

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

17. Saha A, Balakrishnan KG, Jaiswal PK et al. Prognosis for patients with Eisenmenger syndrome of various aetiology. *Int J Cardiol* 1994;45:199-207.
18. Dimopoulos K, Diller GP, Koltzida E et al. Prevalence, predictors, and prognostic value of renal dysfunction in adults with congenital heart disease. *Circ* 2008;117:2320-8.
19. Flanagan MF, Hourihan M, Keane JF. Incidence of renal dysfunction in adults with cyanotic congenital heart disease. *Am J Cardiol* 1991;68:403-6.
20. Perloff JK, Latta H, Barsotti P. Pathogenesis of the glomerular abnormality in cyanotic congenital heart disease. *Am J Cardiol*. 2000;86:1198-204.
21. Vongpatanasin W, Brickner ME, Hillis LD et al. The Eisenmenger syndrome in adults. *Ann Intern Med* 1998;128:745-55.
22. Diller PG, Dimopoulos K, Broberg CS et al. Presentation, survival prospects, and predictors of death in Eisenmenger syndrome: a combined retrospective and case-control study. *Eur Heart J* 2006;27:1737-42.
23. Perloff JK, Rosove MH, Child JS et al. Adults with cyanotic congenital heart disease: hematologic management. *Ann Intern Med* 1988;109:406-13.
24. Galie N, Beghetti M, Gatzoulis MA et al. Bosentan randomized trial of endothelin antagonist therapy-5 (BREATHE-5) investigators. Bosentan therapy in patients with Eisenmenger syndrome: a multicenter, double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Circulation* 2006;114:48-54.
25. Hosenpud JD, Bennett LE, Keck BM et al. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: sixteenth official report – 1999. *J Heart Lung Transplant* 1999;18:611-26.
26. Burton CM, Milman N, Carlsen J et al. Copenhagen National Lung Transplant Group. Survival after single lung, double lung, and heart-lung transplantation. *J Heart Lung Transplant* 2005;24:1834-43.
27. Colman JM. Noncardiac surgery in adult congenital heart disease. I: Gatzoulis MA, Webb GD, Daubeney PEF. *Diagnosis and Management of adult congenital heart disease*. USA: Churchill Livingstone, 2003: 99-104.
28. Ammash NM, Connolly HM, Abel MD et al. Noncardiac surgery in Eisenmenger Syndrome. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:222-7.
29. Lovell AT. Anaesthetic implications of grown-up congenital heart disease. *Br J Anaesth* 2004;93:129-39.
30. Martin JT, Tautz TJ, Antognini JF. Safety of regional anesthesia in Eisenmenger's syndrome. *Region Anesth Pain M* 2002;27:509-13.
31. Jones HG, Stoneham MD. Continuous cervical plexus block for carotid body tumour excision in a patient with Eisenmenger's syndrome. *Anaesthesia* 2006;61:1214-8.
32. Deanfield J, Thaulow E, Warnes C et al. Management of grown up congenital heart disease. *Eur Heart J* 2003;24:1035-84.
33. Weiss BM, Zemp L, Seifert B et al. Outcome of pulmonary vascular disease in pregnancy: a systematic overview from 1978 through 1996. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:1650-7.
34. Avila WS, Grinberg M, Snitcovsky R et al. Maternal and fetal outcome in pregnant women with Eisenmenger's syndrome. *Eur Heart J* 1995;16:460-4.
35. Søndergaard L, Hedegaard M, Vejlsstrup NG et al. Graviditet og hjertesygdom. *Ugeskr Læger* 2003;165:3717.

Computertomografi af hjertet

Reservelæge Thomas Skårup Kristensen,
overlæge Klaus Fuglsang Kofoed, overlæge Peter von der Recke,
afdelingslæge Morten Bøttcher,
professor Michael Bachmann Nielsen &
overlæge Henning Kelbæk

Rigshospitalet, Radiologisk Klinik og Hjertemedicinsk Klinik,
Hvidovre Hospital, Hjerter- og Lungemedicinsk Afdeling, og
Aarhus Universitetshospital, Skejby, Hjertemedicinsk Afdeling B

Resume

Den seneste udvikling inden for computertomografi har gjort det muligt at foretage computertomografier af hjertets koronararterier (CT-KAG). Klinisk implementering af denne nye metode på danske sygehuse er allerede påbegyndt, efter de første udenlandske resultater er blevet publiceret. I denne oversigtsartikel beskrives metoden, og endvidere gennemgås foreliggende studier, som belyser den diagnostiske sikkerhed ved CT-KAG sammenlignet med konventionel koronarangiografi.

Koronar aterosklerotisk sygdom (CAD) er den hyppigste dødsårsag i den vestlige verden. Diagnosen stilles hyppigst ved koronarangiografi (KAG), hvor aterosklerotiske karlæsioner visualiseres ved indførelse af et kateter via arteria femoralis. Antallet af KAG-undersøgelser i Danmark er i løbet af de seneste fem år fordoblet. Således blev der i 2007 udført 25.899 undersøgelser [1]. I samme periode har andelen af patienter, hvor KAG-undersøgelsen viste behandlingskræ-

vende koronararteriesygdom, ligget konstant på omkring 60-65% [1]. KAG er en invasiv undersøgelsesmetode, som er forbundet med en lille men ikke negligerbar komplikationsrisiko [2]. Desuden er undersøgelsen resursekrævende og kræver

Computertomografi af hjertets koronararterier

Fordele

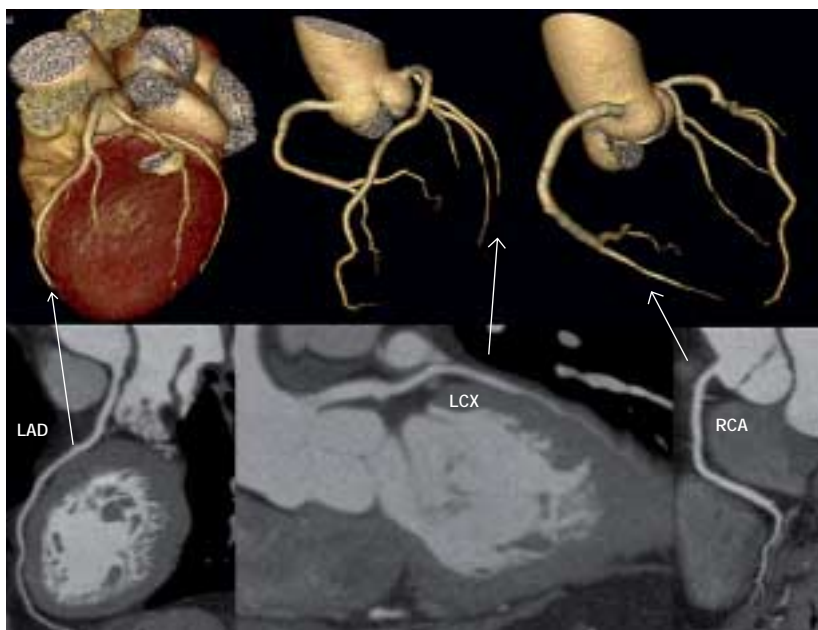
- Noninvasiv
- Kort proceduretids
- Ambulant undersøgelse
- Høj sensitivitet og negativ prædiktiv værdi sammenlignet med konventionel koronarangiografi
- Visualisering af *plaque*-morfologi og ikkestenoserende aterosklerotiske *plaques*
- Supplerende oplysninger om venstre ventrikels pumpefunktion og klappatologi

Ulemper

- Strålebelastning
- Regelmæssig og langsom hjerterytme ofte en forudsætning
- Nedsat diagnostisk styrke ved svære forkalkninger eller stenter
- Artefakter (*blooming*, bevægelse, vejtrækning, metalklips, ekstrasytoter)
- Ingen information om den funktionelle betydning af koronararteriestenoser
- Ikke mulighed for samtidig koronar revaskularisering

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

Figur 1. Øverst ses tredimensionelle rekonstruktioner af venstre koronararteries anteriore descenderende gren (LAD), ramus circumflex (LCX) samt højre koronararterie (RCA). Nederst ses de korresponderende lumbinale projektioner fremstillet med *curved multiplanar* reformatting. Der ses ingen tegn på aterosklerose.



indlæggelse med efterfølgende observation. En logistisk simpel, noninvasiv og ambulant tilgængelig metode vil muliggøre hurtigere udredning af hjertepatienter.

Computertomografi (CT) er en veletableret billedmodalitet på danske røntgenafdelinger og benyttes ved diagnostik inden for en lang række specialer. Efter introduktionen af den første multidetektor CT-skanner (MDCT) i 1998 er den teknologiske udvikling gået meget hurtig. Ved MDCT er flere detektorkæder placeret i patientens længdeakse, hvilket gør det muligt at danne flere billedskiver (*slices*) simultant. Dermed kan skanningen afvikles meget hurtigt og med meget tynde tomografiske snit. Betegnelsen MSCT (*multislice*-CT) og MDCT bruges synonymt i litteraturen. Computertomografi med henblik på visualisering af hjertets koronararterier vil i det følgende blive benævnt CT-KAG og være hovedfokus i denne oversigt.

Afgørende for billedkvaliteten i forbindelse med CT-KAG er såvel den temporale (tidsmæssige) som den spatiale (evnen til at visualisere små strukturer) billedopløsning. Med de første 4-*slice*-CT-skannere – og til dels også 16-*slice* – var hverken den temporale eller spatiale opløsning tilstrækkelig, og en betragtelig del af karsegmenterne var ikke mulige at evaluere.

I dag er markedsstandarden en såkaldt 64-*slice*-MDCT, og undersøgelse med denne skannertype kunne være et realistisk bud på et noninvasivt alternativ til konventionel KAG [3, 4].

Metode

Der blev foretaget søgning på MEDLINE i perioden januar 2002 til januar 2008 med MeSH-søgeordene: *computed to-*

graphy, coronary disease og *coronary angiography*. Studier, som omhandlede *plaque*-morforlogi, stenter, bypassgrafter, perfusion, hjerteklapper og pumpefunktion er udeladt. I alt 34 relevante engelsksprogede publikationer, der sammenligner CT-KAG med konventionel-KAG, blev fundet. Samtlige studier med 64-*slice*-CT og de otte største studier med 16-*slice*-CT er medtaget i denne oversigt. De nyeste oversigtsartikler på området er gennemgået for oversete studier, og tre metaanalyser blev identificeret [4, 13, 14]. Der var ingen relevante resultater ved søgning i Cochrane-databasen.

Hjerte-computertomografi-teknik

Med den seneste generation af MDCT-skannere (64-*slice*) er den spatiale opløsning kommet ned på 0,5 mm, mens den temporale opløsning ligger på 50-200 ms. På grund af hjertets bevægelse er såkaldt EKG-*gating* dog nødvendig. Ved EKG-*gating* registreres patientens hjerterytme under skanningen, og efterfølgende kan billedskiver svarende til et givet tidspunkt i hjertecyklus rekonstrueres og fusioneres. Typisk rekonstrueres billederne i midtdiastole, hvor hjertet er i sin isovolumetriske fyldningsfase, og hvor bevægelsen er minimal. Ved uregelmæssig hjerterytme vil billedskiverne fra de enkelte hjerteslag dog ikke passe sammen, og billedkvaliteten vil derfor forringes i form af båndartefakter og sløring. Derfor bør kun patienter med stabil hjerterytme skannes.

Som udgangspunkt fås bedre billedkvalitet jo langsommere hjerterefrekvensen er. Ved en puls over 65-70 slag pr. minut er den temporale opløsning ikke tilstrækkelig høj, hvorved karkanterne sløres og eventuelt dobbeltkontureres. Præmedicinering med betablokker kan derfor være nødvendig.

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

CT-KAG kan gennemføres ambulantly, tager 20-30 minutter og omfatter anlæggelse af venflon, montering af elektroder til elektrokardiogram (EKG), vejtrækningsøvelser, måling af calciumscore og selve CT-angiografien, som varer 10-15 sekunder. Dertil kommer eventuel patientforberedelse med præmedicinering, samt efterfølgende databehandling. Sublingual nitroglycerin forud for undersøgelsen kan benyttes for at opnå maksimal dilatation af koronararterierne.

Patienterne skannes med iodholdig røntgenkontrast for at fremstille karlumen. Indikationen for undersøgelsen skal afvejes mod eventuelle risici for patienter med nedsat nyrefunktion i henhold til gældende retningslinjer for brug af intravenøs røntgenkontrast.

Billedanalyse

Billedanalysen foregår på en arbejdsstation med dedikeret software og vil typisk omfatte aksiale billedsnit i kombination med skrå og kurvede multiplanare rekonstruktioner gennem koronararterierne. Tredimensionelle rekonstruktioner er velegnede til at få overblik over koronar anatomien (Figur 1). Funktioner som automatisk *vessel tracking*, kantdetektion og kvantitativ stenosegradering er blevet almindelige i de fleste softwarepakker og har gjort evalueringen af koronararterierne hurtigere (Figur 2).

Ud over visualisering af det kontrastfyldte lumen giver CT-KAG også oplysninger om karvæggen og *plaque*-morfologien. Ikkestenoserende *plaques* og remodellering af karvæggen kan identificeres, ligesom eventuelle *plaques* kan karakteriseres som værende overvejende lipidholdige, fibrose eller kalcificerede (Figur 2). De kliniske implikationer af en sådan opdeling er dog fortsat uafklarede.

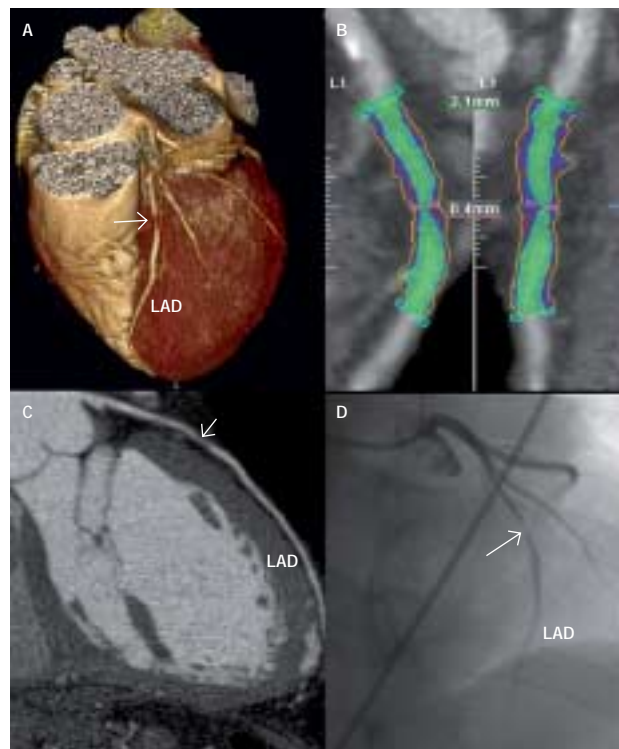
Ved rekonstruktion med små tidsintervaller gennem en hel hjertecyklus er det endvidere muligt at estimere venstre ventrikels uddrivningsfraktion samt at vurdere regionale forskelle i myokardiets kontraktion [5].

Endelig er det muligt at vurdere eventuel ekstrakardiel patologi i de medskannede områder [6].

Stråledosis

Stråledosis ved CT-KAG ligger typisk mellem 15 og 21 mSv, mens brug af EKG-modulering (dosisreduktion i startystole og slutdiastole) kan reducere dosis til 9-14 mSv [7]. Den potentielle cancerisiko i forbindelse med røntgenundersøgelser er skønnet til 1 ud af 2.000 for en stråledosis på 10 mSv [7]. Til sammenligning giver en diagnostisk KAG 2-6 mSv og en almindelig CT af thorax 5-7 mSv. Risikoen ved CT-KAG må dog generelt anses for lavere end den samlede risiko for patienten ved invasiv KAG.

I øjeblikket arbejdes der på at reducere stråledosis, og teknikker som prospektiv *gating*, hvor hjertet kun bestråles i en begrænset del af hjertecyklus, ventes at kunne nedbringe stråledosis [8]. En nyligt introduceret 320-*slice*-CT-scanner ventes ligeledes at kunne reducere stråledosis betydeligt,



Figur 2. A. 3D-rekonstruktion viser signifikant stenose på midterste del af venstre koronararteries anteriore descenderende gren (midt-LAD). B. *Plaque-imaging* viser et overvejende lipofibrøst *plaque* (blå og rød farve). Lumen er indikeret med grøn farve. Den ydre karvæg er markeret med gule linjer. C. *Curved multi-planar reformatting*. D. Konventionel koronarangiografi på samme patient.

idet hele hjertet kan dækkes ved én rotation og ét hjerteslag.

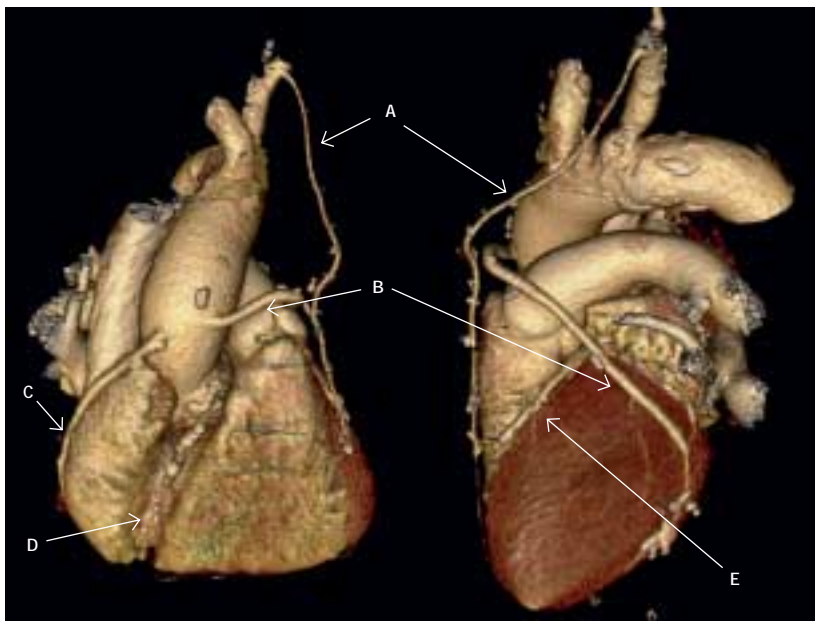
Begrænsninger

De væsentligste begrænsninger er kravet om stabil hjerterytme og strålebelastningen. Dertil kommer dårlig billedkvalitet på grund af lille kardiameter eller udbredte forkalkninger. Omkring svære forkalkninger ses ofte *blooming*, som er et CT-artefakt, hvor meget røntgenfaste strukturer (kalk eller metal) sløres i kanterne og på CT-billeder fremtræder forstørret. Hos patienter med et meget højt kalkindhold i koronararterierne vil man således have tendens til at vurdere lumen til at være mindre end det er, hvilket svækker undersøgelsens specificitet. Hos patienter med stenter kan *blooming* på samme måde volde problemer, og visualisering af lumen afhænger af stenttype og størrelse. *Cardematiari et al* [9] har for nyligt dokumenteret en høj diagnostisk sikkerhed ved *in-stent* restenose i stenter, der var større end 2,5 mm, men indtil videre skal CT-KAG vurderes med forsigtighed i forbindelse med *in-stent* restenose-problemstillinger.

Tilsvarende problemer gør sig gældende ved tidligere bypassopererede patienter (metalklips, lille kardiameter ved anastomoserne og udbredte forkalkninger af de genuine kar). Nylige studier har dog også her vist en høj diagnostisk sikker-

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

Figur 3. Computertomografier af hjertets koronararterier efter bypassoperation med en arteriegraft og to vene-grafter. Figuren viser en lateral og en anterior pro-
 tion af hjertet og arcus aorta. A. Arteriel anastomose fra arteria subclavia til venstre koronararteries anteriore descenderende gren (LAD). B. Venegraft til ramus circumflex-gebetet. C. Venegraft til højre koronararterie. D. Højre koronararterie. E. LAD.



hed [10], og specielt ved problemstillinger, hvor det kun drejer sig om visualisering af bypassgrafter, vil metoden være velegnet (Figur 3).

Koronar calciumscore

Koronar calciumscore er en skanningsmetode, som oprindeligt er udviklet til detektion og kvantificering af koronararteriekalkifikation hos asymptomatiske individer. Undersøgelsen udføres uden kontraststof og med en væsentlig lavere stråledosis end CT-KAG (1-2 mSv). Undersøgelsen kan kombineres med CT-KAG og indgå i den samlede vurdering, men kan aldrig stå alene i vurderingen af patienter med symptomer, idet undersøgelsen ikke siger noget om graden af luminal forsnævring.

Det er i flere studier vist, at koronar calciumscore er en stærk prædikator for kardiovaskulære hændelser, uafhængigt af de traditionelle risikofaktorer som diabetes, alder, køn, rygning, hypertension og hyperkolesterolemie [11, 12]. Det er fortsat uafklaret, i hvilket omfang disse observationer vil kunne få betydning for klinisk praksis.

Diagnostisk sikkerhed

Resultatet af ovenstående litteratursøgning er illustreret i Tabel 1 [15-37]. Den diagnostiske sikkerhed for identifikation af hæmodynamisk betydende koronararteriestenoser (diameterstenose > 50%) er i alle studier opgjort ved direkte sammenligning med konventionel KAG for hvert koronararteriesegment. I flere tilfælde er den diagnostiske sikkerhed også angivet på patientniveau – det vil sige evnen til at klassificere en patient som værende syg uanset antal og lokalisation af stenoser. Enkelte studier har vurderet samtlige segmenter uanset billedkvalitet og størrelse, mens andre har ekskluderet segmenter med dårlig billedkvalitet eller en kardiameter under 1,5-2,0 mm.

I de studier, hvor der er foretaget interobservatørundersøgelse, er der i Tabel 1 angivet en kappaværdi som mål for overensstemmelsen mellem de to observatører. Interobservatør-overensstemmelsen er generelt god, med kappaværdier i intervallet 0,61-0,80.

De fleste studier er foretaget på konsekutive patienter, som var henvist til KAG, og inkluderer således patienter med en intermediær til høj prætestandsynlighed for CAD. Prætestandsynligheden vurderes ud fra typen af symptomer, alder, køn og risikofaktorer. Brystsmerter kan klassificeres som typisk angina (retrosternale smerter/ubehag der udløses af fysisk anstrengelse eller psykisk stress, og som forsvinder ved hvile og/eller nitroglycerin), atypisk angina (brystsmerter som mangler en af førnævnte karakteristika) eller uspecifikke brystsmerter (kun en eller ingen af førstnævnte karakteristika). Patienter med typisk angina vil altid have intermediær til høj prætestandsynlighed for signifikant CAD, mens prætestandsynligheden hos patienter med atypiske eller uspecifikke brystsmerter vil afhænge af alder, køn og risikofaktorer.

Prævalensen af signifikante stenoser i de foreliggende studier er således relativt høj og ligger i gennemsnit på 66% på patientniveau og 12% på segmentniveau.

Overordnet ses en højere diagnostisk sikkerhed og andel af evaluerbare segmenter ved overgang fra 16-slice til 64-slice. Ved opgørelse segment for segment ses en moderat til høj sensitivitet og en konsistent høj specificitet. Det skal dog bemærkes, at prævalensen af signifikante stenoser er noget lavere ved denne type opgørelse, hvor en stor del af specielt de mindre distale segmenter vil blive tolket som værende normale. Den klinisk mere relevante opgørelse på patientniveau viser en højere sensitivitet, mens specificiteten til gengæld er noget lavere i disse højprævalensgrupper, hvor forekomsten af ud-

VIDENSKAB OG PRAKSIS | OVERSIGTSARTIKEL

Tabel 1. Oversigt over litteratursøgning med angivelse af skannertype, patientantal og -type, diagnostisk sikkerhed på segment- og patientniveau samt interobservervariationen angivet som kappa-værdi.

År	Reference	Patienter, n	Patienttype	Evaluerbare segmenter, %	Analyse pr segment, %					Analyse pr. patient, %					Inter-obs. (kappa)
					lens	præva-sens.	spec.	PPV	NPV	præva-lens	sens.	spec.	PPV	NPV	
<i>16-slice</i>															
2002	<i>Kopp et al</i> ^a [19]	102	Mistanke om CAD	100	NA	86	96	81	98	80	NA	NA	NA	NA	0,75
				100	NA	93	97	81	99						
2003	<i>Ropers et al</i> [35]	77	Mistanke om CAD	88	NA	92	93	79	97	53	NA	NA	NA	NA	NA
2004	<i>Kuettner et al</i> [20]	60	Mistanke om CAD	79	10	72	97	72	97	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2004	<i>Mollet et al</i> [27]	128	Stabil angina	100	17	92	95	79	98	83	100	86	97	100	0,71
2004	<i>Martuscelli et al</i> [24]	64	Mistanke om CAD	84	14	89	98	87	99	NA	NA	NA	NA	NA	0,76
2005	<i>Hoffmann et al</i> [18]	103	Mistanke om CAD	94	11	95	98	87	99	56	97	87	90	95	NA
2005	<i>Kuettner et al</i> [21]	72	Mistanke om CAD	93	13	82	98	87	97	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>16/64-slice</i>															
2007	<i>Hausleiter et al</i> [17]	243	Intermediær PS	90 ^b	10	95	90	50	99	42	99	75	74	99	0,76
<i>64-slice</i>															
2005	<i>Leber et al</i> [22]	55	Stabil angina	97	9	73	97	NA	NA	42	88	85	NA	NA	NA
2005	<i>Leschka et al</i> [23]	67	Mistanke om CAD	100	18	94	97	87	99	70	100	100	100	100	0,95
2005	<i>Raff et al</i> [34]	70	Mistanke om CAD	88	9	86	95	66	98	57	95	90	93	93	NA
2005	<i>Mollet et al</i> [28]	52	Mistanke om CAD	100	NA	99	95	76	99	75	100	92	97	100	0,73
2006	<i>Pugliese et al</i> [33]	35	Stabil angina	100	14	99	96	78	99	71	100	90	96	100	0,73
2006	<i>Fine et al</i> [16]	66	Mistanke om CAD	94	NA	95	96	97	92	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2006	<i>Ropers et al</i> [36]	84	Mistanke om CAD	96	4	93	97	56	100	31	96	91	NA	NA	NA
2006	<i>Schuijff et al</i> [37]	61	Mistanke om CAD	99	9	85	98	82	99	52	94	97	97	93	NA
2006	<i>Ehara et al</i> [15]	69	Mistanke om CAD	92	34	90	94	89	98	88	98	86	98	86	0,95
2006	<i>Nikolaou et al</i> [30]	72	Mistanke om CAD	94	12	82	86	95	97	57	97	79	NA	96	0,81
2007	<i>Muhlenbruch et al</i> [29]	51	Stabil angina	95	14	87	95	75	98	88	98	50	94	75	0,56
2006	<i>Ong et al</i> [32]	68	Stabil angina (lav CS)	94	10	85	98	77	99	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		66	Stabil angina (høj CS)	87	23	79	93	79	94	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2007	<i>Oncel et al</i> [31]	80	Mistanke om CAD	100	13	96	98	91	99	78	100	100	100	100	NA
2007	<i>Meijboom et al</i> [26]	105	Høj PS	100	NA	90	90	56	98	78	98	74	93	89	NA
		83	Intermediær PS	100	NA	87	95	46	99	39	100	84	80	100	NA
		66	Lav PS	100	NA	73	99	59	99	18	96	88	65	95	NA
2007	<i>Meijboom et al</i> [25]	104	NSTEMI	100	13	92	91	60	99	85	100	75	96	100	NA

Sens. = sensitivitet; Spec. = specificitet; PPV = positiv prædiktiv værdi; NPV = negativ prædiktiv værdi; CAD = *coronary artery disease*; CS = kalcium-score; PS = prætestandsynlighed; NSTEMI = nonST-elevationsmyokardieinfarkt; NA = ikke angivet. a) To observatører angivet. b) Ikke evaluerbare segmenter er klassificeret som syge.

brede forkalkninger må formodes at have været høj. En nyligt offentliggjort metaanalyse [13] med gennemgang af studier med både 16-*slice*- og 64-*slice*-CT viste en gennemsnitlig sensitivitet og specificitet på henholdsvis 81% og 93% på segmentniveau, mens sensitivitet og specificitet var henholdsvis 96% og 74% på patientniveau. *Abdulla et al* [4] påviste en lidt højere sensitivitet og specificitet i en metaanalyse af studier, der udelukkende omfattede 64-*slice*-CT. Vigtigst var en høj negativ prædiktiv værdi (96,5%) uanset analysemetode, hvilket indikerer, at metoden formentlig vil være velegnet til at udelukke CAD.

Diskussion

CT-KAG må generelt siges at være en robust metode, der potentielt kan få en vigtig plads i udredningen af patienter, der er mistænkt for CAD. Enkelte forbehold over for de angivne resultater af den diagnostiske sikkerhed i Tabel 1 må dog anføres. Studierne er udført som enkeltcenterstudier på steder med høj ekspertise i CT-KAG, og eksklusion af ikke-evaluerbare karsegmenter (på grund af bevægeartefakter, udbredte forkalkninger eller lille kardiameter) har hyppigt fundet sted og tenderer til en favorisering af CT-KAG. Endelig er

de i Tabel 1 anførte studier som tidligere nævnt udført på patienter, der allerede var henvist til KAG, og de omfatter således næsten udelukkende patienter med en intermediær til høj prætestandsynlighed. Den diagnostiske sikkerhed kan derfor ikke umiddelbart overføres til patienter med lav prætestandsynlighed for CAD. *Meijboom et al* [26] undersøgte den diagnostiske sikkerhed i tre grupper med forskellig prætestandsynlighed. Der blev ikke fundet forskel i sensitivitet mellem grupperne, men der var en signifikant højere specificitet hos patienter med lav prætestandsynlighed. Dette kan umiddelbart forklares med en øget forekomst af svære forkalkninger i gruppen med høj prætestandsynlighed.

Trods de mange studier foreligger der endnu kun få data vedrørende den kliniske brug af metoden og dens endelige plads i udredningsalgoritmen (for eksempel brug af arbejdstest eller myokardieskintigrafi i forhold til CT-KAG). Den diagnostiske sikkerhed i forskellige patientpopulationer indtelt efter især prætestandsynlighed for CAD skal belyses bedre, og *risk-benefit*-analyser ved implementering af undersøgelsen mangler fortsat. Endelig mangler der randomiserede prospektive studier, som dokumenterer de kliniske og prognostiske fordele ved undersøgelsen.

Hvem skal skannes?

CT-KAG indebærer brug af ioniserende stråling og intravenøs kontrast, og undersøgelsens diagnostiske gevinst skal derfor opveje de risici, der er forbundet med dette. Det vil sige, at kun patienter med symptomer bør have udført CT-KAG. Endvidere er CT-KAG ikke lige velegnet i alle patientgrupper, og det er derfor vigtigt samtidigt at vurdere patientens prætest sandsynlighed for CAD.

Den diagnostiske gevinst ved CT-KAG hos patienter med høj prætest sandsynlighed for CAD er ret begrænset. Prævalensen af behandlingskrævende CAD er høj, og den noget lavere specificitet i denne gruppe, der ofte har meget udbredte forkalkninger, gør, at behandling og diagnostik ikke bør forsinkes af en CT-KAG. Det samme synes at gøre sig gældende hos patienter, der tidligere er bypassopererede eller stent-behandlede, eller hvor der er fundet en meget høj calciumscore (på en tidligere skanning eller umiddelbart forud for CT-KAG).

Hos patienter med lav prætest sandsynlighed for CAD har CT-KAG en høj negativ prædiktiv værdi, men den lave sygdomsprævalens og den relativt høje strålebelastning gør, at man må være mere tilbageholdende i denne gruppe. Lavdosis-CT-KAG (256/320-slice-CT, prospektiv EKG-gating) kan dog i fremtiden vise sig at være velegnet til netop denne gruppe. Tilbage bliver gruppen af patienter med en intermediær prætest sandsynlighed for CAD. Her vil en CT-KAG med stor sikkerhed kunne udelukke behandlingskrævende CAD hos en betragtelig del af patienterne og dermed spare disse for en invasiv undersøgelse.

I de seneste amerikanske og europæiske kliniske retningslinjer vedrørende indikationer for hjerte-CT [3, 38, 39] konkluderes det, at CT-KAG på nuværende tidspunkt er bedst egnet til patienter med stabil/atypisk angina og intermediær prætest sandsynlighed for CAD. Det skal dog bemærkes, at der i *American Heart Associations* (AHAs) kliniske retningslinjer fra 2006 [38] også lægges op til brug af CT-KAG hos patienter med lav prætest sandsynlighed.

Dansk Cardiologisk Selskab har i samarbejde med Dansk Radiologisk Selskab netop offentliggjort et holdningspapir med danske retningslinjer for CT-KAG, som løbende vil blive opdateret (www.cardio.dk).

Konklusion

CT-KAG er et lovende nyt noninvasivt alternativ/supplement til konventionel KAG. Den endelige plads i udredningsalgoritmen for CAD er endnu ikke fuldt belyst. Foreløbige resultater har vist en høj diagnostisk sikkerhed i selekterede patientgrupper – især hvad angår sensitivitet og negativ prædiktiv værdi. Metoden synes velegnet hos patienter med stabil angina og/eller intermediær prætest sandsynlighed for CAD.

Antaget: 28. juli 2008
Interessekonflikter: Ingen

Litteratur

1. Dansk Hjerteregister, www.dhreg.dk (1. februar 2008).
2. Noto TJ, Jr., Johnson LW, Krone R et al. Cardiac catheterization 1990: a report of the Registry of the Society for Cardiac Angiography and Interventions (SCA&I). *Cathet Cardiovasc Diagn* 1991;24:75-83.
3. Schroeder S, Achenbach S, Bengel F et al. Cardiac computed tomography: indications, applications, limitations, and training requirements: Report of a writing group deployed by the Working Group Nuclear Cardiology and Cardiac CT of the European Society of Cardiology and the European Council of Nuclear Cardiology. *Eur Heart J* 2008 29:531-56.
4. Abdulla J, Abildstrom SZ, Gotzsche O et al. 64-multislice detector computed tomography coronary angiography as potential alternative to conventional coronary angiography: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J* 2007;28:3042-50.
5. Juergens KU, Fischbach R. Left ventricular function studied with MDCT. *Eur Radiol* 2006;16:342-57.
6. Onuma Y, Tanabe K, Nakazawa G et al. Noncardiac findings in cardiac imaging with multidetector computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:402-6.
7. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA* 2007;298:317-23.
8. Husmann L, Valenta I, Gaemperli O et al. Feasibility of low-dose coronary CT angiography: first experience with prospective ECG-gating. *Eur Heart J* 2008;29:191-7.
9. Cademartiri F, Schuijff JD, Pugliese F et al. Usefulness of 64-slice multislice computed tomography coronary angiography to assess in-stent restenosis. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:2204-10.
10. Jones CM, Athanasiou T, Dunne N et al. Multi-detector computed tomography in coronary artery bypass graft assessment: a meta-analysis. *Ann Thorac Surg* 2007;83:341-8.
11. Shaw LJ, Raggi P, Schisterman E et al. Prognostic value of cardiac risk factors and coronary artery calcium screening for all-cause mortality. *Radiology* 2003;228:826-33.
12. Greenland P, LaBree L, Azen SP et al. Coronary artery calcium score combined with Framingham score for risk prediction in asymptomatic individuals. *JAMA* 2004;291:210-5.
13. Hamon M, Biondi-Zoccai GG, Malagutti P et al. Diagnostic performance of multislice spiral computed tomography of coronary arteries as compared with conventional invasive coronary angiography: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1896-910.
14. Schuijff JD, Bax JJ, Shaw LJ et al. Meta-analysis of comparative diagnostic performance of magnetic resonance imaging and multislice computed tomography for noninvasive coronary angiography. *Am Heart J* 2006;151:404-11.
15. Ehara M, Surmely JF, Kawai M et al. Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography for detecting angiographically significant coronary artery stenosis in an unselected consecutive patient population: comparison with conventional invasive angiography. *Circ J* 2006;70:564-71.
16. Fine JJ, Hopkins CB, Ruff N et al. Comparison of accuracy of 64-slice cardiovascular computed tomography with coronary angiography in patients with suspected coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2006;97:173-4.
17. Hausleiter J, Meyer T, Hadamitzky M et al. Non-invasive coronary computed tomographic angiography for patients with suspected coronary artery disease: the coronary angiography by computed tomography with the use of a submillimeter resolution (CACTUS) trial. *Eur Heart J* 2007;28:3034-41.
18. Hoffmann MH, Shi H, Schmitz BL et al. Noninvasive coronary angiography with multislice computed tomography. *JAMA* 2005;293:2471-8.
19. Kopp AF, Schroeder S, Kuettner A et al. Non-invasive coronary angiography with high resolution multidetector-row computed tomography. Results in 102 patients. *Eur Heart J* 2002;23:1714-25.
20. Kuettner A, Trabold T, Schroeder S et al. Noninvasive detection of coronary lesions using 16-detector multislice spiral computed tomography technology: initial clinical results. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:1230-7.
21. Kuettner A, Beck T, Drosch T et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary imaging using 16-detector slice spiral computed tomography with 188 ms temporal resolution. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:123-7.
22. Leber AW, Knez A, von Ziegler F et al. Quantification of obstructive and non-obstructive coronary lesions by 64-slice computed tomography: a comparative study with quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:147-54.
23. Leschka S, Alkadhi H, Plass A et al. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J* 2005;26:1482-7.
24. Martuscelli E, Romagnoli A, D'Eliseo A et al. Accuracy of thin-slice computed tomography in the detection of coronary stenoses. *Eur Heart J* 2004;25:1043-8.

VIDENSKAB OG PRAKSIS | ORIGINALARTIKEL

25. Meijboom WB, Mollet NR, van Mieghem CA et al. 64-Slice CT coronary angiography in patients with non-ST elevation acute coronary syndrome. *Heart* 2007;93:1386-92.
26. Meijboom WB, van Mieghem CA, Mollet NR et al. 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with high, intermediate, or low pretest probability of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007;50:1469-75.
27. Mollet NR, Cademartiri F, Nieman K et al. Multislice spiral computed tomography coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:2265-70.
28. Mollet NR, Cademartiri F, van Mieghem CA et al. High-resolution spiral computed tomography coronary angiography in patients referred for diagnostic conventional coronary angiography. *Circulation* 2005;112:2318-23.
29. Muhlenbruch G, Seyfarth T, Soo CS et al. Diagnostic value of 64-slice multi-detector row cardiac CTA in symptomatic patients. *Eur Radiol* 2007;17:603-9.
30. Nikolaou K, Knez A, Rist C et al. Accuracy of 64-MDCT in the diagnosis of ischemic heart disease. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:111-7.
31. Oncel D, Oncel G, Tastan A et al. Detection of significant coronary artery stenosis with 64-section MDCT angiography. *Eur J Radiol* 2007;62:394-405.
32. Ong TK, Chin SP, Liew CK et al. Accuracy of 64-row multidetector computed tomography in detecting coronary artery disease in 134 symptomatic patients: influence of calcification. *Am Heart J* 2006;151:1323-6.
33. Pugliese F, Mollet NR, Runza G et al. Diagnostic accuracy of non-invasive 64-slice CT coronary angiography in patients with stable angina pectoris. *Eur Radiol* 2006;16:575-82.
34. Raff GL, Gallagher MJ, O'Neill WW et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography using 64-slice spiral computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005;46:552-7.
35. Ropers D, Baum U, Pohle K et al. Detection of coronary artery stenoses with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction. *Circulation* 2003;107:664-6.
36. Ropers D, Rixe J, Anders K et al. Usefulness of multidetector row spiral computed tomography with 64- x 0.6-mm collimation and 330-ms rotation for the noninvasive detection of significant coronary artery stenoses. *Am J Cardiol* 2006;97:343-8.
37. Schuijff JD, Pundziute G, Jukema JW et al. Diagnostic accuracy of 64-slice multislice computed tomography in the noninvasive evaluation of significant coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2006;98:145-8.
38. Budoff MJ, Achenbach S, Blumenthal RS et al. Assessment of coronary artery disease by cardiac computed tomography: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention, Council on Cardiovascular Radiology and Intervention, and Committee on Cardiac Imaging, Council on Clinical Cardiology. *Circulation* 2006;114:1761-91.
39. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol* 2006;48:1475-97.

Endoventrikulær venstre ventrikel-rekonstruktion til behandling af hjerteinsufficiens

Reservelæge Jonas Amstrup Funder, overlæge Kaj-Erik Klaaborg, overlæge Henrik Egeblad, overlæge Henning Mølgaard, overlæge Steen Hvitfeldt Poulsen, overlæge Erik Sloth & overlæge Per Wierup

Århus Universitetshospital, Skejby, Hjerte-lunge-kirurgisk Afdeling, Hjertemedicinsk Afdeling og Anæstesiologisk-intensiv Afdeling

Resume

Introduktion: Kirurgisk venstre ventrikelrekonstruktion med aneurismeresektion er en mulig behandling for patienter med svær hjerteinsufficiens og ledsagende aneurisme. Målet med denne artikel er at beskrive behandlingen på Århus Universitetshospital, Skejby.

Materiale og metoder: Fra januar 2002 til oktober 2007 fik 26 patienter (23 mænd) med en medianalder på 64 år (47-74 år) foretaget venstre ventrikelrekonstruktion med aneurismeresektion. Enogtve patienter var i *New York Heart Association* (NYHA)-klasse III-IV trods optimeret medicinsk behandling af hjerteinsufficiens. Venstre ventrikels mediane uddrivningsfraktion var præoperativt 27% (13-38%). Data blev indsamlet retrospektivt.

Resultater: Toogtve patienter (85%) fik samtidig udført andre procedurer – hyppigst koronar bypass – 96% overlevede i hele opfølgingsperioden, der mediant varede 392 dage (1-1.777). Den mediane venstre ventrikels uddrivningsfraktion (EF) målt

inden for de første to år efter operationen var steget til 35% (18-53%) ($p < 0,05$). Ved slutningen af opfølgingsperioden var 20 patienter i NYHA klasse I-II ($p < 0,05$).

Konklusion: Disse data viser, at kirurgisk venstre ventrikelrekonstruktion er en anvendelig metode til behandling af aneurisembetinget hjerteinsufficiens. Behandlingen havde i vor selekterede patientgruppe god effekt med bedring af EF og funktionsklasse, og operationen var forbundet med lav mortalitet.

Udvikling af venstre ventrikulæneaurisme er en alvorlig senkomplikation til akut myokardieinfarkt (AMI). Aneurismedannelse kan medføre tromboemboliske komplikationer, ventrikulær takykardi og hjerteinsufficiens [1]. Trods optimal medicinsk behandling og mulighed for koronar revaskularisering kan der hos en del patienter udvikles svær hjerteinsufficiens. Disse patienter er ikke sjældent kandidater til hjertetransplantation, men udbuddet af donorhjerter er begrænset, ligesom mange patienter er mindre egnede hertil f.eks. pga. nyreinsufficiens eller høj alder. Kirurgisk venstre ventrikelrekonstruktion med aneurismeresektion er en mulighed for at bedre hjertets pumpefunktion og derved undgå eller udskyde terminalt hjertesvigt [2-5].

Formålet med dette retrospektive studie er at beskrive me-