

CT ANGIOGRAFIE – PODMÍNKY PRO KVALITNÍ VYŠETŘENÍ

CT ANGIOGRAPHY – THE NEEDED CONDITIONS OF THE QUALITY EXAMINATION

obrazová esej

Jiří Novotný
Jan H. Peregrin
Dana Kautznerová

Základna radiodiagnostiky
a intervenční radiologie IKEM, Praha

Přijato: 15. 4. 2010.

Korespondenční adresa:

MUDr. Jiří Novotný
Základna radiodiagnostiky
a intervenční radiologie IKEM
Videňská 1958/9,
140 21 Praha 4 – Krč
e-mail: jino@medicon.cz

SOUHRN

Novotný J, Peregrin JH, Kautznerová D. CT angiografie – podmínky pro kvalitní vyšetření

Autoři popisují v obecné a speciální části postupy při CT vyšetření, které mají zlepšit kvalitu CT angiografií. V obrazové dokumentaci upozorňují na možné problémy, které mohou vznikat při sběru dat i v procesu jejich zpracování. Vzhledem k budoucí převaze neinvazivních metod při zobrazování cév jsou uváděny příklady chyb v nejčastějších indikacích – CTA dolních končetin, karotid, aorty, ledvinových tepen a splanchnických cév. Cílem je zlepšit kvalitu prováděných CTA na různých pracovištích a umožnit z výsledků vyšetření jednoznačný diagnostický závěr.

Klíčová slova: CT angiografie, strategie, zobrazení.

SUMMARY

Novotný J, Peregrin JH, Kautznerová D. CT angiography – the needed conditions of the quality examination

In both general and special section the authors describe CT imaging sequences that should improve quality of CT angiograms. In imaging section they draw a special attention to potential problems related to data acquisition and processing. Due to future predominance of noninvasive angiographic imaging, pitfalls in the most frequent indications are presented as examples – CT angiography of the lower limbs, carotid arteries, aorta, renal arteries and splanchnic vessels. The goal is to improve quality of CT angiograms in different centres and support an unambiguous diagnostic conclusions from obtained images.

Key words: CT angiography, strategy, imaging.

ÚVOD

CT angiografie prochází výrazným vývojem, který má zásadní negativní vliv na počty provedených klasických diagnostických angiografií. Stále více radiologů se CTA zabývá a je to jedna z mála oblastí, do které jiné obory nezasahují. Tuto metodu nemají k dispozici a zatím nemají ani odborný potenciál. Pokud si chceme tuto prioritu ponechat, musíme vytvářet dostatečně kvalitní vyšetření a obrazovou dokumentaci. Úzká spolupráce s intervenčním, vaskulárně zaměřeným radiologem, je zejména v počátečních fázích nezbytná. Umožní cíle-

ně se zaměřit na oblast s předpokládaným výskytem patologie a provést zobrazení takovým způsobem, který umožní zvolit strategii případné následné intervence.

V současné době již většina pracovišť, která jsou vybavena výkonnými moderními tomografy, tato vyšetření provádí (s různou frekvencí). Je předpoklad, že většinu diagnostických angiografických výkonů v budoucnu obstarají neinvazivní metody. O některých technických aspektech vyšetření a problémech v jednotlivých oblastech pojednává následující text.

OBEČNÁ ČÁST

Technické vybavení

Víceřadý přístroj s počtem vrstev v současné době minimálně 16. Větší počet vrstev je výhodný zejména při vyšetřování srdce (vyšetřujeme v celém Q-Q intervalu). Je třeba si uvědomit, že s větším počtem vrstev narůstá rychlost sběru dat, nikoli však jejich kvalita, naopak přibývá šumu. Nutná je rovněž submilimetrová vrstva a čas jedné otáčky rentgenky pod 1 sekundu. Nezbytný je rovněž automatizovaný start při optimální náplni kontrastní látky v cévě, a pokud budeme vyšetřovat srdce, neobejdeme se bez EKG synchronizace.

Přístroje pracující s dvojí energií jsou provozně nákladné (dvě rentgenky), náročné na zpracování a uložení dat (dvojnásobný objem), mají vyšší rozlišovací schopnost a méně šumu.

Tlaková pumpa pro aplikaci kontrastní látky, nejlépe speciální pro CT – dvojpístová. V některých indikacích je výhodné použít jeden píst pro aplikaci kontrastní látky a druhý pro aplikaci fyziologického roztoku. Z pohledu urychlení denního provozu je ale možné použít pouze jeden píst pro aplikaci vysoce koncentrované kontrastní látky nezbytné pro CT angiografii a druhý pro ostatní vyšetření, kde je možné použít nižší koncentraci jodu, čímž se ušetří čas nutný při výměně pístů mezi vyšetřeními.

Softwarové vybavení

Pro zpracování nasbíraných dat existuje řada programů dodávaných primárně výrobcem počítačového tomografu nebo výrobcem na tyto programy se specializujícími. Pro většinu operací stačí základní aplikace. Ostatní aplikace nám sice usnadňují „život“, ale nové informace obvykle nepřinášejí.

Pozor na různé automatizované programy odstraňující například kosti – odstraňují někdy i cévní struktury (je to program, který pracuje s hodnotami, ale nemyslí) (obr. 1A).

Postupy snižující dávku záření jsou pro pacienta šetřící, nižší dávka však vede k vyššímu šumu a nižší kvalitě obrazu. Je nutné zvolit vhodný kompromis. Konstrukce posledních výpočetních tomografů dosahuje výrazně nižších dávek bez snížení kvality.

Subtrakce je možná budoucností CT angiografie, znamená však obvykle dvojnásobnou dávku záření. Jiná situace je u dvojrentgenkové konstrukce (dvojí energie), kde není dávka dvojnásobná.

Pokud na svém pracovišti léčíme aneuryzma aorty pomocí stentgraftu (EVAR), neobejdeme se bez prostorového měření délek (obr. 1B) a průměrů pomocí speciálního softwaru. CTA je metoda volby – DSA je méně přesná (2D měření) a více zatěžující pacienta. Magnetická rezonance neposkytuje obvykle dostatečnou kontrastní náplň pro další zpracování v 3D programu.

Problematika CTA obecně

Největším nepřítelem CT angiografie jsou kalcifikované sklerotické pláty, které dokážou vyšetřující v lepším případě „znehodnotit“, jindy vyšetření zcela znehodnotit. Snad nejproblematičtější je dle nás distální úsek a. femoralis superficialis (obr. 2A) a celá a. poplitea. Velký podíl kalcia ve stěně těchto tepen

ještě nemusí znamenat významnou stenózu. Pro většinu zobrazení cévních struktur použijeme VRT (volume rendering technic) a MIP (maximal intensity projection). Je důležité použít vhodný typ VRT rekonstrukce, neboť některé mohou zvyšovat významnost stenózy (obr. 2B).

Téměř neomezená velikost pevných disků svádí k uchování neúměrného množství archivovaných obrazů. Prezentace takové dokumentace je pak komplikovaná. Vytvářejme pouze menší množství kvalitních pohledů ve vhodném zvětšení. Pouze automaticky vytvořené pohledy s rotací modelu kolem jedné nebo dvou os nepovažujeme za hodnotné. (Obrazová dokumentace posílaná s pacientem na odborná pracoviště k dalšímu řešení musí být kompletní.)

Dříve tolik oblíbené základní příčné vrstvy pro detailní hodnocení významnosti zúžení nemají dnes takový význam. Uvědomme si, že vyšetření je isotropní a stejné kvality jako v příčné vrstvě dosáhneme v libovolné rovině s lepším pohledem na patologii. Limitem může být spíše nižší prostorová představivost hodnotitele.

Stenty jsou obvykle dobře hodnotitelné, musíme použít 1mm vrstvu MIP rekonstrukce pro hodnocení eventuální intimální hyperplazie uvnitř stentu (obr. 2C).

Náhrady kyčelních kloubů (nebo jiných) na moderních tomografech již tolik nelimitují vyšetření a lze je v dostatečné kvalitě provádět. Artefakty na drobných cévách od kovových klipů nebo embolizačních spirál mohou působit větší problémy (obr. 2D).

Protězy bypassů jsou vděčné k CT zobrazení. Lze je pozorovat i při uzávěru, vzhledem k vyšší denzitě materiálu jejich stěny (obr. 2E).

Náplň cévy musí být dostatečně vysoká, proto používáme jodové kontrastní látky s vysokou koncentrací. Potřebujeme kvalitní žilní přístup, rychlost aplikace 3–5 ml/s.

SPECIÁLNÍ ČÁST – SPECIFIKA CTA V JEDNOTLIVÝCH OBLASTECH

CTA karotid

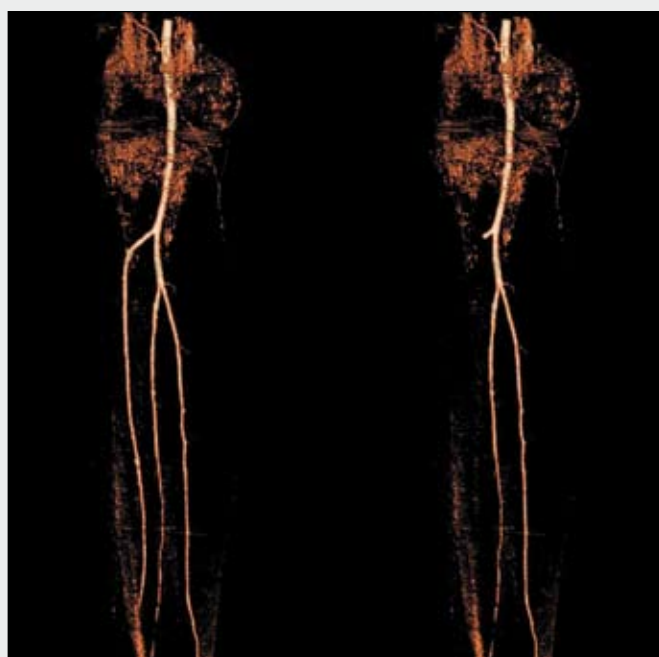
Rutinní záležitost při CTA, jedna z nejčastějších indikací.

Zobrazujeme nejen karotidy ale všechny větve jdoucí z oblouku (včetně odstupů), vertebrální tepny a intrakraniální řečiště. Pokud tomu tak není a je zobrazena pouze krátká část bifurkace karotid, dostáváme se do problému při dalším řešení, a to jak intervenčním, tak chirurgickým. (Pozn.: Vzhledem k omezenému rozsahu vyšetření při sonografii považujeme toto vyšetření za neúplné k indikaci dalšího řešení.)

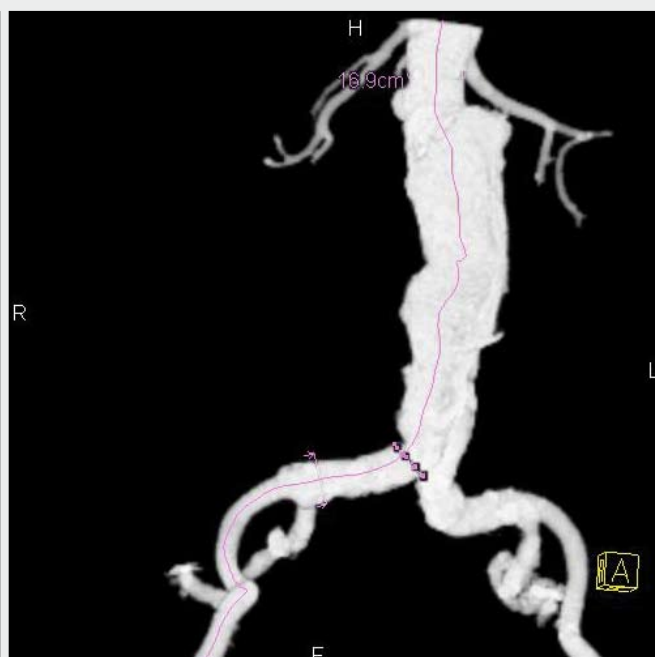
Nitrožilní aplikace kontrastní látky je vhodnější do pravé horní končetiny vzhledem k menšímu překrytí tepen oblouku žilní náplní (pravá v. brachiocephalica překrývá méně oblouk aorty) (obr. 3A). V těchto případech je vhodné použít dvoupístový injektor s proplachem fyziologickým roztokem.

Pozor na artefakty z vysoce kontrastní žilní náplně, která zcela pohltí rentgenový paprsek a na a. brachiocephalica tento jev vytváří stenózu nebo okluzi (zejména ve VRT rekonstrukci) (obr. 3B). Pomůže změna okna v MIP rekonstrukci v tenké vrstvě.

Karotidy jsou bohužel párové tepny, což vede k problémům s určováním strany, zejména při zobrazení jedné tepny



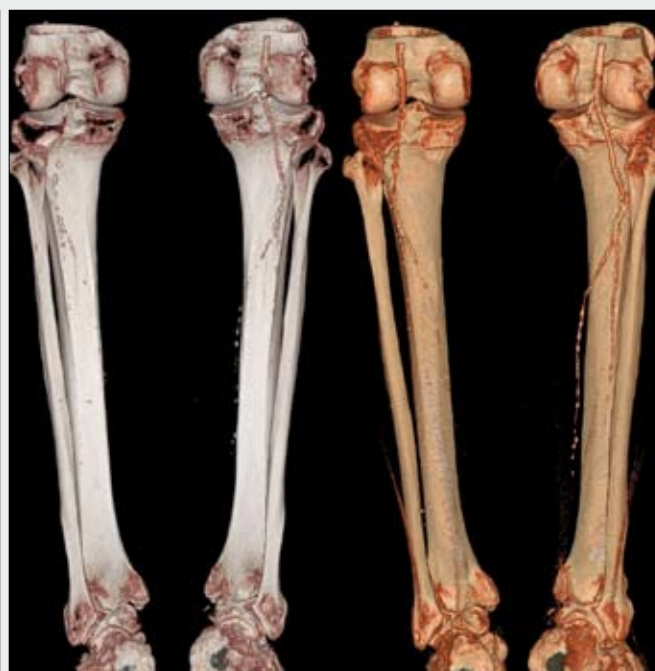
▲ Obr. 1A



▲ Obr. 1B



▲ Obr. 2A



▲ Obr. 2B

Obr. 1A. Arteficiálně odstraněna a. tibialis anterior při nevhodném použití automatického programu pro odstranění skeletu
Fig. 1A. An example of arteficial cut off of the anterior tibial artery due to improper use of automatic de-boning software

Obr. 1B. Příklad použití programu pro přesné měření délek v prostoru
Fig. 1B. An example of the use of a software for precise measurement of distances in space

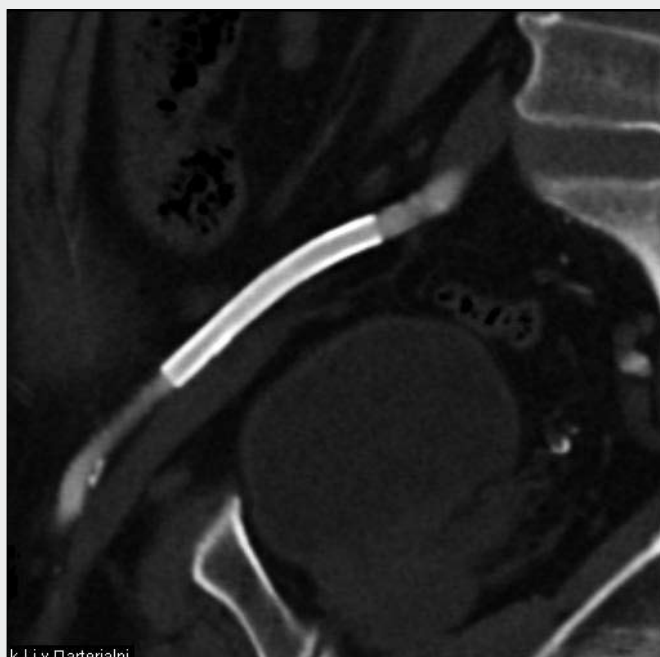
Obr. 2A. Kalcifikované pláty ve stěně a. femoralis superficialis jsou problémem při hodnocení významnosti stenózy
Fig. 2A. Intramural calcified plaques in the superficial femoral artery may interfere with assessment of stenosis severity

Obr. 2B. Nevhodný typ VRT rekonstrukce může falešně zvyšovat významnost stenózy
Fig. 2B. Inadequate type of VRT reconstruction may cause a false increase of stenosis severity

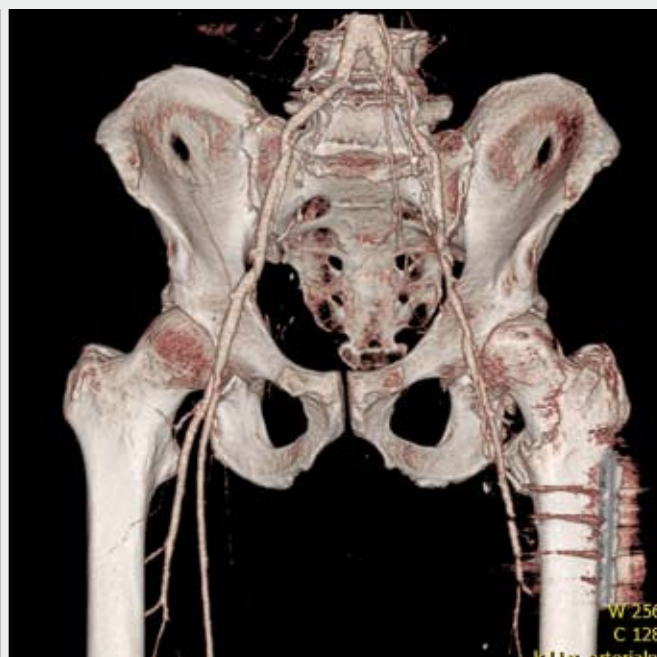
v tenké vrstvě. Vpisování stranového označení do každého zaznamenaného obrázku je dosti pracné a zdržující. Je možné vytvořit složku pro jednotlivé strany a obrázky ukládat do těchto složek. Nám se osvědčila anatomická orientace, kdy při zobrazení levé karotidy čelo modelu směřuje do levé poloviny

obrazovky (model se „dívá“ doleva) při zobrazení pravé karotidy do pravé poloviny obrazovky (obr. 3C), to jest obráceně.

Místo nejčastějšího výskytu stenóz je v odstupu a. carotis int. a musíme jej vyšetřit se zvýšenou pečlivostí. VRT rekonstrukce jsou vhodné spíše pro představu průběhu této



▲ Obr. 2C



▲ Obr. 2D



▲ Obr. 2E

Obr. 2C. Tenká MIP rekonstrukce odhalí možnou intimální hyperplazii ve stentu
Fig. 2C. Thin MIP reconstruction may reveal potential intimal hyperplasia within the stent

Obr. 2D. V současné době artefakty od kyčelních náhrad a jiných kovových materiálů již tolik nelimitují vyšetření
Fig. 2D. Today, metallic artifacts from hip replacements and other metallic materials do not limit the examination to such an extent as earlier

Obr. 2E. Cévní protězy jsou pozorovatelné i bez kontrastní láhne (femoropopliteální bypass vlevo)
Fig. 2E. Vascular prostheses can be visualized even without a contrast medium (femoropopliteal bypass at left)

Obr. 3A. Při vyšetření tepen oblouku aorty není vhodná aplikace kontrastní látky do periferní žíly levé horní končetiny – překrytí odstupů tepen z oblouku
Fig. 3A. Application of the contrast medium into peripheral vein of the upper limb is not recommended for examination of great arteries of the aortic arch as it leads to superimposition of their ostia

Obr. 3B. Falešně pozitivní nález uzávěru a. carotis communis způsobený pohlcením paprsku žilní náplně
Fig. 3B. False positive finding of common carotid artery closure caused by absorption of the X-rays by venous filling

Obr. 3C. Stranové rozlišení tepen podle polohy hlavy pacienta (viz text)
Fig. 3C. Side discrimination of the arteries in relation to position of the patient's head

Obr. 3D. Extrémní vinutí ve středním úseku a. carotis interna vpravo
Fig. 3D. Extreme tortuosity within the middle portion of the right internal carotid artery

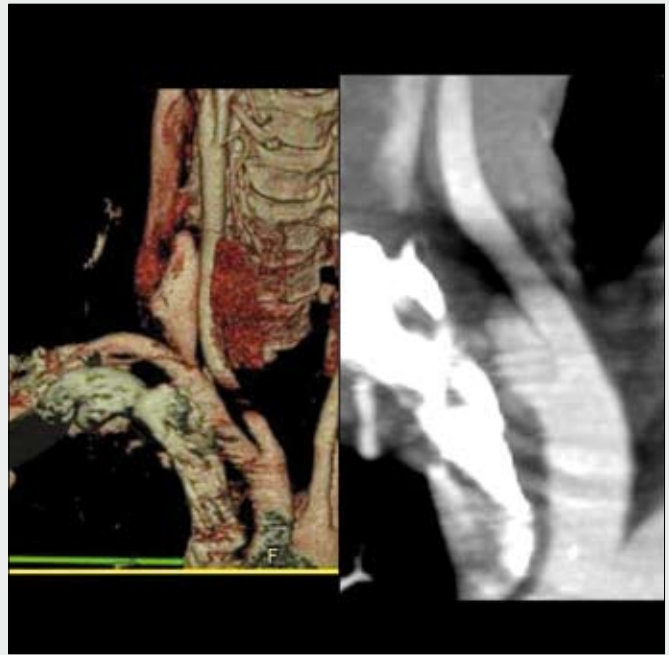
Obr. 3E. Hodnocení významnosti stenózy je nutné provádět v tenkých MIP rekonstrukcích
Fig. 3E. Assessment of stenosis severity should be essentially performed in thin MIP reconstructions

Obr. 3F. VRT rekonstrukce intrakraniálních tepen jako nutný doplněk při vyšetření karotických tepen; aneurysma a. basilaris – náhodný nález
Fig. 3F. VRT reconstruction of the intracranial arteries as an essential adjunct to examination of carotid arteries; basilar artery aneurysm is an accidental finding

Obr. 3G. Vhodná volba projekce pro zobrazení tepen odstupujících z oblouku aorty k posouzení možnosti katetrizace
Fig. 3G. Appropriate view for imaging of aortic arch arteries to assess possibility for catheterization



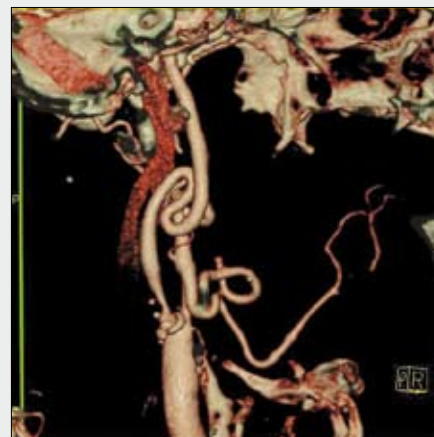
▲ Obr. 3A



▲ Obr. 3B



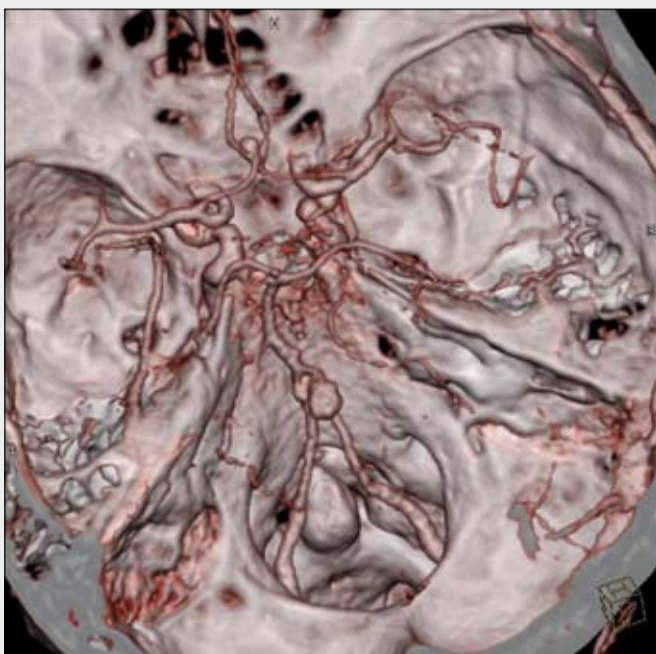
▲ Obr. 3C



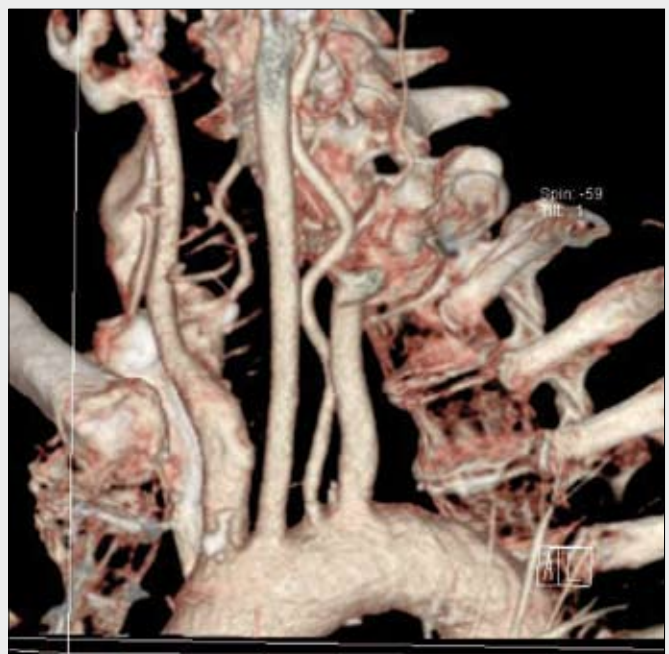
▲ Obr. 3D



▲ Obr. 3E



▲ Obr. 3F



▲ Obr. 3G

tepny – coiling, kinking (obr. 3D). Musíme použít tenké MIP rekonstrukce – nejčastěji v 1mm vrstvě a podívat se pod kalcifikované pláty, které jsou zde přítomny ve velkém procentu, ale nemusí vždy znamenat významné zúžení. Teprve z MIP rekonstrukce ve vhodném okně (snížíme jas kalcifikovaných plátů) hodnotíme stupeň významnosti zúžení (obr. 3E).

Karotické sifony jsou obtížné pro zobrazení, díky jejich vinutému průběhu a kostním strukturám v okolí. Opět se neobejdeme bez tenkých MIP rekonstrukcí. Automatické odstraňování kostí nefunguje na plochých kostech spolehlivě a zanechává řadu artefaktů ve VRT rekonstrukcích. Intrakraniální řečiště má při indikaci s podezřením na zúžení karotid doplňující význam. Postačí obvykle pouze VRT rekonstrukce k posouzení anatomických variací eventuálně hrubých patologií (aneuryzmata) (obr. 3F).

Vertebrální tepny mají nejčastější výskyt zúžení v odstupu z a. subclavia, je nutné zvolit vhodný pohled bez překrytí s ostatními tepnami zejména v proximálním úseku. Časté jsou též variace této tepny (obr. 3G).

CTA aorty

Moderní CT stroje dokáží vyšetřit aortu v celé délce velmi rychle.

Při vyšetření zaměřeném pouze na ascendentní aortu se s výhodou používá EKG triggering (obr. 4A), který odstraní pulzní artefakty v této oblasti. Falešná pozitivita nálezu disekce je pak menší. Nevýhodou je malý rozsah vyšetření a podstatně vyšší dávka záření.

Při velkých aneurymatických vacích může dojít ke zpomalení průtoku kontrastní látky nebo k jejímu naředění nekontrastní (obr. 4B) krví, a tím k znehodnocení vyšetření. Pokud odhadneme toto riziko z nativního vyšetření, volíme při kontrastním vyšetření vyšší objem nitrožilně podané kontrastní látky a delší zpoždění startu sběru dat.

U aortální disekce je vhodné použít krátce po arteriální fázi ještě jednu fázi s velmi krátkým zpožděním. Falešné lumen se může sytit opožděně a můžeme se chybně domnívat, že jde o jeho plnou trombotizaci. (obr. 4C).

Obdobný problém je u rupturovaných vaků (obr. 4D), kdy kontrastní látku můžeme pozorovat mimo lumen až v opožděné fázi. Časná arteriální fáze tuto patologii nemusí zobrazit. Rovněž endoleak po implantaci stentgraftu do aneuryzmatu nebo disekce můžeme odhalit až se zpožděním.

Na rozdíl od DSA má CTA možnost posoudit i patologii stěny – zánětlivé procesy, míru nástěnné trombotizace, případně intramurální hematomy.

Variace v oblasti aortálního oblouku jsou časté (společný odstup a. carotis comm. s a. brachiocephalica, a. vertebralis odstupující z oblouku, a. lusoria (obr. 4E), pravostranný oblouk) (obr. 4D) a nepůsobí diagnostické obtíže.

Koarktace aorty (obr. 4G) – zřídka odhalena náhodně, většinou jako pravidelné sledování po chirurgické korekci. Věnujme pozornost mohutným kolaterálním tepnám přední stěny hrudní a břišní a zádové oblasti, které se vyskytují u této jednotky.

Transsekce aorty (obr. 4H) – má typickou lokalizaci (isthmus) a tvar. Je důležité na ni myslet při vyšetřování u polytraumat z jiné indikace.

Měření aneurysmat aorty v subrenálním úseku (AAA) se provádí kolmo na osu tepny, jiné rozměry nejsou z hlediska indikace dalšího řešení zajímavé.

Pro plánování stentgraftů s nutným přesným měřením zejména délek v prostoru jsou zapotřebí speciální programy.

Pokud u aortální disekce dochází k rozdílnému syčení parenchymu ledvin na pravé a levé straně, ještě to neznámá porucha prokrvení (obr. 4I). Jedna renální arterie odstupuje z pravého lumen plného kontrastní látky, druhá z falešného lumen s nízkým obsahem této látky. V opožděné fázi dojde k otočení tohoto jevu a k vyrovnání syčení parenchymu ledvin.

CTA ledvin

Zobrazení ledvinných tepen dává velmi dobré výsledky a z hlediska diagnostiky plně nahrazuje DSA. V porovnání s MRA má vzhledem k lepšímu rozlišení možnost zobrazovat menší periferní větve. Společným problémem s MR je překrytí těchto drobných větví parenchymem nasyceným kontrastní látkou (obr. 5A).

Je obtížné oddělit arteriální a žilní fázi pro rychlý průtok krve ledvinou, téměř vždy překrývá ventrálně probíhající žila kmen tepny, což láká vyšetřujícího použít zadní pohled na tuto tepnu. To však může způsobit stranovou záměnu. Lepší je použít pohled shora.

Je výhodný rychlý start a sběr dat, aplikujeme rychle (5 ml/s) menší množství kontrastní látky (kolem 60 ml). Používáme velmi malé zpoždění při startu a nízkou hodnotu zvýšení denzity na bolus care.

Žilní řečiště nezobrazíme lépe žádnou jinou metodou (zvláště při použití speciálních editorovacích programů) (obr. 5B).

U dárců ledvin (transplantace) provedeme všechny tři fáze (arteriální, žilní, vylučovací) s jednou aplikací kontrastní látky (obr. 5C).

Nejčastější indikací je podezření na stenózu (obr. 5D) u renovaskulární hypertenze a pokud nejsou postiženy periferní větve, není diagnóza problém. U fibromuskulární dysplazie (obr. 5E) při postižení drobných periferních větví nemusí být zúžení odhaleno.

A-V malformace nečiní diagnostické rozpaky, v případě nepřehledného klubka cév je obtížné určit, která arteriální větve je zásobující.

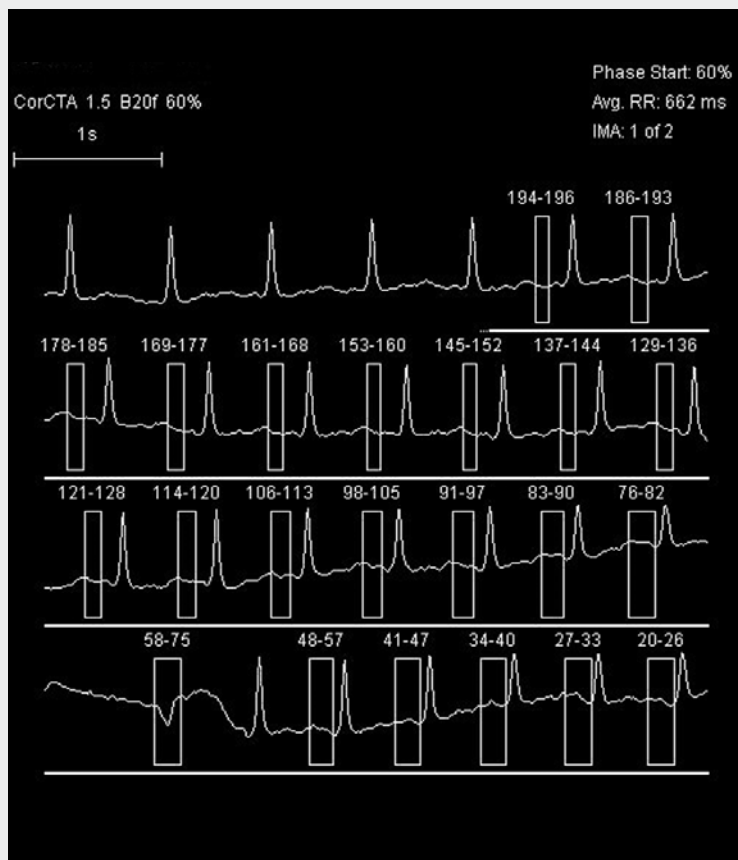
S krvácivými stavy se setkáváme nejčastěji při traumatu nebo iatrogenním poškození. Zobrazení je pak vodítkem k dalšímu intervenčnímu výkonu (embolizace). Následuje další kontrolní CTA po léčbě.

Některé tumory (Grawitzův (obr. 5F), angiomyolipom) mají na CT typický obraz, u jiných se snažíme vyjádřit k biologické povaze procesu. Patologická vaskularizace je však vidět spíše u většího kalibru cév.

CTA dolních končetin

Technické aspekty vyšetření se v zásadě neliší od ostatních angiografií. Nutno si dát pozor na to, že sběr dat (posun stolu) může být rychlejší než průtok kontrastní látky v tepnách a dojde k „předjetí“ kontrastní náplně. Tento problém odstraníme vhodným zpožděním.

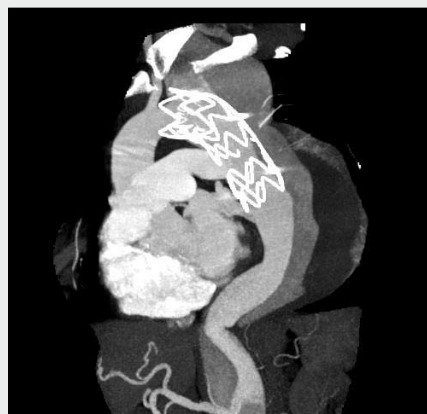
Kurzor měřící denzitu pro automatický start umísťujeme mimo cévu (mimo pacienta v úrovni třísla) a spouštíme manuálně. Cévy jsou zde již malého kalibru a poloha kurzoru intraluminálně by byla nepřesná, navíc je zde i možnost uzávěru tepny.



▲ Obr. 4A



◀ Obr. 4B



◀ Obr. 4C



▲ Obr. 4D

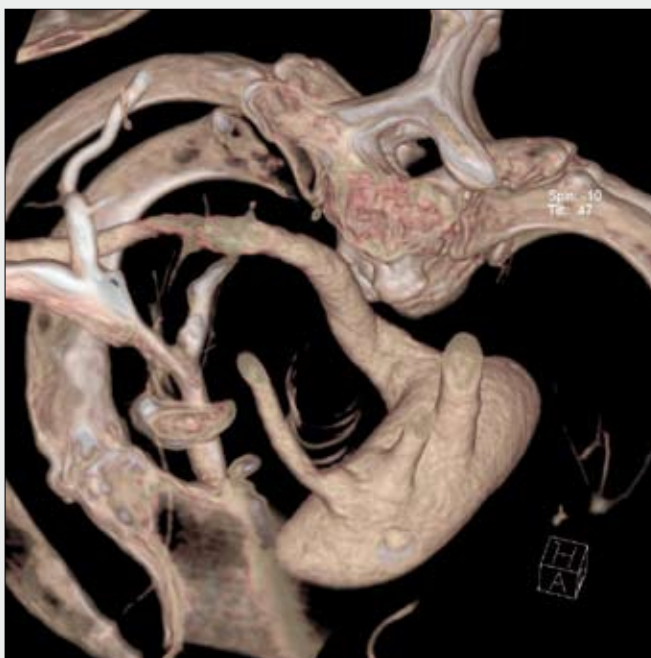
Obr. 4A. Příklad EKG synchronizace

Fig. 4A. Examples of ECG synchronization

Obr. 4B. Vhodné načasování tepenné fáze při vyšetření objemných aneurymů k prevenci přílišného naředění kontrastní látky ve vaku aneurysmatu

Fig. 4B. Appropriate timing of arterial phase for examination of bulky aneurysms prevents excessive dilution of the contrast agent within the aneurysmatic sac

Obr. 4C. Opožděná fáze může prokázat endoleak, který není v časně tepenné fázi pozorovatelný



▲ Obr. 4E

Fig. 4C. Delayed arterial phase may show endoleak that is not visible in early phase

Obr. 4D. Opožděná fáze prokazující únik kontrastní látky mimo lumen aorty

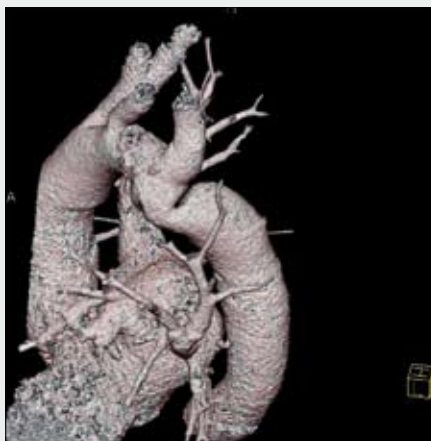
Fig. 4D. Delayed arterial phase showing leak of the contrast medium outside of the aortic lumen

Obr. 4E. A. lusoria (a. subclavia dextra odstupující jako poslední větev oblouku aorty)

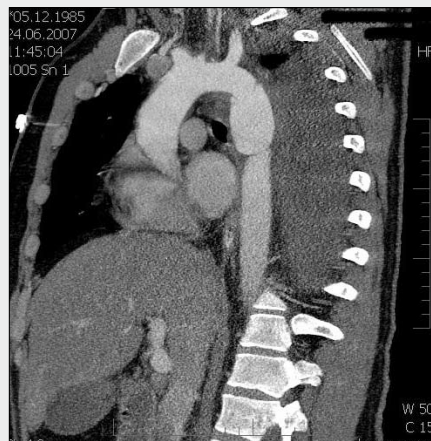
Fig. 4E. Aberrant subclavian artery (right subclavian artery taking off as the last branch from the aortic arch)



▲ Obr. 4F



▲ Obr. 4G



▲ Obr. 4H



▲ Obr. 4I

Obr. 4F. Pravostranný oblouk aorty v MIP rekonstrukci
Fig. 4F. Right-sided aortic arch in MIP reconstruction

Obr. 4G. Koarktace aorty ve VRT rekonstrukci
Fig. 4G. Coarctation of the aorta in VRT reconstruction

Obr. 4H. Transsekce aorty s typickou lokalizací a tvarem v MIP rekonstrukci
Fig. 4H. Aortic transection in a typical location and with characteristic pattern in MIP reconstruction

Obr. 4I. Rozdílné syčení parenchymu ledvin u aortální disekce nemusí vždy znamenat poruchu prokrvení ledvin
Fig. 4I. Variable contrast enhancement of the renal parenchyma in aortic dissection may not represent always impairment of renal perfusion

Obr. 5A. Překrytí menších větví a. renalis ledvinným parenchymem ve VRT rekonstrukci
Fig. 5A. Superimposition of smaller branches of the renal artery and renal parenchyma in VRT reconstruction

Obr. 5B. Zobrazení ledvinných žil pomocí editovacího programu
Fig. 5B. Imaging of the renal veins using a special editing software

Obr. 5C. Možnost zobrazení pánvičkového systému ledvin a ureterů (ureter duplex vlevo)
Fig. 5C. An example of imaging of renal pelvis and ureters (ureter duplex at left)

Obr. 5D. Stenóza pravé renální tepny ve VRT rekonstrukci
Fig. 5D. Stenosis of the right renal artery in VRT reconstruction.

Obr. 5E. Fibromuskulární hyperplazie ledvinné tepny
Fig. 5E. Fibromuscular hyperplasia of the renal artery

Obr. 5F. Grawitzův tumor horního pólu pravé ledviny
Fig. 5F. Renal cell carcinoma (Grawitz) involving upper segment of the right kidney

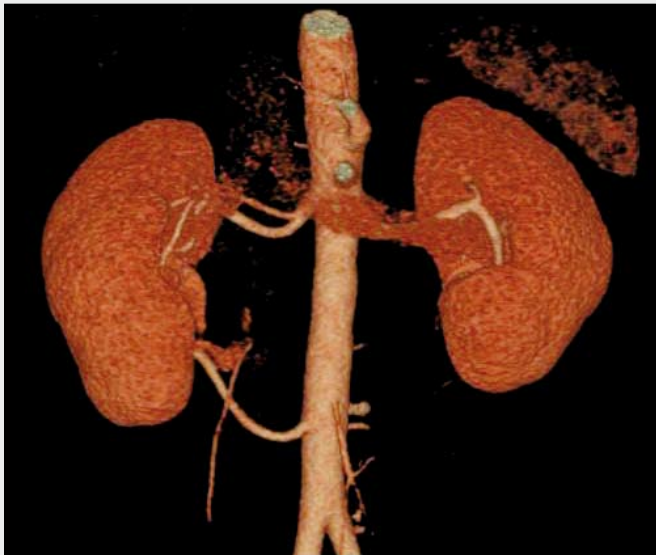
Kostní struktury na pánvi a v suprapopliteální oblasti ponecháváme v obraze pro anatomické souvislosti. V infrapopliteální oblasti kosti odstraňujeme, jelikož cévy probíhají s převahou za kostí v předozadní projekci.

Tak jako při DSA volíme vhodné šikmé pohledy na odstupové pánvičkové a femorální tepny (odstupové stenózy).

Kalcifikované sklerotické pláty a implantované stenty nečiní na pánevním řečišti diagnostické problémy a lze v mili-

metrové vrstvě (MIP, MPR) hodnotit eventuální významnost zúžení (intimální hyperplazie) (obr. 6A).

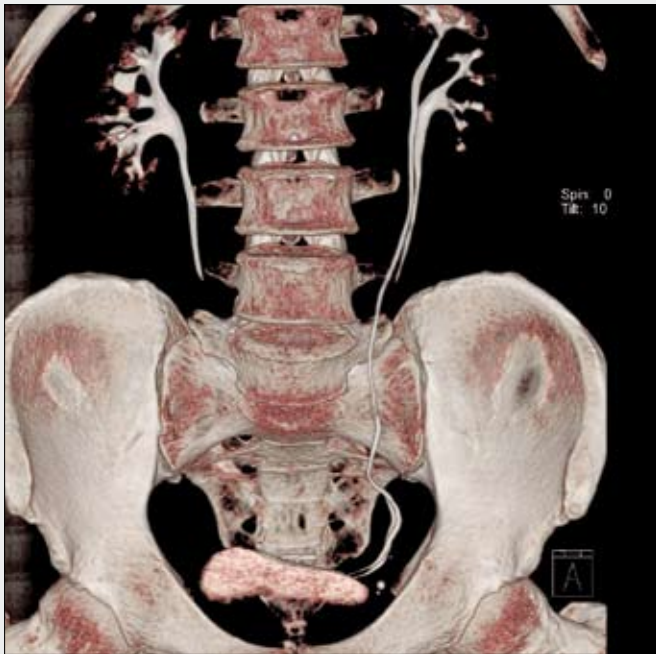
Diagnostické problémy nastávají ve femoropopliteální oblasti v případě kalcifikované stěny. Tato tepna je již dosti tenká a ani milimetrová vrstva nemusí dát přesnou odpověď. V případě nejistoty neváháme indikovat antegrádní klasickou angiografii nebo MRA k ověření nálezu, při pozitivním nálezu spojenou s PTA.



▲ Obr. 5A



▲ Obr. 5B



▲ Obr. 5C



▲ Obr. 5D



▲ Obr. 5E



▲ Obr. 5F



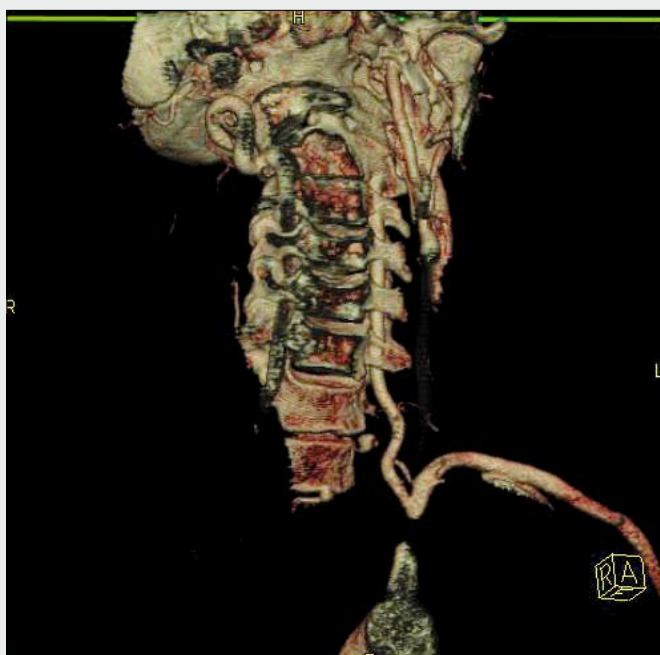
▲ Obr. 6A



▲ Obr. 6B



▲ Obr. 6C



▲ Obr. 7A

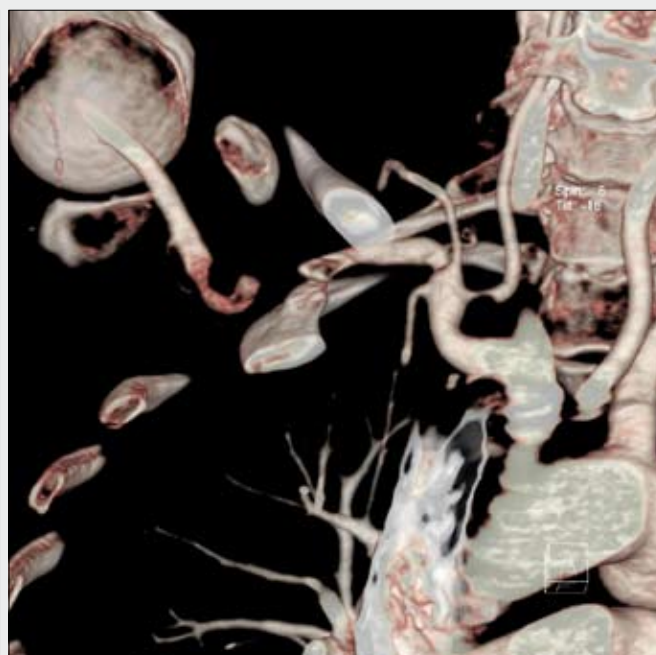
Obr. 6A. **Intimální hyperplazie ve stentu v pánevní tepně – MIP rekonstrukce**

Fig. 6A. **Intimal hyperplasia involving stent within the iliac artery – MIP reconstruction**

Obr. 6B. **Stenóza a. poplitea způsobená úponem svalu – entrapment syndrom**

Fig. 6B. **Stenosis of popliteal artery caused by muscular attachment – i.e. entrapment syndrome**

Obr. 6C. **Omezené možnosti hodnocení bércevého řečiště při mediokalcinóze – tepenná náplň překryta kalcifikací**



▲ Obr. 7B

Fig. 6C. **Limited assessment of crural arterial bed in mediocalcinosis – arterial phase overlayed by calcifications**

Obr. 7A. **Uzávěr odstupu a. subclavia sin. – steal syndrom**

Fig. 7A. **Left subclavian artery closure – subclavian steal syndrome.**

Obr. 7B. **Uzávěr a. subclavia dx. v místě křížení s l. žebrem – thoracic outlet syndrom**

Fig. 7B. **Right subclavian artery closure at the site of crossing with the first rib – thoracic outlet syndrome**

Obr. 8A. **Variace viscerálních tepen – a. hepatis dx. odstupující z a. mesenterica sup.**

Fig. 8A. **Anatomical variants of the visceral arteries – right hepatic artery originating from superior mesenteric artery**

Obr. 8B. **Konvolut tepen u Rendu-Oslerovy choroby**

Fig. 8B. **Arterial convolution in Rendu-Osler disease**

Obr. 8C. **Stenóza v odstupu a. mesenterica sup. a tr. coeliacus – abdominální angina**

Fig. 8C. **Ostial stenosis of the superior mesenteric artery and the coeliac trunk – abdominal angina**

Obr. 8D. **Krvácení do GIT v oblasti céka**

Fig. 8D. **Gastrointestinal tract hemorrhage in the caecal region**

Obr. 8E. **Krvácení z a. hepatica dx. – iatrogenní poškození při biopsii jater**

Fig. 8E. **Bleeding from the right hepatic artery – iatrogenic injury during liver biopsy**

Obr. 8F. **Pseudoaneuryzma a. mesenterica sup. po zánětu slinivky břišní**

Fig. 8F. **Pseudoaneurysm of superior mesenteric artery caused by previous pancreatitis**

Obr. 8G. **Přítomnost plynu ve stěně střevní prokazující ireversibilní ischemii střeva**

Fig. 8G. **The presence of gas within the intestinal wall indicates irreversible gut ischaemia**



▲ Obr. 8A



▲ Obr. 8B



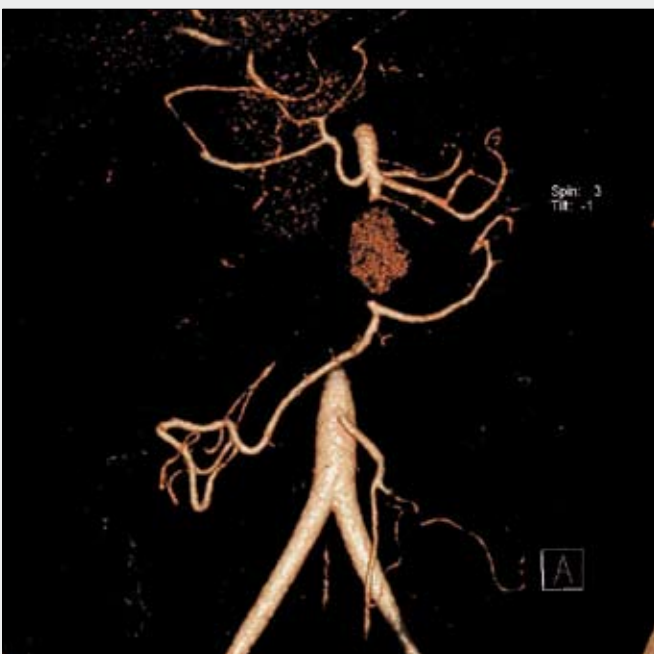
▲ Obr. 8C



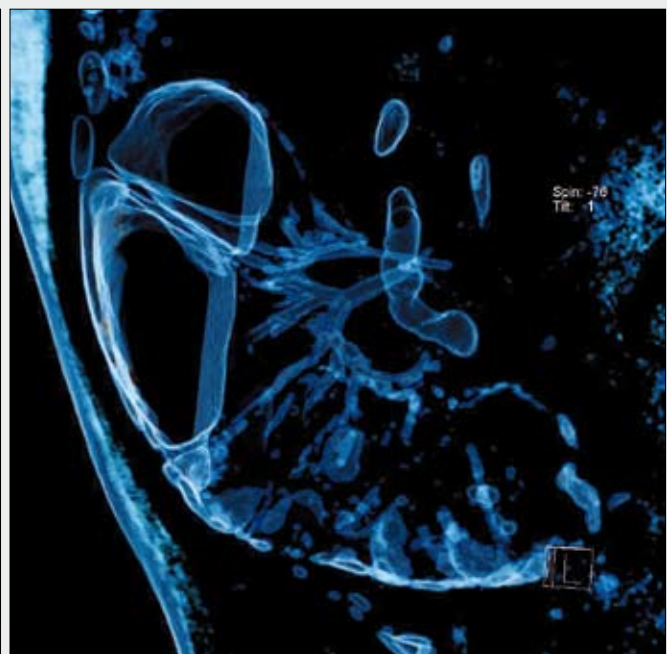
▲ Obr. 8D



▲ Obr. 8E



▲ Obr. 8F

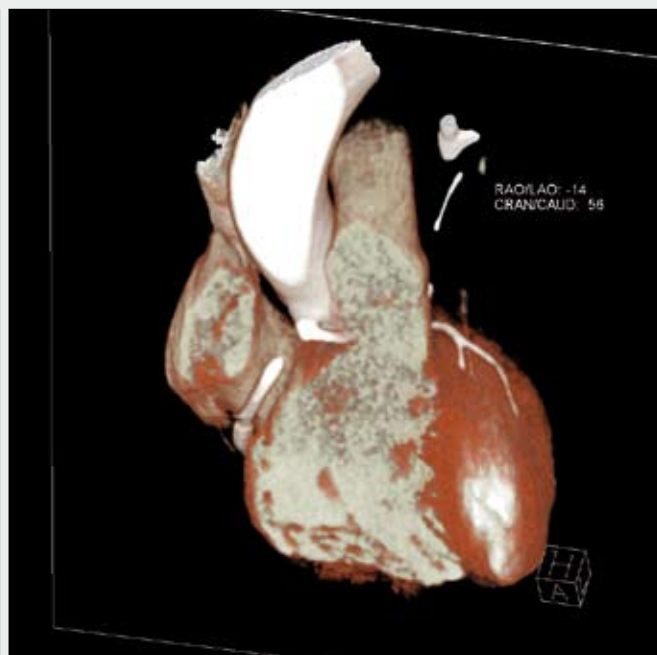


▲ Obr. 8G



▲ Obr. 9A

Obr. 9. **Hypertrofické bronchiální tepny pro pravou plíci jako zdroj krvácení**
 Fig. 9. **Hypertrophic bronchial arteries for right lung causing hemorrhage**



▲ Obr. 10A

Obr. 10. **Variace odstupu a průběhu koronárních tepen – levá koronární tepna odstupuje z pravé**
 Fig. 10. **Anatomical variants of origin and course of the coronary arteries – left originating from the right coronary artery**

V podkolenní tepně platí totéž, co je uvedeno o odstavci výše. Problém je u uzavěru povrchní stehenní tepny a indikaci k femoropopliteálnímu bypassu. Stenóza a. poplitea musí být s jistotou vyloučena. Výduť a. poplitea se lépe hodnotí v MIP rekonstrukcích (nástěnná trombóza) nebo na příčných řezech.

Entrapment syndrom (obr. 6B) je možné diagnostikovat. Dnešní rychlé stroje umožní při spolupráci pacienta vyšetřit s jedním bolusem kontrastní látky podkolení tepnu ve dvou fázích. Dvě polohy planty (dorzální a plantární flexe). Někdy tuto diagnózu umožní i pouze jedna fáze s impresí svalového úponu do tepny.

Bércové řečiště je vyšetřitelné, pokud je jeho stěna kalcifikována pouze omezeně (obr. 6C). Pro znalost, zda je výtok („run off“) dostatečný (např. po femoropopliteálním bypassu) je CTA vhodná. V případě nálezu trofických defektů dolní končetiny s úvahou intervence, je vhodnější MRA, která spolehlivěji odhalí možné stenózy infrapopliteálních tepen.

Náhrady kyčelních a kolenních kloubů vzhledem k novým technologiím již nepůsobí takové artefakty, které by znehodnotily vyšetření, jako tomu bylo dříve.

CTA horních končetin

Horní končetiny vyšetřujeme v elevačním postavení. Tepny jsou ve srovnání s dolními končetinami gracilnější s nižším průtokem, což vede k většímu problému se zobrazením periferních tepen.

Nejčastější indikací jsou podezření na stenózy u klaudikací horních končetin nebo u neurologických obtíží (steal syndrom) (obr. 7A). Průkaz zúžení odstupových větví aortálního oblouku nečiní obtíže.

Thoracic outlet syndrom (obr. 7B) je stanoven nejlépe při vhodné poloze elevované horní končetiny (oslabení pulzu u tepenné formy). Vztah cévních struktur ke kostem (žebro + klíční kost) dobře ukáže VRT rekonstrukce.

CTA splanchnických cév

Z hlediska diagnostiky plně nahrazuje DSA, dle nás je to metoda volby při zobrazení porty a jaterních žil.

Variace viscerálních tepen jsou velmi časté (odstup akcesorní a. hepatis dx. z a. mesenteria superior (obr. 8A)), ve 3D rekonstrukci o nich dostáváme dobrý přehled. Při mohutných konvolutech cév, např. u Rendu-Oslerovy choroby (obr. 8B), se přehlednost ztrácí.

Abdominální angina (obr. 8C) je jednou z indikací pro toto vyšetření. Je nutné sledovat brániční crura, která kříží odstup truncus coeliacus a zejména v inspiriu vyvolávají významné zúžení.

Krvácení do GIT (obr. 8D) je zejména v posledním období, pod vlivem prezentací na odborných fórech, oblíbenou indikací. V případě nálezu A-V malformací trávicí trubice je diagnostika snazší. Pro průkaz krvácení do střeva pomocí CTA platí totéž, co pro DSA – musí se jednat o aktivní krvácení. Výhodou je vyšší citlivost CT na kontrastní látku.

Krvácení do parenchymových orgánů a břišní dutiny je vhodnou indikací k CTA. Časté jsou nálezy poškození po jaterních biopsiích (obr. 8E), mnohdy s bizarním obrazem. Před terapeutickou embolizací provádíme CTA i jako anatomickou studii a máme tak možnost odhadnout šanci na úspěch. Na horní mezenterické arterii a lienální tepně pozorujeme poškození stěny po zánětech slinivky břišní (pseudoaneuryzma) (obr. 8F) spojené mnohdy s krvácením.

Akutní mezenterální ischemie vyžaduje urgentní řešení. Z hlediska posloupnosti předřazujeme CTA před DSA. V případě negativního CT nálezu nemusí být provedeno invazivní vyšetření. Pomoc CT spočívá i v určení stupně poškození střevní stěny. Plyn přítomný ve stěně (obr. 8G) nebo ve v. portae je známkou již nezvratné ischemie.

CTA bronchiálních tepen

Zdrojem jedné z častých příčin krvácení do plic je nutritivní cévní oběh (obr. 9). Odstupy, počet a velikost bronchiálních artérií jsou variabilní. Proto je prováděna CTA.

Vlastní krvácení obvykle nezobrazíme, pozorujeme nepřímé známky – nevzdušnost okrsku plic nebo bronchu.

Vyloučíme jiné příčiny krvácení – tumory.

CT koronarografie

V současné době nedosahuje většina pracovišť v České republice takové kvality vyšetření, která by vedla k náhradě klasické diagnostické koronarografie. Je potřebný přístroj poslední generace vhodný pro kardiologická vyšetření, personál zkušený ve vyšetřování na CT v kardiologii a silnou podporu kardiologického pracoviště.

Kvalitní zobrazení je závislé na mnoha faktorech, častěji se setkáme s nehodnotitelným nálezem bez jasných důvodů. Příprava pacienta předpokládá aplikaci beta-blokátoru ke zpomalení tepové frekvence. Nutný pravidelný, pomalý rytmus pro EKG triggering. Netýká se posledních přístrojů (dvojrentgenový systém, 320řadé přístroje).

Pokud někde hraje pokrok CT přístrojů roli, tak je to právě při vyšetření srdce. Se stoupajícím počtem vrstev se rozšiřuje

vyšetřený úsek srdce v daném EKG intervalu, a tím klesá počet navazujících segmentů. U 320řadého přístroje vyšetříme srdce bez posunu stolu.

Téměř vždy se překrývá arteriální a žilní fáze s problémy hodnocení v oblasti srdeční base a na ramus circumflexus.

Anatomicky jsou překryty kmen levé koronární tepny a ramus circumflexus ouškem levé síně. Proximální úsek pravé koronární tepny ouškem pravé srdeční síně.

Dobře lze hodnotit variace koronárních tepen (obr. 10). Vděčnou oblastí jsou aortokoronární bypassy.

Implantovaný stent mnohdy vypadá jako kalcifikace stěny

Před plánovanou CT koronarografií je vhodné provést vyšetření kalciového skóre, při hodnotě nad 350 se nemá koronarografie provádět pro zkreslení.

ZÁVĚR

Zatímco výsledky CTA v extrakardiální oblasti jsou velmi dobré a CTA (spolu s MRA) odsoudila DSA z hlediska diagnostiky téměř k zániku, v oblasti věnčitých tepen nejsou výsledky tak spolehlivé, o čemž svědčí stálá nadvláda klasické koronarografie při diagnostice ICHS na většině renomovaných pracovišť. Další vývoj CT přístrojů již asi nepřinese vyšší rozlišení, které je již nyní na horní technické hranici. Stoupne rychlost sběru a zpracování dat, což oceníme zejména v oblasti srdce. Převaha neinvazivního zobrazování cév má ale jeden nepříznivý aspekt, snižuje počty výkonů na angiografických pracovištích a tím jejich plnou využitelnost. Také výuka mladých intervenčních radiologů neprobíhá na jednoduchých diagnostických angiografiích, nýbrž na terapeutických výkonech, které již vyžadují větší zkušenosti radiologa.