

CT ANGIOGRAFIE BŘÍŠNÍ AORTY A DOLNÍCH KONČETIN (CTA DK) – MOŽNOSTI OPTIMALIZACE AKVIZIČNÍHO ČASU A REDUKCE OBJEMU KONTRASTNÍ LÁTKY

CT ANGIOGRAPHY OF AORTOILIAC AND LOWER EXTREMITY ARTERIES – POSSIBILITY OF SCAN TIME OPTIMIZATION AND VOLUME REDUCTION OF CONTRAST AGENT

původní práce

Jan Baxa¹
Jiří Ferda¹
Tomáš Vendiš¹
Jiří Moláček²
Vladislav Třeška²

¹Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN, Plzeň

²Chirurgická klinika, LF UK a FN, Plzeň

Přijato: 20. 2. 2013.

Korespondenční adresa:

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

Podpořeno Projektem rozvoje
Univerzity Karlovy P36.

Konflikt zájmů: Autor neuvádí
žádný konflikt zájmů.

SOUHRN

Baxa J, Ferda J, Vendiš T, Moláček J, Třeška V. CT angiografie břišní aorty a dolních končetin (CTA DK) – možnosti optimalizace akvizičního času a redukce objemu kontrastní látky

Cíl: Významem naší prospektivní studie je možnost významné redukce celkového objemu kontrastní látky při CTA DK díky optimalizaci akvizičního času na základě individuálních cirkulačních parametrů.

Metoda: Celkem u 68 osob s ischemickou chorobou dolních končetin bylo prospektivně provedeno CT angiografické vyšetření břišní aorty a dolních končetin (CTA DK) s použitím kontrastní látky o objemu 40 ml (31 osob) a 50 ml (37 osob) a vysokou rychlostí aplikace (6 ml/s). Akviziční čas byl individuálně vypočten na základě aorto-popliteálního (Ao-P) tranzitního času získaného stanovením denzitní bolusové křivky na dvou úrovních (aorta/popliteální tepna) po jednorázovém podání 10 ml kontrastní látky (tzv. dvojité testovací bolus).

Kvalita vyšetření byla hodnocena subjektivním (skóre 1–3) a objektivním měřením denzity v pěti úrovních. Vyšetření byla označena jako nedignostická, pokud byla alespoň jedna oblast při subjektivním hodnocení ohodnocena skóre 3. Ve statistickém hodnocení byla porovnána dosažená kvalita s hodnotami akvizičního času a zpoždění.

Výsledky: Prokázali jsme statisticky významnou korelaci akvizičního času (21–43)

SUMMARY

Baxa J, Ferda J, Vendiš T, Moláček J, Třeška V. CT angiography of aortoiliac and lower extremity arteries – possibility of scan time optimization and volume reduction of contrast agent

Aim: The goal of the prospective study is to determine feasibility of peripheral CT angiography (CTA) with adaptive scan time using low volume of contrast agent.

Methods: We performed CTA in extent of abdominal aorta and lower limbs on dual-source CT in two groups of patients with different volumes of contrast agent (400 mgI/l). Volumes of 40 ml (31 patients) and 50 ml (21 patients) with 6 ml/s injection were used for examinations.

Individual scan time was calculated from peak transit time established from double test bolus (single administration of 10 ml) measurements (proximal abdominal aorta and popliteal arteries). We analyzed subjective quality of CTA (1–3) and objective quality (intraluminal density and CNR) in 5 different levels. Examinations with subjective quality 3 (non-diagnostic) in one level were considered as overall non-diagnostic.

Results: We found significant correlation between scan time (21–43 s) and subjective ($p = 0.0015$) and objective quality ($p = 0.0117$) in both groups. Significantly higher ($p = 0.029$) scan time was used in examinations with overall non-diagnostic quality (6 in 40 ml group and 3 in 50 ml group). The scan

a subjektivního ($p = 0,0015$) a objektivního ($p = 0,0117$) hodnocení kvality. Také v případě Ao-P tranzitního času byla prokázána statistická korelace s hodnocením kvality ($0,0013$, resp. $0,0191$). Signifikantně vyšší akviziční čas byl použit u vyšetření s celkově subjektivně nedignostickou kvalitou ($p = 0,073$) a ve všech případech byl vyšší než 31 s. Naopak všechna vyšetření s akvizičními časy pod 30 s byla plně diagnostická. Při podání 50 ml kontrastní látky bylo dosaženo významně vyšší denzity v jednotlivých sledovaných úrovních ($p = 0,076$), hodnoty akvizičního času a Ao-P tranzitního času se významně mezi skupinami s různým množstvím kontrastní látky nelišily.

Závěr: Naše práce prokázala možnost významné redukce objemu kontrastní látky při CTA DK za pomoci optimalizace akvizičního času na základě Ao-P tranzitního času, který byl získán po jednorázové aplikaci 10 ml kontrastní látky (dvojitý test bolus). Byla prokázána statisticky významná korelace akvizičního času a Ao-P tranzitního času na kvalitě provedených vyšetření.

Klíčová slova: CT angiografie, CT angiografie dolních končetin, testovací bolus, kontrastní látka.

times in non-diagnostic examinations were completely over 31s (31.6–42.4) and all examinations with scan time below 30 s were with excellent quality. Significantly better objective quality was reached in 50 ml group ($p = 0,076$). Time parameters were not significantly different in both groups.

Conclusion: Our results have proved feasibility of peripheral CTA with adaptive scan time and low volume of contrast agent. There is significant correlation of used scan time and AoP peak transit time with quality with probability of determination of suitable group of patients.

Key words: CT angiography, CT angiography of aortoiliac and lower extremity arteries, test bolus, contrast agent.

ÚVOD

CT angiografie se v posledních 10 letech stala stěžejní zobrazovací metodou onemocnění aorty a tepen dolních končetin, zejména u osob s ischemickou chorobou dolních končetin (ICHDK). Z hlediska technického vývoje CT technologie bylo vyšetření arteriálního systému v takovém rozsahu relativně náročné. První multidetektorové přístroje (2–10 řad) se potýkaly s limitovanou rychlostí skenování a nutností aplikace velkého množství kontrastní látky pomalou rychlostí. Až 16-řadé CT přístroje znamenaly možnost rutinního vyšetřování aorty a tepen dolních končetin s dostatečnou rychlostí a izotropní kvalitou datového pole (1).

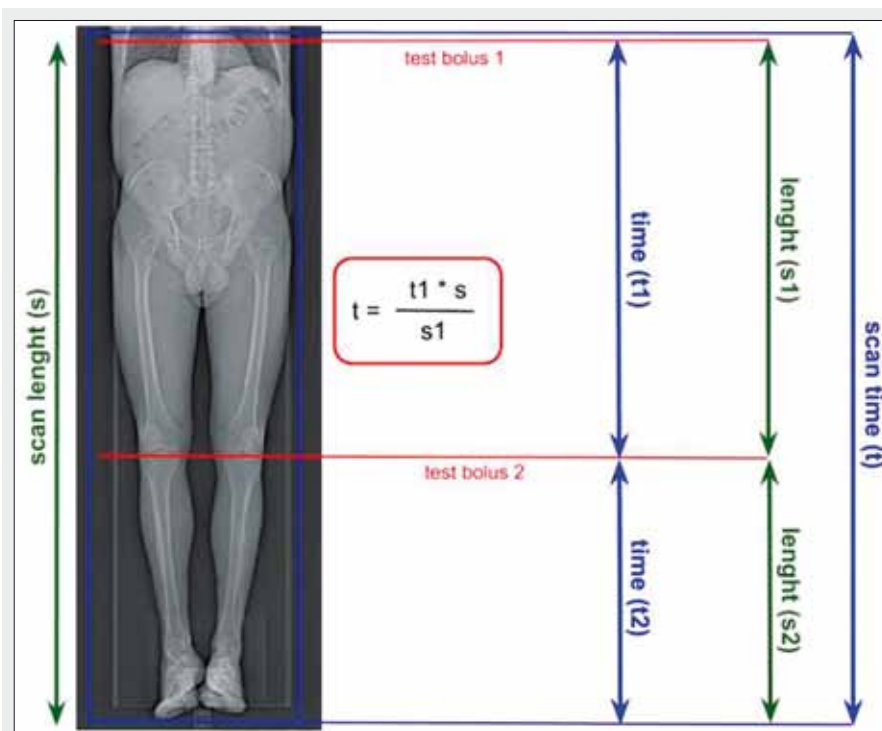
V souvislosti s technickým vývojem CT přístrojů a zvýšení rychlosti skenování se vyvíjely i způsob aplikace kontrastní látky a možnosti vzájemné synchronizace. U přístrojů s dlouhým skenovacím časem se doporučovalo podání kontrastní látky nižší rychlostí (kolem 3 ml/s) nebo použití tzv. bifázické aplikace (dva bolusy kontrastní látky o různých rychlostech a množstvích) (2, 3). Právě aplikace relativně velkého množství jodové kontrastní látky s nefrotoxickým účinkem je hlavní limitací této jinak spolehlivé metody. Tato limitace je zmiňována zejména v porovnání s MR angiografií. V naší stu-

dii jsme se zaměřili na možnost významné redukce množství kontrastní látky díky snaze o maximální optimalizaci skenovacího procesu.

METODIKA

Byla provedena prospektivní studie u osob indikovaných k CT angiografii v rozsahu břišní aorty a tepen dolních končetin, u kterých nebyly prokázány standardní kontraindikace ke kontrastnímu CT vyšetření (alergie a renální selhání). Celkem bylo do studie v průběhu roku 2012 zařazeno 68 osob (14 žen), které podepsaly standardní souhlas s vyšetřením. Studie byla zároveň schválena lokální etickou komisí.

Všetchna vyšetření byla provedena v rozsahu břišní aorty, pánevních tepen a dolních končetin na přístroji se dvěma zdroji záření, Somatom Definition FLASH (Siemens Healthcare, Erlangen, Německo). Při kolimaci $128 \times 0,6$ mm a periodě rotace rentgenky 500 ms byla použita variabilní hodnota fázového posunu pro úpravu skenovacího času (0,35–0,9). Expozice byla provedena za použití principu anatomické modu-



Obr. 1

Obr. 1. Schéma metodiky stanovení skenovacího času
 Fig. 1. Method of scan time determination (scheme)

lace expozičních parametrů (CareDose4D, Siemens Healthcare, Erlangen, Německo) s nastavením referenční hodnoty mAs 120–140 a 100 kV.

Metoda dvojitého testovacího bolusu (double test bolus) a kontrastní látka

Pro synchronizaci aplikace kontrastní látky a akvizice byla použita speciální metodika tzv. dvojitého testovacího bolusu, kdy po jednorázové aplikaci 10 ml kontrastní látky stejnou rychlostí jako při následném vyšetření byl sledován vzestup intraluminální denzity v úrovni distální hrudní aorty a následně v úrovni podkolenních tepen (AP). Data z obou sérií sekvenčních skenů byl vyhodnocen v softwarové aplikaci DynEva (Syngo, Siemens Healthcare, Erlangen, Německo) a v obou úrovních stanoven čas dosažení maximální denzity. Na základě těchto údajů byla vypočtena doba přechodu vrcholu bolusu kontrastní látky mezi jednotlivými úrovněmi (Ao-P tranzitní čas) a přepočtem na celkovou délku skenu pak získán optimalizovaný celkový akviziční čas, který byl následně nastaven úpravou pitch faktoru. Začátek samotné akvizice byl stanoven na základě časového údaje vrcholové denzity v aortě s přičtením 2 s (obr. 1).

Kontrastní látka byla aplikována v množství 40 ml (31 osob) a 50 ml (37 osob) a koncentraci 400 mgI/ml rychlostí 6 ml/s a záplachem 50 ml fyziologického roztoku o stejné rychlosti.

Hodnocení obrazu

Sada základních axiálních obrazů byla rekonstruována za použití techniky iterativní rekonstrukce dat k potlačení šumu (SAFIRE, Siemens Healthcare, Erlangen, Německo) o šíři vrstvy 0,75 mm a vzdálenosti vrstev 0,5 mm s potlačením

denzitních rozhraní (kernel I26f). Tato data byla využita pro vizuální hodnocení kvality i měření denzity.

Subjektivní vizuální hodnocení bylo prováděno v aplikaci InSpace (Syngo, Siemens), kdy byla posuzována optimální možnost hodnocení ve čtyřech 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 technique) a multiplanárních (MPR – multiplanar reformations). Vyšetření, u kterých byla alespoň jedna z oblastí hodnocena skórem 3, byla celkově považována za nedignostická.

Zároveň bylo provedeno objektivní měření hodnoty denzity v pěti úrovních tepenného systému (aorta, třísla – a. femoralis communis, podkolenní – a. poplitea, úroveň poloviny bérce a kotníky – a. tibialis anterior, a. tibialis posterior nebo a. fibularis). 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 úrovni bérce byla primárně použita přední tibiální tepna, v případě uzávěru byla pro měření použita jiná bérceová větev.

Statistické hodnocení

Bylo provedeno statistické porovnání kvality vyšetření souborů s různým množstvím aplikované kontrastní látky (Studentův t-test, Fischerův test). Zároveň byl testován vztah kvality vyšetření a reálného skenovacího času resp. hodnoty Ao-P tranzitního času pomocí neparametrické analýzy rozptylu (ANOVA), Wilcoxonovým testem a Spearmanovým korelačním koeficientem.

Tab. 1. Hodnoty objektivního a subjektivního hodnocení kvality

Table 1. Values of objective and subjective quality evaluation

Oblast	40 ml (objem podané kontrastní látky)						50 ml (objem podané kontrastní látky)						Celkem					
	ROI (HU)	Skóre (1–3)	dg. kvalita ROI	dg. kvalita skóre	non-dg. kvalita ROI	non-dg. kvalita skóre	ROI (HU)	Skóre (1–3)	dg. kvalita ROI	dg. kvalita skóre	ROI (HU)	Skóre (1–3)	dg. kvalita ROI	dg. kvalita skóre	ROI (HU)	Skóre (1–3)	dg. kvalita ROI	dg. kvalita skóre
aorta	440	1,16	401	1,13	478	1,29	516	1,05	515	1,06	723	1	478	1,09	458	1,10	601	1,15
pánev (AFC)	419	1,13	422	1,04	393	1,43	528	1,14	538	1,00	337	2	474	1,14	480	1,02	365	1,72
stehna (AP)	342	1,35	377	1,04	155	2,43	420	1,33	426	1,11	180	2,67	381	1,34	402	1,08	168	2,55
bérec	280	1,37	294	1,13	186	2,14	321	1,24	328	1,00	199	2,67	301	1,31	311	1,07	193	2,41
kotník	221	1,61	251	1,29	184	2,71	27	1,38	283	1,11	131	3	124	1,50	267	1,20	158	2,86

Tab. 2. Porovnání akvizičního času a Ao-P tranzitního času u skupin s diagnostickou a ne-diagnostickou subjektivní kvalitou hodnocení (Wilcoxonův test)

Table 2. The comparison of scan time and AoP transit time in groups with diagnostic and non-diagnostic subjective quality (Wilcoxon test)

	Celý soubor (68) – průměr	Diagnostická kvalita (58) – průměr	Nediagnostická kvalita (10) – průměr	p hodnota
40 + 50 ml – akviziční čas (s)	25,13	24,04	34,93	0,0073
40 + 50 ml – Ao-P tranzitní čas (s)	14	13	19	0,0084
40 ml – akviziční čas (s)	25,65	25	37,5	0,0039
40 ml – Ao-P tranzitní čas (s)	15	14	20,5	0,0042
50 ml – akviziční čas (s)	24,3	23,9	34,6	0,0139
50 ml – Ao-P tranzitní čas (s)	14	13	18	0,0149

VÝSLEDKY

Z celkový počet 68 vyšetřovaných osob (14 žen, průměrný věk 66 let) bylo 31 provedeno s množstvím 40 ml kontrastní látky a 37 osob s množstvím 50 ml kontrastní látky.

V tabulce 1 jsou shrnuty výsledky objektivního i subjektivního hodnocení kvality provedených vyšetření s rozdělením na vyšetření, která byla plně diagnostická a naopak nediagnostická. Pomocí statistického hodnocení byl prokázán statisticky významný rozdíl v hodnotách dosažených při objektivním i subjektivním hodnocení mezi skupinami s různým množstvím kontrastní látky.

V tabulce 2 jsou uvedeno porovnání hodnot reálného akvizičního času a Ao-P tranzitního času, ze kterého vyplývá statisticky významná závislost subjektivního i objektivního hodnocení kvality na obou časových hodnotách.

Pomocí Spearmonova korelačního koeficientu byl prokázán statisticky významný vztah akvizičního času a subjektivního ($p = 0,0015$) i objektivního ($p = 0,0117$). Obdobná korelace byla nalezena i v případě Ao-P tranzitního času ($p = 0,0013$, resp. $0,0191$).

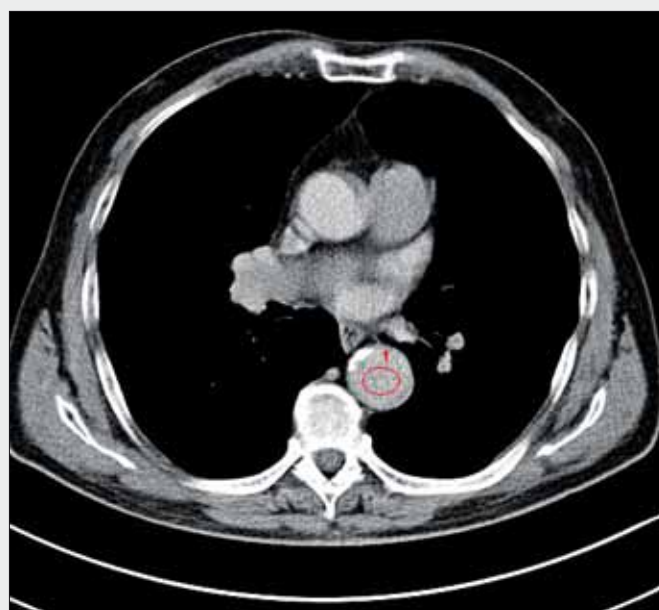
DISKUSE

CT angiografie obecně jako metoda zásadním způsobem změnila management diagnostiky cévních onemocnění a patří dnes společně s MR angiografií k rutinním metodám při potřebě zobrazit zásobení dolních končetin a její kvalita v porovnání s digitální subtrakční angiografií je velmi vysoká (4–6).

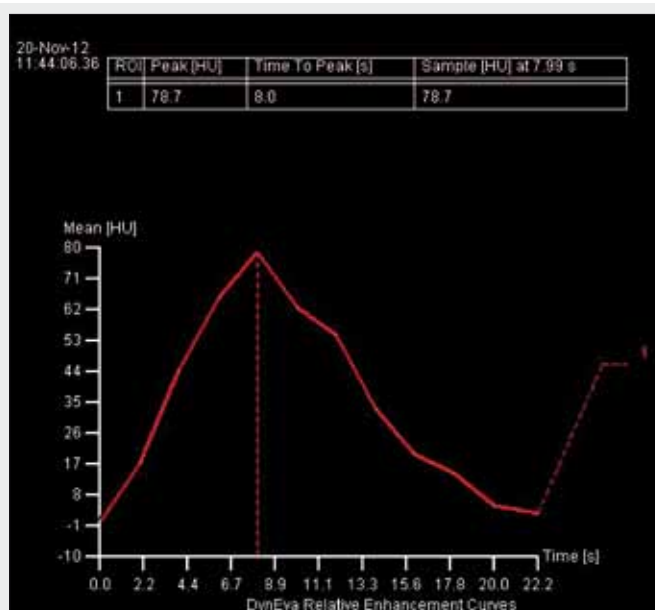
Chování bolusu kontrastní látky v těle (farmakokinetika) je obecně velmi složité, ovlivňující faktory se dají rozdělit na dvě základní skupiny: pacient a jeho klinické parametry (věk, pohlaví, hmotnost, povrch těla, srdeční výdej, stav cirkulace, renální či jaterní onemocnění) a aplikace kontrastní látky (vstup, množství, rychlost, záplach). Existuje relativně

velké množství studií zabývajících se vztahem jednotlivých parametrů a vývoji denzity v parenchymových orgánech. O problematice vlivu na cirkulaci kontrastní látky v periferních tepnách je kvalitních prací mnohem méně. Při CTA dolních končetin dochází k vyšetření tepen ve velmi dlouhém rozsahu (v našem souboru byla průměrná délka vyšetření 140 cm) a průměr sledovaných tepen se během vyšetření výrazně mění. Od břišní aorty s průměrem 2,5–3,5 cm až k periférii bérce tepen o průměru 2–3 mm, což vyžaduje dosažení dostatečné úrovně kontrastu a prostorového rozlišení. Se změnou průměru samozřejmě úzce souvisí výrazně odlišná rychlost toku krve v jednotlivých částech, a tím i odlišná rychlost postupu bolusu aplikované kontrastní látky nezávisle na aplikačním protokolu – např. z místa aplikace do aorty 14–32 s, z aorty do a. dorsalis pedis 6–39 s (7).

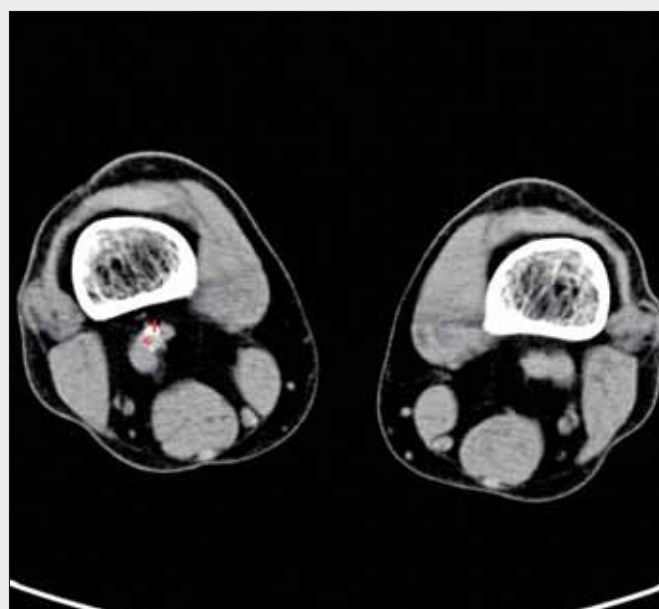
Pro reálně dosaženou úroveň denzity ve zvolené oblasti jsou samozřejmě zásadním faktorem také akviziční parametry při samotné CTA, při níž je zároveň vyžadována co nejvyšší úroveň koncentrace kontrastní látky, což vyžaduje správné načasování spuštění akvizice. Výše zmíněná výrazná variabilita v rychlosti postupu bolusu kontrastní látky je empiricky nepředvídatelná, a nelze s ní tedy kalkulovat při plánování samotného vyšetření. Je tedy zcela vyloučeno použití pevného nastavení zpoždění začátku akvizice od aplikace kontrastní látky (8, 9). V současnosti se pro synchronizaci aplikace kontrastní látky a akvizice využívá systému automatického spuštění při přímé monitorace bolu kontrastní látky (např. BolusTracking, Siemens Healthcare, Erlangen, Německo), většinou v úrovni tříselného vazu. Tento způsob časování akvizice je relativně jednoduchý, vzhledem k velkému rozsahu vyšetření a variabilní rychlosti periferní od úrovně monitorace vyžaduje aplikaci většího množství kontrastní látky, jejíž významná část však může zůstat nevyužita v pravostranných srdečních oddílech (10).



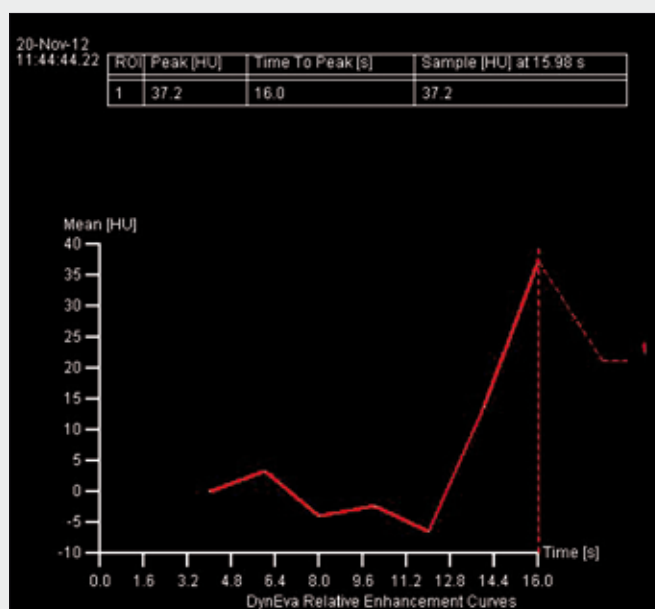
▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B



▲ Obr. 2C



▲ Obr. 2D

Obr. 2. Pacient s ICHDK (čas do maximální denzity v aortě – 12 s, Ao-P tranzitní čas – 14 s, akviziční čas 26,5 s). Oblast zájmu a křivka průchodu bolusové vlny v aortě (A–B) a v popliteální tepně (C–D), VRT rekonstrukce (E–H)

Fig. 2. Patient with peripheral vascular disease. (time to peak in aorta – 12 sec, AoP tranzit time – 14 s, scan time – 26.5 s). Region of interest and bolus curve in aorta (A–B) and popliteal artery (C–D), VRT reconstructions (E–H)

Druhým zásadním faktorem je samotná aplikace kontrastní látky, kdy obecně se při CTA dolních končetin doporučuje relativně velké množství (120–200 ml). U starších přístrojů byla hlavním důvodem pomalá akvizice (30 s a více), kdy bylo nutné „pokryt“ bolusem co nejdélší část skenované oblasti. S postupným zrychlením akvizice pak došlo pouze k malé redukci většinou doporučeného množství. Při prvním průchodu (first-pass) kontrastní látky však jistě dochází k dostatečnému nárůstu denzity tepny i při použití výrazně menšího množství kontrastní látky, což je možné pozorovat např. při objemových perfuzních vyšetřeních, kdy se obvykle používá

30–40 ml. Při těchto perfuzních vyšetření se kontrastní látka zároveň aplikuje vyšší rychlostí (6–7 ml/s), což je další významný faktor. Vyšší rychlost aplikace zajistí větší „kompaktnost“ bolusu, tedy vyšší maximální koncentraci při průchodu jednotlivými částmi cirkulace (7, 11).

Obecně se dá konstatovat, že do současnosti se upravují aplikační parametry podle parametrů akvizičních. Tedy podle akviziční rychlosti se volí způsob aplikace a adaptuje se pouze její začátek. Na moderních přístrojích je však rychlost akvizice jednoduše modifikovatelná pomocí změny hodnoty faktoru stoupání, což jsme využili v naší studii.



▲ Obr. 2E



▲ Obr. 2F



▲ Obr. 2G



▲ Obr. 2H

Double test bolus

Při použití metody testovacího bolusu je možno 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. Limitací využití této techniky, která má své uplatnění zejména při vyšetření srdce, je, obdobně jako u bolus trackingu, stanovení křivky průchodu bolusu kontrastní látky pouze v jedné úrovni dlouhé skenované oblasti (12, 13). Námi použitá metodika dvojitého testovacího bolusu však umožňuje

provést optimalizaci skenovacích parametrů (akviziční čas a zpoždění).

Zásadní nevýhodou běžného způsobu skenování je, že rychlost akvizice je u všech osob konstantní a optimalizuje se pouze zpoždění. Jak již bylo uvedeno v předchozí části diskuse, rychlost krevního toku a následný průchod bolusu kontrastní látky však může být výrazně odlišný. Pro zajištění dostatečné diagnostické kvality u většiny osob je pak nutné v rutinním provozu aplikovat větší množství kontrastní látky, aby došlo k prodloužení trvání vrcholu bolusové křivky. Nebo zpomalit akvizici, což však sníží maximální koncentraci kontrastní látky (7, 14). Metoda dvojitého testovacího bolu-

su umožňuje mnohem přesněji odhadnout reálné chování bolusu kontrastní látky v cirkulaci a s použitím vypočteného akvizičního času skenovat tepny v momentu maximální koncentrace kontrastní látky. Tento fakt následně umožňuje významným způsobem snížit množství kontrastní látky (40–50 ml), přičemž úbytek celkového množství jódu jsme nahradili vyšší rychlostí akvizice, a tím jsme dosáhli zvýšení maximální denzitní hodnoty.

Výsledky naší studie prokazují, že provedení CT angiografie dolních končetin s využitím dvojitého testovacího bolusu je technicky možné a byla prokázána relativně vysoká úroveň kvality zobrazení, zejména při použití 50 ml kontrastní látky. Přestože byl prokázán statisticky významný rozdíl v dosažené úrovni denzity při použití 50 a 40 ml, byla i u vyšetření s menším množstvím průměrná denzita proximálně od bérů vyšší než 300 HU. Vizualním subjektivním hodnocením potvrdilo naměřené hodnoty denzit. Důležitou otázkou je příčina nedostatečné kvality u některých vyšetřovaných osob. Pravděpodobně je u těchto osob vysoká variabilita rychlosti toku kontrastní látky v jednotlivých úsecích cirkulace, z našich výsledků vyplynula statisticky významná závislost délky akvizičního času a také Ao-P tranzitního času na dosažené kvalitě vyšetření v jednotlivých oblastech. Na základě našich dat lze konstatovat, že u všech osob s reálným akvizičním časem pod 30 s byla kvalita vyšetření dostatečná pro diagnostické hodnocení. U osob s delším reálným akvizičním časem se zatím ukazuje jako významný faktor čas do maximálního peaku v descendentní aortě, tedy zda je výrazný rozdíl mezi rychlostmi v proximálních a distálních oblastech. V každém případě je nutné ověření těchto výsledků v další studii.

Ve většině doposud publikovaných studiích týkajících se stanovování tranzitního času kontrastního bolusu pomocí testovacího bolusu ve dvou úrovních byla zároveň použita dvojnásobná aplikace kontrastní látky. Pro každou úroveň jeden bolus, což zvyšuje její spotřebu. Nám se podařilo prokázat, že lze akvizice provést krátce po sobě pouze při jednorázové aplikaci. Tranzitní čas se ve všech studiích výrazně lišil (4–24 s/m) obdobně jako u našeho souboru. Doposud žádná studie se však nezabývala možností radikální redukce množství kontrastní látky ani vysokou hodnotou průtoku. Např. Fleischmann et al. ve své práci doporučuje délku aplikace delší než 35 s (v naší práci 6,5 a 8,6 s) (10).

Pouze v jedné doposud publikované studii byl použit obdobný princip dvojitého testovacího bolusu při jednorázové aplikaci, v tomto případě ale v trojnásobném množství (30 ml) a při následném vyšetření bylo aplikováno 100 ml rychlostí 4 ml/s (15).

Pro možnost rutinního využití námi testované techniky je jisté nutné další ověření s důrazem na nezbytnou vysokou spolehlivost. V každém případě se pravděpodobně jedná možný způsob významné redukce kontrastní látky, což je u pacientů s ICHDK a často i diabetem 2. typu velmi žádoucí.

Limitace

Naše práce jistě vykazuje limitace, které je třeba zmínit. Kromě relativně malého počtu osob v souboru je problémem jeho nehomogenita ve smyslu stavu cévního řečiště. Do studie jsme prospektivně zařadili osoby indikované k vyšetření, včetně osob po cévní rekonstrukci. Na druhou stranu naše metodika by měla být nezávislá na tomto faktoru. Další limitací je nemožnost použití stejné hodnoty reálného akvizičního času jak byl vypočten, protože jeho úprava (pomocí pitch faktoru) není lineární, proto jsme u všech osob nastavili nejbližší vyšší hodnotu. Také nebyl proveden přepočten na hmotnost či plochu vyšetřované osoby. Obecnou limitací je také způsob hodnocení kvality vyšetření. My jsme použili standardní způsob relativně objektivního stanovení denzity v různých úrovních. Tento způsob je však problematický v oblastech bérů. Pro subjektivní hodnocení jsme použili pouze třístupňovou škálu (v literatuře se častěji objevuje čtyřstupňová) pro větší jednoduchost posouzení (16).

ZÁVĚR

Naše práce prokázala především technickou proveditelnost metody stanovení aorto-popliteálního tranzitního času při jednorázové aplikaci 10 ml bolusu kontrastní látky, který byl použit pro nastavení individuálního akvizičního času a zpoždění při následné CTA břišní aorty a dolních končetin. Při použitých množstvích kontrastní látky (40 a 50 ml) a rychlosti aplikace (6 ml/s) byla prokázána obecně relativně vysoká kvalita se statisticky významným vztahem k reálnému akvizičnímu času a A-P tranzitnímu času.

LITERATURA

1. 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.
2. Ferda J. CT angiografie. Praha: Galén 2004.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Bae KT. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT:

- considerations and approaches. *Radiology* 2010; 256(1): 32–61.
8. **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.
 9. **Fleischmann D, Rubin GD.** Quantification of intravenously administered contrast medium transit through the peripheral arteries: implications for CT angiography. *Radiology* 2005; 236(3): 1076–1082.
 10. **Fleischmann D.** CT angiography: injection and acquisition technique. *Radiol Clin North Am* 2010; 48(2): 237–247.
 11. **Meyer BC, Oldenburg A, Frericks BB, et al.** Quantitative and qualitative evaluation of the influence of different table feeds on visualization of peripheral arteries in CT angiography of aortoiliac and lower extremity arteries. *Eur Radiol* 2008; 18(8): 1546–1555.
 12. **Shimizu K, Utsunomiya D, Nakaura T, et al.** Uniform vascular enhancement of low-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.
 13. **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.
 14. **Siriapisith T, Wasinrat J, Mutirangura P, Ruangsetakit C, Wongwanit C.** Optimization of the table speed of lower extremity CT angiography protocols in different patient age groups. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2010; 4(3): 173–183.
 15. **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.
 16. **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.