

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Veronika Hegerová

Současné trendy v zobrazování cév

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Vojtěch Prášil

Olomouc 2019

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 31. listopadu 2018

Podpis autora

Děkuji MUDr. Vojtěchu Prášilovi za odborné vedení a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

Anotace

Typ závěrečné práce:	Bakalářská práce
Téma práce:	Současné trendy v zobrazování cév
Název práce:	Současné trendy v zobrazování cév
Název práce v AJ:	Current trends in imaging of blood vessels
Datum zadání:	2018-11-31
Datum odevzdání:	2019-04-15
Vysoká škola, fakulta, ústav:	Univerzita Palackého v Olomouci Fakulta zdravotnických věd Ústav radiologických metod
Autor práce:	Veronika Hegerová
Vedoucí práce:	MUDr. Vojtěch Prášil
Oponent práce:	MUDr. Jiří Kozák
Abstrakt v ČJ:	Tato přehledová bakalářská práce se zabývá nejčastějšími zobrazovacími metodami cév a jejich současnými trendy. Ze získaných informací vyplívá, že jsou používány nejvíce čtyři zobrazovací metody - CT angiografie, MR angiografie, DSA a Dopplerovská ultrasonografie. Cílem práce je shromáždit dostupné publikované poznatky o angiografických vyšetřeních. Práce je sestavena z dostupných publikovaných článků a odborné literatury v českém a anglickém jazyce.
Abstrakt v AJ:	This overview bachelor thesis is dealing with the most frequent imaging methods and their current trends in the diagnosis of the blood vessels. Based on the searched information, there are four imaging methods which are used the most – CT angiography, MR angiography, DSA and Doppler ultrasonography. The aim of the thesis is to collect available published knowledge about angiographic examinations. The thesis is compiled from available

published articles and professional literature in Czech and English language.

Klíčová slova v ČJ:

výpočetní tomografie angiografie, magnetická rezonance angiografie, Dopplerovská ultrasonografie cév, digitální subtrakční angiografie cév, angiografie cév

Klíčová slova v AJ:

magnetic resonance angiography blood vessels, computed tomography angiography blood vessels, Doppler blood vessels, DSA blood vessels, angiography blood vessels

Rozsah:

46/8

Obsah

Úvod.....	7
1 Zobrazovací metody cév	9
1.1 Dopplerovské ultrasonografické vyšetření	11
1.2 Angiografie výpočetní tomografií – CT angiografie – CTA	14
1.3 Angiografie magnetickou rezonancí – MR angiografie – MRA	21
1.4 Digitální subtrakční angiografie – DSA	25
2 Srovnání digitální subtrakční angiografie, CT angiografie, MR angiografie a dopplerovské ultrasonografie	30
3 Úloha radiologického asistenta při angiografických metodách	32
Závěr	33
Referenční seznam	34
Seznam příloh	38

Úvod

Mezi zobrazovací metody cév patří digitální subtrakční angiografie, CT angiografie, MR angiografie a ultrasonografie Dopplerovského typu. Magnetická rezonance je zobrazovací metodou, která přišla nejpozději. Rentgenové zobrazení se začalo využívat na přelomu 19. a 20. století, ultrazvukové zobrazení ve čtyřicátých letech 20. století. Roku 1973 byl získán první obraz z magnetické rezonance. Komerčně byla magnetická rezonance využívána až v 80 letech 20. století. Zobrazení výpočetní tomografií se začalo využívat od sedmdesátých let 20. století. (Edelman, 2014, s. 181-200)

Lze si položit tyto základní **otázky**:

1. Jaké radiologické metody zobrazující cévní řečiště jsou v dnešní době využívány?
2. Jaké jsou výhody a nevýhody jednotlivých využívaných metod?
3. Jaká je úloha radiologického asistenta při angiografických metodách?

V souladu s otázkami byly vytvořeny tyto **cíle**:

1. Cíl Sumarizovat aktuální, dohledatelné a validní poznatky jednotlivých zobrazovacích metod cév.
2. Cíl Sumarizovat aktuální, dohledatelné a validní poznatky pro srovnání jednotlivých zobrazovacích metod cév.
3. Cíl Sumarizovat poznatky o úloze radiologického asistenta při zobrazovacích metodách cév.

Při tvorbě bakalářské práce byla využita následující **vstupní literatura**:

1. HEŘMAN, Miroslav, 2014. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 978-80.244-2901-4.
2. VOMÁČKA, Jaroslav, 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3.
3. NEKULA, Josef, 2014. *Klinická radiologie: skriptum*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-564-8.

Pro tvorbu přehledové bakalářské práce byly použity databáze Medvik, PubMed a EBSCO. Rešeršní činnost probíhala od června 2018 do února 2019. Vyhledávacím jazykem byl určen český jazyk, slovenský a anglický jazyk. Dalším kritériem bylo vydání článků během posledních deseti let.

Pro rešeršní činnost byla použita následující klíčová slova: výpočetní tomografie angiografie, magnetická rezonance angiografie, Dopplerovská ultrasonografie cév, digitální subtrakční angiografie cév, angiografie cév, magnetic resonance angiography blood vessels, computerbtomography blood vessels, Doppler blood vessels, DSA blood vessels, angiography blood vessels

Na základě provedené rešeršní činnosti bylo vyhledáno přes 450 článků. Některé články nebyly použity z důvodu nedostatečné souvislosti s tématem přehledové bakalářské práce nebo z důvodu opakování informací. Podle těchto kritérií po prostudování abstraktů u 168 článků bylo dále prostudováno 83 a následně využito 18 článků.

1 Zobrazovací metody cév

Cévy dělíme na krevní a lymfatické. Krevní cévy se dělí na tepny (arteriae), vlásečnice (vasa capillaria) a žíly (venae). Cirkulace krve v lidském těle je zabezpečena vzájemným propojením tepen a žil za pomoci krevních kapilár. Na žilní systém je navázán také systém lymfatických cév a uzlin. (Naňka, 2009, str. 85-87)

Tepny se rozdělují podle kalibru a histologických rysů na velké (elastického typu), střední (muskulárního typu) a malé (průměr mají pod 2 mm). Malé tepny probíhají uvnitř tkání a orgánů. Základní struktura všech tepen je stejná. Jsou tvořeny třemi vrstvami. Mezi tyto vrstvy patří tunica intima, tunica media a tunica adventicia. Malé tepny mají rozdíly mezi jednotlivými vrstvami méně výrazné a u arteriol se ztrácejí. Velkými (elastickými) tepnami jsou aorta, hlavní větve aorty, kmen aorty a hlavní větve plicnice. Střední neboli muskulární tepny se vyznačují dobře patrnými všemi třemi vrstvami. Malé tepny nejprve ztrácejí zevní elastickou lamelu, po čase i vnitřní. Každý ze tří typů tepen je postižen při jiných chorobných stavech a vyznačuje se charakteristickými patologickými změnami. Při ateroskleróze jsou postiženy hlavně elastické a muskulární tepny. Při hypertenzi jsou naopak postiženy malé tepny. (Povýšil, 2007, str. 1)

Žíly mají na rozdíl od tepen obecně širší průsvit a tenčí stěnu. Jednotlivé vrstvy stěn nejsou dobře rozlišitelné. Žíly mají tendenci k dilataci, jelikož je media slabší. Dále díky slabší medii mohou být lehce stlačeny a snáze do nich prorůstají zhoubné nádory nebo přechází záněty. V žilách končetin jsou chlopně. (Povýšil, 2007, str. 1)

Vlásečnice či kapiláry umožňují výměnu tekutiny, iontů a metabolitů mezi krví a buněčným prostředím. Stěna vlásečnic má charakter sebepermeabilní membrány, která je skoro nepropustná pro bílkoviny a krvinky. (Povýšil, 2007, str. 1)

Zobrazování cév obecně je označováno pojmem **angiografie**. Termín angiografie je v klinické praxi používán pro zobrazení tepen, kapilár i žil v jedné oblasti. Mezi zobrazovací metody cév patří digitální subtrakční angiografie (DSA), dopplerovské ultrasonografické vyšetření, CT angiografie (CTA) a MR angiografie (MRA). (Heřman, 2014, s. 248)

Zobrazení cév dělíme na zobrazení arterií – arteriografie, zobrazení žil – venografie nebo flebografie a zobrazování lymfatických cév – lymfografie. (Nekula, 2014, s. 176)

Dalším dělením angiografických metod je na zobrazení vlastních cév a nepřímé zobrazení cév. Ve smyslu zobrazení vlastních cév je možné zobrazit pouze cévy dostatečně velké, kde tloušťka stěny je zobrazitelná díky prostorové rozlišovací schopnosti zvolené

zobrazovací metody. Tento typ zobrazování je pro zjištění patologických stavů cév nejcennější, u tenkých cév to není možné, jako například u intrakraniálních nebo periferních. Nepřímé zobrazení cév tedy endovaskulárního prostoru je zobrazení vnitřního otisku cévy kontrastní látkou pozitivní. Náplň a průtok kapilárami je zjistitelný perfuzí – UZ, CT, MR a venózní fází DSA. (Nekula, 2014, s. 176)

Podle invazivity (velikosti zásahu do organismu) dělíme zobrazovací metody cévního systému na dvě základní skupiny. Těmito skupinami jsou neinvazivní zobrazovací metody a invazivní zobrazovací metoda. Mezi **metody neinvazivní** patří dopplerovská ultrasonografie, MR angiografie a CT angiografie. **Metodou invazivní** je poté digitální subtrakční angiografie. Pro tuto invazivní metodu je nutné k zobrazení cévního systému manipulace s cévním řečištěm. (Heřman, 2014, s. 248)

Metody neinvazivní poté můžeme rozdělit na techniky, které dokáží zobrazit cévu bez chirurgického vstupu do těla pacienta. Mezi tyto metody patří ultrasonografie a MR angiografie bez použití kontrastní látky. K metodě s minimální až zanedbatelnou invazivitou patří CT angiografie a MR angiografie, kdy je pacientovi aplikovaná kontrastní látka nitrožilní cestou. (Nekula, 2014, s. 176)

Zobrazování cévního systému je rychle se rozvíjející oblastí radiologie. Digitální subtrakční angiografie byla dříve nejlepší vyšetřovací metodou onemocnění cévního systému. S rozvojem nových zobrazovacích metod, mezi které patří ultrasonografie, výpočetní tomografie či magnetická rezonance ztratila digitální subtrakční angiografie v mnohých oblastech diagnostický význam. Tyto nové zobrazovací metody díky rychlému technickému rozvoji z velké části nahradily i diagnostickou digitální subtrakční angiografii v zobrazování cévního systému. Digitální subtrakční angiografie je ovšem stále využívána v případech, kde CT angiografie a MR angiografie selhala nebo, tam kde mají tyto metody své limity. Digitální subtrakční angiografie má obrovský význam při perkutánních intervenčních výkonech, jelikož je jejich součástí. V současné době se nejvíce využívají metody neinvazivní, které způsobují minimální zásah do organismu pacienta. Těmito metodami jsou především CT angiografie a MR angiografie. Využití neinvazivních metod je závislé na vyšetřované oblasti, stavu pacienta a na dostupnosti jednotlivých metod. (Heřman, 2014, s. 248)

1.1 Dopplerovské ultrasonografické vyšetření

Ultrasonografie (US) neboli sonografie či ultrazvuk je zobrazovací metodou, která využívá ultrazvuku od rozhraní tkání s různou akustickou impedancí. Jedná se o vlnění mechanické povahy, které je přenášeno jako vibrace částic prostředím. Při průchodu hmotou se ultrazvuk, absorbuje, odráží a rozptyluje. V diagnostice je využíván odraz ultrazvuku, ke kterému dochází na rozhraní dvou různých prostředí. Intenzita odrazu ultrazvuku je tím větší, čím větší je rozdíl v hustotě dvou prostředí. Využívají se frekvence 2-20MHz. Vyšetřovat orgány uložené za skeletem či plynem lze jen omezeně, jelikož v těchto prostředích dochází k odrazu skoro všech ultrazvukových vln. Výjimkou je vyšetření hlavních kmenů mozkových tepen. Toto vyšetření je prováděno přes šupinu temporální kosti, ta je však dostatečně tenká, aby ultrazvuk o vyšší intenzitě používaný v dopplerovské ultrasonografii přes ní prošel v dostatečné intenzitě. Pro ultrasonografické vyšetření je nesmírně důležité využití kontaktního gelu, který nám zajistí odstranění vzduchu mezi kůží pacienta a sondou. (Heřman, 2014, s. 17)

Zdrojem ultrazvuku je piezoelektrický krystal. Při ultrasonografických vyšetřeních tento krystal, který působením střídavého proudu mění svůj tvar zároveň vysílá i přijímá odrazy. Krystal vysílá vlnění zhruba 0,5 % provozní doby a přijímá odrazy 99,5 % provozní doby. Krystaly jsou uloženy v sondě, podle uložení krystalů dělíme sondy na sektorové, lineární a konvexní. Nejčastěji používaným typ ultrazvukového záznamu je dynamický B-mode. Dynamický B-mode je založen na zachycení velkého množství vedle sebe umístěných odrazů, kterým je v závislosti na intenzitě odrazu přiřazen na monitoru příslušný stupeň šedi. Při popisu obrazů jsou důležité pojmy hyperechogenní, izoechogenní a hypoechogenní. (Heřman, 2014, s. 17)

Dopplerovská ultrasonografie je nastavbovou ultrasonografickou metodou, která využívá Dopplerův jev k diagnostice cévních patologií nebo k zobrazení prokrvení tkání. Je popsal Christian Andreas Doppler, po němž byl pojmenován. Podle Dopplerova jevu se frekvence ultrazvukové vlnění mění při odrazu od pohybujícího se objektu (suspence červených krvinek). Jsou tři typy dopplerovského záznamu, a to barevný, spektrální a akustický. Barevný dopplerovský záznam je metoda, která určuje směr toku a rozsah rychlostí. Spektrální dopplerovský záznam je grafickým znázorněním závislosti rychlosti krevního toku na čase. Akustický dopplerovský záznam je převod frekvencí v MHz na slyšitelné frekvenční rozmezí v Hz. Rozlišujeme duplexní a triplexní ultrasonografii. (Vomáčka, 2015, s. 38-39)

Dopplerovská ultrasonografie je zobrazovací metodou arteriálního a žilního řečiště, která je ekonomicky nejméně náročná, neinvazivní, a tudíž nejdostupnější metodou pro

zobrazení cévního systému. Jedná se o metodu, díky které lze získat významné informace funkčního stavu. **Nevýhodou** ultrasonografií dopplerovského typu je nedostupnost všech oblastí cévního řečiště. **Limity provedení** ultrasonografického vyšetření jsou obezita a meteorizmus. U obézních pacientů není obraz vyšetřované oblasti tak kvalitní, v důsledku velkého rozptylu ultrazvukových vln v tukové tkáni. Ultrasonografické vyšetření nemá žádné absolutní kontraindikace. Ultrazvuk v intenzitách požívaných v diagnostice nemá prokazatelné nežádoucí účinky na lidský organismus a plod. I navzdory tomuto je při sledování vývoje plodu doporučeno omezit využití dopplerovských technik na nezbytně nutnou dobu. (Heřman, 2014, s. 250, 21)

Duplexní ultrasonografie (DUS) je metodou představující kombinaci dvourozměrného zobrazení a dopplerovských technik. Díky dvourozměrnému záznamu lze posoudit průsvit tepny a charakter aterosklerotického postižení. Dopplerovské techniky, kterými jsou spektrální záznam a barevné kódování průtoků poskytují hemodynamické informace o směru, rychlosti a kvalitě proudění krve. Je možné hodnotit i hemodynamickou významnou stenózu. (Pitřhová, 2018, s. 45)

Morfologické informace získané z B-modu na rozdíl od digitální subtrakční angiografie poskytují přímé informace o stěně tepny a jejím okolí. Zdravá (patologicky nezměněná) tepna v podélném zobrazení se jeví, jako trubicová struktura. Stěny zobrazené cévy jsou hyperechogenní, lumen je anechogenní. Vyšetřovaná céva na příčném řezu je anechogenní, má kruhovitý tvar s hyperechogenní stěnou. (Heřman, 2014, s. 250)

Kvantitativní parametry informují o směru, rychlosti a přítomnosti krevního toku. Rychlost toku krve v arterii se mění v závislosti na srdeční revoluci, elasticitě a periferním odporu. Pro arteriální řečiště je typický pulzativní typ toku. Vysokoodporový pulzativní tok trifázického charakteru je typický při vysokém periferním odporu, vyskytuje se v končetinových tepnách při fyzickém klidu kosterního svalstva. Nízkoodporový pulzativní tok je charakteristický pro nízký periferní odpor. Kvalitativní parametry hodnotí způsob proudění, elasticitu tepny a odporové poměry. Proud krve bez patologických změn má laminární charakter s úzkým rychlostním spektrem. (Heřman, 2014, s. 250-251)

Díky technickému pokroku a současným trendům jsou sonografické přístroje, které jsou v nyní využívány schopné detekovat různé stupně aterosklerotického postižení cévní stěny. Je však důležité, že výtečnost ultrazvukového vyšetření závisí na typu a kvalitě přístroje a v neposlední řadě na zkušenosti radiologa (sonografisty) a na nastavení přístroje. (Kešnerová, 2017, s. 229-230)

Mezi nejčastější **indikace** pro Dopplerovské techniky ultrasonografie patří vyšetření karotických, intrakraniálních, renálních a končetinových tepen. V žilním systému pro vyšetření hlubokých trombóz v končetinových nebo pánevních žilách a pro zobrazení portálního řečiště. (Heřman, 2014, s. 21)

Kvalifikace stenózy vnitřní karotidy je jedním ze základních ultrazvukových měření. Pro méně zkušené sonografisty (radiology) není vždy snadné stanovit závažnost stenózy. Otázkou je, zda je samotné sonografické vyšetření dostatečné k indikaci dalších terapeutických postupů. Ameracan Heart Association ve svých doporučeních uvádí ultrazvukové vyšetření karotid jako screeningovou metodu, ovšem nepotvrzující diagnostickou metodu před naplánovaným výkonem. (Kešnerová, 2017, s. 230)

1.2 Angiografie výpočetní tomografií – CT angiografie – CTA

Výpočetní tomografie neboli CT je zobrazovací metoda, která využívá digitální zpracování dat o průchodu rentgenového záření pacientem v několika průmětech vyšetřovanou vrstvou. (Heřman, 2014, s. 21) Jedná se o dynamickou metodu, která má výbornou prostorovou rozlišovací schopnost. V současnosti jde již o standartní vyšetření, které je dostupné prakticky ve všech nemocničních zařízeních v České republice. (Vomáčka, 2015, s. 42)

Základním principem výpočetní tomografie je zeslabování svazku rentgenového záření při průchodu tělem vyšetřovaného pacienta. Svazek záření vychází z rentgenky a je cloněn do tvaru vějíře. Šířka svazku záření určuje šířku zobrazované vrstvy. Rentgenové záření po průchodu pacientem dopadá na detektory, které jsou uloženy naproti rentgence. V detektorech je dopadající záření převedeno na elektrický signál, který je dále zpracován v počítači. Při zhotovení jedné vrstvy se rentgenka a detektor otočí okolo pacienta o 360°. Expoziční čas neboli doba rotace je poté okolo 0,3-2 sekundy. Získané obrazy vrstev jsou obrazy digitálními. Denzita je přístrojem vypočítaná míra oslabení záření v jednotlivých místech vyšetřované oblasti. Denzita se udává v Hounsfieldových jednotkách. NA obrazech CT skenů jsou jednotlivé denzity vyobrazeny pomocí stupni šedi. Obrazy je možné si prohlížet v různých oknech, jelikož lidské oko je schopné rozeznat jen do 60 odstínů šedi. (Heřman, 2014, str. 21-25)

Angiografie pomocí výpočetní tomografie (CT angiografie – CTA) je neinvazivní zobrazovací metodou cévního systému vycházející ze spirální akvizice dat a intravenózní aplikace kontrastní látky. Součástí hodnocení je možné zhotovení trojrozměrné rekonstrukce arteriálních struktur. (Ferda, 2004, s. 3)

Vyšetření CT angiografie je dnes prováděno na **MDCT přístrojích**. MDCT obsahuje 64 a více řad detektorů. Jedná se tedy o přístroje, které obsahují více řad detektorů (multi-detector CT). Toto množství detektorů umožní provést vyšetření pacienta za několik sekund. Rychlý skenovací čas snižuje množství pohybových artefaktů a výrazně snižuje množství podané kontrastní látky. Množství podané kontrastní látky je úzce spjato se vznikem rizika kontrastní nefropatie. (Heřman, 2014, s.251, s. 22)

Multidetektorová výpočetní tomografie vychází z principů spirálního CT. Jedná se o způsob získávání dat, při které je zároveň získávána více jak jedna datová stopa. Je zde využíváno rotačního pohybu rentgenky a detektorů okolo pacienta, který leží na vyšetřovacím stole. (Vomáčka, 2015, s. 43)

Výhody multidetektorového CT přístroje jsou tedy rychlejší akvizice dat a lepší rozlišení v ose z, větší rozsah, užší kolimace, méně pohybových artefaktů, podání menšího množství podané kontrastní látky u kontrastních vyšetření, jako je právě CT angiografie. Možnost vytvářet nejrůznější rychlé rekonstrukce. Nový jedinečný způsob získávání dat dual energy CT, který využívá dva systémy detektory-rentgenka v gantry, využívá se nejvíce při vyšetření patologií v oblasti srdce. (Peterová, 2010, s. 90)

CT angiografie je vyšetření, které je využíváno k posouzení funkční a anatomické stránky kardiovaskulární soustavy. Prvním krokem je aplikace kontrastní látky, jelikož kontrast krve a okolních tkání je při nativním CT vyšetření skoro nulový. Druhým krokem pro zobrazení anatomie struktur arterií je docílit při získávání dat dostatečného prostorového rozlišení. (Ferda, 2004, s. 3).

Jedná se tedy o velmi rychlou a spolehlivou metodu k zjištění hemodynamicky významné stenózy nebo uzávěru tepny. Mezi **indikace** k provedení CTA patří prokázání aneurysmat, arteriovenózní malformace. CTA je ideální zobrazovací metodou v zobrazení hrudní i břišní aorty včetně všech ilických tepen a větví oblouku aorty, karotid a vertebrálních tepen, plicních, koronárních, renálních a mesenterických tepen, tepen Willisova okruhu, končetinových tepen. (Peterová, 2010, s.92-93)

Mezi **relativní kontraindikace** k provedení CT angiografie řadíme známé alergie na jodové kontrastní látky, hypertyreóza, jaterní a ledvinová insuficience, těhotenství. (Procházka, 2012, s. 94) Absolutní kontraindikace k CT vyšetření neexistují uvádí se jen výše zmíněné relativní kontraindikace. (Heřman, 2014, s. 25)

4D CT angiografie je široce používanou technikou pro neinvazivní hodnocení neurovaskulárních patologií. 4D-CTA jsou k dispozici pro klinickou praxi v posledních letech. Dynamická CTA byla vyvinuta v posledních letech jako technika, která kombinuje neinvazivní povahu CTA s dynamickou akvizicí DSA. Existuje rostoucí důkaz, že 4D-CTA poskytuje lepší diagnostické informace oproti konvenční CTA. Jelikož 4D-CTA umožňuje vyhodnocení dynamiky toku. Nicméně je nezbytné provedení další prospektivní klinické koherentní studie. Krom toho by měla být dávka při 4D-CTA dále snížena lepšími postupy filtrování a registrace. Zlepšení filtrování a registrace by také mělo vést k lepší kvalitě obrazu s lepším zobrazením malých cévních struktur. (Kortman, 2015, 1026-1033)

Každé pracoviště, na kterém se provádění CT vyšetření, popřípadě CT angiografie musí být vybaveno obslužným a vyhodnocovacím stolem, gantry (vyšetřovacím tunelem) s posuvným stolem s řadou přídatných zařízení. Mezi další zařízení patří například tlakový injektor či anesteziologický přístroj a mnoho dalších. (Vomáčka, 2015, str. 43)

Intravenózní aplikace KL při CT angiografii

Aplikace kontrastní látky intravenózní cestou je nezbytnou podmínkou pro zobrazení cévního lumina, a tudíž pro angiografické vyšetření na CT. Objem podané kontrastní látky a načasování akvizice je úzce spjat se základními fyziologickými parametry, anatomickými poměry a k celkové době vyšetření. (Ferda, 2004, s. 3)

Kontraindikací podání jodové kontrastní látky je závažná alergická reakce, která proběhla během předchozího podání kontrastní látky. Dalšími kontraindikacemi jsou těžké poruchy ledvin a jater, mnohočetný myelom, léčba a vyšetření radioaktivními izotopy jódu. Nežádoucími účinky po podání kontrastní látky jsou lehké, středně těžké a těžké reakce. (Peterová, 2010, s. 91)

CT angiografie je možné provést přímo s podáním kontrastní látky nebo se nejprve provede nativní lokalizační vyšetření a poté samotná CT angiografie. Nativní vyšetření má obrovský význam u aneurysmat, a to při podezření na rupturu. (Heřman, 2014, s. 251)

Způsob aplikace KL má vliv na kvalitu zobrazení cévních struktur při CT angiografii. Je třeba respektovat prostorové umístění cévy a její funkční umístění. Poloha (vzdálenost od místa aplikace KL k cílovému místu zobrazované cévy) je důležité z hlediska načasování aplikace KL. Celkový objem aplikované kontrastní látky vytváří bolus. Pod pojmem bolus rozumíme vlnu zvýšení denzity pohybující se cévní soustavou. Dobře provedené načasování aplikace KL a získávání dat umožní zachycení hodnot denzity v celém vyšetřovaném prostoru. (Ferda, 2004, s. 4)

Pro aplikaci KL je nutné zajištění cévního přístupu kanylou. Kanyla musí mít průsvit a tlakovou odolnost, které odpovídají požadovanému průtoku. Nejvhodnější je flexibilní plastová kanyla šíře 18 gauge. Tato kanyla je vhodná pro aplikaci průtokem do 5 ml/s. Před samotnou aplikací KL je nutné se přesvědčit, zda je kanyla správně zavedena a že žíla vydrží vyšší průtok, a to prudkým vstříknutím až 20 ml fyziologického roztoku. Nejčastějším místem aplikace kontrastní látky je žíla na horní končetině, a to především žíly předloktí. Pokud není možné aplikovat KL do žíly na horní končetině, lze použít žíly na přednoží nebo femorální tepnu. V tomto případě je zapotřebí navýšení objemu podané KL a prodloužení doby cirkulace na místo skenování. Při aplikaci centrálním žilním katetrem je nutné zkrácení doby cirkulace KL na místo skenování. (Ferda, 2004, s. 4)

Koncentrace kontrastní látky ovlivňuje zcela zásadně maximální denzitu ve vyšetřované cévě. Čím koncentrovanější KL k vyšetření využijeme, tím strmější je stoupání denzity v cévě. Koncentrace KL nad 350mg/ml se využívá pro vyšetření, kde je akviziční čas

krátký nebo, kde je nutné získat vysokou denzitu u cév menšího průměru a komplikovaného plnění. (Ferda, 2004, s. 4)

Objem kontrastní látky zajišťuje dostatečně dlouhou dobu trvání zvýšení denzity vhodného k zobrazení za pomoci CTA. Objem KL, který je potřeba k dostatečnému udržení denzity v cévě se vypočítá vynásobením průtoku a doby skenování. Obvyklé množství kontrastní látky lze výrazně redukovat díky tomu, že nahradíme část KL fyziologickým roztokem. Jelikož se při intravenózní aplikaci KL přeplyne kapacitní venózní systém. Kontrastní látka je pacientovi do těla aplikována za pomoci přetlakového injektoru. (Ferda, 2004, s. 4)

Mezi **komplikace při aplikaci kontrastní látky** patří paravaskulární aplikace. Pravděpodobnost paravaskulární komplikace snížíme důkladnou kanylací a sledováním iniciální fáze nástřiku palpací v místě, kde jsme kanylu zavedli. (Ferda, 2004, s. 4)

Hodnocení CT angiografie, rekonstrukce a postprocessing (následné zpracování dat)

Hodnocení CT angiografie je prováděno na základě axiálních skenů a jejich následné rekonstrukci. Jelikož tepny jsou vinuté nebo mohou být vinuté, nejsou tyto vrstvy vždy kolmé k jejich průběhu. Díky tomu může dojít ke zkreslení naměřených hodnot. Měření z plošných a prostorových rekonstrukcí řeší tento problém. (Heřman, 2014, s. 252)

Pro **rekonstrukce** a měření jsou využívány různé rekonstrukční a navigační programy. Pro plošné rekonstrukce jsou využívány multiplanar reconstruction (Multiplanární rekonstrukce – MPR). Pro prostorové rekonstrukce se využívají maximum intensity projection (Projekce maximální intenzity – MIP). A v neposlední řadě pro objemové rekonstrukce volume rendering technique – VRT. Multiplanární rekonstrukce dokáže zobrazit tepny v základních rovinách (axiálních, koronárních, sagitálních) či v rovinách orientovaných šikmo podle průběhu tepny nebo kolmo na tepnu. Multiplanární rekonstrukce jsou vhodné především pro délkové měření. Prostorové rekonstrukce se nejvíce podobají digitální subtrakční angiografii. Prostorové rekonstrukce na rozdíl od DSA umí tepnu zobrazit v jakýchkoliv projekcích. Objemové (VRT) rekonstrukce jsou podobné prostorovým rekonstrukcím. Ovšem objemové rekonstrukce na rozdíl od prostorových rekonstrukcí dokážou využít až 100% dostupných dat. Objemová rekonstrukce má vysokou diagnostickou přesnost a umožňuje 3D zobrazení, a to nejen cévního systému. Tyto rekonstrukce jsou využívány i pro okolní orgány. Jednoduše na jednom obraze je možné současně zobrazit lumen cévy i případný nástěnný trombus, což je obrovskou výhodou. (Heřman, 2014, s. 252-253)

Při **následném zpracování dat (postprocessingu)** CT angiografie je možné za pomoci speciálních počítačových programů dělat různá měření. Mezi takové měření patří například kompletní cévní analýza s přeným stanovením významnosti stenóz tepen a další. (Heřman, 2014, s. 253)

Problematika CT angiografie obecně

Největším problémem CT angiografie jsou kalcifikované sklerotické pláty, jejich přítomností v cévním řečišti může dojít až k úplnému znehodnocení vyšetření. Pro většinu zobrazení cév se využívá volume rendering technic a maximal intensity projection. Je velmi důležité využít vhodný typ volume rendering technic rekonstrukce, jelikož některé mohou zvyšovat významnost stenózy. Stenty jsou při vyšetřeních ve většině případů dobře hodnotitelné. Náhrady kloubů, jako například kyčelních na moderních tomografech limitují vyšetření v menší míře a lze je v dostatečné míře provádět. Artefakty od kovových klipů zavedených v menších cévách mohou působit větší problémy. Protézy bypassů jsou velmi dobře vyšetřitelné. Je možné je pozorovat i při uzávěru, a to díky vyšší denzitě materiálu jejich stěny. (Novotný, 2010, s. 146)

CT angiografie jednotlivých oblastí

CT angiografie jednotlivých oblastí je prováděna prakticky stejnou technikou. Rozdíl mezi zobrazením jednotlivých oblastí je pouze v načasování sběru dat po aplikaci kontrastní látky, množstvím aplikované kontrastní látky a rozsahem skenované oblasti. Při CT angiografii je stejně jako při jakémkoliv jiném CT vyšetření nejprve proveden topogram (skaut, digitální snímek vyšetřované oblasti), na něm je naplánován rozsah vyšetřované oblasti. Rentgenka ani detektory se nepohybují a pacient leží v klidu na pohyblivém stole. Během expozice vyšetřovaný pacient projede otvorem v gantry. V dalším kroku je provedeno nativní vyšetření nebo přímo vyšetření s podanou kontrastní látkou. Před samostatným vyšetřením s kontrastní látkou se určí vyšetřovaná oblast, ve které se bude sledovat vývoj denzity pro optimální načasování akvizice dat. Kontrastní látka (jodová) je podána pro zlepšení rozlišení cév od ostatních struktur. Je podána přes zavedenou kanylu tlakovým injektorem. (Heřman, 2014, s. 253, 23)

CT angiografie **aorty** má obrovský přínos pro diagnostiku aneurysmat. Díky CTA je možné posoudit průměr lumina, šíři nasedajícího trombu, typ a délku aneurysmatu. Dále

umožňuje přesná měření, která jsou nutná pro následné ošetření aneuryzmatu implantací stentu. U disekce aneuryzmatu je možné zobrazit pravé a nepravé lumen, zasahování disekce do větví aorty a v neposlední řadě stav prokrvení orgánů. Pokud dojde k ruptuře aneuryzmatu díky CT angiografii je možné zobrazit místo extravazace a rozsah hematomu. CT angiografie **splanchnických cév** dokáže odhalit stenózu truncus coelicus nebo stenózu a. mesenterica superior a inferior. Indikací k provedení CT angiografie **renálních tepen** je podezření na aterosklerotické stenózy a stenózy podmíněné fibromuskulární hyperplazií. CT angiografie **tepen dolních končetin** je prováděna u pacientů s oboustranným uzávěrem pánevního tepenného řečiště. Některé pracoviště preferují spíše MR angiografii v těchto případech. Tepny dolních končetin lze při CT angiografii dobře posoudit do poloviny lýtek, tepny uložené více periferně nejsou dobře hodnotitelné pro malou šíři lumen a velmi častě kalcifikace v aterosklerotických plátech. (Seidl, 2012, s. 219-221)

Angiografické vyšetření **plicní tepny** pomocí výpočetní tomografie se provádí při podezření na plicní embolii. V současnosti se jedná o hlavní diagnostickou metodu u akutních plicních embolií. CT angiografie má v tomto případě vysokou senzitivitu a specificitu. Trombemboly se zobrazí jako hypodenzní defekty v kontrastní náplni větví plicnice. (Kincl, 2014, s. 19-20)

Díky spirální CT angiografii břicha a pánve lze detekovat až 95% příčin krvácení do dutiny břišní, trávicí trubice, retroperitonea, spontánní krvácení při warfarinizaci, ischemii střeva, enteroklitidě, arteriokolické píštěle a další. (Peterová, 2010, s. 93)

CT angiografie srdce překonala v průběhu posledních 10 let téměř všechny technické limitace, které nedovolovali provedení CTA srdce s dostatečnou technickou kvalitou. V současné době je možné hodnotit s dostatečnou přesností všechny důležité struktury a funkční charakteristiky srdce. Komplexní zobrazení srdce u urgentních stavů spojuje výhody rychlosti zobrazení s hodnocením funkce srdce. CT srdce v akutních situacích napomáhá identifikovat i ty nejzávažnější patologické stavy. Zkracuje tak dobu k adekvátní cílené léčbě u konkrétních pacientů. (Ferda, 2015, s. 256, 265)

CT angiografie **věnitých tepen** neboli CT koronarografie má určitá specifika oproti ostatním CT angiografiím. (Heřman, 2014, s. 253) Vyšetření je prováděno v synchronizaci s EKG křivkou. (Seidl, 2012, s.221) U většiny současných typů přístrojů je možné dosáhnout nejlepšího zobrazení koronárních tepen při pulzu menším než 65 tepů za minutu. Pacientům, kteří mají podstoupit CT koronarografii a mají vyšší tepovou frekvenci jsou premedikováni betablokátory. Betablokátory jsou podány perorálně jednu hodinu před samostatným vyšetřením nebo intravenózně těsně před provedením CT koronarografie. Díky neustálému

zdokonalování nejnovější přístroje výpočetní tomografie již umožňují získat kvalitní obraz i při vyšších tepových frekvencích. (Heřman, 2014, s. 253) Při CT koronarografii se hodnotí průchodnost, eventuálně stupeň stenózy tepen i aortokoronárních bypassů, složení sklerotického plátu. Vyšetření je prováděno u pacientů s malým předpokladem patologického nálezu na koronárním řečišti. U pacientů s akutním infarktem myokardu se CT koronarografie neprovádí, tito pacienti jsou odesláni k intervenčnímu zákroku (angiografie koronárního řečiště neboli koronarografie). Při angiografii koronárního řečiště je možné kromě zobrazení stenózy provést terapeutický zákrok, dilataci cévy pomocí implantovaného stentu. (Seidl, 2012, s. 221)

V současné době vyšetření CT koronarografie nedosahuje takové kvality, které by vedly k náhradě klasické diagnostické koronarografie. Pro vyšetření koronárních tepen je zapotřebí přístroj poslední generace, zkušený personál a silná podpora kardiologického pracoviště. Kvalitní zobrazení je závislé na mnoha faktorech. Před plánovanou CT koronarografií je dobré provést vyšetření kalciového skóre. Jestli že výsledek je nad 350, je vysoká pravděpodobnost zkreslení výsledku vyšetření. (Novotný, 2010, s.157)

1.3 Angiografie magnetickou rezonancí – MR angiografie – MRA

Magnetická rezonance je vyšetřením, při kterém se zjišťuje změna magnetických momentů jader prvků s lichým protonovým číslem uložených v silném statickém magnetickém poli po aplikaci radiofrekvenčních pulzů. Silný supravodivý magnet je uložen v gantry. Je chlazen heliem na teplotu 4 kelviny. Pro provedení vyšetření jsou nesmírně důležité cívky. Cívky slouží k vysílání a přijímání signálu. Pro získání co nejkvalitnějšího obrazu musí být cívky uloženy co nejbližší k vyšetřované oblasti. Z tohoto důvodu jsou pro každou oblast těla využívány jiné cívky. (Heřman, 2014, s. 25)

Cívky dělíme na permanentně zabudované, povrchové. Zabudované cívky jsou uloženy v gantry přístroje a nejsou přímo vidět. Nejpoužívanějším typem povrchových cívek jsou hlavová, krční páteřní, hlava a krk zároveň, hrudní a bederní, kolenní, ramenní a zápěstní. Univerzální cívky a skupina návazných povrchových cívek také patří k vybavení jednotlivých pracovišť. Jedná se o drahé pomůcky, při jejich poškození dochází ke zhoršení obrazu. (Vomáčka, 2015, s. 53-54)

Mezi přednosti magnetické rezonance patří podrobné detailní zobrazení měkkých tkání, vyšetření ve třech rovinách, zobrazení mozkových tepen bez podání kontrastní látky, neionizující typ vyšetření. (Vomáčka, 2015, s. 47)

Angiografie magnetickou rezonancí je skupina technik zobrazujících cévy za pomoci magnetické rezonance. Jedna část těchto technik využívá změnu intenzity signálu za přítomnosti kontrastní látky o vyšší koncentraci. Zde je nutné rychlého získávání (akvizice) dat následně po intravenózní aplikaci kontrastní látky. Druhá část technik je založena na speciální sekvenci, která umožní registrovat pohybující se útvary (tekoucí krev). Při využití těchto technik není nutná aplikace kontrastní látky. (Heřman, 2014, s. 29)

Kontrastní látka využívána při MR angiografii je paramagnetická s účinnou složkou dimeglumingadopentát. Jedná se o nefrotopní kontrastní látku, což znamená, že je vylučována ledvinami v nezměněné podobě. MR kontrastní látky jsou lépe tolerovány než jodové kontrastní látky, i když jsou rovněž nefrotoxické. Běžně se ovšem při vyšetření používá malé množství, čímž je riziko vzniku nežádoucí reakce nižší. Dávkování je 0,1-0,2 ml/kg hmotnosti vyšetřovaného pacienta. Mezi kontrastní látky pro magnetickou rezonanci patří například Magnevist, Gadovis, MiltiHance a Omniscan. Nejčastějšími možnými komplikacemi po podání paramagnetické kontrastní látky jsou nauzea, zvracení, pocit bolesti a tepla v místě vpichu. Anafylaktoidní reakce, přechodná porucha frekvence dýchání, dušnost, dechová tíseň, kašel, mdloby jsou vzácnými komplikacemi. (Procházka, 2012, s. 44-45)

Gadoliniová kontrastní látka zkracuje T1 relaxační čas. Krev má oproti okolním tkáním vysoký signál. (Heřman, 2014, s. 253)

Ve studii (Hrdina, 2018, s. 28-29) bylo cílem porovnat kvalitu angiografií magnetickou rezonancí při využití různých paramagnetických KL a zhodnotit, je-li kvalita MR angiografií u jednotlivých skupin dostatečná pro naplánování terapeutického postupu. Ve studii bylo použito celkem 38 MRA, které byly provedeny s použitím Gadovistu, Multihance, Vasovist. Kvalita MRA, které byly provedeny pomocí uvedených paramagnetických KL, byla dostatečná pro získání diagnostických informací. Při objektivním hodnocení autoři uvádí, že nejlépe hodnoceny byly MRA, které byly provedeny za použití Gadovistu.

Ve studii (Varga-Szemes, 2017, s. 116-1124) bylo zjištěno, že nekontrastní (QISS-MRA) to nová metoda poskytuje vysokou diagnostickou přesnost pro detekci arteriální stenózy dolních končetin. Jedná se o vhodnou alternativu pro pacienty s kontraindikací na kontrastní látky. Navíc se QISS-MRA může vyhnout potížím spojeným s načasováním CTA s kontrastní látkou a vyústit v lepší vizualizaci těžce kalcifikovaných tepen.

Mezi **absolutní kontraindikace MR** vyšetření patří implantovaný kardiostimulátor, elektronicky řízené implantáty, kromě inzulinové pumpy, kovová tělesa v oku, cévní svorky z feromagnetického materiálu či neznámého materiálu. V dnešní době jsou již pacientům implantovány kardiostimulátory, které jsou kompatibilní s MR vyšetřováním. Přesto musí pacient před vyšetřením a po vyšetření navštívit kardiologa, který kardiostimulátor zkontroluje. Relativními kontraindikacemi jsou klaustrofobie, první trimestr těhotenství, kovová cizí tělesa, totální endoprotézy, kava filtry, svorky, které byly implantovány pacientovi před méně než šesti týdny. (Vomáčka, 2015, s. 56)

Díky MR angiografii je možné zobrazit tepny i žíly, a to samostatně nebo dohromady. Mezi vyšetřované tepny pomocí MR patří téměř všechny oblasti od tepen zásobujících mozek, aortu a její odstupy až po tepny dolních končetin. Mezi nejčastěji zobrazované žíly za pomoci MR patří mozkové splavy, portální oběh a velké systémové žíly. Nejčastější indikací MR angiografie je zobrazení tepen dolních končetin (Heřman, 2014, s. 30)

Mezi další indikace k MRA patří zobrazení aneuryzmat a vaskulárních malformací. (Armstrong, 2010, s. 473)

MR angiografie jednotlivých oblastí

Angiografie magnetickou rezonancí jednotlivých oblastí je prováděna dá se říct stejnou technikou. Při kontrastních MR angiografiích je rozdíl jen v načasování sběru dat po intravenózní aplikaci kontrastní látky, na množství podané KL a rozsahu skenované oblasti. Jako první je provedeno nativní vyšetření, následně je vybraná oblast vyšetřena stejnou sekvencí po intravenózní aplikaci paramagnetické KL. Na závěr vyšetření je provedena automatická subtrakce těchto sekvencí. Díky subtrakci jsou získány obrazy tepen pro následné provedení rekonstrukcí (MIP, 3D). Nativní MR angiografie se využívá pro zobrazení mozkových tepen. (Heřman, 2014, s. 253)

Ve srovnání s CT angiografií, která je hlavní diagnostickou metodou plicní embolie (PE) je **MR angiografie plicnice** nevhodná k validní diagnostice PE. V posledních letech bylo provedeno několik studií na toto téma. (Kincl, 2014, s. 20)

Jednou z prací, která hodnotí použití MR angiografie u pacientů s plicní embolií byla studie IRM-EP. V této studii bylo 274 pacientům provedeno MDCT i MR vyšetření. Autoři studie považují MR za samostatné nepoužitelnou diagnostickou metodu. (Revel, 2012, s. 743-750)

MR angiografie tepen dolních končetin (DK) přináší nové možnosti diagnostiky v zobrazení tepen DK. Výrazně rozšiřuje minimální invazivitu diagnostiky v oblasti kardiovaskulárního onemocnění. Ještě donedávna bylo uváděno, že MRA má tendenci nadhodnocovat významnost stenózy a zobrazení tepen bérků není dostatečné. V retrospektivním hodnocení 45 pacientů, kteří prodělali MRA i DSA/PTA bylo prokázáno dostatečné zobrazení bérkových tepen pro další intervenční výkony u všech 45 pacientů. MRA tepen DK představuje výbornou alternativu pro diagnostické zobrazení, při obecně známých limitacích a kontraindikacích. (Kožnar, 2008, s. 74)

Přímé zobrazení patologických změn **myokardu** neinvazivními (minimálně invazivními) metodami je v dnešní době důležitou součástí vyšetřovacího algoritmu u pacientů s podezřením na akutní myokarditidu. Při použití kombinovaného protokolu je možné odlišit akutní myokarditidu od infarktu myokardu. (Baxa, 2009, s. 13-19)

Možnosti kardio-MR diagnostiky jsou velmi široké. V některých oblastech kardiologie je MR vyšetření již standartní a stále častěji užívanou metodou. (Kohoutek, 2003, s. 35)

V současnosti se MR srdce využívá nejčastěji pro hodnocení funkce srdce, zánětlivých nebo po infarktových změn, charakterizaci tkání. Další indikací k provedení magnetické

rezonance srdce jsou vrozené vady. V tomto případě je možné objektivně sledovat dlouhodobý vývoj nemoci. Hodnocení chlopní je další indikací. (Chabianok, 2017, s. 279)

MR je schopna zobrazovat přítomnost infarktové jizvy, fibrózu, zánět. MR srdce je omezena rychlostí získávání dat. Rychlost akvizice a signál šumu jsou klíčovými faktory, které omezují rozlišení. Pokroky ve zrychlení a lepší korekci pohybu vedly k podstatnému pokroku v zobrazení jemných anatomických struktur. (Chabianok, 2016, s. 10)

V nejbližší době nebude s největší pravděpodobností důležité přesná pozice 2D vrstvy pro měření průtoku při MR srdce. Nynější přístup nahradí získání 3D objemu dat. Na klinickém lékaři bude zvolit retrospektivně při popisu vyšetření, kterou vrstvu je třeba zrekonstruovat. I když je rekonstrukce srdečního cyklu založena na EKG-triggerování, již nyní se objevují techniky image-processing. Tyto techniky zařadí automaticky nabraný obraz v rámci srdečního cyklu do správné pozice. (Chabianok, 2017, s. 288-289)

1.4 Digitální subtrakční angiografie – DSA

Digitální subtrakční angiografie (DSA) je technika, která se využívá k zobrazení cévního řečiště. DSA je založena na digitalizaci skiaskopického obrazu a počítačové subtrakci (odčítání) obrazů před a po nástřiku kontrastní látkou. Díky subtrakci jsou odstraněny struktury pozadí, které jsou patrné na nativním obraze. Výsledkem je zobrazení pouze cév naplněných kontrastní látkou. Angiografické vyšetření pomocí digitální subtrakční angiografie je prováděno většinou před endovaskulárním výkonem a je nezbytnou součástí tohoto výkonu. (Heřman, 2014, s. 16,249)

Zobrazení arteriálního nebo žilního řečiště je možné provést přímou perkutánní punkcí nebo Seldingerovou metodou, které provádí intervenční radiolog. Většina DSA je v dnešní době prováděná Seldingerovou technikou. Přímá perkutánní punkce je v dnešní době využívána jen výjimečně. Seldingerova technika se provádí katetrizací nejčastěji a. femoralis, dále také před a. radialis, a. brachialis nebo a. axillaris. Katetrizace je prováděná v lokální anestezii za sterilních podmínek. Pohmatem je zjištěna poloha tepny a následně je provedena jehlou punkce tepny. Následně po punkci je do tepny přes jehlu zaveden vodič. Následně je jehla odstraněna a vodič v tepenném řečišti ponechán. Díky vodiči je možné zavést katetr do tepny na určené místo. Posledním krokem je vytažení vodiče a zanechání katetru, katetr je propláchnut a následně uzavřen kohoutkem. Katetr je tímto připraven k aplikaci kontrastní látky. (Heřman, 2014, s. 248)

Seldingerovou technikou je získán bezpečný přístup do cévního řečiště. Po provedení vlastní techniky je možné provádět vlastní diagnostické či terapeutické výkony. (Vomáčka, 2015, s. 58)

Nezbytnou podmínkou pro provedení punkce cévního systému pacientovi jsou normální koagulační poměry. Pacient přichází k intervenčnímu výkonu lačný. To znamená, že nejméně čtyři hodiny před výkonem nejí. Důležitá je dostatečná hydratace perorálně nebo intravenózně před DSA. (Heřman, 2014, s. 248)

Angiografii dělíme na přehlednou arteriografii (aortografii), selektivní arteriografii a superselektivní arteriografie. **Přehledná arteriografie či aortografie** je vyšetření hrudní nebo břišní aorty. Při tomto vyšetření není diagnostický katetr zaveden do jednotlivých odstupů hrudní nebo břišní aorty. **Selektivní arteriografie** izolované zobrazení řečiště některé z přímých větví aorty. **Superselektivní arteriografie** je zobrazení perifernějších větví. Během selektivní a superselektivní katetrizací je předpokládána intenzivnější manipulace katétre v cévním řečišti. Z tohoto důvodu je před selektivní katetrizací zaveden nejprve sheat (zaváděcí

pouzdro. Zaváděcí pouzdro sníží traumatizaci tepny v místě vpichu. Sheat je tenkostěnný katetr, jehož součástí je hemostatická chlopeň, který je umístěna na vnějším konci. Sheatem se po zavedení již nemanipuluje. Díky zaváděcímu pouzdru neboli sheatu je možné zavádět jednotlivé diagnostické katetry, které jsou určeny k selektivní katetrizaci. **Diagnostické katetry** musím splňovat několik podmínek, mezi které patří snadná ovladatelnost, antitrombogenost, dobře viditelné při skiaskopii, dostatečně ohebné a odolné tlaku aplikované kontrastní látky. Katetry mají různé tvary. Zevní průměr katetru udává jednotka French (F). Katetry pro diagnostické angiografie (DSA) mají 4-5 F. Katetry, které jsou určené pro přehlednou arteriografii mají obvykle tvar pig-tailu s postranními otvory na konci. Katetry pro selektivní katetrizaci mají tvar přizpůsobitelný odstupu cévy. Je mnoho katetrů, jejichž využití se překrývá. Angiografické vodiče zajišťují lepší manipulaci katetry v cévním řečišti. Vodiče mají různé délky, průměry a tuhosti. Pro digitální subtrakční angiografie jsou nejčastěji používané vodiče o průměru 0,035 inch (1 inch = 2,54 cm). (Heřman, 2014, s. 248-249)

Výhody 3D DSA oproti 2D DSA jsou dobře známé. Jednou z výhod je potenciál pro snížení počtu 2D akvizic. Zatímco 3D rekonstrukce poskytují schopnost zobrazit abnormalitu z jakéhokoli požadovaného úhlu, neposkytují nápravu pro překrytí vaskulárních struktur. Ty jsou umístěny v těsné blízkosti abnormality nebo se velmi rychle naplní, čímž se zabrání vizualizaci důležitých znaků, např. žilní překážka v arteriovenózní malformaci. (Sandoval Garcia, 2017, s. 5)

4D DSA umožňuje sledovat kontrastní bolus vaskulaturou. 4D DSA byla poprvé popsána v roce 2012. Zkušenosti s touto metodou jsou stále omezené. Včasné hodnocení ukázaly některé výhody oproti konvenční 3D DSA při hodnocení komplexních AVM. Jednou z motivací pro vývoj 4D DSA bylo poskytnout metodu, která umožní sledovat abnormalitu nejen z libovolného úhlu, ale také kdykoliv během průchodu bolusu kontrastní látky přes vaskulaturu. (Sandoval-Garcia, 2017, s. 5-6)

Ve studii (Sandoval-Garcia, 2017, s. 5-6) byli informace získané se samostatných 4D DSA téměř shodné s informacemi získanými ze studií kombinovaných 3D DSA a 2D DSA. Výsledkem je, že využití 4D DSA by mělo snížit požadavek na akvizici 2D DSA a snížit radiační zátěž pracovníků i pacienta.

Angiografické vyšetření s použitím vasoaktivních látek se nazývá **farmakoangiografie**. Při tomto typu vyšetření jsou používány vazodilatační, vazokonstrikční látky a spasmolytika. Mezi vazokonstrikční látky patří vasopresin, adrenalin, angiotensin. Vazodilatačními látkami jsou acetylcholin, nitroglycerin, papaverin, nifedipin, prostaglandin. Nejčastěji používanými spasmolytiky jsou buscopan a glukagon. Spasmolytika a vazodilatika

jsou látky používané častěji než vazokonstrikční látky. Mezi indikace k farmakoangiografii za použití vazokonstrikčních látek patří léčba krvácení, diferenciace mezi normálními a abnormálními cévami, retrogradní renální flebografie. Indikací k farmakoangiografii za použití spazmolytik patří vyloučení artefaktů a peristaltických pohybů střevních kliček. Mezi indikace k farmakoangiografii za použití vazodilatačních látek patří lepší zobrazení periferních větví cév, zlepšení opacifikace v žilní fázi, rozlišení organických a funkčních změn, prevence spazmů a v neposlední řadě léčba neokluzivní mezenterické ischemie a dalších vazospastických onemocnění. (Heřman, 2014, s. 249)

Indikacemi k digitální subtrakční angiografii je diagnostika onemocnění cév. Mezi **kontraindikace** se řadí gravidita, předchozí alergická reakce na podanou jodovou kontrastní látku, astma bronchiales, polyvalentní alergie či poruchy hemokoagulace. Pacienti trpící astma bronchiales, polyvalentními alergiemi či s předchozí alergickou reakcí na kontrastní látku jsou rizikovými pacienty, u kterých je nutná příprava kortikoidy. Rizikovým pacientům je podán Prednisol (40 mg) perorálně 12-18 hodin před aplikací KL a 6-9 hodin před aplikací KL Prednisol (20 mg). U akutních případů je možné podat kortikoidy a antihistaminika intravenózně těsně před výkonem. U pacientů s předchozí vážnou alergickou reakcí na jodovou kontrastní látku je výkon provádět za přítomnosti anesteziologa. (Heřman, 2014, s. 248)

Komplikace spojené s digitální subtrakční angiografií jsou jen zřídka. S neustálým rozvojem nových, moderních technologií, které vedou ke zdokonalování kontrastních látek a instrumentária, dochází neustále k významnému snižování výskytu komplikací. Celková incidence komplikací se uvádí 1,73% a je přímo závislá na délce výkonu a věku pacienta. Tím pádem, čím starší pacient a delší výkon, tím je pravděpodobnost výskytu komplikací vyšší. Nejčastější komplikace jsou v místě vpichu. Mezi tyto komplikace patří krvácení, pseudoaneuryzmata, arteriovenózní píštěle, trombóza punktované tepny. Mezi systémové komplikace patří renální selhání, alergická reakce na podanou jodovou kontrastní látku, jedná se tedy o komplikace spojené s podáním kontrastní látky. (Heřman, 2014, s. 249)

Digitální subtrakční angiografie je prováděna na pracovištích intervenční radiologie. Základem pracoviště je intervenční sál (vyšetřovna), jehož součástí je angiografický přístroj, tlakový injektor, který je synchronizován s angiografickým přístrojem, přístroj pro monitoraci tlaku a EKG, pulzní oxymetr, odsávačka, defibrilátor, přívod kyslíku, prostředky k resuscitaci, anesteziologický přístroj, monitory pro prohlížení snímků, ochranné pomůcky proti ionizujícímu záření, intervenční instrumentárium a léčiva. Vše je přehledně uloženo. Dále je součástí sálu pohyblivý stůl, C-rameno a monitor. Ovladovna je další důležitá součást pracoviště intervenční radiologie. Je zde umístěna hlavní konzola pro ovládání angiografického

přístroje, počítače, a další. Dalšími místnostmi pracoviště intervenční radiologie je strojovna, umývárna, přípravná pacienta, čekárna, skladovací prostory a filtr. (Vomáčka, 2015, s. 62)

Digitální subtrakční angiografie jednotlivých oblastí

Angiografické vyšetření oblouku aorty, tepen mozku a hlavy a tepen krku se provádí za pomoci Seldingerovi techniky z femorální tepny. Vyšetření **oblouku aorty** se provádí přehlednou arteriografií v pravé a levé šikmé projekci. Je důležité zobrazit samostatný oblouk aorty i jednotlivé odstupující tepny. Při vyšetření **mozkových tepen** se využívá superselektivní katetrizace a. carotis communis dextra. Vyšetření **vnitřní a zevní krkavice** se provádí selektivní katetrizací. Povodí jednotlivých tepen se zobrazují v předozadní, bočné a šikmé projekci. Selektivní katetrizací pravé nebo levé podklíčkové tepny jsou vyšetřovány **tepny horních končetin**. Ve výjimečných případech může být indikována přímá arteriografie. Vyšetření **plicního řečiště** je prováděno katetrizací a. pulmonaris Seldingerovou metodou, cestou v. femoralis nebo v. cubitalis přes pravou síň a komoru. Trpí-li pacient plicní hypertenzí plicní řečiště je vyšetřováno selektivně po částech. Pacientovi je aplikováno menší množství kontrastní látky menší rychlostí. Angiografické vyšetření **břišní aorty a pánevního řečiště** se provádí před a. femoralis přehlednou arteriografií. Pokud je zapotřebí zobrazit některé odstupy břišní aorty je provedena selektivní katetrizace za pomoci vhodného katétru. Zobrazení **tepen dolních končetin** se provádí přes femorální tepny metodou cross over (z kontralaterální strany) přes bifurkaci aorty nebo vpichem po proudu do stejnostranné a. femoralis za pomoci selektivní katetrizace. Vyšetření **renálních tepen** je prováděno jako přehledná arteriografie břišní aorty i selektivní katetrizace renálních tepen. Vyšetření **hrudní aorty** se provádí jako přehledná arteriografie z a. femoralis. Spinální arteriografie (**zobrazení tepen míchy a páteře**) je prováděna selektivní katetrizací přírodních arterií spinálních tepen podle neurologického nálezu. Podle nálezu to mohou být aa. vertebrales, truncus costocervicalis, aa. lumbales, aa. intercostales. Angiografické vyšetření **tepen splanchnické oblasti** selektivní katetrizací nepárových tepen odstupujících z břišní aorty. Těmito nepárovými tepnami jsou truncus coelicus a jeho větve (a. gastrica sinistra, a. lienalis, a. hepatica communis), a. mesenterica superior a inferior. Angiografické vyšetření **koronárních tepen** neboli koronarografie se provádí selektivní katetrizací a. femoralis, a. brachialis nebo a. radialis. Ke koronarografii jsou využívány speciálně tvarované katetry pro pravou a levou věnčitou tepnu. Nástřik kontrastní látkou koronárních tepen je zaznamenáván v digitální formě v několika projekcích za účelem

přehledného zobrazení všech úseků koronárního řečiště. Angiografické vyšetření **srdce** neboli angiokardiografie se provádí vstříkem kontrastní látky do srdeční dutiny nebo velké cévy. Nejčastější se selektivní katetrizace levé srdeční komory z femorálního nebo brachiálního přístupu. Díky angiokardiografii je možné sledovat morfologii srdečních dutin, změny chlopenního aparátu, funkční stav, změny srdeční svaloviny a funkční rezervu srdce. (Heřman, 2014, s. 249-250)

Digitální subtrakční angiografie se zlatým standardem pro angiografické hodnocení cerebrovaskulárních onemocnění. (Sandoval-Garcia, 2017, s. 2)

2 Srovnání digitální subtrakční angiografie, CT angiografie, MR angiografie a dopplerovské ultrasonografie

Ultrasonografické vyšetření dopplerovského typu je ekonomicky nejméně náročným vyšetřením, zcela neinvazivním a tím pádem nej dostupnější vyšetřovací metodou pro zobrazení arteriálního a žilního řečiště. Díky Dopplerovské ultrasonografii se získají informace funkčního charakteru. Nevýhodou dopplerovská US v porovnání s digitální subtrakční angiografií je nedostupnost všech oblastí cévního řečiště, a i v dostupných oblastech platí limity. Morfologické informace získané díky dopplerovské ultrasonografii mají oproti DSA nejenom informace o velikosti a tvaru lumina cévy, ale i přímé informace o stěně cévy a jejím okolí. (Heřman, 2014, s. 250)

Při srovnání angiografie za pomoci magnetické rezonance a digitální subtrakční angiografií je výhodou MR angiografie její neinvazivita, jelikož ji lze provést v některých případech i bez použití kontrastní látky. V případě podání kontrastní látky při MRA je ovšem jen minimální invazivita oproti DSA. Při MRA není použito ionizační záření, což je výhodou jak oproti DSA, tak CT angiografii. Nevýhodou při srovnání MR angiografie a DSA je nižší rozlišovací schopnost, větší riziko vzniku artefaktů a v hlavní řadě není možné zobrazit selektivně jednotlivé tepny. (Heřman, 2014, s. 30)

Obrovskou výhodou MR angiografie ve srovnání s digitální subtrakční angiografií a CT angiografií je, že MR angiografie nevyužívá pro své vyšetření ionizující záření. Další výhodou MR angiografie oproti DSA a CTA je využití pouze malého množství paramagnetické kontrastní látky. Paramagnetická kontrastní látka oproti jodové kontrastní látce má nižší riziko vzniku nefropatie a alergických reakcí. Angiografie magnetickou rezonancí nedokáže dobře zobrazit malé cévy, přesně stanovit významnost stenózy a není schopná zobrazit kalcifikace v cévě. (Heřman, 2014, s. 253 a Kožnar, 2008, s. 74)

Největší výhodou MR angiografie ve srovnání s digitální subtrakční angiografií je minimální invazivita vyšetření. Při MRA je nutná pouze punkce periferní žíly. Oproti DSA odpadá punkce tepny a následná katetrizace s dalšími možnými komplikacemi. MRA i CTA je možné provést ambulantně. Při diagnostice cévního řečiště DSA je nutná hospitalizace pacienta. (Kožnar, 2008, s. 74)

Výhodou CT angiografie oproti digitální subtrakční angiografii je možnost sledovat výsledný prostorový obraz ve všech projekcích. To je obrovskou diagnostickou výhodou u anatomicky komplikovaných cévních nálezů. CT angiografii je možné provádět ambulantně

oproti DSA, kde je nutná následná hospitalizace. CT angiografie má ve srovnání s MR angiografií a Dopplerovou ultrasonografií lepší prostorovou rozlišovací schopnost oproti digitální subtrakční angiografii má CT angiografie horší rozlišovací schopnost. Další nevýhodou CT angiografie v porovnání s digitální subtrakční angiografií je, že není možné zobrazit jednotlivé tepny a sledovat jejich dynamiku toku. Výhody CT angiografie a DSA se skvěle doplňují. CT angiografie má ve srovnání s DSA nižší rizika a nižší náklady. Díky neustálému vývoji CT angiografie je možné tuto metodu využívat jako alternativu DSA ve všech oblastech, včetně koronarografie. (Heřman, 2014, s. 251)

Navzdory všem uvedeným nedostatkům angiografie za pomoci magnetické rezonance a výpočetní tomografie na hradily ve většině diagnostických indikací digitální subtrakční angiografii. Digitální subtrakční angiografie je prováděna v případě nejasných nálezů na neinvazivních metodách a těsně před intervenčními výkony. (Heřman, 2014, s. 30)

3 Úloha radiologického asistenta při angiografických metodách

Radiologický asistent má velmi důležitou a odpovědnou práci na oddělení radiologie. Musí mít speciální přípravu a požadované odborné znalosti. Musí znát průběh jednotlivých vyšetření, posloupnost úkonů lékaře, orientovat se v rentgenové anatomii. Musí znát možné komplikace a rizika daných vyšetření a vhodně na ně reagovat. Práce RA má vliv na kontrolu a snižování dávek ionizujícího záření pro personál a pacienty. Důležitá je komunikace a vstřícnost s pacientem před, během i po vyšetření či výkonu. Radiologický asistent před vyšetřením seznámí pacienta s daným výkonem či vyšetřením, které mu bude provedeno. (Vomáčka, 2015, s. 63-64)

Radiologický asistent má při všech angiografických vyšetřeních na starosti kontrolu technického stavu a provozní stálosti zařízení. Jedná se především o kontrolu neporušitelnosti zařízení sloužících k vyšetření, dále kontrolu funkce výstražných signálů, funkce všech ovládacích prvků. Úkolem radiologického asistenta je příprava přístroje k provozu. Je zodpovědný za přípravu vysokotlaké stříkačky k provozu a její plnění kontrastní látkou. Má na starosti převod elektronických žádánek do seznamu (wokrlistu) modality, výběr vyšetřovaného pacienta ze seznamu modality a nastavení vyšetřovacího protokolu podle vyšetřované oblasti. Zpracování obrazové dokumentace je klíčovým úkolem radiologického asistenta. Další činností, kterou vykonává radiologický asistent je administrativní činnost a s ní spojené vykazování kódů výkonů pro zdravotní pojišťovnu, tisk provozního deníku a jiné činnosti podle potřeb daného oddělení. (Procházka, 2012, s. 17)

Závěr

V této bakalářské práci byly popsány v současné době nepoužívanější zobrazovací metody cév. V úvodu této práce byli stanoveny cíle, které byli v jednotlivých kapitolách splněny.

U jednotlivých angiografických metod je popsán stručně jejich princip a vyšetření jednotlivých oblastí. Dále bylo také poukázáno na možné indikace a kontraindikace jednotlivých vyšetření a současné trendy jednotlivých vyšetření. Práce také obsahuje srovnání dostupných metod. V neposlední řadě byli sepsány poznatky o úloze radiologického asistenta při zobrazovacích metodách cév.

Nejdostupnější zobrazovací metodou je dopplerovská ultrasonografie. Jedná se o cenově nejdostupnější metodu, bez radiační zátěže, neinvazivní ovšem má i své nevýhody. Neoptimálnější metodou je CT angiografie. Důvodem je široká dostupnost CT vyšetření, dobrá rozlišovací schopnost, rychlost získávání dat a možnost 3D rekonstrukce vyšetřované oblasti. I CT angiografie má své nevýhody, mezi které patří vyšší radiační zátěž pacienta a nutnost aplikace většího množství jodové kontrastní látky. Ovšem výhody stále převažují nad nevýhodami. Jedná se tedy v současné době o metodu, která je tzv. zlatým standardem při zobrazování cév. MR angiografie se dostává v posledních letech do popředí. Její výhodou je možnost vyšetření cévního řečiště bez podání kontrastní látky. Digitální subtrakční angiografie se v současné době pro diagnostické výkony skoro nevyužívá. Jelikož je metodou invazivní a je ve většině případech prováděna před terapeutickým výkonem. V neposlední řadě je důležité zmínit, že každá z těchto zobrazovacích modalit má své uplatnění při určitých situacích a indikacích.

Referenční seznam

ARMSTRONG, Peter, Martin L. WASTIE a Andrea G. ROCKALL., *Diagnostic imaging*. 6th ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2009, viii, 469 s. ISBN 978-1-4051-7039-0.

BAXA, Jan, Jiří FERDA, Richard ROKYTA s kol., *Úloha magnetické rezonance srdce v diagnostice akutní myokarditidy*. Česká radiologie. 2009, 63(1), 13-19. ISSN 1210-7883.

EDELMAN, Robert R., 2014. *The History of MR Imaging as Seen through the Pages of Radiology*. Radiology [online]. 273(2S), S181-S200 [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.1148/radiol.14140706. ISSN 0033-8419. Dostupné z: <http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.14140706>

FERDA, Jiří, Jan BAXA, Jan PEŠEK a kol., *Urgentní CT angiografie srdce, využití multiparametrického hodnocení nálezů u nemocných v ohrožení života*. Česká radiologie. 2015, 69(4), 254-265. ISSN 1210-7883.

FERDA, Jiří, Milan NOVÁK, František ŠLAUF a kol., *Význam multidetektorové CT - angiografie pro volbu léčby u akutní ischemie dolní končetiny*. Česká radiologie. 2008, 62(4), 334-341. ISSN 1210-7883. Dostupné také z:

FERDA, Jiří., *CT angiografie*. Editor Lubomír HOUDEK. Praha: Galén, c2004, xi, 408 s. ISBN 80-7262-281-1.

HEŘMAN, Miroslav., *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014, 314 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-2901-4.

HRDINA, Lukáš, Martin KÖCHER, Miroslav HEŘMAN a kol., *Porovnání kvality MRA abdominální aorty a tepen dolních končetin při použití různých paramagnetických kontrastních látek*. Česká radiologie. 2010, 64(1), 28-33. ISSN 1210-7883.

CHABINIOK, Radomír, Lucie SÚKUPOVÁ, Dana KAUTZNEROVÁ, *Vyšetření srdce a velkých cév magnetickou rezonancí - přehled metod a nové perspektivy*. Česká radiologie. 2017, 71(4), 279-290. ISSN 1210-7883.

CHABINIOK, Radomir, Vicky Y. WANG, Myrianthi HADJICHARALAMBOUS a kol., Multiphysics and multiscale modelling, data-model fusion and integration of organ physiology in the clinic: ventricular cardiac mechanics. *Interface Focus* [online]. 2016 6(2). [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.1098/rsfs.2015.0083. 36 ISSN 2042-8898. Dostupné z: <http://rsfs.royalsocietypublishing.org/lookup/doi/10.1098/rsfs.2015.0083>

KEŠNEROVÁ, Petra, *Hodnocení aterosklerotických plátů v karotických tepnách pomocí duplexní sonografie*. *Neurologie pro praxi*. 2017, 18(4), 229-232. ISSN 1213-1814.

KINCL, Vladimír, Adéla DROZDOVÁ, Roman PANOVSÝ a kol., *Zobrazovací metody v diagnostice a stratifikaci rizika akutní plicní embolie*. *Intervenční a akutní kardiologie*. 2014, 13(1), 17-22. ISSN 1213-807X.

KOHOUTEK, Jan a Jaroslav TINTĚRA., *Současné možnosti a perspektivy magnetické rezonance v kardiologii*. *Intervenční a akutní kardiologie*. 2003, 2(1), 30-36. ISSN 1213-807X.

KORTMAN, H.G.J., E.J. SMIT, M.T.H. OEI a kol., 2015. *4D-CTA in Neurovascular Disease: A Review*. *American Journal of Neuroradiology* [online]. 36(6), 1026-1033 [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.3174/ajnr.A4162. ISSN 0195-6108. Dostupné z: <http://www.ajnr.org/lookup/doi/10.3174/ajnr.A4162>

KOŽNAR, Boris, Jan H. PEREGRIN a Jaroslav TINTĚRA., *MR angiografie bérceových tepen u pacientů s kritickou končetinovou ischemií*. *Bulletin HPB*. 2008, 16(4), 74-75. ISSN 1210-6755.

NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ., *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, [2015], xii, 416. ISBN 978-80-7492-206-0.

NEKULA, Josef, 2014. *Klinická radiologie: skriptum*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-564-8.

NOVOTNÝ, Jiří, Jan H. PEREGRIN a Dana KAUTZNEROVÁ., *CT angiografie - podmínky pro kvalitní vyšetření*. *Česká radiologie*. 2010, 64(2), 145-157. ISSN 1210-7883.

PETEROVÁ, Věra., *CT - základy vyšetření, indikace, kontraindikace, možnosti, praktické zkušenosti. Medicína pro praxi*. 2010, 7(2), 90-94. ISSN 1214-8687.

PIŤHOVÁ, Pavlína., *Vyšetřování poruch periferní cirkulace u syndromu diabetické nohy. Která metoda je nejlepší?*. Kazuistiky v angiologii, 2018, roč. 5, č. 2, s. 45-46. ISSN: 2336-2790.

POVÝŠIL, Ctibor a Ivo ŠTEINER., *Speciální patologie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2007, xix, 430 s. ISBN 978-80-7262-494-2.

PROCHÁZKA, Václav a Vladimír ČÍŽEK., *Vaskulární diagnostika a intervenční výkony*. Praha: Maxdorf, c2012, 217 s. Jessenius. ISBN 978-80-7345-284-1.

REVEL Marie-Pierre, SANCHEZ O., COUCHON S., *Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for an acute pulmonary embolism: results of the IRM-EPstudy*. J Thromb Haemost 2012; 10: 743–750., doi: 10.1111/j.1538-7836.2012.04652.x.

SANDOVAL-GARCIA, C., P. YANG, T. SCHUBERT a kol., 2017. *Comparison of the Diagnostic Utility of 4D-DSA with Conventional 2D- and 3D-DSA in the Diagnosis of Cerebrovascular Abnormalities*. American Journal of Neuroradiology [online]. 38(4), 729-734 [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.3174/ajnr.A5137. ISSN 0195-6108. Dostupné z: <http://www.ajnr.org/lookup/doi/10.3174/ajnr.A5137>

SEIDL, Zdeněk., *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada Publishing, 2012, 368 s., iv s. obr. příl. ISBN 978-80-247-4108-6.

VARGA-SZEMES, Akos, Julian L. WICHMANN, U. Joseph SCHOEPP a kol., 2017. *Accuracy of Noncontrast Quiescent-Interval Single-Shot Lower Extremity MR Angiography Versus CT Angiography for Diagnosis of Peripheral Artery Disease*. JACC: Cardiovascular Imaging [online]. 10(10), 1116-1124 [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.1016/j.jcmg.2016.09.030. ISSN 1936878X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1936878X16309780>

VOMÁČKA, Jaroslav., *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, 157 s. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-4508-3.

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Triplexní ultrasonografické vyšetření dolních končetin

Obrázek č. 2 – CT angiografie dolních končetin

Obrázek č. 3 – MR angiografie aorty a dolních končetin

Obrázek č. 4 – MR angiografie dolních končetin

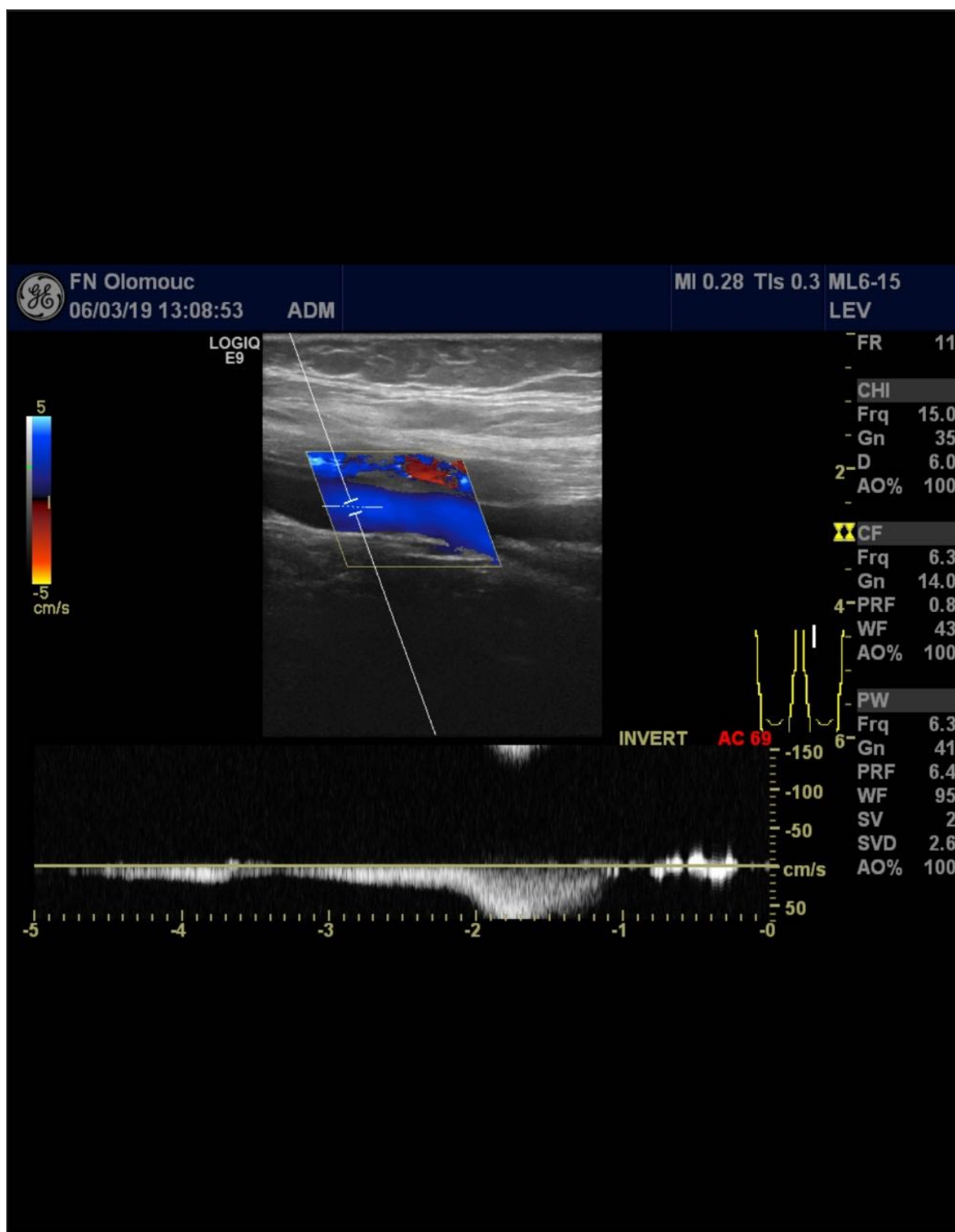
Obrázek č. 5 – MR angiografie dolních končetin

Obrázek č. 6 – DSA dolních končetin

Obrázek č. 7 – DSA dolních končetin

Obrázek č. 8 – DSA dolních končetin

Obrázek č. 1



Triplexní ultrasonografické vyšetření dolních končetin

Zdroj: (Copyright: FNOL, Radiologická klinika FNOL)

Obrázek č. 2



CT angiografie dolních končetin

Zdroj: (Copyright: FNOL, Radiologická klinika FNOL)

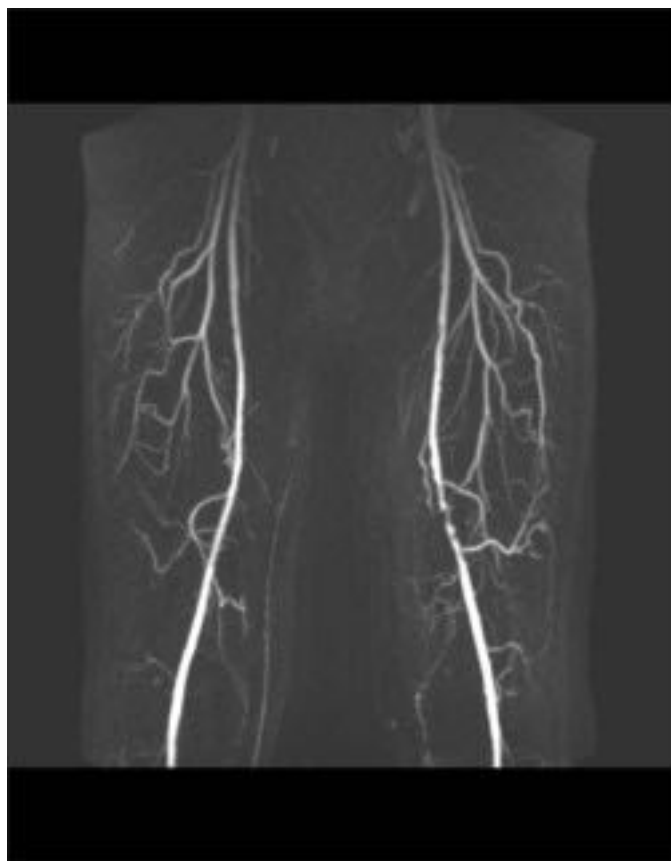
Obrázek č. 3



MR angiografie aorty a dolních končetin

Zdroj: (Copyright: FNOL, Radiologická klinika FNOL)

Obrázek č. 4



MR angiografie dolních končetin

Zdroj: (Copyright: FNOL, Radiologická klinika FNOL)

Obrázek č. 5



MR angiografie dolních končetin

Zdroj: (Copyright: FNOL, Radiologická klinika FNOL)

Obrázek č. 6



DSA dolních končetin

Zdroj: (Copyright: FNOL, Radiologická klinika FNOL)

Obrázek č. 7



DSA dolních končetin

Zdroj: (Copyright: FNOL, Radiologická klinika FNOL)

Obrázek č. 8



DSA dolních končetin

Zdroj: (Copyright: FNOL, Radiologická klinika FNOL)