

Koronaararterite kompuutertomograafiline angiograafia südame isheemiatõve diagnostikas

Markus Louis Mühlberg¹, Maksim Zagura²

Südame isheemiatõve käsitluses on ateroskleroosi varajane tuvastamine ja selle ulatuse hindamine olulise prognostilise ja edasist ravi määrava väärtusega. Kuvamistehnoloogiate areng on parandanud mitteinvasiivsete meetodite täpsust koronaararterite hindamisel ning nende uuringute kliiniline kasutegur on pidevalt suurenemas. Koronaararterite kompuutertomograafilisest angiograafiast (KTA), mis on olnud aastaid vähe tuntud metoodika seisuses, on saamas pingutusstenokardia esmane radioloogiline uurimisvõte, millel on mitmeid eeliseid traditsiooniliste uuringute ees. Koos vooludünaamikat, perfusiooni ja aterosklerootilise naastu struktuuri hindavate komponentidega võimaldab KTA detailselt kirjeldada nii koronaararterite stenoose kui ka nende põhjustatud müokardi isheemilisi muutusi. Koronaararterite KTA-l on praeguse seisuga suur potentsiaal südame isheemiatõve diagnostika arengus ning selle rakendamine tagab patsiendikesksema ja terviklikuma haiguskäsitluse.

Südame isheemiatõbi ja sellega seonduvad tüsistused on jätkuvalt nii arenenud riikides kui ka arengumaades põhiliste surmapõhjuste seas ja olulised elukvaliteedi halvenemise põhjustajad. Kuigi üldine haigestumus on aastatega vähenenud, on patsientide profiil muutunud aina heterogeensemaks – rohkem on haigestumist nooremas eas, suurenenud on atüüpiliste kaebuste osakaal ning suurenev kaasuvate haiguste koormus raskendab käsitlust (1). Vastuseks nendele muutustele on südame isheemiatõve diagnostiline mudel koos uute radioloogiliste uurimismeetodite kasutuselevõtuga aja jooksul oluliselt arenenud. Läbi aegade on koronaararterite stenooside hindamise kuldstandard olnud selektiivne koronarograafia (SKG), kuid selle piiratud kättesaadavuse ja invasiivsusega seotud riskide tõttu on mitteinvasiivsetel kuvamismeetoditel isheemiatõve kaasaegses diagnostikas järjest olulisem roll.

Südame isheemiatõve piltdiagnostika jaotub üldjuhul kaheks: koronaararteri valendiku ahenemise kuvamine ja müokardi perfusiooni hindav funktsionaalne uurimine (2). Klassikalise käsitluse kohaselt suunatakse patsiendid, kes kaebavad pingutusel esinevat ehk stenokardilist rindkerevalu, kuid kelle elektrokardiogramm (EKG) ja kõrge tundlikkusega troponiinide väärtused

jäävad mittehaiguslikeks, edasi funktsionaalsetele uuringutele, et hinnata müokardi isheemia olemasolu füüsilisel või farmakoloogilisel koormusel. Funktsionaalsete uuringute hulka kuuluvad koormus-EKG või koormus-ehhokardiograafia, SPECT (*single photon emission computerized tomography*, üksiku footoni emissioontomograafia), PET (*positron emission tomography*, positron-emissioontomograafia) ja magnetresonants-tomograafiline (MRT) perfusiooniuring. Valik nende uuringute vahel sõltub paljuski sümptomaatikast, varajasest isheemiatõve anamneesist, aga ka konkreetse uuringu kättesaadavusest. Samuti erineb nende uuringute tundlikkus isheemiatõve avastamisel sõltuvalt haigusprotsessi ulatusest. Kliiniliselt väljendunud stenokardia koos EKG muutustega peegeldab ateroskleroosi hilist staadiumit, samas kui perfusioonihäire on MRT-, SPECT- või PET-uuringul tuvastatav juba varases staadiumis (vt joonis 1) (5). Lähtuvalt funktsionaalsete uuringute tulemustest teeb raviarst otsuse SKG ja edasise revaskulariseeriva ravi vajaduse kohta (2–4).

Sellegipoolest ei paku ükski praegu kasutusel olev funktsionaalne uuring võimalust välistada algstaadiumis koronaararterite aterosklerootilist kahjustust (3). Vähe väljendunud stenoosid ei pruugi põhjustada

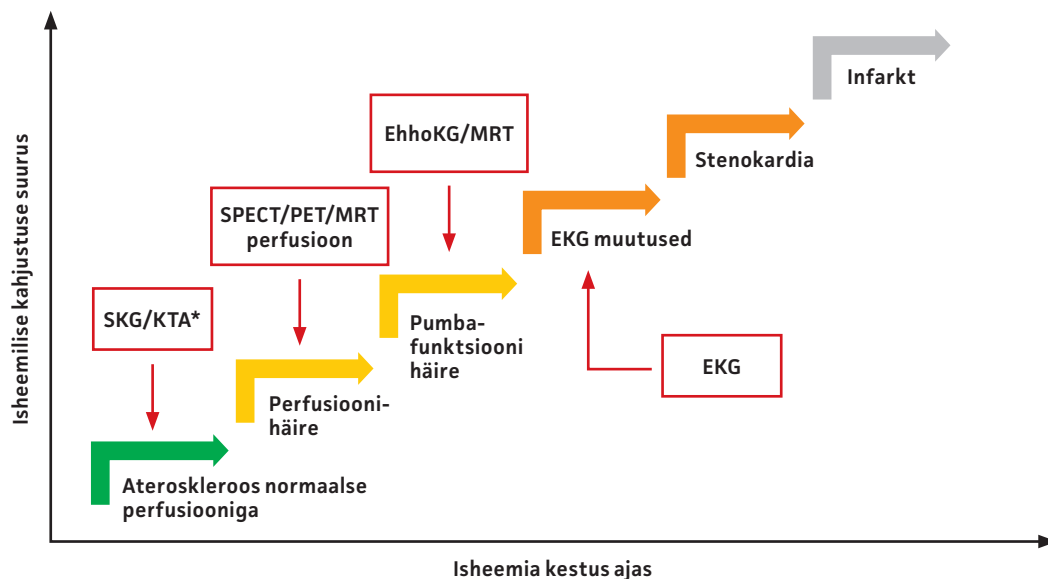
Eesti Arst 2023;
102(8):393–401

Saabunud toimetusse:
08.05.2023
Avaldamiseks vastu võetud:
25.05.2023
Avaldatud internetis:
23.08.2023

¹ Tartu Ülikooli arstiteaduse
õppekava üliõpilane,
² TÜ Kliinikumi
radioloogikliinik

Kirjavahetajaautor:
Markus Louis Mühlberg
mlmyhlberg@gmail.com

Võtmesõnad:
kompuutertomograafia,
angiograafia, isheemiatõbi,
ateroskleroos, isheemia



* KTA (kronaarterite kompuutertomograafiline angiograafia) on ainus mitteinvasiivne kronaarterite stenoose ja ateroskleroosiliste naastude struktuuri otseselt kuvav uuring, pakkudes olulist lisandväärtust südame isheemiatõve varajases käsitluses, kui hemodünaamika häiret ei ole veel kujunenud.

SKG – selektiivne kronaograafia, SPECT – üksiku footoni emissioontomograafia, PET – positron-emissioontomograafia, EhhoKG – ehokardiograafia, MRT – magnetresonantstomograafia, EKG – elektrokardiogramm.

Joonis 1. Kronaarteri oklusiooni isheemiline kaskaad. Erinevad uuringud võimaldavad tuvastada isheemilisi muutusi erinevates patofüsioloogilistes staadiumides. Muudetud originaallikast (5).

müokardi perfusioonihäireid, rääkimata stenokardilistest sümptomitest, mistõttu on hakatud enam tähelepanu pöörama põhihaiguse – ateroskleroosi – olemasolule ja selle varajasele avastamisele. Nieman kaasautoritega näitas 2002. aastal, et KTA on kronaarterite valendike hindamisel võimalik mitteinvasiivne alternatiiv SKG-le. Kaks järgnevat kümnendit koos murdelise tehnoloogilise arenguga on juurutanud KTA-uuringu isheemiatõve diagnostika keskmesse (6).

Kronaarterite KT on praegu ainus mitteinvasiivne uuring, millega on võimalik hinnata nii kronaarterite valendiku läbitavust kui ka stenoosidest tingitud isheemilisi muutusi, kombineerides korraka infot ateroskleroosi ulatuse ja sellest tingitud müokardi perfusioonihäire kohta. Mida aeg edasi, seda rohkem on hakatud käsitlema KTD esmavaliku uuringuna nii südame isheemiatõve diagnoosimises, raviefekti hindamises kui ka preventioonis (2–4, 7). Artikli eesmärk on anda lühiülevaade praegustest kronaarterite KT võimalustest ateroskleroosi ja sellega seotud patoloogiste protsesside diagnoosimisel.

KRONAARATERITE KOMPUUTERTOMOGRAAFILINE ANGIOGRAAFIA

Tehniline taust ja tõenduspõhisus

Kronaarterite KTA-uuring põhineb ioniseeriva kiirguse abil südame kolmemõõtmelise struktuuri kuvamisel ning kontrastaine kasutamisel kronaarterite valendiku hindamisel. Praegune tehnika hõlmab veenisisesest kontrastaine manustamist ja uuringu sidumist EKGga, et ajastada kuvamist keskdiaastoliga, mil kronaarterite liikuvus ja sellega seotud artefaktide tekke tõenäosus on kõige väiksem. Kiirguskaitse ja pilditöötluse areng on võimaldanud oluliselt vähendada südame KTA kiirguskoormust ning tänapäeval on keskmine efektiivdoos ühe uuringu kohta 1–2 mSv (8).

KTA eelis funktsionaalsete mitteinvasiivsete uuringute ees seisneb selle kõrges tundlikkuses ja negatiivses ennustuväärtuses kronaarterite stenooside hindamisel. Kasutades vähemalt 64realist KT-aparaati, on kirjanduse andmetel südame KTA tundlikkus ja spetsiifilisus obstruktiivse südame isheemiatõve (defineeritud

kui stenoos, mis haarab üle 50% arteri valendikust (2)) diagnoosimisel vastavalt 98% ja 78% ning negatiivne ennustusväärtus vahemikus 95–100%. Stenooside puudumine koronaarterite KTA-uuringul praktiliselt välistab koronaartõve ning on seotud väga hea prognoosiga (9). Sellest lähtudes on mitmete maade riiklikud organisatsioonid ja erialaühingud, sealhulgas Suurbritannia NICE (*National Institute for Health and Care Excellence*, Ühendkuningriigi riiklik tervishoiu ja kliinilise kvaliteedi instituut), AHA (*American Heart Association*, Ameerika südameühing) ja ESC (*European Society of Cardiology*, Euroopa kardioloogide selts) soovitanud koronaarterite KTAd esmavaliku mitteinvasiivse uuringuna nii tüüpilise kui atüüpilise rindkerevalu puhul – „enne KTA strateegia” (10–12).

2018. aastal avaldati määrava tähtsusega SCOT-HEART (*Scottish Computed Tomography of the HEART*) uuring, milles hinnati keskmiselt 4,8 aasta pikkuse jälgimisperioodi vältel KTA diagnostilist lisandväärtust kroonilise koronaarsündroomi käsitluses. SCOT-HEARTi tulemused näitasid, et KTA kasutamine lisaks rutiinsetele uuringutele (üldjuhul koormus-EKG) on seotud oluliselt madalama isheemiatõvest tingitud suremuse ja müokardiinfarktide esinemisega. KTA lisamine diagnostilisse mudelisse ei suurendanud invasiivse koronarograafia kasutust ning arvatakse, et väiksema suremuse põhjus seisnes südame isheemiatõve varajases avastamises, mis omakorda tingis tõendus põhise antiagregantteraapia ja lipiidisaldust vähendava ravi alustamise (13). Selle uuringu põhiline sõnum seisneb selles, et KTA pakub SKGga võrdväärset anatoomilist infot ning saab olla aluseks ravi planeerimisel ja edaspidise riski hindamisel.

Seda arusaama toetab ka varasem uuring PROMISE (*Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain*), mis keskendus KTA ja funktsionaalsete uuringute efektiivsuse võrdlusele pikaajaste stenokardiliste kaebustega patsientidel. 25kuuse jälgimisperioodi möödudes kinnitati koronaarterite KTA võrdväärset funktsionaalsete uuringutega (14).

Vaatamata tehnoloogilisele võimekusele pole koronaarterite KTA igas olukorras valikuuring. Uuringu kvaliteedi ja tulemuse hinnatavuse määrab ennekõike südamerütm ja löögisagedus. Ideaalsel patsiendil

on siinusrütm, mille löögisagedus ei ületa rahuolekus 70 lööki/min. Kodade virvendusarütmia ja sagedaste ekstrasüstolitega patsientidel on KTA informatiivsus artefaktide tõttu vähenenud. Samuti raskendab rohkete artefaktide tõttu leiu tõlgendamist väga ulatuslik lubjastumine ja kaasnev difuusne ateroskleroos. Nagu teiste joodipõhiste kontrastainega uuringute puhul, tuleb patsienti alati uurida varasema raske allergilise reaktsiooni suhtes ning välistada kaasuv neerupuudulikkus, mis võib suurendada kontrastnefroopaatia tekkeriski (9).

Koronaarterite stenooside hindamine

Ateroskleroos on isheemiatõve patofüsioloogiline alus ning selle kuvamine annab kõige parema arusaama haigusprotsessi ulatusest. Koronaarterite KTA võimaldab hinnata arteri valendiku ahenemist ning pakkuda invasiivse angiograafiaga võrreldavat infot nende seisundi kohta (vt joonis 2) (4–5, 8). Manesh ja kaasautorid leidsid, toetudes USA haiglate andmetele, et vaid kolmandik invasiivsetest angiograafiauuringutest lõppevad angioplastika või stentimisega, jäädes valdavalt diagnostiliseks (15). Hiljuti avaldatud DISCHARGE (*Diagnostic Imaging Strategies for Patients with Stable Chest Pain and Intermediate Risk of Coronary Artery Disease*) uuringus näidati, et KTA prognostiline väärtus tulevaste kardiovaskulaarsete tüsistuste ennustamises on SKGga sarnane, kuid on seotud oluliselt väiksema protseduuriga seotud tüsistuste riskiga. Sellest tulenevalt soovitataks rakendada KTAd invasiivse angiograafia eelse uuringuna, et tagada eelnev detailne koronaarterite anatoomia ja ateroskleroosi ulatuse hinnang ning valida paremini välja need patsiente, kes võiksid revaskulariseerivast ravist kõige enam kasu saada (16). Siiski on praeguse seisuga SKG ruumiline resolutsioon võrreldes KTA-uuringuga parem ning olukorras, kus esineb rohkete lubjastustega difuusne ateroskleroos, või perkutaanse koronaarinterventsiooni (PKI) järel on KTA informatiivsus artefaktide tõttu piiratud (4).

Koronaarterite kaltsiumiskoor

Ateroskleroosi arengu lõpptulem on naastu lubjastumine, mille ulatus ennustab kardiovaskulaarsete tüsistuste riski (17–18). Hinnates koronaartereid KT-natiiv-uuringul, saab kvantifitseerida ateroskle-



Joonis 2. Koronaararterite KT-angiograafia 42aastasel mehel ebatüüpilise rindkerevalu tõttu. Parem koronaararter (RCA), vasaku koronaararteri eesmine vatsakeste vaheline haru (LAD) ja ümberhaarav haru (LCX) kontrasteeruvad ühtlaselt. Ümberhaarava haru posterolateraalises harus (SPL) paiknev stent on läbitav.

roosi üldist koormust, arvutades Agatstoni ehk koronaararterite kaltsiumiskoori. Kui kaltsiumiskoor võrdub nulliga, ennustab see väga head 10aastast kardiovaskulaarset elulemust. Samas ennustab kaltsiumiskoor üle 400 sõltumatult suuremat suremust kogu rahvastikus ja ka suure kardiovaskulaarse riskiga patsientidel (19, 20). Oma kättesaadavuse ja lihtsa teostatavuse poolest sobib KT-natiivuuringul kaltsiumiskoori määramine esmaseks KTA-eelseks uuringuks väikese kuni keskmise riskiga patsientidel ateroskleroosi olemasolu kinnitamiseks ja edasise riski hindamiseks (21–23).

Mitteobstruktiivne ateroskleroos ja kõrge riskiga naast

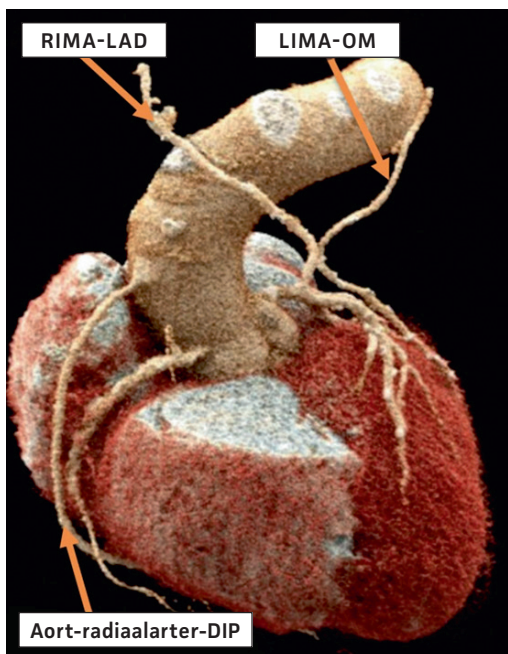
Üksnes koronaararteri lubjastumise ulatusest lähtudes võib müokardi isheemia riski hindamine jääda ebatäpseks. On teada, et mis tahes ajahetkel varieeruvad ateroskleroosilised naastud nii oma suuruse, asukoha kui ka struktuuri poolest. Patohistoloogiliste uuringute tulemustest on järeldatud, et sõltumata arteri valendiku stenoosi ulatusest on naastu struktuur otseselt seotud selle stabiilsuse ja rebenemisohuga (4–5, 17). Ka mitteobstruktiivne naast võib ebastabiilsete omaduste tõttu rebeneda, põhjustades müokardiinfarkti (24). Kaltsiumiskoori ja KTA-d kombineerides on võimalik lisaks arterite valendiku stenoosile ja ateroskleroosi olemasolule hinnata ka

naastu ennast. Ateroskleroosilist naastu on seeläbi võimalik kirjeldada ning anda objektiivne hinnang erinevate naastude stabiilsuse ja potentsiaalse ägeda koronaarsündroomi riski kohta (21, 23).

Motoyama ja kaasautorid on näidanud, et naastu teatud omadused, nagu positiivne remodelleerumine (stenoosist tingitud kompensatoorne arteri laienemine), täpjas kaltsifitseerumine ja madal tihedus on seotud naastu vähenenud stabiilsuse ja rebenemise suurenenud tõenäosusega (25). See väärrib olulist tähelepanu eelkõige seoses mitteobstruktiivse koronaartõvega (alla 50% arteri valendikust haarav stenoos), kus valendiku stenoos ei vaja revaskulariseerivat ravi ning raviarstil võib tekkida väär kindlustunne, et edaspidine kardiovaskulaarne risk on seega väike. Tegelikult on näidatud, et enamik müokardiinfarkte tekib mitteobstruktiivse koronaartõve foonil, ning rõhutatud selle avastamise tähtsust (26). Mitteobstruktiivne koronaartõbi koos suure riskiga naastuga või ilma on nüüdseks kindel ägedate tüsistuste tekke riskitegur ning vajab olulist tähelepanu varajase medikamentoosse ravi alustamise üle otsustamisel.

Revaskulariseeriva ravi järgne hindamine

Perkutaanse koronaarinterventsiooni ja aortokoronaarse šunteerimise järel on stendi ja/või šundi läbitavuse hindamine



DIP – parema koronaarteri tagumine vatsakeste-vaheline haru, OM – nüriserva haru, RIMA – parem sisemine rinnaarter, LIMA – vasak sisemine rinnaarter.

Joonis 3. Koronaarterite kompuutertomograafiline angiograafia 51aastasel mehel pingutusstenokardia tõttu. Kaasuvad haigused on 2. tüüpi diabeet ja arteriaalne hüpertensioon. Aortokoronaarne šunteerimine tehtud 7 aastat tagasi. Kolmemõõtmelisel rekonstruktsioonil on näha, et aordi-radiaalarteri-DIP, RIMA-LAD ja LIMA-OMi vahelised šundid on läbitavad.

määrava tähtsusega. KTA-l on siinkohal oluline roll, kuna uuring võimaldab suure diagnostilise täpsusega välistada šundi stenoosi, sõltumata sellest, kas tegu on venoosse või arteriaalse šundiga (vt joonis 3) (27). Koronaarterid on selles patsientide rühmas reeglina difuusselt kahjustunud, mistõttu stenooside ulatust KTA-l hinnata ei saa. Sellegipoolest on KTA-l šuntide seisukorra hindamisel ja vajadusel järgnevate operatsioonide planeerimisel suur kliiniline kasutegur, sest see aitab vältida invasiivse angiograafiaga seotud suuremaid kulusid ning protseduuriga seotud tüsistuste riske (27, 28).

Stendi läbitavuse hindamine KTA abil on mitmete tõlgendusraskuste ja piiratud ruumilise resolutsiooni tõttu oluliselt keerulisem ülesanne. Metallist stendid ja neid ümbritsev rohke kaltsinoos põhjustavad KTA-uuringul sageli artefakte, mis segavad valendiku hindamist, eriti väikese

diameetriga (< 3 mm) või laiema võrega (> 100 μm^2) stentide puhul (28). Sellest lähtudes on praegustes ravijuhendites eelistatud PKI järel teha sümptomaatilistel patsientidel müokardi isheemiat hindavad funktsionaalsed uuringud (12).

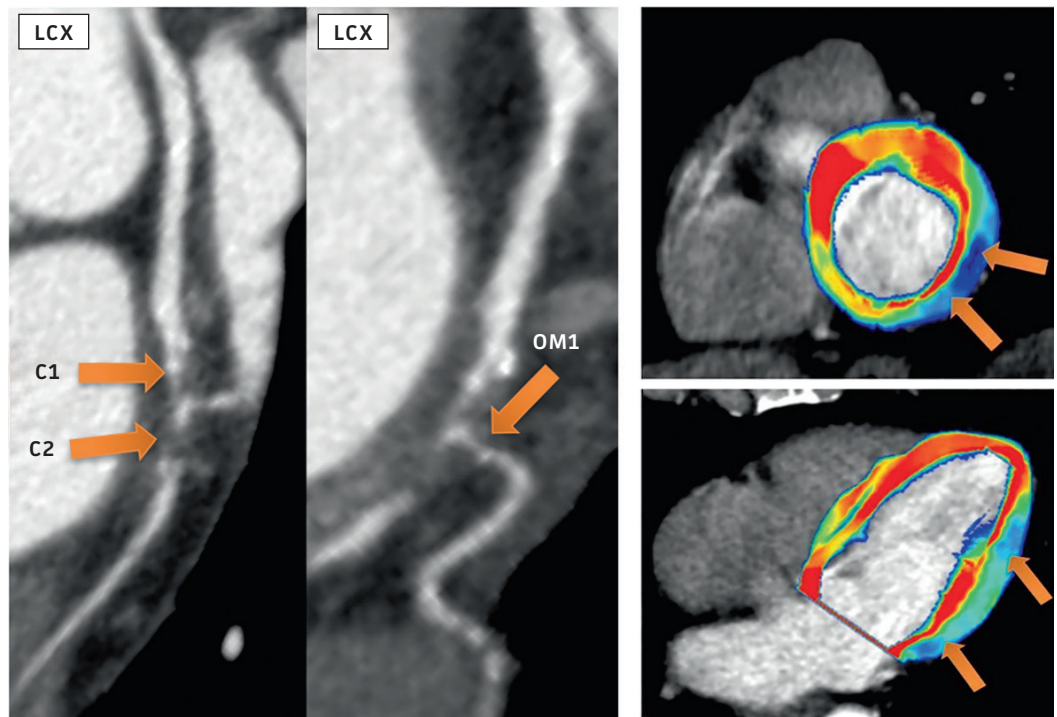
ISHEEMIA KUVAMINE

Vaatamata koronaarterite KTA suurele diagnostilisele täpsusele pärgarterite stenoosi avastamisel jääb uuringu spetsiifilisus hemodünaamiliselt oluliste ja isheemiat põhjustavate stenooside hindamisel pigem keskpäraseks (9). Samuti põhjustab raskusi KTA leiu subjektiivne tõlgendamine, eelkõige naastu morfoloogia hindamisel, mis on oma olemuselt praegu peamiselt radioloogi kogemustel põhinev ajamahukas ülesanne. Sellest tulenevalt on hakatud uurima võimalusi, kuidas parandada uuringu informatiivsust stenooside füsioloogilise mõju kirjeldamises.

Fraktsionaalne verevoolu reserv

Fraktsionaalse verevoolu reservi (FVR) mõõtmine põhineb aterosklerootilise soone maksimaalse mõõdetava verevoolu ja oletatava terve soone teoreetilise maksimaalse verevoolu suhte määramisel, teisisõnu sellel, millises ulatuses mõjutab olemasolev stenoos verevoolu pärgarteris. Klassikaliselt toimub see SKG-protseduuri ajal, kasutades eraldi rõhuandurit, mis viiakse stenoosist distaalsemale, ja mõõtes stenoosist tingitud rõhugradienti. FVRi väärtust 1,0 peetakse normaalseks ning väärtused alla 0,75–0,80 viitavad hemodünaamiliselt olulisele stenoo- sile ning revaskulariseeriva ravi võimalikule kasule. Mitmed juhuslikustatud uuringud on praeguseks tõestanud invasiivse FVRi mõõtmise väärtust stenooside hemodünaamilise olulisuse määramisel (29). Seega suurendab FVRi kasutamine SKG kliinilist kasutegurit, aidates tuvastada neid patsiente, kelle stenoosid põhjustavad olulist verevoolu häirumist. Sellegipoolest on meetod ilmselt nii hinna kui ka ajakulu tõttu alakasutatud. Parikh ja kaasautorid näitasid, et invasiivset FVRi mõõtmist rakendatakse keskmiselt alla 20% patsientidel, kellel koronarograafia ajal on tuvastatud keskmise raskusastmega (uuringus defineeritud kui 40–69% ahene- mine) stenoosid, kus füsioloogiline mõju vajab täpsustavaid uuringuid (30).

Potentsiaalne alternatiiv invasiivsele FVRi mõõtmisele on kompuutertomograafiline FVR (FVR_{KT}). Heart-Flow Inc on välja



Joonis 4. Koronaararterite kompuutertomograafiline (KT) angiograafia ja KT-perfusiooniuring regadenosooniga 49aastasel mehel stenokardia ja õhupuuduse tõttu. Vasaku koronaararteri ümberhaarava haru (LCX) proksimaalse segmendi lõpuosas (C1) ja nüriserva harus (OM1) on hemodünaamiliselt olulised stenoosid. LCXi distaalse segmendi algusosas (C2) on preoklusioon. Paremas koronaararteris ja vasaku koronaararteri eesmises vatsakestevahelises harus olulisi ahenemisi ei esine. Farmakoloogilisel koormusel regadenosooniga tuleb nähtavale hüpoperfusioon basaalses antero- ja inferolateraalses segmendis, keskmises inferolateraalses segmendis ja apikaalses lateraalses segmendis.

töötanud arvutusliku vooludünaamika algoritmi, mis tuletab hinnangulise FVRi väärtuse, lähtudes KTA-uuringul saadud parameetritest (31). FVR_{KT} parandab KTA üldist spetsiifilisust oluliste stenooside tuvastamisel ning tema diagnostiline täpsus on võrreldav nii invasiivselt mõõdetud FVRiga kui ka teiste müokardi isheemiat hindavate uuringutega (SPECT, PET, MRT) (15, 32). ADVANCE (*Assessing Diagnostic Value of Noninvasive FFR-CT in Coronary Care*) uuringu tulemused kinnitasid, et $FVR_{KT} > 0,8$ on seotud ühe aasta jooksul oluliselt väiksema müokardiinfarkti haigestumise riskiga ning sel on seega prognostiline väärtus südame isheemiatõve käsitluses (33). Arvestama peab aga sellega, et FVR_{KT} tõlgendamiseks peab uuring olema väga hea kvaliteediga, mida pole võimalik alati tagada. Samuti määrab kasutamisele piirangud järeltöötuse kõrge hind, mis on siiani takistanud FVR_{KT} laialdast kasutust Eestis (32).

Müokardi KT-perfusiooniuring (KTP)

Müokardi KTP võimaldab hinnata isheemia olemasolu farmakoloogilise koormuse tingimustes, mis kombineerituna veenisese kontrastaine süstimisega võimaldab avastada müokardi isheemiat. Põhimõtte on oma olemuselt sarnane MRT, SPECT ja PET müokardi perfusiooni uuringutega.

KTP ajal tehakse kaks uuringut – rahuoleku ja stressi faasis, mida omavahel võrreldakse. Müokardi kontrasteerumise hindamiseks rahuolekus võib kiirguskoormuse vähendamiseks kasutada KTA-kujutisi. Stress kutsutakse esile veenisese vasodilataatori manustamisega, milleks on enamasti lühitoimelised adenosini retseptori agonistid regadenosoon või adenosiin. Müokardi kontrasteerumise erinevused stressi ja rahuoleku faasis võimaldavad visualiseerida perfusioonidefekte südamelihases, peegeldades isheemia olemasolu (3, 34). Müokardi hüpoperfusiooniala edasine sidumine koronaararterite KTA-l tuvastatud

stenoosidega võimaldab tõestada nende hemodünaamilist olulisust, aidates revaskulariseeriva ravi planeerimisel (vt joonis 4) (7). KTP-uuringu puudusteks on suurem kiirusdoos ja suurem kontrastaine kogus, mistõttu on KTPst saadav diagnostiline kasu suurim, kui eelnevalt on määratud stenooside ulatus ja lokalisatsioon KTA-l (34).

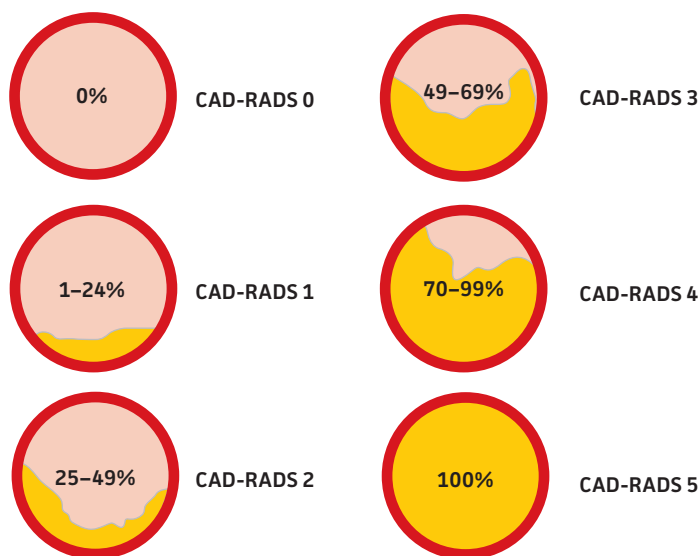
CAD-RADSi MUDEL

Kardioloogide ja radioloogide vahelise kommunikatsiooni parandamiseks patsiendi edasise käsitluse planeerimisel on KTA hindamiseks välja töötatud mudel CAD-RADS (*Coronary Artery Disease Reporting and Data System*).

CAD-RADSi põhimõtte seisneb koronaararteri stenoosi ulatuse määramises, mille aluseks on AHA koronaararterite klassifikatsioon, mis jaotab koronaarartereid 16 segmendiks (35). Süsteem põhineb viiel kategoorial, kus CAD-RADSi kategooria 0 viitab ateroskleroosi puudumisele ning CAD-RADS 5 eeldab vähemalt ühe soone oklusiooni (vt joonis 5). CAD-RADS 1–2 kirjeldab mitteobstruktiivse koronaarhaiguse olemasolu, mis põhjustab alla 50% stenoosi. CAD-RADS 3–5 kirjeldavad obstruktiivset koronaarhaigust, mille puhul on soovitatavad funktsionaalsed uuringud müokardi isheemia hindamiseks ja vajadusel SKG (36). 2022. aastal ilmunud CAD-RADSi uuendatud versioon tõi endaga kaasa olulisi täiendusi KTA leiu kirjeldamiseks.

Koronaararterite üldist ateroskleroosi koormust ja haiguskahjustuse ulatust hinnatakse muutuja „P“ kaudu, mille aluseks on natiivuuringu põhjal arvutatud kaltsiumiskoor ja/või arterite ateroskleroosilise kahjustuse visuaalne hinnang. Kategooriate P1–P4 järgi võib ateroskleroosi koormus olla vastavalt kerge, mõõdukas, raske või ulatuslik. Kui uuringul avastatakse kaks või enam kõrge riskiga naastu tunnust, siis lisatakse kirjeldusse „HRP“ (*high risk plaque*, kõrge riskiga naast) muutuja, võttes arvesse selliste naastu omaduste olulist prognostilist tähendust. Kui lisaks KTA-le tehakse isheemiat hindav uuring FVR_{KT} või KTP põhjal, siis märgitakse muutuja „I“ kaudu selle uuringu tulemus. „I+“ tähistab isheemilise muutuse olemasolu ning „I–“ vastavalt isheemia puudumist. „I+/-“ kaudu märgitakse piiripealne või ebaselge testi vastus (37).

Kokkuvõttes võimaldab CAD-RADS,



Joonis 5. CAD-RADSi (*Coronary Artery Disease Reporting and Data System*) kategooriad koos stenoosi protsentuaalse ulatusega.

milles on kombineeritud stenooside, ateroskleroosi koormuse ja isheemia info, tõenduspõhiselt ja objektiivselt tõlgendada koronaararterite KTA tulemusi. CONFIRM (*Coronary CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry*) uuringus korreleerusid CAD-RADSi kategooriad 5aastase tüsistuseta elulemusega, mis oli 95%, kui CAD-RADS oli 0, ning jäi vahemikku 0–69%, kui CAD-RADS oli 5 (24).

ÄGEDA RINDKEREVALUGA PATSIENT

Koronaararterite KTA fookus diagnostilise uuringuna on praeguseni olnud kroonilise koronaarsündroomi kahtlusega patsientidel, kelle puhul on soov kas välistada või kinnitada isheemiatõve olemasolu. Siiski tuleb leppida asjaoluga, et äge rindkerevalu on tänapäeval üks sagedasem erakorralise meditsiini osakonda pöördumise motiiv ning sellise valu põhjuste väljaselgitamine on sageli keeruline ja ajamahukas protsess (38).

TRO-KT (*Triple-rule-out computed tomography*) on erakorralise meditsiini vajadustele kohandatud meetoodika, mille eesmärk on hinnata korruga koronaarartereid, rinnaaorti ning kopsuartereid. Sel viisil on võimalik suure diagnostilise täpsusega välistada rindkerevaluga patsiendil koronaararteri oklusioon, kopsuarteri trombemboolia või äge aordi patoloogia. Sellise uuringu väärtus seisneb asjaolus, et

¹ student, Faculty of Medicine, University of Tartu, Estonia,
² Radiology Clinic, Tartu University Hospital, Tartu, Estonia

Correspondence to: Markus Louis Mühlberg
mlmyhlberg@gmail.com

Keywords: computed tomography, angiography, coronary artery disease, atherosclerosis, ischemia

ägeda rindkerevalu võimalikke põhjuseid on palju ning teatud eluohtlike seisundite kiire kinnitamine või välistamine võimaldab sellise profiiliga patsiente efektiivsemalt erakorralise meditsiini osakonnas (EMO) käsitleda.

Russo kaasautoritega uuris TRO-KT teostatavust EMO tingimustes ning leidis, et isegi olukorras, kus puudub 24/7 kardiovaskulaarradioloogi kättesaadavus, suutsid üldväljaõppega radioloogid hea diagnostiline täpsusega välistada obstruktiivse stenoosi olemasolu (39). Võrreldes koronaarterite KTaga on kiirgusdoos ja kontrastaine kogus suuremad, kuid ebaselge kliinilise leiu korral võimaldab TRO-KT korruga välistada mitu rindkerevalu põhjust. Seega on patsientidel, kellel on ägeda koronaarsündroomi risk väike kuni keskmine ning kellel kopsuarteri trombemboolia ja/või äge aordi patoloogia kuuluvad samuti diferentsiaaldiagnostilisse valemisse, TRO-KT aja- ja kulutõhus uurimismeetod (3–4, 39).

KOKKUVÕTE

Koronaarterite KTA on viimase kahe kümnendiga läbi teinud murdelise arengu, olles praeguseks mitmete riiklike ja rahvusvaheliste ravijuhendite soovitude alusel esmavaliku uuring kroonilise rindkerevalu diagnostikas. KTA võimaldab suure täpsusega välistada hemodünaamiliselt oluliste stenooside olemasolu, mistõttu on uuringust saamas SKG-le eelnev patsiente selekteeriv uuring, millega sõelutakse välja revaskulariseerivat ravi vajavad haiged. Uute tehnoloogiate nagu FVR_{KT} ja KTP lisandumine viimaste aastate jooksul võimaldab KT-uuringutega hinnata lisaks koronaarterite stenoosidele nende hemodünaamilist olulisust. Samuti täiendab KTA aastaid kasutuses olnud koronaarterite kaltsiumiskoori, võimaldades lisaks lubjastuste kuvamisele hinnata ka ateroskleroosiliste naastude struktuuri, avastada kõrge riskiga naaste ning prognoosida ruptuuri tekkeriski. Lõppkokkuvõttes saab järeldada, et koronaarterite mitteinvasiivne uurimine on südame isheemiatõve diagnoosimisel praeguseks lõplikult juurdunud.

AUTORITE VÕIMALIKU HUVI KONFLIKTI DEKLARATSIOON

Autoritel huvikonflikt puudub.

SUMMARY

Coronary computed tomographic angiography in the diagnosis of coronary artery disease

Markus Louis Mühlberg¹, Maksim Zagura²

Coronary computed tomographic angiography (CCTA) has undergone groundbreaking developments over the past two decades and is now among the first-line investigations in the diagnosis of stable chest pain, as recommended by several national and international guidelines. CCTA allows to exclude haemodynamically significant stenoses with a high degree of accuracy and is slowly becoming a gate-keeper test prior to invasive angiography, aiding in the selection of patients requiring revascularisation. The advent of new technologies such as computed flow reserve and CT perfusion in recent years has also made it possible to assess the haemodynamic consequences of stenoses. CCTA also complements the calcium score, which has been used for many years. It allows, in addition to calcification imaging, to assess the structure of atherosclerosis, detecting high-risk plaques and predicting the risk of rupture. To sum up, it can be concluded that non-invasive coronary imaging is now firmly established in the diagnostic workup of coronary artery disease.

KIRJANDUS / REFERENCES

1. Amini M, Zayeri F, Salehi M. Trend analysis of cardiovascular disease mortality, incidence, and mortality-to-incidence ratio: results from global burden of disease study 2017. *BMC Public Health* 2021;21:401.
2. Budoff MJ, Lakshmanan S, Toth PP, et al. Cardiac CT angiography in current practice: An American society for preventive cardiology clinical practice statement. *Am J Prevent Cardiol* 2022;9:100318.
3. Serruys PW, Hara H, Garg S, et al. Coronary computed tomographic angiography for complete assessment of coronary artery disease. *Am College Cardiol* 2021;78:713–36.
4. Abdelrahman KM, Chen MY, Dey AK, et al. Coronary computed tomography angiography from clinical uses to emerging technologies. *Am College Cardiol* 2020;76:1226–43.
5. Poli FE, Gulsin GS, McCann GP, Burton JO, Graham-Brown MP. The assessment of coronary artery disease in patients with end-stage renal disease. *Clin Kidney J* 2019;12:721–34.
6. Nieman K, Cademartiri F, Lemos PA, Raaijmakers R, Pattynama PMT, de Feyter PJ. Reliable noninvasive coronary angiography with fast submillimeter multislice spiral computed tomography. *Circulation* 2002;106:2051–4.
7. Al'Aref SJ, Min JK. Cardiac CT: current practice and emerging applications. *Heart* 2019;105:1597–605.
8. Cademartiri F, Casolo G, Clemente A, et al. Coronary CT angiography: a guide to examination, interpretation, and clinical indications. *Ex Rev Cardiovasc Ther* 2021;19:413–25.
9. Knuuti J, Ballo H, Juarez-Orozco LE, et al. The performance of non-invasive tests to rule-in and rule-out significant coronary artery stenosis in patients with stable angina: a meta-analysis focused on post-test disease probability. *Eur Heart J* 2018;39:3322–30.

10. Moss AJ, Williams MC, Newby DE, Nicol ED. The Updated NICE Guidelines: Cardiac CT as the first-line test for coronary artery disease. *Curr Cardiovasc Imaging Rep* 2017;10:15.
11. Knuuti J. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes The Task Force for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *Russ J Cardiol* 2020;25:119–80.
12. Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, et al. 2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR Guideline for the evaluation and diagnosis of chest pain: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association joint committee on clinical practice guidelines. *Circulation* 2021;144.
13. Coronary CT angiography and 5-Year risk of myocardial infarction. *New Engl J Med* 2018;379:924–33.
14. Douglas PS, Hoffmann U, Patel MR, et al. Outcomes of anatomical versus functional testing for coronary artery disease. *New Engl J Med* 2015;372:1291–300.
15. Nørgaard BL, Terkelsen CJ, Mathiassen ON, et al. Coronary CT angiographic and flow reserve-guided management of patients with stable ischemic heart disease. *Am College Cardiol* 2018;72:2123–34.
16. Maurovich-Horvat P, Bossert M, Kofoed KF, et al. CT or invasive coronary angiography in stable chest pain. *New Engl J Med* 2022;386:1591–602.
17. Heseltine TD, Murray SW, Ruzsics B, Fisher M. Latest advances in cardiac CT. *Eur Cardiol* 2020;15:e01.
18. Cardoso R, Shaw LJ, Blumenthal RS, et al. Preventive cardiology advances in the 2021 AHA/ACC chest pain guideline. *Am J Prev Cardiol* 2022;11:100365.
19. Hecht HS, Blaha MJ, Kazerooni EA, et al. CAC-DRS: Coronary Artery Calcium Data and Reporting System. An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT). *J Cardiovasc Comp Tomograph* 2018;12:185–91.
20. Nasir K, Rubin J, Blaha MJ, et al. Interplay of coronary artery calcification and traditional risk factors for the prediction of all-cause mortality in asymptomatic individuals. *Circ Cardiovasc Imaging* 2012;5:467–73.
21. Carità P, Guaricci AI, Muscogiuri G, Carrabba N, Pontone G. Prognostic value and therapeutic perspectives of coronary CT angiography: a literature review. *BioMed Res Intern* 2018;2018:1–13.
22. Gulsin GS, McVeigh N, Leipsic JA, Dodd JD. Cardiovascular CT and MRI in 2020: Review of key articles. *Radiol* 2021;301:263–77.
23. Shaw LJ, Blankstein R, Bax JJ, et al. Society of Cardiovascular Computed Tomography / North American Society of Cardiovascular Imaging – expert consensus document on coronary ct imaging of atherosclerotic plaque. *J Cardiovasc Computed Tomograph* 2021;15:93–109.
24. Cho I, Chang HJ, Sung JM, et al. Coronary computed tomographic angiography and risk of all-cause mortality and nonfatal myocardial infarction in subjects without chest pain syndrome from the CONFIRM registry (Coronary CT Angiography Evaluation for Clinical Outcomes: An International Multicenter Registry). *Circulation* 2012;126:304–13.
25. Motoyama S, Ito H, Sarai M, et al. Plaque characterization by coronary computed tomography angiography and the likelihood of acute coronary events in mid-term follow-up. *J Am College Cardiol* 2015;66:337–46.
26. Saleh M, Ambrose JA. Understanding myocardial infarction. *F1000Research* 2018;7:1378.
27. Barbero U, Iannaccone M, d'Ascenzo F, et al. 64 slice-coronary computed tomography sensitivity and specificity in the evaluation of coronary artery bypass graft stenosis: A meta-analysis. *Int J Cardiol* 2016;216:52–7.
28. Narula J, Chandrasekhar Y, Ahmadi A, et al. SCCT 2021 expert consensus document on coronary computed tomographic angiography: a report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2021;15:192–217.
29. De Bruyne B, Pijls NHJ, Kalesan B, et al. Fractional flow reserve-guided pci versus medical therapy in stable coronary disease. *New Engl J Med* 2012;367:991–1001.
30. Parikh RV, Liu G, Plomondon ME, et al. Utilization and outcomes of measuring fractional flow reserve in patients with stable ischemic heart disease. *Am College Cardiol* 2020;75:409–19.
31. HeartFlow FFRCT Analysis, HeartFlow. Grand-challenge.org. 2022. //www.AlforRadiology.com/
32. Nørgaard BL, Gaur S, Fairbairn TA, et al. Prognostic value of coronary computed tomography angiographic derived fractional flow reserve: a systematic review and meta-analysis. *Heart* 2021;108:194–202.
33. Patel MR, Nørgaard BL, Fairbairn TA, et al. 1-Year Impact on Medical Practice and Clinical Outcomes of FFRCT. *JACC: Cardiovasc Im* 2020;13:97–105.
34. Branch KR, Haley RD, Bittencourt MS, Patel AR, Hulten E, Blankstein R. Myocardial computed tomography perfusion. *Cardiovasc Diagn Ther* 2017;7:452–62.
35. Lee WJ. Segmental Anatomy of Coronary Arteries. *Radiology* 2007;244:319–9.
36. Canan A, Ranganath P, Goerne H, Abbara S, Landeras L, Rajiah P. CAD-RADS: Pushing the limits. *RadioGraphics* 2020;40:629–52.
37. Cury RC, Leipsic J, Suhny Abbara, et al. CAD-RADSTM 2.0 – 2022 Coronary Artery Disease-Reporting and Data System. *Practice Guidelines* 2022;16:536–57.
38. Halpern EJ. Triple-Rule-Out CT Angiography for Evaluation of Acute Chest Pain and Possible Acute Coronary Syndrome. *Radiology* 2009;252:332–45.
39. Russo V, Sportoletti C, Scalas G, et al. The triple rule-out CT in acute chest pain: a challenge for emergency radiologists? *Emergency Radiology* 2021;28:735–42.

LÜHIDALT

Mittespetsiifilise nimme- ja kaelavalu raviks ei ole opioidid tõhusamad kui platseebo

Vähe on platseeboga kontrollitud uurimusi opioidide tõhususe kohta mittespetsiifilise nimme- ja kaelavalu korral. Siiski on paljudes ravijuhendites soovitatud sel puhul vaevuste efektiivsemaks leevendamiseks ordineerida opioide. Teadaolevalt kaasneb opoidide kasutamisega ravimisõltuvuse ja üledoseerimise risk.

Austraalia Sidney ülikoolis korraldatud kolmekordse pimenamisega ning platseeboga kontrollitud juhuslikustatud uuringus

OPAL hinnati opiaatide tõhusust võrreldes platseeboga ägeda mittespetsiifilise nimme- ja kaelavalu (või mõlema koosinemise) korral. Uuringusse kaasati 347 täiskasvanud patsienti (49% olid naised), kel ägedad vaevused olid kestnud kuni 12 nädalat. Ravimirühma kuulunud 174 patsienti said kahel korral päevas suu kaudu kuni 10 mg oksükodooni koos naloksooniga (opioidimürgistuse korral kasutatav ravim), platseeborühma kuulus 173 patsienti. Ravimit või platseebot manustati kuni 6 nädala vältel sõltuvalt vaevuste püsimisest. Ravitulemuseks ravi lõppedes peeti patsiendi hinnangut valu tugevusele (valuskoor) 10 punkti skaalal.

Kuuendal nädalal ravi algusest oli opioidirühma patsientide keskmine valuskoor 2,78 ja platseeborühmas 2,25. Vähemalt üks ravimi kõrvaltoime esines 31%-l opioidi- ja 30%-l platseeborühma patsientidest.

Autorite hinnangul ei ole uurimistulemuste alusel otstarbekas ordineerida opioide ägeda mittespetsiifilise nimme- ja kaelavalu korral ning nende kasutamist kirjeldatud seisundite raviks peaks oluliselt piirama.

REFEREERITUD:

Jones CMP, Day RO, Koes BW, et al. Opioid analgesia for acute low back pain and neck pain (the OPAL trial): a randomised placebo-controlled trial. *Lancet* 2023;402:304–12.