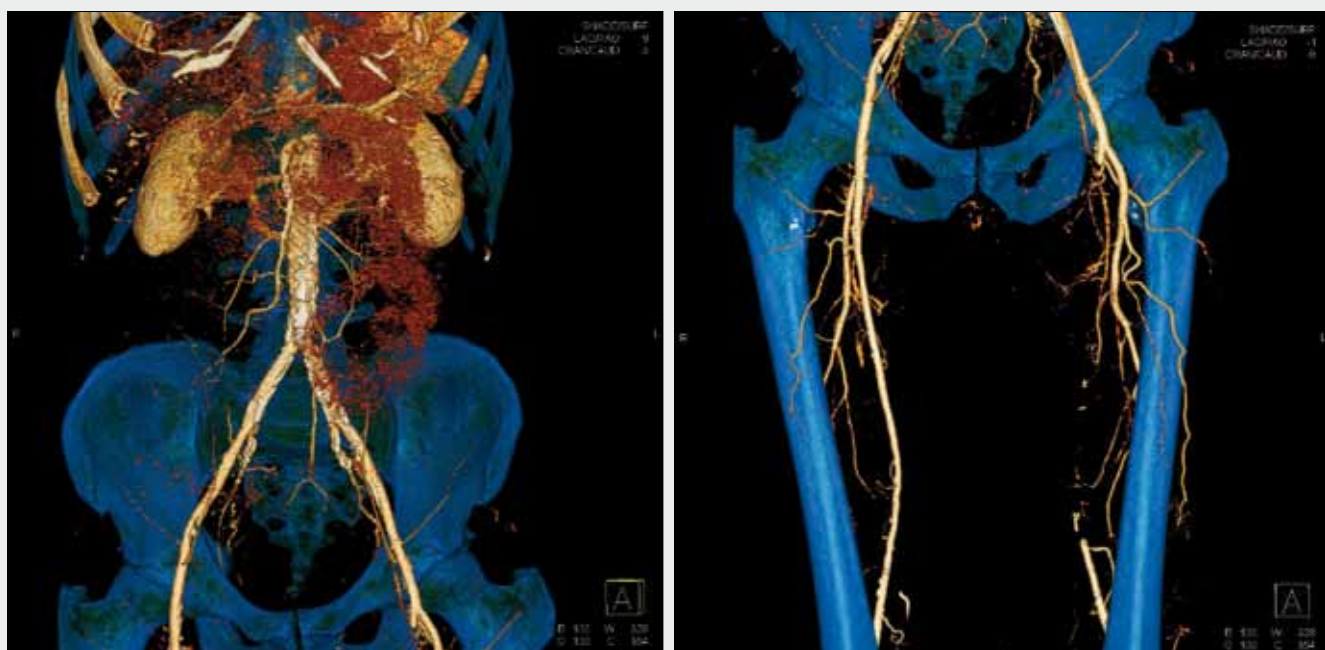
## DISKUSE

### Historie a technické předpoklady CT zobrazení cév

V posledních 15–20 letech došlo v diagnostice cévních chorob k výraznému posunu od invazivních k neinvazivním metodám. CT angiografie se stala stěžejní zobrazovací metodou v diagnostice onemocnění tepen dolních končetin. Její rozvoj byl umožněn technickým pokrokem spirální multidetektorové CT technologie (3). Pomineme-li CT angiografii srdečních tepen s nutností synchronizace s EKG, patří vyšetření tepen dolních končetin mezi technicky nejnáročnější CT angiografické metody, a to zejména díky výraznému kraniokau-

Tab. 1. Seznam vyšetřených osob s výsledky  
Table 1. List of examined persons with results

Pacient	DLP mGycm	CTDIvol mGy	Doba akvizice s	Efektivní dávka mSv	ROI (HU) aorta	Vizuální kvalita aorta	ROI (HU) třísla (AFC)	Vizuální kvalita pánev	ROI (HU) podkolenní (AP)	Vizuální kvalita stehna	ROI (HU) kotník	Vizuální kvalita bérce
1	265	2	6,51	1,17	379	1	414	1	667	1	352	1
2	258	1,91	6,49	1,15	621	1	746	1	641	1	297	2
3	269	2,19	6,55	1,41	536	1	565	1	534	1	323	1
4	371	2,49	7,21	2,02	483	1	534	1	482	1	340	1
5	205	1,32	7,47	0,91	386	1	424	1	403	1	327	1
6	327	2,63	6,02	1,70	216	2	179	2	394	1	475	1
7	284	2,13	6,46	1,47	432	1	478	1	495	1	347	1
8	531	3,75	6,82	2,64	326	1	292	1	220	2	168	3
9	577	3,89	7,09	3,27	483	1	449	1	411	1	510	1
10	238	1,71	6,72	1,23	595	1	606	1	636	1	326	1
11	211	1,5	7,07	1,06	543	1	583	1	575	1	358	1
12	295	2,03	7,04	1,64	432	1	507	1	542	1	429	1
13	271	1,95	6,72	1,43	430	1	552	1	595	1	197	2
14	241	1,7	6,84	1,22	526	1	556	1	745	1	409	1
15	261	2,05	6,15	1,23	329	2	300	1	506	1	464	1
16	445	3,02	7,13	2,49	489	1	532	1	570	1	435	1
17	646	4,21	7,4	3,09	442	1	502	1	529	1	387	1
18	293	2,04	6,95	1,59	301	1	372	1	650	1	455	1
19	272	1,95	6,74	1,40	755	1	837	1	577	1	350	1
20	315	2,18	6,98	1,60	600	1	661	1	665	1	299	2
21	252	1,81	6,71	1,38	637	1	675	1	635	1	445	1
22	317	2,2	7,04	1,88	298	1	349	1	526	1	335	1
23	343	2,41	6,87	1,99	577	1	662	1	622	1	425	1
24	461	3,2	6,95	2,78	307	1	421	1	440	1	413	1
25	532	3,64	7,05	2,95	447	1	462	1	488	1	341	1
26	338	2,31	7,05	1,73	438	1	607	1	788	1	311	1
27	355	2,57	6,67	1,85	313	1	433	1	630	1	409	1
průměr	339,74	2,40	6,84	1,79	456,33	1,07	507,33	1,04	554,30	1,04	367,67	1,19



▲ Obr. 1A

▲ Obr. 1B



▲ Obr. 1C

▲ Obr. 1D

**Obr. 1. Pacient 2 (viz tab. 1) – oboustranný femoropoplitální bypass (FPB), VRT rekonstrukce**  
**Fig. 1. Patient 2 (table 1) – bilateral femoro-popliteal bypass, VRT reconstructions**

dálšímu rozsahu vyšetření, např. v porovnání s vyšetřením krčních a mozkových tepen. Tento rozsah vyšetření zvyšuje nároky na rychlost samotné akvizice v součinnosti s množstvím, rychlostí a vhodným časováním aplikace kontrastní látky. Rozměry zejména bérkových tepen zároveň znamenají nutnost vysokého prostorového rozlišení (4, 5).

Cílené vyšetření tepen v optimální kvalitě pomocí CT bylo možné až s rozvojem spirální multidetektorové CT technologie. Postupné navyšování počtu detektorových řad, zrychlení rotace systému rentgenka-detektor a zrychlení posunu vyšetřovacího stolu znamenaly významné zkrácení akvizičního

času. Na 2- až 8-detektorových systémech bylo možné kvalitně vyšetřit pouze krátké úseky, a uplatnily se tedy zejména v zobrazení krčních tepen, aorty a pánevních tepen. Teprve 16-detektorové CT přístroje byly schopné provést vyšetření tepen dolních končetin v plném rozsahu v relativně krátké době (30–45 s) při zachování submilimetrové kolimace, a tím s možností velmi kvalitních multiplanárních a objemových rekonstrukcí v rámci postprocessingu. Další zrychlení akvizice u 40-, 64-, 128- a dnes až 256-detektorových systémů znamená další výrazné zkrácení vyšetřovacího času s možností úspory aplikované kontrastní látky (3, 6).



▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B



▲ Obr. 2C



▲ Obr. 2D

Obr. 2. Pacient 15 (viz tab. 1) – uzávěr povrchní stehenní tepny vlevo (AFS), VRT rekonstrukce  
 Fig. 2. Patient 15 (table 1) – occlusion of superficial femoral artery (SFA), VRT reconstructions

### Akvizice dat s vysokým fázovým posunem („high-pitch mód“)

Dvouzdrojové CT přístroje nové generace jsou díky paralelní akvizici a rychlou rotací (0,33 s a 0,28 s) obou systémů rentgenka-detektor s odpovídající rychlostí posunu stolu schopny vyšetřovat s použitím vysoké hodnoty fázového posunu (pitch až 3,2). Nominální hodnota časového rozlišení je tedy u tohoto způsobu akvizice snížena na jednu čtvrtinu otáčky rotoru gantry (7). Tento způsob akvizice výrazným způsobem zkracuje akviziční čas se zachováním technické kvality při submilimet-

rové šíři vrstvy v porovnání s jednozdrojovými přístroji využívající běžnou hodnotu pitch faktoru (8). Nejvýraznějšího využití dosáhla tato technika při zobrazení srdce a také při vyšetření dětských pacientů. V oblasti zobrazení periferních tepen nebyla využitelnost tohoto způsobu vyšetření ověřena. Hlavní limitací vyšetření pomocí „high-pitch“ módu je menší průměr jednoho ze systémů rentgenka-detektor, což u obézních pacientů neumožňuje zobrazení například celého objemu jater.

## Kontrastní látka a časování akvizice

Kromě technických parametrů expozice je zásadní podmínkou kvalitní CT angiografie správně zvolené množství, způsob aplikace kontrastní látky a také optimální načasování spuštění akvizice vůči aplikaci kontrastní látky. Hlavním problémem tohoto načasování je velký rozsah rychlostí toku krve v tepenném systému. Ty se pohybují od 29 do 177 mm/s a kromě kardiálních funkcí jsou ovlivněny stupněm postižení ischemickou chorobou dolních končetin (ICHDK), což je nejčastější indikace tohoto druhu vyšetření (5, 9). Tato variabilita je velmi nepředvídatelná, a nelze s ní tedy kalkulovat při plánování samotného vyšetření. Trvání postupu bolu kontrastní látky z aorty do úrovně kotníků se může pohybovat od 7 do 40 sekund. Nelze tedy použít pevné nastavení startu akvizice od aplikace kontrastní látky a je nezbytné využít buď systému automatického spuštění při přímé monitoraci bolu kontrastní látky (CareBolus, Siemens), nebo monitorace tzv. testovacího bolu. Princip automatického spuštění akvizice při dosažení určitého prahu je jednoduchý způsob časování akvizice, vzhledem k velkému rozsahu vyšetření a variabilní rychlosti však vyžaduje použít větší množství kontrastní látky, jejíž významná část však může zůstat nevyužita v pravostranných srdečních oddělech (10).

Při použití testovacího bolu je možné přesně stanovit charakter křivky průchodu bolu kontrastní látky určitou oblastí, a nastavit tak vhodný start akvizice. Nevýhodou tohoto systému zůstává nutnost aplikovat malé množství kontrastní látky, v našem případě 10 ml. Vzhledem k tomu, že hlavním rizikem vyšetření s velmi krátkým akvizičním časem je tzv. „předběhnutí“ průběhu vlny kontrastní látky, je vhodnější v tomto případě využití systému testovacího bolu. V naší studii jsme monitoraci testovacího bolu lokalizovali do úrovně podkolenních tepen s předpokládaným zajištěním maximálního nasycení periferní části tepenného systému dolních končetin. Zásadní pro kvalitní nasycení zejména bércevého řečiště kontrastní látkou je správné nastavení zpoždění začátku akvizice od začátku aplikace. V našem protokolu jsme k časové hodnotě maximálního nasycení získané z monitorace testovacího bolu přičítali ještě 4 sekundy a výsledný údaj sloužil k nastavení zpoždění akvizice.

Obecně uznávaným pravidlem pro provádění CT angiografií je, že kratší akvizice umožňuje významným způsobem snížit množství aplikované kontrastní látky. Na druhou stranu se v publikacích o CT angiografii dolních končetin nedoporučuje využívat rychlejšího posunu stolu než 30 mm/s, kdy se zvyšuje riziko „předběhnutí“ bolu kontrastní látky. Při využití principu akvizice s vysokým pitch faktorem (1,55–3,2) a vysokou rychlostí rotace rentgenky dosahuje rychlost stolu až 430 mm/s a akviziční čas vyšetření od úrovně bránice až k palcům klesá na méně než 6 s (10, 11). V našem protokolu jsem hodnotu pitch nastavili na 1,55 a průměrný akviziční čas dosáhl 6,84 s. Velmi složité je kromě časování také stanovení vhodného množství aplikované kontrastní látky, aby byla dosažena optimální koncentrace kontrastní látky v celém vyšetřovaném rozsahu. Doporučované množství se liší, ale většinou se udává od 100 do 140 ml při současném vyšetření břišní aorty, pánevních tepen a tepen dolních končetin (12, 13). V naší práci jsme volili množství 60–70 ml kontrastní látky. Doposud nebyla provedena studie stanovující minimální množství

kontrastní látky nutné k optimálnímu provedení CT angiografie.

Vizuální hodnocení aorty, pánevních, stehenních i podkolenních tepen prokázalo velmi dobrou diagnostickou kvalitu, která byla potvrzena naměřenými hodnotami denzit v lumenech jednotlivých částí řečiště. Průměrná hodnota ve všech částech přesáhla 350 HU; jako optimální hodnota je v literatuře uváděna hodnota 300 HU. Zcela ideální byla kvalita zobrazení v úrovni třísel, stehů a podkolenní. Pouze v jednom případě došlo k suboptimálnímu nasycení břišní aorty. V oblasti bérce došlo k celkem čtyřem případům „předběhnutí“ bolu kontrastní látky díky vysoké rychlosti skenování se suboptimální koncentrací kontrastní látky, pouze jedno vyšetření však nebylo hodnotitelné, a to vzhledem ke klinickému stavu vyšetřované osoby. K tomuto jevu může docházet zejména vlivem relativně výrazného zpomalení toku v infrapopliteální oblasti a lze tomu předejít nastavením delšího zpoždění akvizice vůči aplikaci kontrastní látky. Další možností řešení je v případě nedostatečné koncentrace kontrastní látky v bérceových tepnách opakování vyšetření v rozsahu bérce okamžitě po ukončení první akvizice. Tímto způsobem lze dosáhnout vysoké kvality zobrazení bérceových tepen a tepen nohy při minimálním navýšení radiační zátěže.

V pokračování naší studie bychom chtěli nejen zvýšit velikost souboru, ale také se zaměřit na případnou odlišnost kvality při použití různých množství kontrastní látky a koncentrací jódu. Důležitým faktorem do budoucna zůstává také způsob správného načasování akvizice vzhledem k podání kontrastní látky.

## Radiační zátěž

Radiační zátěž je obecně trvalým negativem CT vyšetření. V případě vyšetření břišní aorty, pánevních tepen a tepen dolních končetin je nejzávažnějším faktorem ozáření břicha a pánve. Existuje několik způsobů jak významným způsobem minimalizovat radiační zátěž. Jedním způsobem je využití anatomické modulace expozičních parametrů (CareDose4D, Siemens), kdy je na základě topografického skenu stanovena nejvhodnější hodnota nejen proudu, ale i napětí. Zejména pokud bylo algoritmem nastaveno napětí na hodnotu 80 kV, byla v těchto případech radiační zátěž zřetelně redukována. Již v několika studiích byla prokázána optimální kvalita zobrazení tepen dolních končetin i při použití nižších hodnot napětí (100 kV a 80 kV) (14, 15).

## Iterativní rekonstrukce dat

Kromě technického vývoje CT přístrojů dochází v posledním období k rozšíření speciálního rekonstrukčního algoritmu, tzv. iterativního způsobu rekonstrukce dat, který významným způsobem zlepšuje kvalitu obrazu pomocí redukce šumu. Nejnovější verze iterativního rekonstrukčního procesu (SAFIRE – sinogram affirmed iterative reconstruction) pak umožňuje redukovat expoziční parametry při akvizici (až na 50%) při zachování optimální kvality obrazu (16).

V naší studii byla hodnota radiační zátěže stanovena na základě hodnot DLP (dose length product) pro oblast břicha a pánve výpočtem:  $CTDI_{vol} \times \text{kraniokaudální rozsah vyšetření břicha a pánve (v cm)}$ . Pomocí konverzního

koeficientu (0,015) byl proveden převod na efektivní dávku (mSv). Stejně jako ve většině studií nebyla ozáření samotných dolních končetin započítána, protože ovlivňují efektivní dávku pouze minimálně. V dosud publikované literatuře se hodnoty efektivní dávky pohybují od 3 do 10 mSv (17, 18). V našem souboru bylo dosaženo průměrné hodnota efektivní dávky 1,79 mSv.

V literatuře doposud nelze nalézt zkušenosti s CT vyšetřením tepen dolních končetin pomocí „high-pitch“ módu. Tato technika přináší nové možnosti komplexně šetrného přístupu k vyšetřovaným osobám, zároveň však existují výše zmíněné nepříznivé faktory. V každém případě je tento inovativní přístup alternativou k doposud užívanému způsobu skenování, zejména u osob s rizikem kontrastní nefropatie, nebo u mladých osob.

## ZÁVĚR

První výsledky naší prospektivní studie prokázaly možnost provedení CT angiografie dolních končetiny pomocí „high-pitch“ módu. Tímto způsobem vyšetření lze dosáhnout velmi nízké radiační zátěže a také aplikace menšího množství kontrastní látky v porovnání s vyšetřením na předchozích typech CT přístrojů. Přes tento – pro vyšetřované osoby komplexně šetrný způsob akvizice – bylo dosaženo vysoké diagnostické kvality v oblasti aorty, pánve stehna a proximálních částí bérců. Obrazové kvality bylo dosaženo s využitím algoritmu iterativní rekonstrukce s výrazným potlačením šumu u nízkodávkových vyšetření. Tento způsob vyšetření je zvláště vhodný pro osoby s vysokým rizikem kontrastní nefropatie, eventuálně pro mladé osoby v produktivním věku.

## LITERATURA

1. Soulez G, Therasse E, Giroux MF, et al. Management of peripheral arterial disease: Role of computed tomography angiography and magnetic resonance angiography. *Presse Med.* 2011; 40(9): e437–452.
2. Romano M, Mainenti PP, Imbriaco M, et al. Multidetector row CT angiography of the abdominal aorta and lower extremities in patients with peripheral arterial occlusive disease: diagnostic accuracy and interobserver agreement. *Eur J Radiol* 2004; 50: 303–308.
3. Willmann JK, Baumert B, Schertler T, et al. Aortoiliac and lower extremity arteries assessed with 16-detector row CT angiography: prospective comparison with digital subtraction angiography. *Radiology* 2005; 236(3): 1083–1093.
4. Napoli A, Anzidei M, Zaccagna F, et al. Peripheral arterial occlusive disease: diagnostic performance and effect on therapeutic management of 64-section CT angiography. *Radiology* 2011; 261(3): 976–986.
5. Kock MC, Dijkshoorn ML, Pattynama PM, Hunink MG. Multi-detector row computed tomography angiography of peripheral arterial disease. *Eur Radiol* 2007; 17(12): 3208–3222.
6. Rubin GD, Schmidt AJ, Logan LJ, Sofilos MC. Multi-detector row CT angiography of lower extremity arterial inflow and runoff: initial experience. *Radiology* 2001; 221: 126–158.
7. Petersilka M, Bruder H, Krauss B, Stierstorfer K, Flohr TG. Technical Principles of dual source CT. *Eur J Radiol* 2008; 68(3): 362–368.
8. Flohr TG, Leng S, Yu L, et al. Dual-source spiral CT with pitch up to 3.2 and 75 ms temporal resolution: image reconstruction and assessment of image quality. *Med Phys* 2009; 36(12): 5641–5653.
9. Boll DT, Lewin JS, Fleiter TR, Duerk JL, Merkle EM. Multidetector CT angiography of arterial inflow and runoff in the lower extremities: a challenge in data acquisition and evaluation. *J Endovasc Ther* 2004; 11: 144–151.
10. Fleischmann D. CT angiography: injection and acquisition technique. *Radiol Clin North Am* 2010; 48(2): 237–247.
11. Shimizu K, Utsunomiya D, Nakaura T, et al. Uniform vascular enhancement of lower extremity artery on CT angiography using test-injection monitoring at central level of the scan range: a simulation flow phantom study with clinical correlation. *Acad Radiol* 2010; 17(9): 1153–1157.
12. Met R, Bipat S, Legemate DA, Reekers JA, Koelemay MJ. Diagnostic performance of computed tomography angiography in peripheral arterial disease: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2009; 301(4): 415–424.
13. Heuschmid M, Krieger A, Beierlein W, et al. Assessment of peripheral arterial occlusive disease: comparison of multislice-CT angiography and intraarterial digital subtraction. *Eur J Med Res* 2003; 8: 389–396.
14. Fraioli F, Catalano C, Napoli A, et al. Low-dose multidetector-row CT angiography of the infra-renal aorta and lower extremity vessels: image quality and diagnostic accuracy in comparison with standard DSA. *Eur Radiol* 2006; 16: 137–146.
15. Schindera ST, Nauer C, Treier R, et al. Strategien zur Reduktion der CT-Strahlendosis. *Radiologe* 2010; 50: 1120–1127.
16. Winklehner A, Karlo C, Puippe G, et al. Raw data-based iterative reconstruction in body CTA: evaluation of radiation dose saving potential. *Eur Radiol* 2011; 21(12): 2521–2526.
17. Martin ML, Tay KH, Flak B, et al. Multidetector CT angiography of aortoiliac system and lower extremities: a prospective comparison with digital subtraction angiography. *Am J Roentgenol* 2003; 180: 1085–1091.
18. Laswed T, Rizzo E, Guntern D, et al. Assessment of occlusive arterial disease of abdominal aorta and lower extremities arteries: value of multidetector CT angiography using an adaptive acquisition method. *Eur Radiol* 2008; 18: 263–272.