

# Veresoonte uuringud kompuutertomograafia ja magnetresonantstomograafia abil

Meelis Leht, Vello Sõgel – TÜ Kliinikumi radioloogiateenistus

kompuutertomograafia, magnetresonantstomograafia, angiograafia, KTA, MRA, DSA

**Eesti raviasutustes on viimastel aastatel kasutusele võetud mitmed uued mitteinvasiivsed veresoonte uurimise meetodid. Artiklis on antud ülevaade kompuutertomograafia ja magnetresonantstomograafia abil tehtavate veresoonte-uuringute näidustustest ning nende meetodite diagnostilisest usaldusväärsusest võrreldes digitaalse subtraktsioonangiograafiaga. Andmeid on illustreeritud TÜ Kliinikumi andmebaasidest pärinevate näidetega.**

Ülevaateartikli **eesmärgiks** on laiemalt tutvustada uuemaid radioloogilisi uurimismeetodeid, mis on TÜ Kliinikumis ja teistes Eesti raviasutustes viimastel aastatel kasutusele võetud. Uued võimalused radioloogias muudavad selgesti haigete diagnostilist käsitelu, samuti avanevad uued väljakutsed teadustöök. Nii magnetresonantsangiograafia (MRA) kui ka kompuutertomograafia abil tehtud angiograafia (KTA) on mitteinvasiivsed angiograafiameetodid, mis leiavad üha rohkem kasutamist peaaegu kogu vaskulaarsüsteemi uurimisel (1). Kui uuema uuringumeetodi diagnostiline täpsus on piisavalt hea ning invasiivsus väiksem, siis kaldutakse tavaliselt eelistama vähem invasiivseid meetodeid. Samas ei saa KTA ja MRA uuringutel diagnostiliselt protseduurilt minna üle raviprotseduurile, nagu digitaalne subtraktsioonangiograafia (DSA) vajaduse korral võimaldab. Diagnostiliste angiograafiliste uuringute tegemine alternatiivsete meetoditega (KTA ja MRA abil) lubabki angiograafiakabinettides keskenduda rohkem menetlusradioloogia raviprotseduuridele.

## KTA kasutusvõimalused

Just mitmekihiaparatuuride kasutusele võtmine kompuutertomograafias on avanud täiesti uued dimensioonid info järeltöötleamiseks. Väiksema kihipaksuse kasutamisel ei erine teistes tasapindades rekonstrueeritud pilt kvaliteedilt enam esialgselt aksiaalselt kujutisest ja KTA kvaliteet hakkab läheneda DSA omale. KTA on võrreldes DSAga vähem

invasiivne ning võimaldab kolmedimensioonilist veresoonte visualiseerimist vabalt valitud vaatenurgast (2). Samas on teada tõsiasi, et KTA diagnostiline täpsus on teatud näidustustel isegi parem kui DSA oma (2). Põhimõtteline erinevus DSAst seisneb selles, et KTA korral sisestatakse automaatsüstlaga kindel kogus kontrastainet perifeersesse veeni, mitte aga arterisse nagu DSA puhul. Seejärel skaneeritakse vastav kehapiirkond kitsa kihipaksusega. Patsiendile kestab kogu uuring kokku ca 10–15 minutit. Kuna kontrasteerunud veresoontest kujutiste saamiseks tuleb uuringupiirkond kitsa kihiga läbi skaneerida, on KTA lisaeeliseks võrreldes DSAga kaasuvate haiguste avastamise võimalus.

KTA puuduseks võib olla asjaolu, et ei ole välja töötatud standarditud uuringuprotokolle. See puudutab eelkõige kujutiste järeltöötlust (3). Samuti on KTA puudusteks raskused väikeste arterite visualiseerimisel ja arteri alguskohas infundibulaarse laienemise eristamisel aneurüsmist, niisamuti võivad veenid simuleerida aneurüsme. Kaks suuremat puudust KTA teostamisel on ioniseeriva kiirguse ning joodi sisaldava kontrastaine kasutamine (2). Ioniseeriva kiirguse mõju aga ei ole niivõrd oluline perifeersete arterite kahjustusega haigetel, kes on põhiliselt vanemaealised, samuti on mitmekihi-KT-s kiirgusdoos väiksem kui DSA kasutamisel (2).

**1. Ajuarterite angiograafia.** KTA leiab üha rohkem kasutamist patsientidel, kellel kahtlustatakse intrakraniaalsete arterite aneurüsmi (4).



Joonis 1. KTA – keskmise ajuarteri aneurüsm paremal.

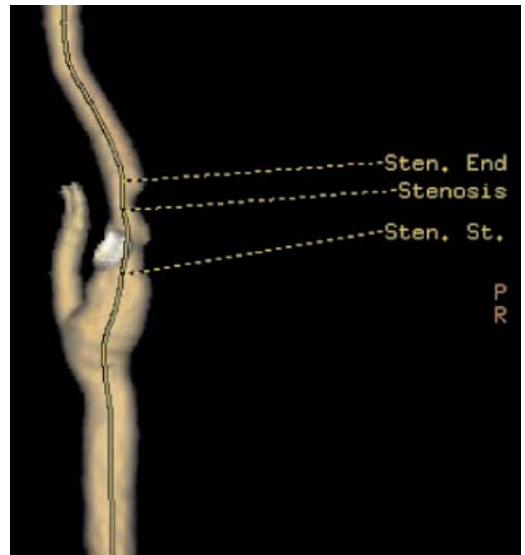


KTA abil visualiseeritakse ajuveresooned kitsa kihiga uurides optimaalse kontrasteerumise tingimustes. Seejärel toimub kujutiste järeltöötlus mitmete kahe- ja kolmedimensiooniliste meetodite abil (3). Subarahnoidaalse hemorraagiaga (SAH) patsiendi käsitlusel on KTA-l hulk eeliseid DSA ees (4). Nimelt tehakse klassikalise stsenaariumi puhul kliinilise kahtluse korral KT-natiivuuring peast. Sellele võib nüüdsest kergesti lisada KTA, mille järel on võimalik teha vajalikud kolmedimensioonilised rekonstruktsioonid aneurüsmist ja mis omakorda lubab paremini planeerida edasist ravi (4) (vt jn 1).

Lisaks aneurüsmide diagnoosimisele on KTA osutunud sobivaks meetodiks intrakraniaalse vasospasmi kindlakstegemisel, seda eelkõige arterite proksimaalsetes osades. Vasospasm tekib 7.–10. päeval kuni 50%-l SAHiga haigetest ning on üks juhtivatest surmapõhjustest haigetel, kes SAHi üle elasid. Kirjanduse põhjal on 16kihilise aparaadiga uurides KTA sensitiivsus 98% ja spetsiifilisus 100% ning see vastab DSA tulemustele (4). Seega võib mitmekihi-KTAd kasutada esimeses etapis subarahnoidaalse hemorraagiaga patsientide uurimisel (4). KTA abil on võimalik

diagnoosida ka intrakraniaalseid arteriovenoosseid malformatsioone, probleemiks on siin aga arterite ja veenide peaaegu üheaegne kontrasteerumine.

**2. Karotiidararterite uurimine.** KTA abil on võimalik uurida laialdast anatoomilist piirkonda alates aordikaarest ja karotiidararteritest kuni Willis ringini (5). On leitud, et KTA diagnostiline täpsus



Joonis 2. KTA – a. carotis interna stenoos.

on küllaltki hea arteri normaalse valendiku, vähese kuni mõõduka stenoosi astme määramiseks, kuid täpsus väheneb mõnevõrra tugevasti väljendunud stenooside korral. KTA sensitiivsus karotiidarterite stenoosi määramisel on 95% ja spetsiifilisus 93% (5). Seega lubab KTA suur tundlikkus seda meetodit kasutada sümptomaatiliste patsientide uurimiseks (vt jn 2).

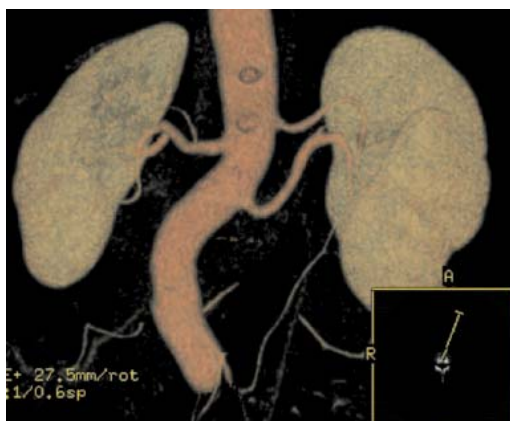
**3. Südame angiograafia.** KT-angiograafia koronaararteritest on tehniliselt suurem väljakutse kui teised KTA-uuringud, sest sihtmärgiks on pidevalt liikumises olev süda (6). Kiire tehniline areng selles valdkonnas nõuab pidevat uuringuprotokollide muutmist. Kõige otstarbekam on KTA abil uurida keskmise riskiastmega patsiente, praegu ei ole selle meetodiga põhjendatud väikese riskiastmega ja tüüpilise rindkerevaluga patsientide uurimine (6).

**4. Kopsuarterite angiograafia.** Kirjanduse andmetel on kopsuarterite KTA tundlikum kui DSA kopsuarteri trombemboolia selgitamisel, omades kuni 100%-st sensitiivsust ja 89%-st spetsiifilisust (7). Need andmed toetavad seisukohta, et kopsuarteri trombemboolia diagnoosimine tehakse tulevikus üha enam KT-angiograafia abil (vt jn 3).

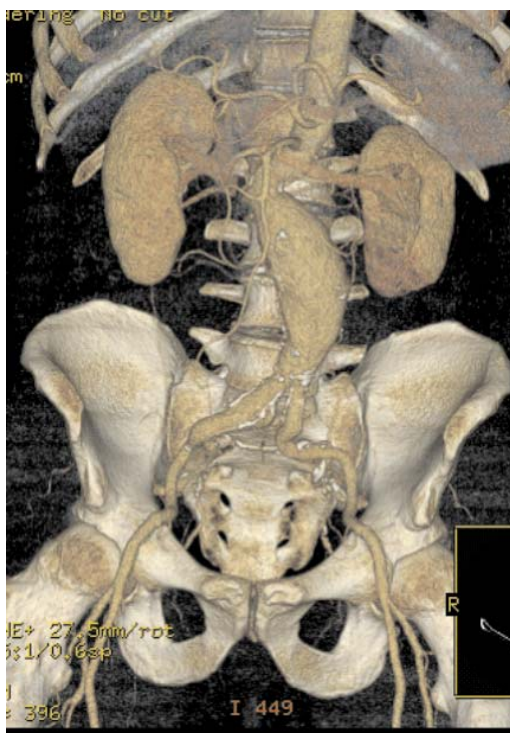
**5. Aordi ja selle harude uurimine.** Lähtudes erinevate uuringumeetodite kättesaadavusest, on MRA ja KTA peaaegu asendanud DSA aordi



Joonis 3. KTA – kopsuarteri trombemboolia.



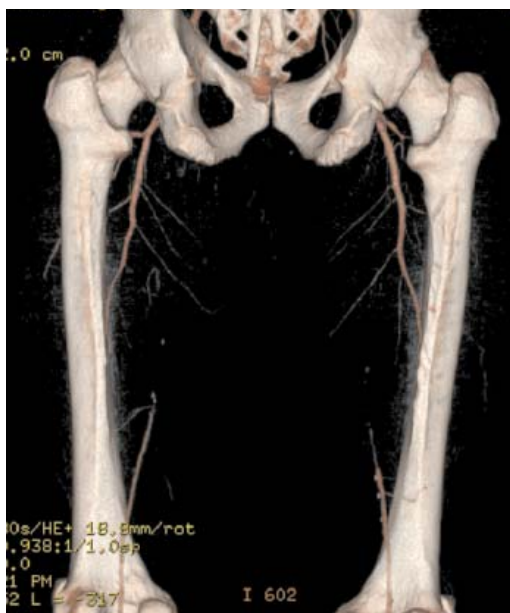
Joonis 4. KTA – lisaneeruarter vasakul.



Joonis 5. KTA – kõhuaordi aneurüsm.

ja selle harude uurimisel (2). Võimalik on diagnoosida aordi koarktatsiooni, dissektsiooni, aneurüsmi (ja aneurüsmi ruptuuri), aordi harude stenoose ja oklusioone, samuti aktiivset hemorraagiat aordi harudest (vt jn 4 ja 5).

**6. Perifeersetes arterites angiograafia.** Konventsionaalne DSA on invasiivse iseloomuga



Joonis 6. KTA – *a. femoralis superficialis*'te oklusioonid.

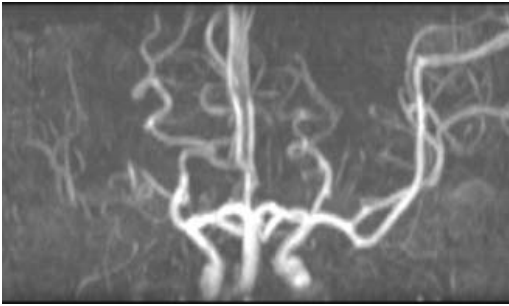
uring, millega kaasnevad 1%-l patsientidest komplikatsioonid. Tüsistuste arv sõltub radioloogi kogemusest, juurdepääsuteest, kasutatud kateetri diameetrist ja kontrastaine manustamisest. Mitteinvasiivsed angiograafiameetodid ületavad need puudused (8). KTA perifeersetest arteritest on arenenud täpseks ja hinna poolest soodsaks mitteinvasiivseks perifeersete arterite oklusiivse haiguse uurimismeetodiks, mida on võimalik sooritada ka ambulatoorsetele patsientidele (9, 10) (vt jn 6).

Kirjanduse andmetel on leitud, et DSA usaldusväärsus on siiski suurem võrreldes KTA-uringutega (10). Samas on KTA usaldusväärsus piisav, et langetada terapeutilisi otsuseid suurema osa haigete puhul, vajaduse korral võib aga sooritada lisauringuid (10).

Erinevaid uuringuandmeid kõrvutades selgub, et KTA sensitiivsus perifeersete arterite uurimisel kõigub vahemikus 91–92% ning spetsiifilisus on vahemikus 92–97% (10). Teised mitteinvasiivsed meetodid nagu dopplerultraheliuring ning MRA ei kasuta küll ioniseerivat kiirgust, kuid seda eelist tuleb käsitleda uuritava haigusrühma patsientide vanuse kontekstis (10).

**7. KT-venograafia alajäsemete veenidest.** Et täpsemini diagnoosida trombembooliat haigetel, kellel on kopsuarteri embolite kahtlus, on välja töötatud KT protokollid, mille järgi tehakse lisaks kopsuarterite uuringule alajäsemete süva-veenide uuring (11). Lisaks kopsuarterite uuringutele tehakse neil patsientidel indirektnel KT-venograafia. KT-venograafia lubab vaagnapiirkonna ja alajäsemete veenide uuringul kasutada kontrastainet, mis tsirkuleerib vereringes eelnevast kopsuarterite uuringust (11). KT-venograafia lisamine suurendab uuringuaega ainult 3 minutit. Kirjanduse andmetel on kopsuarterite KTA-le lisatud indirektnel venograafia sensitiivsus 100% ja spetsiifilisus 97% (11). Paljud raviasutused on seetõttu rutiinselt lisanud kopsuarterite KTA-le indirektnel KT-venograafia (11)

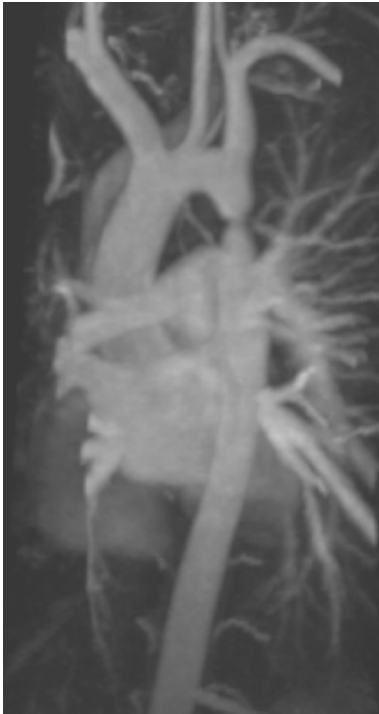
**8. Tuumoritega seotud veresoonte-uringud.** KTA abil on võimalik enne operatsiooni adekvaatselt hinnata tumori seost ümbritsevate kudede, näiteks eristada tuumorist tingitud veresoonte-kompressiooni otsesest tumori läbi kasvust veresoontesse (12). Samuti on võimalik esile tuua veresoonte obstruktsiooni tõttu tekkinud kollateraalveresooned.



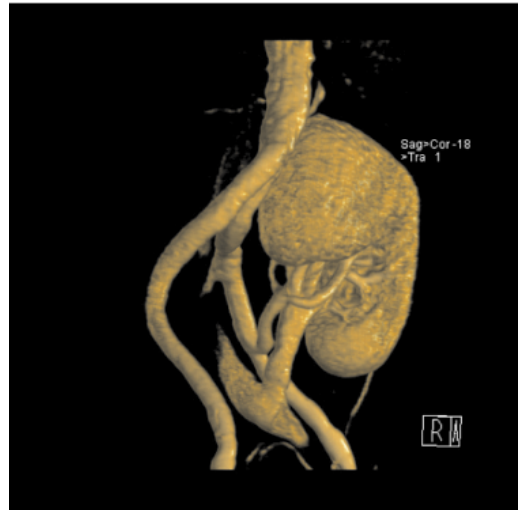
Joonis 7. MRA – parema keskmise ajuarteri oklusioon.

### MRA kasutusvõimalused

DSA ja KTA kasutavad kujutise saamiseks röntgenikiiri ning seega on tegemist röntgeniaparatuuride edasiarendustega. MRA on angiograafiline meetod, kus kujutise saamise aluseks on raadiolained ülitugevas magnetväljas, seega ei kasutata ioniseerivat kiirgust. Kujutise vaskulaarsetest struktuuridest saab nii veenisisesi kontrastainet kasutades kui ka ilma selleta (13).



Joonis 8. MRA – aordi koarktatsioon.

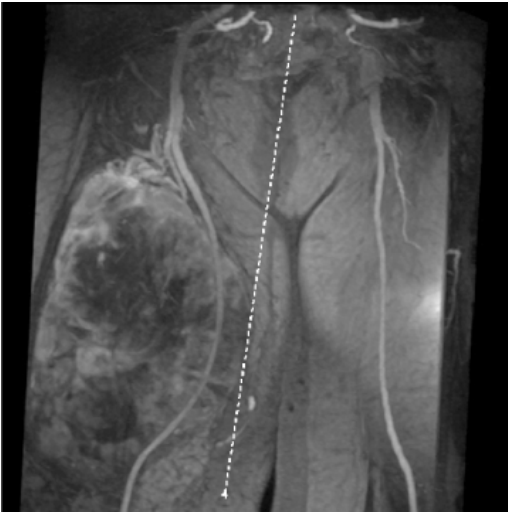


Joonis 9. MRA – neeru transplantaat (neeruarteri stenoosi ei esine).

MRA on edukalt kasutusel pea, kaela, kehatüve ning jäsemete angiograafiliseks uurimiseks järgmistel diagnostilistel eesmärkidel:

- intrakraniaalsete vaskulaarsete patoloogiate (aneurüsmid, stenoosid, malformatsioonid jt) visualiseerimiseks, nende ravi planeerimiseks ning hilisemaks ravijärgseks jälgimiseks (vt jn 7);
- kaelaarterite (ennekõike une- ja lüliarterite) stenooside-oklusioonide ja arenguliste iseärasuste hindamiseks;
- rinna- ja kõhuauardi ning nendest lähtuvate suurte arterite patoloogiate (aneurüsmid, dissektsioonid, stenoosid, oklusioonid jt) avastamiseks, raviplaani koostamiseks ning ravijärgseks jälgimiseks (vt jn 8);
- elundisiirdamise (eeskätt maks, neer) eelseks ja järgseks diagnostikaks ning jälgimiseks (vt jn 9);
- kasvajate verevarustuse hindamiseks enne ravi (vt jn 10);
- perifeersetes arterites stenooside-oklusioonide hindamiseks, ravi planeerimiseks ja hilisemaks jälgimiseks (vt jn 11);

Pidevas arengus ja täiustamisel on südame ja pärgarterite uuringud. Praeguseks küll pärgarterite uuringute tarvis kommertseesmärgil kasutatavat usaldusväärset pole veel saavutatud. Lisaks on



**Joonis 10. MRA – reiepiirkonna kasvaja ulatus ja seos suurte arteritega.**

võimalik teostada MR-venograafiat, kuid see nõuab suuremat kontrastaine kogust, lisakulutusi aparatuurile ja mähistele, tõstes seetõttu uuringu hinda.

Magnetresonantsangiograafia kasutab verevoontest kujutise saamiseks mitmeid erinevaid tehnikaid: *phase-contrast* (PC) MRA, *time of flight* (TOF) MRA, *contrast-enhanced* MRA (CE-MRA), *digital subtraction* MRA (DS-MRA). Kõigil nendel tehnikatel on omad positiivsed ja negatiivsed küljed.

PC-MRA eelisteks on, et kujutis saadakse kontrastainet kasutamata. Meetod on tundlik erinevate verevoolukiiruste suhtes, samas on meetodi puhul kõrge taustmüra supressioon. PC-MRA puudusteks on pikk uuringuaeg, eriti kolmemõõtmeliste kujutiste saamiseks, ja meetod on tundlik verevoolu turbulentsuse suhtes.

TOF-MRA eelisteks on suhteliselt aktsepteeritav uuringuaeg (umbes 5 minutit sõltuvalt parameetritest). Eeliseks on, et meetod on tundlik aeglase verevoolu suhtes ja ei ole vaja kasutada kontrastainet. Uuringu puudusteks on, et meetod on tundlik T1-efekti suhtes, mistõttu hemorraagia simuleerib vaskulaarset struktuuri (13).

Viimastel aastatel on lisaks eespool mainitud tehnikatele kasutatud edukalt CE-MRA-d ehk intravenoosse kontrasteerimise järgset magnet-



**Joonis 11. MRA – a. femoralis superficialis'te stenoosid.**

angiograafiat. Eelisteks siin on sel juhul kujutise suur kontrastsus, hea ruumiline eristusvõime, lühike uuringuaeg (üks piirkond 20 sekundiga) ja kolmemõõtmeline andmekogumine. Meetod on praegu kujunenud kliiniliseks standardiks.

CE-MRA esitab suuremaid nõudeid ka aparatuurile ning järeltöötlusvõimalustele ning on seetõttu kasutatav uuemate MRT-aparaatide korral. Uuringu puuduseks võib pidada intravenoosse kontrastaine manustamise vajadust, sest see tõstab uuringu hinda. Kontrastaine kasutamisel on vajalik õigeaegne uuringu ajastus kontrastaine süste järel: kui uuring tehakse liiga hilja, siis täituvad veenid; kui liiga vara, siis tekivad rohked artefaktid. Seetõttu kasutatakse kas testboolust maksimaalse kontrasteerumise hindamiseks või aparatuuri tarnija loodud programme (nt *Smartprep*, *Carebolus*), mis hõlbustavad maksimaalse kontrasteerumise määramist.

DS-MRA on oma olemuselt sarnane CE-MRA-ga, erinevuseks on vaid see, et andmeid kogutakse vastavalt südame tööle (süstol-diastol) ning süstoli ajal kiire verevoolu andmed lahutatakse diastoli

aeglase verevoolu andmetest. See tehnika ei ole praeguseks kuigi levinud.

Võrdluses konkureeriva diagnostilise uuringumeetodi KTAga MRA-l olulisi erinevusi tulemustes ei esine. Sensitiivsus ja spetsiifilisus on MRA-l vastavalt 95% (80–96%) ja 95% (90–98%) ning KTA 96% (95–97%) ja 95% (94–97%) (8).

Vaieldamatuteks eelisteks kõigi teiste meetodite ees on aga MRA-l saadav dünaamiline info, radiatsiooni puudumine (mis on eriti oluline laste ja generatiivses eas patsientide uuringutel), vähene kasutatava kontrastaine kogus ning selle vähene nefrotoksilisus (14). Viimasel ajal on kirjanduses ilmunud vihjeid MRTs kasutatavate kontrastainete tekitatud neerukahjustuste kohta, kuid need on ilmnunud patsientidel, kellel on juba eelnevalt sügav neerukahjustus (14). MRA piiranguteks on ka metallilised võõrkehad organismis, stendid, kõikvõimalikud proteesid, südamestimulaator, mõningal määral tulemuste hüperdiagnostika, eriti väikesekaliibriliste veresoonte korral, samuti pole MRA tundlik kaltsiumi suhtes (13, 14). MRA on

oluliselt vähem kättesaadav kui KTA ning puuduseks on ka, et rutiinuurinul ei saa infot ateroskleroosilise naastu iseloomu kohta.

## Kokkuvõte

Mõlemad – nii MRA kui ka KTA – on usaldusväärsed meetodid oluliste veresoonte-stenooside visualiseerimiseks ning hindamiseks, seetõttu ühtlasi nende patsientide väljaselgitamiseks, kes vajavad endovaskulaarset või kirurgilist ravi vaskularisatsiooni taastamiseks. Hoolimata tehnilistest edusammudest ei ole KTA ja MRA siiski täiesti asendanud diagnostilist DSA-d. KTA puudusteks on väikeste arterite visualiseerimise raskused. MRA piiranguteks on metallilised võõrkehad organismis. Viimasel ajal on kirjanduses ilmunud vihjeid MRTs kasutatavate kontrastainete tekitatud neerukahjustuste kohta. Samuti on MRA kättesaadavus oluliselt väiksem. Kokkuvõtteks võib aga tõdeda, et kuigi KTA ja MRA on alles arenevad uuringumeetodid, on tulemused paljulubavad ning nendel meetoditel on potentsiaali asendada paljudel juhtudel DSA-d.

## Kirjandus

1. Willmann KJ, Wildermuth S, Pfammatter T, et al. Aortoiliac and renal arteries: prospective intraindividual comparison of contrast-enhanced three-dimensional MR angiography and multi-detector row CT angiography. *Radiology* 2003;226:798–811.
2. Catalano C, Fraioli F, Laghi A, et al. Infrarenal aortic and lower-extremity arterial disease: diagnostic performance of multi-detector row CT angiography. *Radiology* 2004;231:555–63.
3. Tomandl BF, Köstner NC, Schempershofe M, et al. CT angiography of intracranial aneurysms: a focus on postprocessing. *RadioGraphics* 2004;24:637–55.
4. Papke K, Kuhl CK, Fruth M, et al. Intracranial aneurysms: role of multidetector CT angiography in diagnosis and endovascular therapy planning. *Radiology* 2007;244:532–40.
5. Berg M, Zhang Z, Ikonen A, et al. Multi-detector row CT angiography in the assessment of carotid artery disease in symptomatic patients: comparison with rotational angiography and digital subtraction angiography. *Am J Neuroradiol* 2005;26:1022–34.
6. Schoepf UJ, Zwerner PL, Savino G, et al. Coronary CT angiography. *Radiology* 2007;244:48–63.
7. Wittram C, Waltman AC, Shepard J-AO. Discordance between CT and angiography in the PLOPED II Study. *Radiology* 2007;244:883–9.
8. Willmann JK, Baumert B, Schertler T, et al. Aortoiliac and lower extremity arteries assessed with 16-detector row CT angiography: prospective comparison with digital subtraction angiography. *Radiology* 2005;236:1083–93.
9. Roos JE, Fleischmann D, Koechl A, et al. Multipath curved planar reformation of the peripheral arterial tree in CT angiography. *Radiology* 2007;244:281–90.
10. Kock M, Adriaansen M, Pattinama P, et al. DSA versus multi-detector row CT angiography in peripheral arterial disease: randomized controlled trial. *Radiology* 2005;237:727–37.
11. Cham M, Yankelevitz DF, Henschke C. Thromboembolic disease detection at indirect CT venography versus CT pulmonary angiography. *Radiology* 2005;234:591–4.
12. Prokop M, Galanski M. *Spiral and multislice computed tomography of the body*. Stuttgart: Thieme; 2003.
13. Lombardi M, Bartolozzi C. *MRI of the heart and vessels*. Springer; 2005.
14. *Materials of the International Symposium on State-of-the-Art Imaging*. Dubrovnik; 2007.

## **Summary**

### **Vascular investigations by means of computed tomography and magnetic resonance tomography**

In recent years, several novel noninvasive methods of vascular research have been introduced in medical establishments of Estonia – computed tomography angiography (CTA) and magnetic resonance angiography (MRA). The present article gives an overview of the indications for vascular investigations, using CTA and MRA, as well as the diagnostic reliability of these methods compared with digital subtraction angiography (DSA).

Conventional angiography is an invasive and risk-related procedure, especially for patients with chronic pulmonary obstructive disease, strokes, myocardial

infarction and nephropathy. CTA may be used with the inconvenience of nephrotoxic contrast media, radiation and a highly time consuming reconstruction of original images. CTA may be limited and difficult to use for determining severity of lesions.

Recently, with the improvement in the MRA hardware and software, the results have been more reliable. The goal of MRA is to detect vascular abnormalities non-invasively. The disadvantages of MRA are presence of metallic objects in the body, pacemakers, etc. MRA is not sufficiently sensitive to detect vessel wall calcifications.

vello.sogel@kliinikum.ee

meelis.leht@kliinikum.ee