

POROVNÁNÍ KVALITY MRA ABDOMINÁLNÍ AORTY A TEPEŇ DOLNÍCH KONČETIN PŘI POUŽITÍ RŮZNÝCH PARAMAGNETICKÝCH KONTRASTNÍCH LÁTEK

MRA OF THE ABDOMINAL AORTA AND PERIPHERAL ARTERIES: COMPARISON OF THE USE OF DIFFERENT PARAMAGNETIC CONTRAST MATERIALS

původní práce

Lukáš Hrdina¹
Martin Köcher¹
Miroslav Heřman¹
David Horák¹
Marie Černá¹
Jiří Kozák¹
Jiří Bučil¹
Kateřina Langová²

¹Radiologická klinika FN, Olomouc

²Ústav lékařské biofyziky LF UP
Olomouc

Přijato: 15. 2. 2010

Korespondenční adresa:

MUDr. Lukáš Hrdina
Radiologická klinika FN
I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc
e-mail: lukas.hrdina@post.cz

Tato práce byla podpořena výzkumným projektem ministerstva školství MSM 6198959216.

SOUHRN

Hrdina L, Köcher M, Heřman M, Horák D, Černá M, Kozák J, Bučil J, Langová K. Porovnání kvality MRA abdominální aorty a tepen dolních končetin při použití různých paramagnetických kontrastních látek

Cíl. Porovnat kvalitu MR angiografií (MRA) provedených při použití různých paramagnetických kontrastních látek a zhodnotit, zda je kvalita MRA v jednotlivých skupinách dostatečná pro naplánování nejvhodnějšího terapeutického postupu.

Metoda. V naší studii bylo srovnáváno celkem 38 MRA, které byly provedeny s použitím různých paramagnetických kontrastních látek – Gadovist (dvě skupiny s množstvím kontrastní látky 10 ml a 8 ml), Multihance (10 ml), Vasovist (10 ml). Do jednotlivých skupin byla náhodně vybrána vyšetření pacientů ve věku od 28 do 86 let, průměrný věk 61 let. Všechny MR angiografie byly provedeny na MR přístroji SIEMENS MAGNETOM AVANTO 1,5 T při použití standardního vyšetřovacího protokolu. Následovalo objektivní hodnocení pomocí porovnání navýšení intenzity signálu v abdominální aortě postkontrastně vůči nativnímu vyšetření a dále subjektivní hodnocení kvality MRA šesti zaslepenými hodnotiteli. Statistické zhodnocení bylo provedeno testem Anova a analýzou rozptylu.

Výsledky. Při objektivním hodnocení byl zjištěn statistický významný rozdíl v postkontrastním zvýšení intenzity signálu v abdominální aortě u obou skupin Gadovistu vůči skupinám Multihance a Vasovistu. Při subjektivní části hodnocení v celkovém do-

SUMMARY

Hrdina L, Köcher M, Heřman M, Horák D, Černá M, Kozák J, Bučil J, Langová K. MRA of the abdominal aorta and peripheral arteries: comparison of the use of different paramagnetic contrast materials

Aim. To compare the quality of the first pass MR angiography (MRA) performed with different paramagnetic contrast agents and to evaluate if the quality of MRA in the groups is sufficient for optimal therapeutic planning.

Method. We compared 38 examinations, which were performed with different paramagnetic contrast agent – Gadovist (2 groups with amount of contrast agent 10 ml and 8 ml), Multihance (10 ml), Vasovist (10 ml). The examinations were chosen randomly, age of the patients was from 26 to 86, mean 61 years. 1.5 T MR machine (Siemens Magnetom Avanto) was used for the examinations with standard examination protocol. Objective evaluation of the quality of MRA was assessed by postcontrast increase of signal intensity comparison. Subjective evaluation of the quality of MRA was assessed by six blinded evaluators. Anova test and analysis of variance were used for statistic assessment.

Results. There was a statistically significant difference in postcontrast increase of signal intensity in abdominal aorta between both groups of Gadovist compared with the group of Multihance and Vasovist in objective evaluation. Subjectively there was no significant difference in the quality of MRA.

Conclusion. The quality of all MRA examinations performed with contrast agents mentioned above was sufficient to obtain adequate

jmu nebyl statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými skupinami.

Závěr. Kvalita MR angiografií provedených pomocí výše uvedených kontrastních látek byla dostatečná pro získání diagnostických informací, subjektivně nebyly shledány statisticky významné rozdíly v kvalitě MR angiografií. Při objektivním hodnocení byly nejlépe hodnoceny MR angiografie provedené s aplikací Gadovistu.

Klíčová slova: ischemická choroba tepen dolních končetin, MR angiografie, paramagnetická kontrastní látka.

te diagnostic information, subjectively there was no statistically significant difference in the quality of MRA. Gadovist-enhanced MRA was the best evaluated objectively.

Key words: ischemic disease of lower leg arteries, MR angiography, paramagnetic contrast agent.

ÚVOD

Ischemická choroba dolních končetin (ICHDK) je častým onemocněním jak u nás, tak v celosvětovém měřítku. Prevalence tohoto onemocnění se pohybuje v rozmezí 7–21 %, v závislosti na věku, pohlaví a diagnostických kritériích (1). Patologicko-anatomickým podkladem je aterosklerotické postižení tepen dolních končetin.

V klinickém obrazu jsou typickým příznakem tzv. intermitentní klaudikace – bolest končetiny při běžné zátěži v případě, že zúžení tepny neumožní zvýšení krevního průtoku úměrné potřebě pracujícího svalu. Při závažnějších stupních onemocnění se objevuje i bolest klidová a tvorba nehojících se ischemických defektů. Všechny tyto projevy ICHDK jsou pro pacienty velmi obtěžující a výrazně snižují kvalitu jejich života. Řešením pro ně může být revaskularizační výkon provedený buď chirurgicky, nebo metodami intervenční radiologie.

Dokonalé zobrazení tepen dolních končetin je pro volbu správné terapeutické strategie rozhodující. Zhodnocení rozsahu, závažnosti, počtu stenóz či jejich lokalizace umožní rozhodnout, zda je pro pacienta vhodnější chirurgický revaskularizační výkon nebo některá z metod endovaskulární léčby.

V současné době se pro diagnostické účely již prakticky neužívá digitální subtrakční angiografie (DSA), i když je stále považována za zlatý standard co do kvality zobrazení. Tato metoda byla pro diagnostické účely nahrazena méně zatěžujícími neinvazivními metodami v současné době zejména vyšetřením pomocí magnetické rezonance (MRA) a počítačové tomografie (CTA). Volba mezi CTA či MRA se na jednotlivých pracovištích liší lokálními odbornými znalostmi a zkušenostmi (2). Většina pracovišť se přiklání k MRA a CTA je brána jako alternativa u pacientů s kontraindikací k vyšetření magnetickou rezonancí (3). Diskutována je problematika zobrazení kalcifikovaných bérce tepen, kdy může být hodnocení při CTA obtížné. Při MRA sice problém kalcifikací odpadá, ale problémem je nadhodnocování stenóz z důvodu úbytku signálu v oblasti zúžených cév a často i žilní kontaminace. Proto výsledné hodnocení jak při CTA, tak při MRA dosahuje u periferních tepen v oblasti bérce srovnatelných výsledků (4). Na našem pracovišti upřednostňujeme jako metodu první volby MRA.

Cílem studie bylo porovnat kvalitu first pass MRA provedených při použití tří různých paramagnetických kontrastních látek – Gadovist (gadobutrolum, Bayer Schering Pharma, Berlín, SRN), Multihance (dimeglumini gadobenas, Bracco Imaging, Konstanz, SRN), Vasovist (gadofosveset trisodium, Bayer Schering Pharma, Berlín, SRN). Dále zhodnotit, zda je kvalita v jednotlivých skupinách dostatečná pro naplánování nejvhodnějšího terapeutického postupu.

MATERIÁL A METODIKA

V naší studii bylo srovnáváno celkem 38 MR angiografií, které byly provedeny s použitím různých paramagnetických kontrastních látek, v jednom případě různého množství jedné kontrastní látky. Do studie byla zavzata náhodně vybraná MRA vyšetření pacientů ve věku od 28 do 86 let, průměrný věk 61 let, s postižením tepenného řečiště pánve či dolních končetin, bez ohledu na závažnost či charakter klinických obtíží.

MR angiografie byly rozděleny do čtyř skupin v závislosti na použití paramagnetické kontrastní látky (tab. 1).

Všechny MR angiografie byly provedeny na MR přístroji SIEMENS MAGNETOM AVANTO 1,5 T (Siemens, Erlangen, SRN) s gradienty Q-ENGINE (33mT/m) s použitím matrixových phased-array povrchových cívek. U všech byl použit standardní vyšetřovací protokol s provedením angiografie ve třech etážích (abdominální aorta a pánevní řečiště 1,7 × 1,3 × 1,5 mm; 11 s, stehna 1,6 × 1,3 × 1,6; 13 s, bérce 1,6 × 1,0 × 1,5;

Tab. 1. Rozdělení MRA do skupin dle aplikované kontrastní látky, množství aplikované kontrastní látky, počet hodnocených MRA

Table 1. Groups of MRA in dependence on used contrast agent, amount of used contrast agent, number of evaluated MRA

Skupina	Kontrastní látka	Aplikovaný objem k.l.	Počet hodnocených MRA
I	gadovist	10 ml	10
II	gadovist	8 ml	9
III	multihance	10 ml	10
IV	vasovist	10 ml	7

23 s) nativně (přípravná fáze) a při prvním průchodu kontrastní látky. Poté byly provedeny MIP rekonstrukce subtrahovaných obrazů. Kontrastní látka byla aplikována automatickým injektorem MEDRAD SPECTRIS (Medrad, Indianola, USA) do kubitální žíly ve výše uvedených objemech rychlostí 1,3 ml/s s následným proplachem 25 ml fyziologického roztoku rychlostí 1 ml/s. Načasování bolusu kontrastní látky proběhlo pomocí MR fluoroskopie (CARE BOLUS).

Vlastní hodnocení sestávalo ze dvou částí: objektivní a subjektivní. Objektivní hodnocení spočívalo v měření navýšení intenzity signálu po aplikaci kontrastní látky v úrovni renálních tepen a 1 cm nad bifurkací aorty vůči nativnímu vyšetření. Ke statistickému zpracování byl použit test Anova na 5% hladině významnosti.

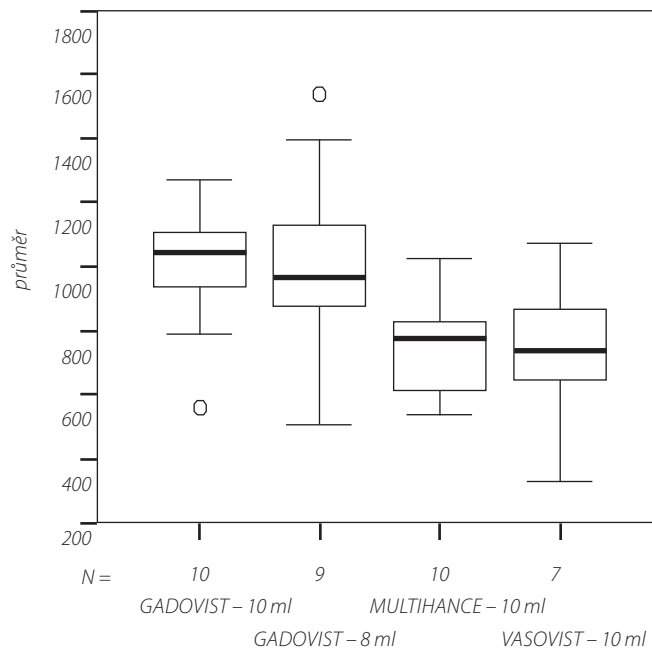
Subjektivně byly MR angiografie posuzovány šesti nezávislými zaslepenými hodnotiteli. U všech MR angiografií ve všech etážích byla hodnocena tato kritéria:

1. rozsah kontrastní náplně v daném poli,
2. dostatečný kontrast,
3. zobrazení detailů,
4. kontury tepen,
5. celkový dojem.

Každé kritérium ve všech etážích bylo oznámkováno od 1 do 5, přičemž 1 je nejlepší, 5 nejhorší. Statistické zpracování bylo provedeno pomocí dvoufázové a souhrnné analýzy rozptylu na 5% hladině významnosti.

VÝSLEDKY

V objektivním hodnocení byla průměrná změna intenzity signálu u skupiny I (Gadovist 10 ml) 999, u skupiny II (Gadovist 8 ml) 1025, u skupiny III (Multihance 10 ml) 753 a u skupiny



Graf 1. Grafické znázornění rozložení změn intenzity signálu postkontrastně vůči nativnímu vyšetření v jednotlivých skupinách
Graph 1. Graphic presentation of distribution of postcontrast signal intensity change in the groups of MRA

IV (Vasovist 10 ml) 738. Při vzájemném porovnání jednotlivých skupiny byl shledán statisticky významný rozdíl mezi Gadovistem v obou dávkách vůči Multihance a Vasovistu (tab. 2, graf 1).

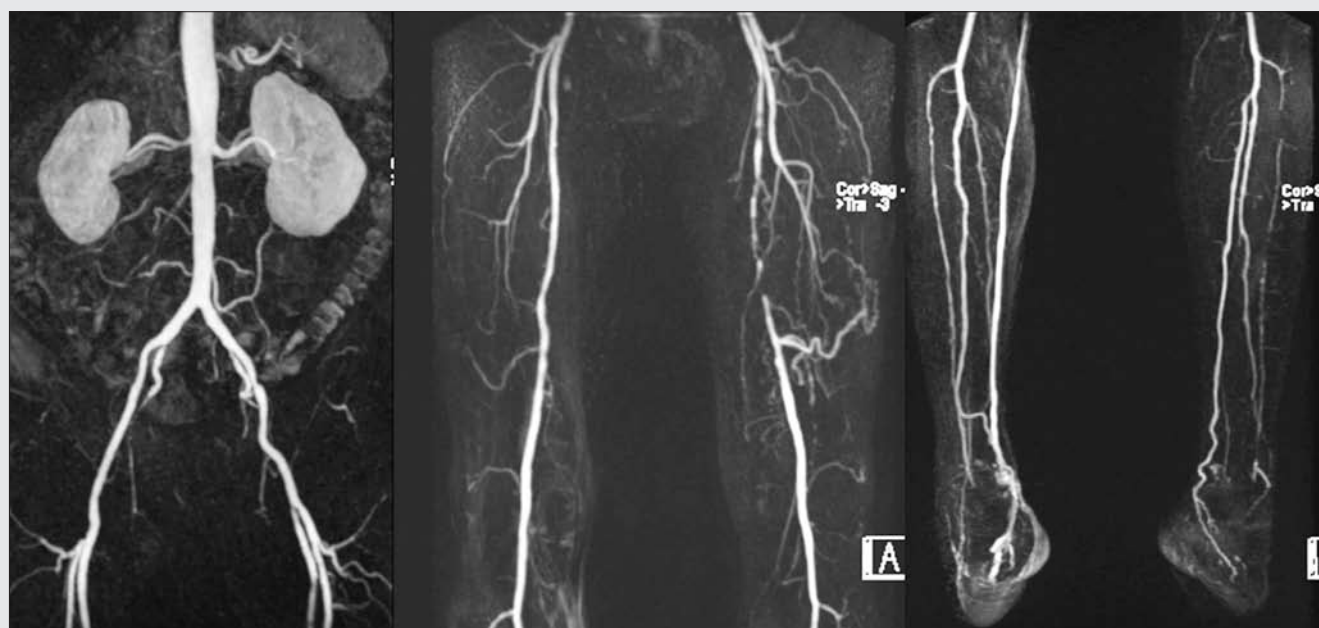
Při subjektivním hodnocení vzešlo z dvoufázové analýzy rozptylu, že kritéria 1 a 2, tzn. rozsah kontrastní náplně v daném poli a dostatečný kontrast byla lépe hodnocena u sku-

Tab. 2. Změna intenzity signálu postkontrastně vůči nativnímu vyšetření v jednotlivých skupinách
Table 2. Postcontrast signal intensity change in the groups of MRA

Skupina	N	Minimum	Maximum	Medián	Průměr	Směrodatná odchylka
GADOVIS – 10 ml	10	559,45	1269,30	1044,3000	999,4900	202,7088
GADOVIST – 8 ml	9	507,95	1537,00	965,5000	1024,9056	307,6130
MULTIHANCE – 10 ml	10	540,20	1022,00	774,3500	753,2250	144,9726
VASOVIST – 10 ml	7	329,75	1073,05	737,7500	737,7500	238,3227
celkem	36	329,75	1537,00	886,5431	886,5431	255,7535

Tab. 3. Souhrnná analýza rozptylu pro celkový dojem ve všech etážích (hladina statistické významnosti 0,05)
Table 3. Summary analysis of variance of general impression (statistically significant difference at level 0,05)

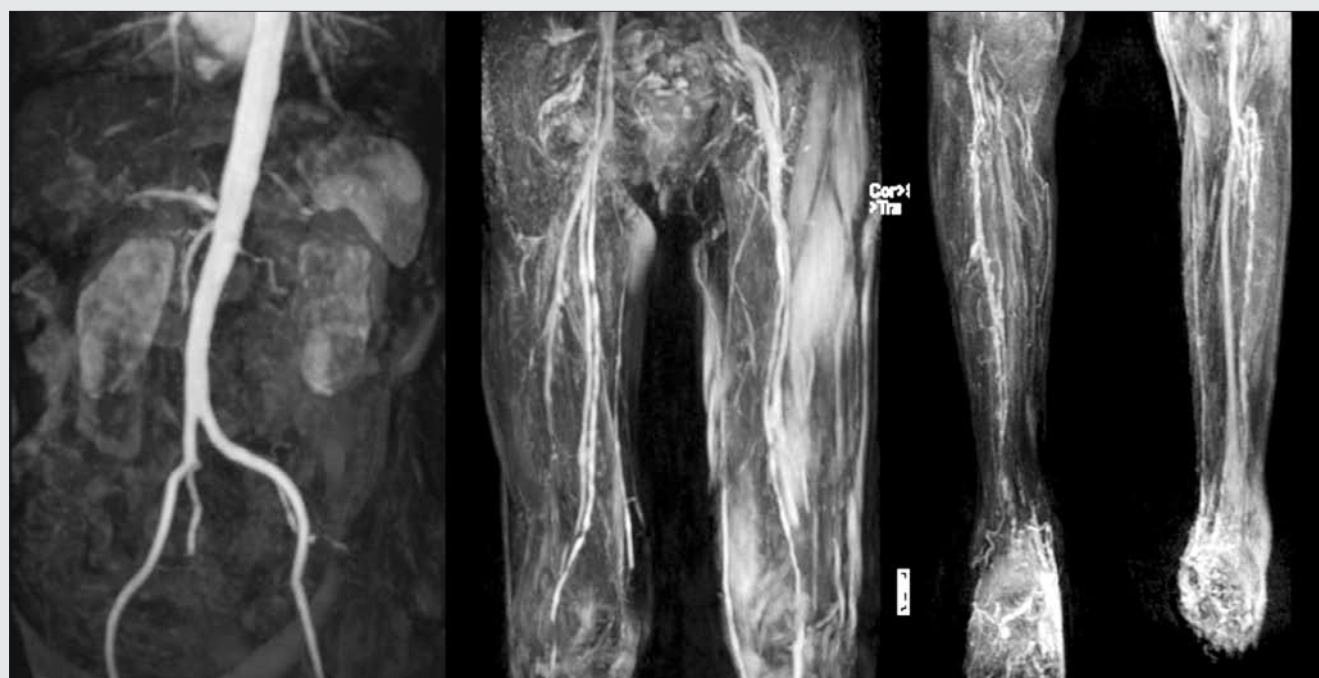
	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Hodnota testového kritéria F	Statistická významnost
BCD Between groups					
Within Groups	0,113	3	3,766E-02	0,236	0,870
Total	5,738	36	0,159		
SCD Between groups					
Within Groups	0,608	3	0,203	0,461	0,711
Total	15,820	36	0,439		
BECD Between groups					
Within Groups	1,456	3	0,485	0,930	0,436
Total	18,776	36	0,522		
Total	20,231	39			



▲ Obr. 1

Obr. 1. MRA břišní aorty a tepen dolních končetin, MIP rekonstrukce – subjektivně jedna z nejlépe hodnocených MRA, provedena s aplikací 10 ml gadovistu

Fig. 1. MRA of abdominal aorta and lower leg arteries, MIP reconstruction – subjectively one of the best evaluated MRA, enhanced with gadovist 10 ml



▲ Obr. 2

Obr. 2. MRA břišní aorty a tepen dolních končetin, MIP rekonstrukce – subjektivně jedna z nejhůře hodnocených MRA, provedena s aplikací 8 ml gadovistu

Fig. 2. MRA of abdominal aorta and lower leg arteries, MIP reconstruction – subjectively one of the worst evaluated MRA, enhanced with gadovist 8 ml

piny I. a IV. (Gadovist 10 ml, Vasovist 10 ml). Kritéria 3 a 4, tzn. zobrazení detailů a kontury tepen se mezi jednotlivými skupinami statisticky významně nelišila. Ze souhrnné analýzy rozptylu, vyplynulo, že celkový dojem jak pro jednotlivé etáže, tak pro celou MR angiografii se mezi jednotlivými skupinami statisticky významně nelišil (tab. 3, obr. 1, 2).

DISKUSE

Dokonalé zobrazení poměrů v tepenném systému dolních končetin je u pacientů s ICHDK významným momentem, který je nasměruje buď k chirurgické, nebo k endovaskulární léčbě.

Existuje několik možností jak zobrazit tepenný systém, z nichž každá má své výhody a nevýhody. Nejdostupnější metodou je dopplerovská ultrasonografie. Jedná se o neinvazivní, levnou metodu, která je však velmi subjektivní, není příliš přesná a vlastní interpretace nálezu závisí na zkušenostech vyšetřujícího. Pomocí dopplerovské ultrasonografie je možno postižení tepen odhalit a stanovit i stupeň jeho závažnosti, chybí však přesné morfologické informace o rozsahu a charakteru obstrukčního postižení, od kterých se teprve odvíjí léčebná strategie. Jednoznačnou klinickou indikací jsou kontrolní vyšetření po předchozích revaskularizačních výkonech (5).

Nejlepší prostorové rozlišení z angiografických metod má digitální subtrakční angiografie (DSA). Tato metoda je i v dnešní době považována za zlatý standard. K rutinnímu diagnostickému vyšetření tepen se však již nevyužívá, protože s sebou nese řadu rizik a nevýhod, jako jsou expozice ionizujícím zářením, katetrizace a s ní spojené komplikace, alergické reakce po podání jodové kontrastní látky, které jsou popisovány až u 5 % pacientů (6). V některých případech je nutná hospitalizace.

Ionizujícího záření využívá i CTA. I zde aplikujeme jodovou k.l., avšak intravenózně, čímž odpadá nutnost katetrizace.

Angiografie pomocí magnetické rezonance dělíme na kontrastní a nekontrastní. Mezi nekontrastní řadíme time-of-flight (TOF) a phase contrast (PC) angiografie. TOF MRA využívá k získání dostatečného kontrastu mezi tepnami a okolními tkáněmi vtokového efektu nasaturovaných spinů, které protékají stacionárními tkáněmi saturovanými radiofrekvenčními pulzy. PC MRA užívá fázový posun pohybujících se spinů v gradientním magnetickém poli vůči nepohybujícím se spinům stacionárních tkání (7). Použití těchto technik je v poslední době již omezeno pouze na některé tepenné oblasti, jako jsou mozkové tepny či tepny výtokového traktu dolních končetin. V ostatních regionech byly nahrazeny kontrastními technikami (CEMRA), které využívají gadoliniových paramagnetických kontrastních látek. Hlavními výhodami CEMRA vůči nekontrastním technikám je menší časová náročnost, lepší kontrast mezi cévou a okolními tkáněmi či nezávislost na charakteru krevního toku, u nekontrastních technik může například pomalý nebo turbulentní tok způsobovat řadu artefaktů, imitovat zúžení tepny (7). Nevýhodou CEMRA je finanční náročnost.

Při CEMRA je tedy intravenózně aplikována kontrastní látka, která snižuje T1 relaxační čas arteriální krve pod hodnoty okolních tkání na hodnoty cca okolo 150 ms, dále zvyšuje poměr signálu a šumu, zkracuje akviziční čas a eliminuje výskyt artefaktů spojených s charakterem toku nebo pohybových artefaktů. Výsledkem je kvalitní, poměrně detailní angiografický obraz, který umožňuje přesné zhodnocení tepen ve vyšetřované oblasti.

Kontrastní látky pro CEMRA rozdělujeme na extravaskulární a intravaskulární. Mezi extravaskulární patří jednomolární Gadovist či půlmolární Multihance. Tyto látky se po aplikaci distribuují do extravaskulárního prostoru, čímž dochází po krátké době ke zhoršení kontrastu mezi tepnami a okolními tkáněmi a ke zneostření kontury vyšetřovaných tepen. Navíc jsou tyto kontrastní látky rychle vylučovány ledvinami. Extravaskulární kontrastní látky mohou být tedy využity pouze pro snímání dat při jejich prvním průchodu (first pass) vyšetřovanou oblastí. Jednomolární kontrastní látky obsahují ve stejném objemu dvojnásobnou dávku gadolinia než látky půlmolární.

V nedávné době byly vyvinuty intravaskulární kontrastní látky pro CEMRA, z nichž první komerčně dostupnou je Vasovist. Vasovist se reverzibilně váže na sérový albumin a díky tomu se nedistribuuje do extracelulárního prostoru a delší dobu přetrvává v dostatečné koncentraci intravaskulárně. Nedochází k jeho rychlé eliminaci ledvinami. Můžeme ho tedy využít jak pro snímání dat při prvním průchodu, tak pro snímání dat v ustáleném stavu (steady state). Snímání dat v ustáleném stavu může probíhat delší dobu, a poskytuje tak detailní obraz tepenného systému až do periferie s lepším prostorovým rozlišením.

CEMRA má oproti DSA a CTA dvě zásadní výhody, a to absence ionizujícího záření a aplikace paramagnetické kontrastní látky, při které je riziko alergické reakce minimální. Nevýhodou jsou horší prostorové rozlišení a větší náročnost na provedení vlastního vyšetření, i přesto se v posledních letech stává v případě vyšetření tepen dolních končetin metodou první volby.

Ve studii jsme chtěli zhodnotit vliv použité paramagnetické kontrastní látky na kvalitu CEMRA. Paramagnetické kontrastní látky se liší nejen svými vlastnostmi, z nichž některé byly uvedeny výše, ale liší se také finančně. Chtěli jsme zjistit, jestli je pro dokonalé zobrazení nutné použít dle výrobce nejlepší, nejnovější, ale zároveň také nejdražší kontrastní látku, nebo zda je pro následné terapeutické rozhodování dostačující i běžná levnější kontrastní látka.

Jsme si vědomi několika metodických nedostatků, kterých jsme se dopustili v koncepci naší studie. Tyto chyby se týkají více objektivní části hodnocení. Jde zejména o otázky stejné dávky kontrastní látky u všech pacientů bez ohledu na jejich body mass index (BMI) respektive hmotnost či funkční parametry srdce a ledvin.

Dostatečný kontrast při CEMRA závisí na několika faktorech. Je to hlavně dosažená hladina gadolinia (Gd) v krvi ve vyšetřované oblasti. Vždy je nutné dosáhnout takové koncentrace Gd, která sníží T1 relaxační čas pod 270 ms, což je nejnižší hodnota T1 relaxačního času pro tkáň lidského těla a odpovídá tukové tkáni (8). Pro co nejlepší kontrast je lépe dosáhnout hodnot okolo 150 ms.

Hladinu Gd v krvi ovlivňují dva parametry: rychlost aplikace kontrastní látky (IR) a minutový srdeční výdej (CO), přičemž platí rovnice $[Gd] = IR/CO$ (8), tedy výsledná koncentrace gadolinia je vyšší při rychlejší aplikaci kontrastní látky nebo při nižším minutovém srdečním výdeji, kdy nedojde k tak výrazné redistribuci kontrastní látky při prvním průchodu kardiovaskulárním systémem.

Pro větší objektivizaci měření by tedy bylo vhodné při standardní rychlosti aplikace vzít do úvahy hodnotu minutového srdečního výdeje jednotlivých pacientů. Na druhou stranu je možné dále diskutovat, zda mají změny minutového srdečního výdeje takový vliv na výslednou koncentraci Gd v krvi jako například dvojnásobné množství Gd v jednomolárních kontrastních látkách vůči půlmolárním při stejném aplikovaném objemu.

Dalším problémem je aplikace stejného množství kontrastní látky bez ohledu na tělesnou konstituci pacientů. U pacientů s vyšším BMI je větší distribuční objem pro kontrastní látku, která se tedy výrazněji naředí, a její výsledná koncentrace nebude tak vysoká jako u pacientů s nižším BMI. Tento efekt má však na first pass angiografii minimální vliv. U pacientů s vyšším BMI klesá poměr signálu a šumu.

Pacienti byli vybráni náhodně, bez ohledu na jejich tělesné a funkční vlastnosti a i za těchto předpokladů z výsledků subjektivního hodnocení vyplynulo, že subjektivně není statisticky významný rozdíl mezi kvalitou CEMRA u tohoto ne-standardizovaného souboru pacientů.

Výsledky objektivního hodnocení u skupiny III, kde byl aplikován Vasovist odpovídají informacím výrobce o vlastnostech této kontrastní látky, který dokládá srovnatelné snížení T1 relaxačního času jako u extravaskulárních kontrastních látek při prvním průchodu vyšetřovanou oblastí. Statisticky významný rozdíl procentuálního navýšení intenzity signálu oproti Gadovistu mohl být v naší studii způsoben nižším počtem MR angiografií ve skupině Vasovistu. Hlavní výhodou Vasovistu je delší setrvání v cirkulaci a možnost snímání dat v ustáleném stavu. V naší studii nebyla tato vlastnost Vasovistu hodnocena.

V současné době probíhá pokračování této studie. Došlo k významnému rozšíření souboru vyšetření a jejich kvalitou

sledujeme ve vztahu k BMI a ejekční frakci pacientů. Výsledky této studie budou prezentovány ve druhé polovině roku 2010.

ZÁVĚR

Kvalitní zobrazení tepenného systému je velmi významným krokem při plánování léčebné strategie u pacientů s ischemickou chorobou dolních končetin. Jako metoda první volby je v této tepenné lokalizaci na většině pracovišť upřednostňováno vyšetření pomocí magnetické rezonance (3). Z hodnocení čtyř skupin MR angiografií, z nichž u každé byla použita jiná kontrastní látka (v jednom případě různé množství stejné kontrastní látky) vyplynulo, že ve všech skupinách byly získány dostatečné diagnostické informace a subjektivně nebyly shledány statisticky významné rozdíly v kvalitě MR angiografií. Při objektivním hodnocení byly nejlépe hodnoceny MR angiografie provedené s aplikací Gadovistu.

LITERATURA

1. Kuijk van JP, Flu WJ, Bax JJ, Poldermans D. Prevalence of (a)symptomatic peripheral arterial disease; the additional value of ankle-brachial index on cardiovascular risk stratification. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009; 38(3): 305–311.
2. American College of Radiology. ACR Appropriateness Criteria: claudication-suspected vascular etiology. Available at: http://www.acr.org/SecondaryMainMenuCategories/quality_safety/app_criteria/pdf/Vascular/ClaudicationDoc9.aspx. Accessed February 22, 2010.
3. Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner NR, et al. ACC/AHA 2005 Practice Guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Peripheral Arterial Disease): endorsed by the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; and Vascular Disease Foundation. *Circulation* 2006; 113(11): e463–e654.
4. Ferda J, Novák M, Šlauf F, et al. Význam multidetektorové CT-angiografie pro volbu léčby u akutní ischemie dolní končetiny. *Čes Radiol* 2008; 62: 334–341.
5. Eliáš P, Žižka J. Dopplerovská ultrasonografie. 1. vydání. Hradec Králové: Nucleus 1998; 108–130.
6. Giovagnoni A, Catalano C. Application of blood-pool agents in visualization of peripheral vessels. *Eur Radiol Suppl* 2007; 17(Suppl 2): B18–B23.
7. Meaney JFM, Goyen M. Recent advances in contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *Eur Radiol Suppl* 2007; 17(Suppl 2): B2–B6.
8. Prince MR, Grist TM, Debatin JF. 3D contrast MR angiography. Berlin: Springer 2003.