

SPIRALNA CT ANGIOGRAFIJA U PRAKSI

SPIRAL CT ANGIOGRAPHY IN PRACTICE

ZLATKO PAVČEC, IVAN ŽOKALJ, ZORAN RUMBOLDT, ANDREJ PAL, HUSSEIN SAGHIR,
DAVID OZRETIĆ, BRANKO LATIN, ŽELJKA PERHOĆ, MILJENKO MAROTTI*

Deskriptori: Tomografija, spiralna kompjutorizirana; Angiografija; Vaskularne bolesti – radiografija

Sažetak. Značenje bolesti krvožilnog sustava i brzi razvitak novih radioloških tehnika u posljednja tri desetljeća dali su jak poticaj primjeni neinvazivnih dijagnostičkih metoda u vaskularnoj radiologiji. Zahvaljujući primjeni doplerskog ultrazvuka, novijih tipova uređaja za kompjutoriziranu tomografiju (CT) i magnetsku rezonanciju (MR), neinvazivne dijagnostičke metode sve više zamjenjuju konvencionalne invazivne (kateterske) angiografske metode. Kompjutorizirana tomografska angiografija (CTA) neinvazivna je metoda prikaza krvnih žila temeljena na kontinuiranom snimanju uređajem za kompjutoriziranu tomografiju tijekom intravenskog ubrizgavanja kontrastnog sredstva. Izvođenje CTA omogućeno je uvođenjem spiralne CT tehnologije čije su karakteristike kratko vrijeme snimanja i volumetrijska akvizicija podataka. U ovom članku, temeljenom na našim iskustvima, želimo predstaviti ulogu CTA izvedene na jednoslojnome spiralnom CT uređaju, u dijagnostičkoj obradi bolesnika s vaskularnom patologijom.

Descriptors: Tomography, spiral computed; Angiography; Vascular diseases – radiography

Summary. Incidence of vascular diseases and development of new radiologic techniques in the last three decades has given strong impuls for introduction of non-invasive vascular diagnostic methods. Thanks to the introduction of Doppler ultrasound, new types of computed tomography (CT) and magnetic resonance (MR) scanners, non-invasive vascular diagnostic methods are replacing conventional invasive (catheter) angiographic methods. Computed tomographic angiography (CTA) is a non-invasive vascular diagnostic method based on continuous scanning with CT scanner during intravenous application of contrast material. Performing of CTA is possible after introduction of spiral CT technique whose characteristics are short imaging time and volumetric data acquisition. The main goal of this article, based on our experiences, is to review the role of CTA, performed on single-slice CT scanner, in management of patients with vascular pathology.

Liječ Vjesn 2005;127:24–29

Učestalost bolesti krvožilnog sustava i brz razvitak novih radioloških tehnika posljednjih desetljeća dali su jak poticaj primjeni neinvazivnih dijagnostičkih metoda u vaskularnoj radiologiji. Doplerski ultrazvuk te, posljednjih godina, noviji tipovi uređaja za kompjutoriziranu tomografiju i magnetsku rezonanciju uvelike su pomogli da neinvazivne tehnike sve više zamjenjuju konvencionalnu angiografsku metodu, osobito kod rizičnih bolesnika. U ovom članku želimo predstaviti svoje metode i iskustva u primjeni spiralne kompjutorizirane tomografske angiografije (CTA) izvedene na jednoslojnom spiralnom CT uređaju u dijagnostičkoj obradi bolesnika sa suspektom vaskularnom patologijom.

Uvod

Kompjutorizirana tomografska angiografija (CTA). CTA je metoda prikazivanja krvnih žila temeljena na kontinuiranom snimanju uređajem za kompjutoriziranu tomografiju (CT) tijekom intravenskog ubrizgavanja kontrastnog sredstva.^{1,2}

Izvođenje CTA omogućeno je primjenom spiralne CT tehnologije koja je karakterizirana kontinuiranim pomakom stola uz istodobno snimanje pri stalnom položaju kućišta (*gantry*) u kojem je smještena rendgenska cijev.

Promatrano područje snima se kao jedan volumen, za razliku od konvencionalne CT tehnike kod koje se snima sloj po sloj unaprijed određene debljine. Takvim snimanjem postiže se volumetrijska akvizicija podataka, bez razmaka između snimanja dvaju slojeva (*interscan delay*). Time se povećava brzina snimanja, što dovodi do redukcije artefakata koji se javljaju zbog disanja ili micanja pacijenta.³ Važan doprinos spiralne CT tehnologije jest mogućnost snimanja vaskularnih struktura u tre-

nutku najjače opacifikacije kontrastnim sredstvom, što je glavni preduvjet kvalitetne angiografske dijagnostike. Presjeci nakon volumetrijske akvizicije podataka dobivaju se rekonstrukcijom spiralnim interpolacijskim algoritmima.

Prednost je volumetrijske akvizicije podataka u naknadnoj (tj. poslije snimanja) rekonstrukciji presjeka različitih debljina sloja i rekonstrukcijskog intervala slike od onih zadanih prije snimanja. Time se može postići preklapanje slojeva, što poboljšava kvalitetu rekonstrukcija izrađenih na temelju tako rekonstruiranih presjeka.¹

Podaci dobiveni volumetrijskom akvizicijom služe za izradu vrlo kvalitetnih dvodimenzionalnih, multiplanarnih te trodimenzionalnih rekonstrukcija i virtualnu endoskopiju (oblik rekonstrukcija koji omogućuje intraluminalni prikaz cjevastih struktura poput pregleda fiberoptičkim endoskopom, virtualnu bronhoskopiju, kolonoskopiju, angioskopiju; moguća je virtualna navigacija kroz šuplje organe koje želimo pregledati).

Velik je napredak učinjen u CT tehnici posljednjih godina u implementaciji brojnih tehnika za naknadnu obradu podataka dobivenih snimanjem (*postprocessing*) koje omogućuju izradu sve boljih rekonstrukcija.^{1,2,4}

* **Djelatnost za radiologiju i ultrazvuk, Županijska bolnica Čakovec, Čakovec** (mr. sc. Zlatko Pavčec, dr. med.; Ivan Žokalj, dr. med.; Andrej Pal, dr. med.; Hussein Saghir, dr. med.; David Ozretić, dr. med.; Branko Latin, dr. med.; Željka Perhoć, dr. med.), **Department of radiology, Medical University of South Carolina, Charleston, Južna Karolina, Sjedinjene Američke Države** (mr. sc. Zoran Rumboldt, dr. med.), **Klinički zavod za dijagnostičku i intervencijsku radiologiju, Klinička bolnica »Sestre milosrdnice«, Zagreb** (prof. dr. sc. Miljenko Marotti, dr. med.)

Adresa za dopisivanje: Dr. I. Žokalj, Djelatnost za radiologiju i ultrazvuk, Županijska bolnica Čakovec, Ivana Gorana Kovačića 1e, 40000 Čakovec
Primljeno 4. studenoga 2003., prihvaćeno 29. prosinca 2004.

Za kvalitetno prikazivanje bilo koje patologije spiralnim CT-om od presudne su važnosti i protokoli po kojima se izvodi snimanje. Protokoli sadržavaju podatke o kolimaciji snopa rendgenskih zraka, rekonstrukcijskom intervalu, brzini pomaka stola, *pitchu*. *Pitch* je izraz u spiralnoj CT tehnologiji koji označava bezjedinicu vrijednost koja se može definirati kao odnos između umnoška brzine pomaka stola na kojem leži pacijent i trajanja jednog perioda rotacije rendgenske cijevi od 360 stupnjeva, i širine kolimiranog snopa rendgenskih zraka. Jednostavnije se *pitch* može definirati kao broj širina kolimiranog snopa x-zraka prijedanih tijekom jedne rotacije rendgenske cijevi u kućištu.¹

Zaseban dio protokola snimanja kod primjene kontrastnog sredstva putem injektora (automatske štrcaljke) su podaci o dozi kontrasta, brzini protoka kontrastnog sredstva te o trajanju perioda između početka aplikacije kontrastnog sredstva i početka skeniranja (*scan delay*).^{1,2,4-7}

Relativna jednostavnost i brzina izvedbe CTA doveli su do njezine sve šire primjene u dijagnostiranju akutne vaskularne patologije, kao što je subarahnoidalno krvarenje uzrokovano rupturom intrakranijalne aneurizme, ishemijski cerebrovaskularni infarkt, traumatske ozljede aorte i njezinih ogranaka, plućne embolije, disekcije većih krvnih žila, aneurizmi aorte i njezinih ogranaka, plućne embolije.⁸⁻²³

Intenzivno se ispituje mogu li CTA (osobito CTA izvedena na višeslojnom CT uređaju, MSCTA) i druge neinvazivne dijagnostičke metode u vaskularnoj radiologiji potpuno zamijeniti DSA, osobito u slučajevima kada se ne planira operativni tretman dijagnosticirane patologije ili zahvat intervencijskog radiologa.

Osjetljivost i specifičnost CTA dosegla je zadovoljavajuću razinu već na jednoslojnim spiralnim CT uređajima u otkrivanju arterijskih aneurizma u području intrakranijalne cirkulacije, osjetljivost 83–100%, a specifičnost 89%–100%. U oslikavanju stenoze karotidnih arterija dosegnuta je osjetljivost 90% i specifičnost 80–95%, u anatomskim regijama u kojima nema artefakata koji se javljaju zbog disanja pacijenta tijekom snimanja.^{8,11,12,17} Osjetljivost CTA izvedene na jednoslojnom spiralnom CT uređaju kod akutne traumatske ozljede torakalne aorte dosegnula je 96,2%, a specifičnost 99,8% u hemodinamski stabilnih bolesnika te kod plućne embolije osjetljivost 74,1% i specifičnost 89,5%.^{16,21}

CTA daje dobre mogućnosti mjerenja anatomskih struktura zahvaljujući volumetrijskoj akviziciji podataka te se sve češće izvodi u preoperativnoj evaluaciji pacijenata s vaskularnom patologijom i kod planiranja zahvata iz područja intervencijske radiologije.^{8,9,22-24}

Donedavno, DSA se navodila kao zlatni standard u vaskularnoj radiologiji, dok su neinvazivne angiografske metode, CTA i MRA (*magnetic resonance angiography*), smatrane korisnom alternativom, ali ne i metodama koje mogu potpuno zamijeniti DSA.²⁵

Ubrzani razvitak CT tehnologije posljednjih godina, osobito novijih tipova multi-slice (višeslojnih) CT uređaja, učvrstio je položaj CTA kao metode izbora u brojnim područjima vaskularne radiologije. Kvalitetom slike i *postprocessing* obradom postignuta je veća podudarnost s intraoperativnim i patohistološkim nalazima, u usporedbi s CTA izvedenom na starijim tipovima (jednoslojnih) spiralnih CT uređaja.^{11,25}

Jedina invazivna angiografska metoda koja se može usporediti s neinvazivnim angiografskim metodama temeljenim na volumnoj akviziciji podataka je trodimenzionalna digitalna suptrakcijska angiografija (3D DSA). Podaci dobiveni s 3D DSA također omogućuju izradbu vrlo kvalitetnih trodimenzionalnih rekonstrukcija, prikaz u svim ravninama bez ponovnog snimanja te stereoskopski endoluminalni prikaz. 3D DSA je širu primjenu našla u intervencijskoj neuroradiologiji. Glavni ne-

dostatak ove metode je intraarterijska kateterizacija bolesnika.²⁶

Kao važne prednosti CTA možemo navesti: volumetrijsku akviziciju podataka, brzinu akvizicije podataka, sposobnost prikaza stijenke krvne žile i njezina lumena uz istodobni prikaz perivaskularnih struktura, minimalnu ovisnost o brzini protoka krvi te visoku prostornu rezoluciju u novijih CT uređaja.^{2,4,25}

Bitni nedostaci CTA spram MRA i doplerskog ultrazvuka: obvezatna primjena većih količina (često više od 100 ml) potencijalno toksičnih jodnih kontrastnih sredstava, doza ionizirajućeg zračenja koju primi pacijent te činjenica da opsežne, uznapredovale kalcifikacije u stijenci krvnih žila (česte u pacijenata s dijabetes melitusom) mogu onemogućiti dobivanje kvalitetnog prikaza lumena krvne žile.²⁷

Tehnika izvedbe spiralne CTA. Prilikom izvođenja CTA jedan od ključnih uvjeta za uspješno izvođenje pretrage je već spomenuto snimanje određenog područja tijekom perioda najintenzivnije opacifikacije krvnih žila kontrastnim sredstvom.⁴ Da bi se to postiglo, potrebno je poznavati kliničke podatke o pacijentu, znati što želimo postići pretragom, poznavati mogućnosti uređaja na kojemu se pretraga izvodi i raspoloživ *software* u CT uređaju i eventualno dodatnoj radnoj stanici te dosege i ograničenja metode.

Najvažniji čimbenik za korektnu izvedbu CTA je trajanje razdoblja između početka ubrizgavanja kontrastnog sredstva i početka snimanja (*scan delay time*). Trajanje *scan delay* perioda može se odrediti na nekoliko načina.

Može se uzeti standardni *scan delay time* koji se pokazao optimalnim u većem broja studija o određenom području (npr. 20 s za CT plućnu angiografiju kod plućne embolije). Navedena vrijednost može se skratiti ili produžiti za period od 5 s ovisno o stanju bolesnika. Pogodna je metoda za svakodnevni rad, ali ne uzima dovoljno u obzir posebnosti svakog bolesnika.

Druga metoda je preliminarni test bolus (*bolus timing*). Zasniva se na ubrizgavanju manje količine kontrastnog sredstva (20–30 ml) uz ponavljano kontinuirano snimanje tijekom nekoliko sekundi na unaprijed zadanom sloju (područje interesa). Kao *scan delay* određuje se period od početka aplikacije kontrasta do trenutka najjače opacifikacije lumena krvne žile kontrastnim sredstvom. Pojedini autori navode da tako određen *scan delay* period treba produžiti još 2–3 sekunde. Dobra je strana ove metode što uzima u obzir posebnosti svakog bolesnika, ne zahtijeva dodatni *software*, ali zahtijeva dosta vremena.

Treća metoda je automatizirana verzija preliminarnog test-bolusa. Zasniva se na snimanju u unaprijed određenom sloju u području interesa pri nižim vrijednostima mA nakon aplikacije kontrastnog sredstva (*bolus tracking*). Snimanje počinje u trenutku najjače opacifikacije lumena krvne žile kontrastnim sredstvom ili kada opacifikacija lumena krvne žile u području interesa dosegne unaprijed određenu gustoću (denzitet). Ova metoda vodi računa o posebnostima svakog bolesnika, ne produžuje vrijeme trajanja pretrage, ali zahtijeva odgovarajući *software*.^{20,27}

Kod aplikacije važno je obratiti pozornost i na stranu tijela na koju se postavlja iv. kanila. Na primjer, kod disekcije torakalne aorte kontrast se obvezatno aplicira kroz venski put postavljen desno da se izbjegnu perivenski artefakti koji se javljaju pri primjeni kontrasta lijevo otežavajući dobivanje jasnog prikaza polazišta supraaortalnih ogranaka. Ukupna količina primijenjenoga kontrastnog sredstva ovisi o tjelesnoj težini pacijenta, kliničkom statusu, kao i području interesa (obično 90–180 ml).

Kod CTA kontrastno sredstvo uvijek se aplicira s pomoću injektora (automatske štrcaljke) obično kroz intravenski put postavljen u kubitalnu venu, ponekad centralni venski put.

Brzina davanja kontrastnog sredstva (*flow rate*) obično iznosi 2,5–5,0 ml u sekundi. Neposredno nakon aplikacije kontrasta može se aplicirati fiziološka otopina (*saline flush*), obično u količini 50–60 ml, koja ispire vene i potiskuje kontrastno sredstvo. Bolusom fiziološke otopine smanjuju se artefakti zbog koncentracije kontrastnog sredstva (kod primjene kontrastnog sredstva viših koncentracija), produžuje se *plateau* faza više koncentracije kontrastnog sredstva u krvnim žilama te se tako smanjuje potrebna doza kontrastnog sredstva i postiže bolja iskorištenost injiciranog kontrasta. Za aplikaciju bolusa fiziološke otopine potreban je posebno oblikovan injektor s dvije glave, jednom punjenom kontrastnim sredstvom, i drugom ispunjenom fiziološkom otopinom.

Kod bolesnika s jasnim znakovima i simptomima vaskularne patologije primjenjuju se protokoli kod kojih je naglasak na što ranijem početku snimanja radi izbjegavanja mogućih artefakata koji se javljaju kada kontrastno sredstvo već počne prelaziti u okolna tkiva. Preporučljivo je da rekonstrukcijski interval bude upola manji od širine kolimiranog snopa rendgenskih zraka. Kod stanjivanja slojeva povećamo *pitch*, ali vrijednost *pitcha* od 2 praktično je gornja granica. Tanki slojevi mogu poboljšati rezoluciju po z-osi, ali to dovodi do produženja vremena snimanja i mogućeg pregrijavanja rendgenske cijevi kod starijih tipova jednoslojnih spiralnih CT uređaja. Analiza dobivenih podataka započinje aksijalnim presjecima, a nakon toga prelazi se na izradbu rekonstrukcija koje mogu dati prepoznatljiviji prikaz patoloških promjena teže uočljivih na aksijalnim presjecima.

Modeli rekonstrukcija. Rabe se rekonstrukcije ili modeli poput MIP (*maximum intensity projection*) i SSD (*shaded surface display*) tehnike, multiplanarne rekonstrukcije te *volume rendering*.²⁷ MIP prikazuje *voxela* s najvećim denzitetom uzduž bilo koje osi. MIP-rekonstrukcije su dobre za evaluaciju stenoza i identifikaciju kalcificiranih plakova; pouzdanost ovog oblika rekonstrukcija ispitana je kod stenoza karotidnih arterija. Kosti i cirkumferentne kalcifikacije u stijenci krvnih žila mogu uzrokovati teškoće u dobivanju kvalitetnog prikaza kod MIP-rekonstrukcija, zato je često potrebna prethodna obrada (*preprocessing*) podataka dobivenih skeniranjem da bi se eliminirale nepoželjne strukture na rekonstruiranoj slici koje mogu dovesti do pojave artefakta.^{1,2,4,27}

SSD je oblik trodimenzionalne rekonstrukcije koji daje prikaz vanjskog izgleda promjena na žilama. Prag vrijednosti *voxela* koji će biti prikazani određuje radiolog.^{1,2,27} To je osobito dobar oblik rekonstrukcija za prikaz aneurizma.^{4,27}

Multiplanarne rekonstrukcije (MPR) pokazale su osobitu vrijednost kod promatranja odnosa krvnih žila i okolnih struktura.^{1,2,27}

Tehnika *volume rendering* omogućuje brzo dobivanje trodimenzionalnih rekonstrukcija u kojima su pojedina tkiva, ovisno o denzitetu, prikazana u različitim bojama. Boju pojedinih tkiva i njezin intenzitet može mijenjati radiolog ovisno o *softwareu* za ovaj oblik rekonstrukcija instaliranom u radnoj stanici CT uređaja.²⁷

Materijal i metode

U našoj ustanovi CTA se izvodi na jednoslojnom spiralnom CT uređaju (HiSpeed LXi, General Electrics Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, SAD) s maksimalnom brzinom rotacije rendgenske cijevi od 360 stupnjeva za 0,8 s te maksimalnom dužinom snimanog volumena (spirale) 120 cm. U svakodnevnom radu uobičajeno se koristimo dužinom snimanja od 40 cm.

Kontrastno sredstvo uvijek apliciramo intravenski putem injektora/automatske štrcaljke (Angiomat 3000 i Angiomat 6000, Liebel-Flarsheim Company, Cincinnati, Ohio, SAD). Rabimo neionska jodna urotropna vodotopljiva kontrastna sredstva s koncentracijom joda 240 do 370 mg I/ml, iopromid (Ul-

travist, Schering, Berlin, Njemačka), iodixanol (Visipaque, Nycomed Amersham Health, Oslo, Norveška), joversol (Optiray, Byk Gulden/Altana Pharma AG, Konstanz, Njemačka).

Kontrastna sredstva niže koncentracije rabimo kod sumnje na disekciju aorte i njezinih većih ogranaka ili trombozu krvnih žila zato što kod navedenih patoloških stanja primjena kontrastnog sredstva veće koncentracije može izazvati artefaktima uzrokovati prikrivanje znakova patološke promjene.

Kontrastno sredstvo obično apliciramo u kubitalnu venu, a ponekad kroz centralni venski put. Protokoli snimanja koje primjenjujemo prilikom izvođenja CTA pojedinih regija navedeni su na tablicama 1, 2. i 3. Brojčane vrijednosti navedene u tablicama orijentacijske su vrijednosti koje je nužno prilagoditi svakom bolesniku ovisno o njegovoj tjelesnoj građi,

Tablica 1. CTA protokoli za prikaz Willisova arterijskog kruga i vratnih arterija

Table 1. CTA protocols for circle of Willis and neck arteries

CTA protokol CTA protocol	Willisov krug Circle of Willis	Vratne arterije Neck arteries
Kolimacija (mm) Collimation (mm)	1	2–3
Interval slike (mm) Image interval (mm)	0,5	1–1,5
Broj slojeva Number of slices	60–80	80–120
<i>Pitch</i>	1	1,5
Smjer snimanja Scan direction	Kaudokranijalni Caudocranial	Kaudokranijalni Caudocranial
Područje snimanja Volume of coverage	Gornji rub C1– vrh stražnjih klinoidnih nastavaka sfenoidne kosti Upper contour of C1 arch – the top of the posterior sphenoid clinoids	Jugulum – baza lubanje Jugulum – the skull base
Količina kontrasta (ml) Contrast media dose (ml)	100	100–120
Protok (ml/s) Injection rate (ml/s)	3,5–4,0	3,0–4,0
Odgoda snimanja (s) Scan delay (s)	15–20	10–15

Tablica 2. CTA protokoli za prikaz torakalnog i abdominalnog segmenta aorte

Table 2. CTA protocols for thoracic and abdominal aorta

CTA protokol CTA protocol	Torakalna aorta Thoracic aorta	Abdominalna aorta Abdominal aorta
Kolimacija (mm) Collimation (mm)	5	5–8
Rekonstrukcijski interval (mm) Reconstruction interval (mm)	2,5	2,5–4,0
Broj slojeva Number of slices	80–150	80–150
<i>Pitch</i>	1,5	1,5
Smjer snimanja Scan direction	Kraniokaudalno Craniocaudal	Kraniokaudalno Craniocaudal
Područje snimanja Volume of coverage	Gornja torakalna apertura – 2–3 cm ispod ošita The thoracic inlet – 2–3 cm below the diaphragm	Ošit – ulaz u malu zdjelicu Diaphragm – the pelvic inlet
Količina kontrasta (ml) Contrast media dose (ml)	100–120	100–150
Protok (ml/s) Injection rate (ml/s)	3,0–4,0	3,0–4,0
Odgoda snimanja (s) Scan delay (s)	15–20	20–25

Tablica 3. CTA protokoli za plućnu emboliju, bubrežne arterije i vene
Table 3. CTA protocols for pulmonary embolism, renal arteries and veins

CTA protokol CTA protocol	Plućna embolija Pulmonary thromboembolism	Bubrežne arterije/vene Renal arteries/veins
Kolimacija (mm) Collimation (mm)	2–3	3–5
Rekonstrukcijski interval (mm) Reconstruction interval (mm)	1–1,5	1,5–2,5
Broj slojeva Number of slices	80–120	60–100
Pitch	1,5	1,5
Smjer snimanja Scan direction	Kraniokaudalno Craniocaudal	Arterije – kraniokaudalno Arteries – craniocaudal Vene – kaudokranijalno Veins – caudocranial
Područje snimanja Volume of coverage	Vrh luka aorte – ošit Top of the aortic arch – diaphragm	2 cm iznad bubrega – 2 cm ispod bubrega 2 cm up to the kidney 2 cm below the kidney
Količina kontrasta (ml) Contrast media dose (ml)	100–120	100–150
Protok (ml/s) Injection rate (ml/s)	3,0–3,5	3,5–4,0
Odgoda snimanja (s) Scan delay (s)	15–20	Arterije/arteries 15–20 Vene/veins 60–70

kliničkoj slici, anamnestičkim podacima i predmetu interesa liječnika koji upućuje bolesnika na pregled. Područje snimanja i detalje protokola davanja kontrastnog sredstva određuje radiolog. Područje snimanja navedeno u tablicama može se, ovisno o građi pacijenta te o kliničkom upitu, proširiti ili smanjiti. Tijekom snimanja po svim navedenim protokolima pacijent leži na leđima. Obradu i analizu podataka dobivenih snimanjem (*postprocessing*) izvodimo na dodatnoj radnoj stanici (u našoj ustanovi ADVANTAGE WORKSTATION 4.0). Obično se koristimo MIP, MPR, *volume rendering* i SSD-rekonstrukcijama. Nakon analize nalaza CTA kod pacijenata čije daljnje liječenje zahtijeva premještanje u kliničke bolničke ustanove teleradiološkim putem vrši se konzultacija s referalnim ustanovama koje djeluju u sklopu Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za teleradiološke konzultacije koristimo se sustavom ISSA 3.1.

Obradivani su pacijenti hospitalizirani na odjelima Županijske bolnice Čakovec i ambulantni bolesnici uglavnom s po-

dručja Međimurske županije svih dobnih skupina. Indikacije za spiralnu CTA postavljali su dogovorno radiolozi i kliničari drugih specijalnosti, na temelju kliničke slike, nalaza radioloških dijagnostičkih metoda te rezultata laboratorijskih pretraga (na primjer, nalaz subarahnoidalnog krvarenja na nativnim CT presjecima mozga kod pacijenata bez znakova traume, indikacija je za CTA Willisova arterijskog kruga koja se rutinski izvodi odmah nakon analize nativnih CT presjeka).

Rezultati

Spiralna CT angiografija uvedena je u rutinsku uporabu u Djelatnosti za radiologiju i ultrazvuk Županijske bolnice Čakovec u svibnju 2001. godine.

Tijekom dvogodišnjeg perioda (svibanj 2001. – svibanj 2003.) učinjena je spiralna CTA u 96 bolesnika.

Izvršeno je 29 pregleda intrakranijske cirkulacije. U 11 bolesnika nije dijagnosticirano patoloških promjena, kod 2 bolesnika ustanovljen je samo spazam arterija Willisova kruga, a kod 4 bolesnika CTA intrakranijske cirkulacije upotrijebljena je kao pomoćna metoda tijekom postupka utvrđivanja moždane smrti. U ovih 17 bolesnika nije učinjena daljnja radiološka obrada. Aneurizme intrakranijskih arterija nađene su u 12 bolesnika (slika 1.). Od tih 12 bolesnika kod 5 bolesnika učinjena je daljnja obrada s DSA i MRA i nalaz operativno potvrđen, u 3 bolesnika nalaz je potvrđen s DSA i MRA, kod 3 bolesnika daljnja obrada nije učinjena zbog naglog pogoršanja kliničke slike, a za 1 bolesnika nakon premještanja u drugu ustanovu nije dobivena povratna obavijest o daljnjem tijeku liječenja.

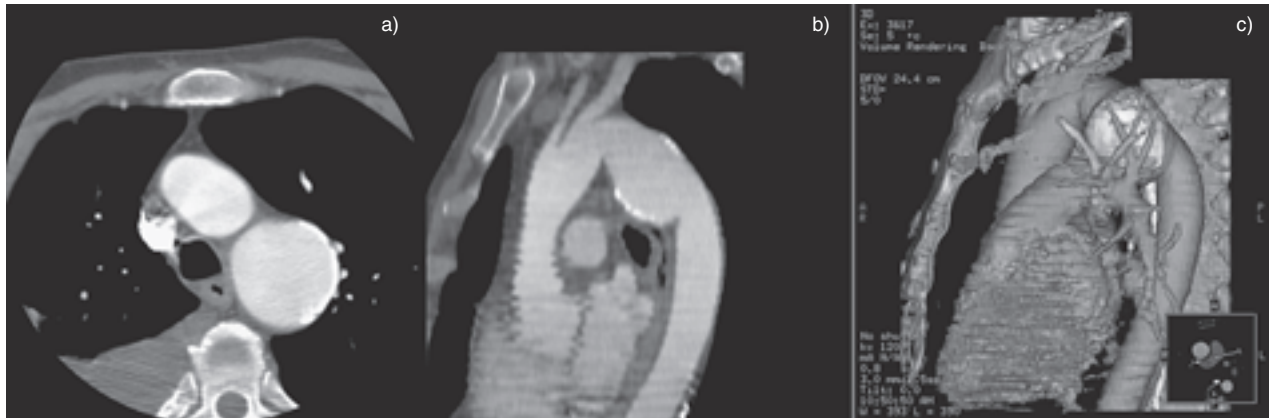
CTA krvnih žila vrata učinjena je u 8 bolesnika, CT angiografijom potvrđen je nalaz aterosklerotskih promjena stijenki arterija nađenih doplerskim ultrazvučnim pregledom. CT aortografija učinjena je u 20 bolesnika. Kod 4 bolesnika CTA je učinjena radi prikaza torakalne aorte (slika 2.). Kod 2 bolesnika učinjene su postoperativne kontrole nakon zahvata učinjenog zbog aneurizme torakalnog segmenta aorte, kod 1 bolesnika potvrđen je nalaz aneurizme silaznog segmenta torakalne aorte nađene na sumacijskom rendgenogramu torakalnih organa, a u 1 bolesnika dijagnosticirana je aneurizma uzlaznog segmenta, što je poslije potvrđeno s DSA. U 16 pacijenata CT aortografija učinjena je zbog promjena abdominalnog segmenta aorte, aneurizma abdominalne aorte (slika 3.) dijagnosticirana je u 13 bolesnika, a u 3 bolesnika disekcija abdominalne aorte.

Patološke promjene abdominalnog segmenta aorte prethodno su utvrđene doplerskim ultrazvučnim pregledom i CTA je bila metoda za potvrdu nalaza. CTA plućne cirkulacije učinjena

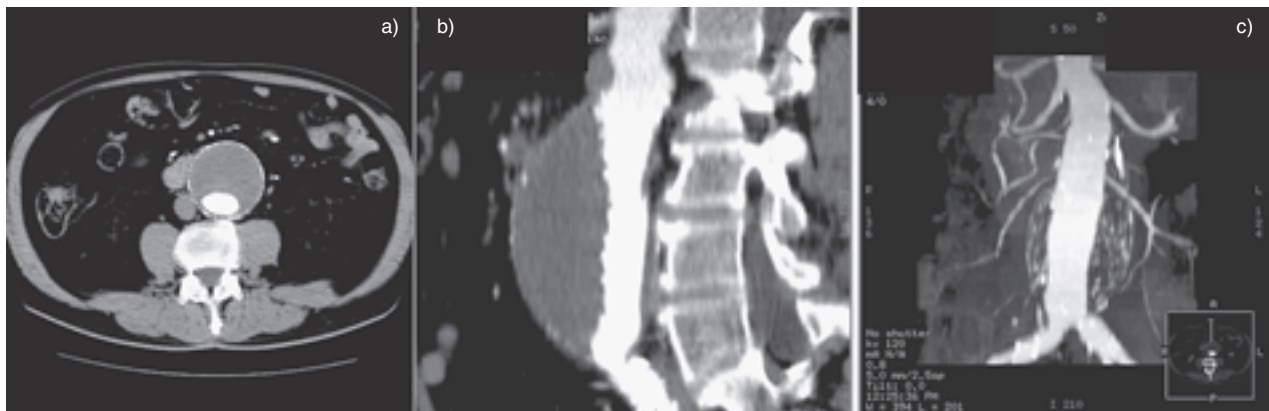


Slika 1. Gigantska fuziformna aneurizma arterije bazilaris: a) postkontrastni aksijalni presjek; b) sagitalna multiplanarna rekonstrukcija; c) *volume rendering*-rekonstrukcija

Figure 1. Giant fusiform basilar artery aneurysm: a) contrast-enhanced axial scan; b) sagittal multiplanar reconstruction; c) *volume rendering* reconstruction



Slika 2. Aneurizma luka aorte. a) postkontrastni aksijalni presjek; b) kosa MPR-rekonstrukcija; c) VR-rekonstrukcija
Figure 2. Aortic arch aneurysm. a) contrast-enhanced axial scan; b) Oblique MPR reconstruction; c) VR reconstruction



Slika 3. Infrarenalna aneurizma abdominalne aorte: a) postkontrastni aksijalni presjek; b) sagitalna MPR-rekonstrukcija; c) koronalna HD MIP-rekonstrukcija

Figure 3. Infrarenal abdominal aorta aneurysm: a) contrast-enhanced axial scan; b) sagittal MPR reconstruction, c) coronal HD MIP reconstruction

je u 12 bolesnika na temelju klinički postavljene sumnje na plućnu emboliju, u 7 bolesnika je potvrđen klinički nalaz (u 1 bolesnika dijagnosticirana je i disekcija uzlaznog segmenta torakalne aorte), a u 5 bolesnika nije se našlo patoloških promjena u plućnom krvotoku.

Učinjeno je 27 CT pretraga bubrežnih krvnih žila, u pacijenata u kojih su promjene prethodno detektirane B-mod UZ pregledom i doplerskim ultrazvučnim pregledom. U 3 bolesnika ustanovljena je stenozna renalne arterije, u 1 bolesnika hipoplastičan bubreg, u 1 bolesnika perzistirajuća fetalna lobulacija i u 1 bolesnika atrofični bubreg. U 21 bolesnika CTA je učinjena zbog prethodno otkrivenog tumorskog procesa bubrega (u 1 bolesnika s angiomiolipomom učinjena je i klasična angiografija koja je potvrdila nalaz CTA). U svih bolesnika s tumorom bubrega nalaz CTA je operativno potvrđen.

Broj CTA po pojedinim anatomskim regijama uvjetovan je ustrojstvom i djelokrugom naše ustanove, opće bolnice županijske razine. Najčešće se izvodi CTA Willisova kruga, CTA bubrežne cirkulacije, zatim CT aortografija te potom CTA vratne cirkulacije. Rezultati CT aortografije i CTA vratnih krvnih žila mogu se u našoj ustanovi komparirati s DSA i doplerskim ultrazvukom, dok je CTA jedina metoda dostupna u našoj ustanovi za prikaz intrakranijske cirkulacije. Teleradiološka konzultacija najčešće se radi kod pacijenata čija problematika zahtijeva neurokiruršku ili neuroradiološku intervenciju.

Uvođenje CT angiografije omogućilo je i promjenu dijagnostičkih algoritama u našoj ustanovi, kako kod bolesnika lošijeg

kliničkog statusa u kojih postoji sumnje na akutnu vaskularnu patologiju tako i kod bolesnika naručenih na dijagnostičku obradu u našu ustanovu.

Kao primjere obrade bolesnika s akutnom vaskularnom patologijom predočujemo postupak obrade bolesnika sa sumnjom na netraumatski SAH, disekciju aorte, traumatsku ozljedu aorte, prijeteću rupturu aorte i plućnu emboliju.

U slučaju pacijenta s netraumatskim subarahnoidalnim krvarenjem odmah nakon analize nativnih CT presjeka te postavljene sumnje na rupturu aneurizme u području Willisova arterijskog kruga izvodi se CT angiografija i odmah potom slijedi teleradiološka konzultacija s neurokirurzima u kliničkim bolnicama u Zagrebu te eventualni premještaj na daljnje liječenje u kliničku ustanovu.

Kod sumnje na disekciju aorte, traumatsku ozljedu aorte, prijeteću rupturu aneurizme aorte uočene drugim dijagnostičkim metodama, izvodi se CT aortografija te u slučaju pozitivnog nalaza slijedi konzultacija s vaskularnim kirurzima u klinikama Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

U našoj ustanovi ne postoji djelatnost za nuklearnu medicinu tako da se u slučajevima sumnje na akutnu plućnu emboliju izvodi pulmonalna CT angiografija, unatoč poznatim ograničenjima te metode izvođene na jednoslojnom spiralnom CT uređaju (može se prikazati intraluminalni tromb samo do razine supsegmentalnih ogranaka) tako da se izbjegne potencijalno pogibeljan transport za bolesnika u druge bolnice samo radi dijagnostičkog postupka.

Kao primjer obrade bolesnika naručenog na obradu navodimo dijagnostički postupak u bolesnika kod kojih postoji sumnja na tumor bubrega. Ako je ultrazvučni nalaz pozitivan (nalaz B-mod ultrazvučnog pregleda i doplerskog ultrazvuka bubrega), u preoperativnoj obradi više rutinski ne radimo selektivnu katetersku intraarterijsku angiografiju bubrežnih arterija, već zahvaljujući dvofaznom protokolu za CT pregled bubrega dobivamo zaseban prikaz bubrežnih arterija i vena koji daje dovoljno kvalitetnih podataka urolozima za planiranje operacije.

Navedene promjene dijagnostičkih algoritama omogućile su bržu i bolju dijagnostiku navedenih patoloških entiteta od one koju smo imali u svojoj ustanovi do uvođenja spiralne CT angiografije u svibnju 2001.

Zaključak

Učestalost bolesti krvožilnog sustava i sve veći broj metoda njihova liječenja u akutnoj fazi povećavaju potrebu za bržim uvođenjem suvremenih neinvazivnih dijagnostičkih metoda za dijagnosticiranje bolesti krvožilnog sustava. CTA daje vrlo kvalitetne podatke za planiranje tretmana vaskularne patologije, što se potvrdilo u nekoliko većih studija,^{18,22,24} te u postoperativnom praćenju pacijenata.^{2,26}

Rutinska primjena CT angiografije, izvođene na jednoslojnom spiralnom CT uređaju, omogućila je promjenu dijagnostičkih algoritama u našoj ustanovi i ubrzanje dijagnostičke procedure kod akutnih bolesti krvnožilnog sustava, kao što je navedeno na primjerima netraumatskoga subarahnoidalnog krvarenja, disekcije aorte i pulmonalne embolije.

Protokoli snimanja za izvođenje spiralne CT angiografije na jednoslojnom spiralnom CT uređaju koje smo prezentirali oblikovani su na temelju podataka dostupnih u recentnoj radiološkoj literaturi te na temelju vlastitog iskustva stečenog na prikazanim rezultatima.^{7,26}

Važnost pridržavanja navedenih standarda prilikom oblikovanja protokola snimanja istaknuta je činjenicom da u svijetu na razini nacionalnih radioloških udruga postoje dogovoreni standardni protokoli snimanja prilagođeni određenoj razini CT uređaja na kojem se CTA izvodi (jednoslojni, višeslojni).

Teleradiologija, po našim dosadašnjim iskustvima, naglašava ulogu radiologa i kliničara drugih specijalnosti u općim bolnicama, jer se na temelju podataka koje oni pružaju specijalistima u sveučilišnim klinikama vrši odabir pacijenata koji će biti prebačeni na daljnju obradu i/ili liječenje.

Uvođenjem CT angiografije dobili smo neinvazivnu radiološku metodu s pomoću koje se brzo i s relativno malo artefakata može dobiti kvalitetan prikaz krvožilnog sustava, bez poznatih rizika invazivne angiografske metode, ali i dalje uz prisutan rizik intravenske primjene veće količine kontrastnih sredstava, kao i primjene ionizirajućeg zračenja.

LITERATURA

- Napel SA. Principles of spiral CT. U: Fishman EK, Jeffrey RB, ur. Spiral CT: Principles, Techniques and Clinical Applications. Raven Press, New York 1998;3-17.
- Bartolozzi C, Neri E, Caramella D. CT in vascular pathologies. Eur Radiol 1999;8:679-84.
- Kalender WA, Seisler W, Klotz E, Vock P. Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. Radiology 1990;176:181-3.
- MacEaney PM, Dachman AH. CT angiography – review. Applied Radiol 2000;29:24-9.
- Kunst T, Berden P. Computed tomographic angiography of body vasculature. Radiol Oncol 2000;34:137-43.
- Rankin SC. CT angiography. Eur Radiol 1999;9:297-310.
- Silverman P. Helical (Spiral) Computed Tomography. A practical approach to clinical protocols. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins 1998.
- Velthuis BK, Rinkel GJE, Ramos LMP i sur. Subarachnoid haemorrhage: aneurysm detection and preoperative evaluation with CT Angiography. Radiology 1998;208:423-30.
- Velthuis BK, van Leeuwen MS, Witkamp TD, Ramos LM, van der Sprengel JW, Rinkel GJ. Surgical anatomy of the cerebral arteries in patients with subarachnoid hemorrhage – comparison of computerized tomography angiography and digital subtraction angiography. Neurosurgery 2001;95: 206-12.
- Korogi Y, Takahashi M, Katada K i sur. Intracranial aneurysms: detection with 3D CTA with volume rendering-comparison with conventional angiography and surgical findings. Radiology 1999;211:497-506.
- Villablanca JP, Jahan R, Hooshi P i sur. Detection and characterization of very small cerebral aneurysms by using 2D and 3D helical CT angiography. Am J Neuroradiol 2002;23:1187-98.
- Velthuis BK, Rinkel GJE, Ramos LMP, Witkamp TD, van Leeuwen MS. Perimesencephalic hemorrhage exclusion of vertebrobasilar aneurysms with CT angiography. Stroke 1999;30:1103-9.
- Liang EY, Chan M, Hsiang JH i sur. Detection and assesment of intracranial aneurysms: value of CT angiography with shaded-surface display. Am J Radiol 1995;165: 1497-502.
- Lev Michael H, Farkas J, Rodriguez VR i sur. CT angiography in the rapid triage of patients with hyperacute stroke to intrarterial thrombolysis: accuracy in the detection of large vessel thrombus. J Comp Assist Tomogr 2001;25:520-8.
- Wintermark M, Wicky S, Schnyder P. Imaging of acute traumatic injuries of the thoracic aorta. Eur Radiol 2002;12:431-42.
- Gavant ML, Menke PG, Fabian T, Flick PA, Graney MY, Gold RE. Blunt traumatic aortic rupture: detection with helical CT of the chest. Radiology 1995;197:125-33.
- Lev MH, Romero JM, Goodman DNF i sur. Total occlusion versus hair-line residual lumen of the internal carotid arteries: accuracy of single section helical CT angiography. Am J Neurorad 2003;24:1123-9.
- Remy Jardin M, Remy J, Deschildre F i sur. Diagnosis of pulmonary embolism with spiral CT: comparison with pulmonary angiography and scintigraphy. Radiology 1996;200:699-706.
- Farad A, Costello Ph. CT of pulmonary thromboembolic disease. Appl Radiol 2001;30:22-6.
- Ravenel JG, McAdams HP, Goodman PC. Computed tomography pulmonary angiography – diagnostic pitfalls and artifacts. Appl Radiol 2001;30: 35-42.
- Safriel Y, Zinn H. CT pulmonary angiography in the detection of pulmonary emboli: a meta-analysis of sensitivities and specificities. Clin Imag 2002;26:101-5.
- Zeman RK, Silverman PM, Berman PM. Abdominal aortic aneurysms: evaluation with variable-collimation helical CT and overlapping reconstruction. Radiology 1994;193:555-60.
- Van Hoe L, Baert L, Gryspeerdt S i sur. Supra- and juxtarenal aneurysms of the abdominal aorta: preoperative assessment with thin-section spiral CT. Radiology 1996;198: 443-8.
- Tilich M, Hausegger KA, Tiesenhausen K, Taus J, Groell R, Szolar DH. Helical CT angiography of stent-grafts in abdominal aortic aneurysms: morphologic changes and complications. Radiographics 1999;19:1573-83.
- Weinreb JC. CTA: CTA View for Vascular Imaging Prominence. Conference Coverage of 24th Annual Course of the Society of Computed Body Tomography and Magnetic Resonance (SCBT/MR); March 20, 2001 Miami, Florida, USA. Focus session. web-stranica: <http://www.medscape.com/viewarticle/420316>.
- Abe T, Hirohata M, Tanaka N i sur. Clinical Benefits of Rotational 3D Angiography in Endovascular Treatment of Ruptured Cerebral Aneurysm. Am J Neuroradiol 2002;23:686-88.
- Napel SA. Principles and techniques of 3D spiral CT angiography. U: Fishman EK, Jeffrey RB, ur. Spiral CT: Principles, Techniques and Clinical Applications. Raven Press, New York 1998;339-61.