

Angiografi med 64-kanalers CT ved mistenkt stabil koronarsykdom

Sammendrag

Bakgrunn. Invasiv koronar angiografi er gullstandarden for anatomisk diagnostikk av koronarsykdom. CT-angiografi er et ikke-invasivt alternativ som er mer tilgjengelig og mindre ressurskrevende. Tidligere norske studieresultater med 16-detektorradars CT har vært mer skuffende enn resultatene i utenlandske rapporter. Bedre bildeoppløsning har gitt forhåpninger om økt diagnostisk treffsikkerhet, men før metoden kan tas i regulær bruk anså vi det som nødvendig med en ny lokal vurdering av nytteverdien.

Materiale og metode. Pasienter med mistenkt stabil koronarsykdom henvist til invasiv koronar angiografi ble først undersøkt med 64-detektorradars CT-angiografi. Ved atrieflimmer og tidligere bypassoperasjon ble pasienten ikke inkludert. Etter eksklusjon av tre pasienter med mislykkede undersøkelser og 13 pasienter med kalsiumskår ≥ 800 inngikk 88 pasienter i materialet. Metodens evne til å påvise/utelukke diameterstenoser $\geq 50\%$ i koronarsegment ≥ 2 mm (uten stent) ble undersøkt.

Resultater. Når 4% ikke-tolkbare segmenter ble regnet som stenotiske, var sensitivitet, spesifisitet og positiv og negativ prediktiv verdi henholdsvis 97%, 78%, 77% og 98% på pasientnivå. Ved hjelp av CT-angiografi fant man korrekt at 39 av 50 pasienter var uten signifikante stenoser, men stenosegraden ble overvurdert hos 11.

Fortolkning. 64 detektorradars CT-angiografi egner seg best til å utelukke obstruktiv koronarsykdom hos personer med intermediær sykdomsrisiko. Få pasienter med signifikant koronarsykdom overses, men falskt positive funn vil utgjøre et problem i lavrisiko-populasjoner.

Bjørn Arild Halvorsen
bjorn.arild.halvorsen@so-hf.no
Medisinsk avdeling
Sykehuset Østfold Moss
1535 Moss

Olaf Rødevand
Kardiologisk avdeling
Feiringklinikken

Gaute Hagen*
Espen Herud
Radiologisk avdeling

Wojciech Mielczarek
Medisinsk avdeling
Sykehuset Østfold Moss

Per Mølstad
Kardiologisk avdeling
Feiringklinikken

* Nåværende adresse:
Bilde- og Intervensjonsklinikken, Rikshospitalet
0027 Oslo

Referansemetoden for anatomisk diagnostikk av koronarsykdom er invasiv koronar angiografi, men undersøkelsen er ressurskrevende og utføres kun ved et fåtall større sykehus i Norge. Omkring 40% av prosedyrene leder i dag til at man utelukker koronarsykdom eller til fortsatt råd om medisinsk behandling (personlig meddelelse, Per Mølstad, Feiringklinikken, 2006). Koronar CT-angiografi (CTA) er foreslått som et alternativ der det er symptomer, men moderat risiko for obstruktiv koronarsykdom (1). Metoden er ikke-invasiv, billigere og tilgjengelig også ved mindre sykehus. Erfaringer fra store universitetsklinikker i utlandet har vist tilfredsstillende overensstemmelse mellom CTA-resultater og resultater av invasiv koronar angiografi, men i to studier med 16-detektorradars koronar CT-angiografi fra lokalsykehus i Norge samt den eneste internasjonale multisentertstudien med blindet ekstern vurdering av stenosegrad ble det konkludert med begrenset diagnostisk treffsikkerhet (2–4). Den teknologiske utviklingen, med bl.a. kortere rotasjonstid og flere detektorrader, gir bedre bildekvalitet ved CT-angiografi av koronarkar, og CT med 64 detektorrader er nå den mest aktuelle teknologien. Igjen er det publisert imponerende gode resultater fra enkeltsentertstudier med slikt utstyr (5–7). Både mulig skjevhet i publikasjonsseleksjonen og usikkerhet rundt hvordan metoden fungerer ved et senter der man ikke har muligheter til løpende kontroll med invasiv koronar angiografi gjorde at vi fant det viktig å foreta en

egen vurdering av metodens nytteverdi i et norsk lokalsykehus.

Materiale og metode

Personer med mistenkt stabil koronarsykdom og klinisk indikasjon for invasiv utredning ble først undersøkt med 64-detektorradars koronar CT-angiografi ved Sykehuset Østfold Moss. Alle pasienter henvist til invasiv koronar angiografi fra tre sykehuspoliklinikker og fire privatpraktiserende kardiologer i Østfold ble i perioden juni 2006 til juni 2007 fortløpende vurdert for studien. Etter eksklusjon av dem med serum-kreatininnivå $> 150 \mu\text{mol/l}$ ($> 120 \mu\text{mol/l}$ hos diabetikere), atrieflimmer, frekvente ekstrasystoler, hjertefrekvens > 80 per minutt etter medisiner, tidligere bypassoperasjon, kjent røntgenkontrastmiddelreaksjon og akutt koronarsyndrom ble 104 pasienter inkludert. Gjennomsnittlig tidsintervall mellom CT-angiografi og invasiv koronar angiografi var 25 ± 6 dager. Tre CTA-undersøkelser var mislykket (en pga. ekstrasystoler, en pga. bevegelsesartefakter og en pga. kontrast gitt på feil tidspunkt), og 13 pasienter ble ekskludert etter protokoll pga. mye kalk i koronarkarene (kalsiumskår ≥ 800). Segmenter med stent ble også ekskludert. Analysene omfattet 88 pasienter. Bakgrunnsvariabler i pasientmaterialet er vist i tabell 1.

Studien var godkjent av regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk for Øst-Norge, og alle deltakerne ga skriftlig informert samtykke.

Koronar CT-angiografi

CT-undersøkelsen ble utført med en Toshiba 64-detektorradars CT-maskin (Toshiba Aquilion CFX). Prosedyren startet med en EKG-styrt serie uten intravenøs kontrast med lavdosedeteknikk (75 mAs, 120 kV) for å måle kalsium i koronararteriene (Agatstons skår) og planlegge hovedundersøkelsen. Etter pa-

Hovedbudskap

- 64 detektorradars CT-angiografi kan med stor grad av sikkerhet utelukke obstruktiv koronarsykdom
- Overvurdering av stenosegraden på CT kan føre til unødvendige invasive angiografier uten funn av signifikante stenoser

sientinformasjon, pusteteknikktrening og 0,4 mg nitroglyserin sublingvalt ble en bolus med 100 ml iodixanol (Visipaque 320 mg/ml) injisert med en hastighet på 5 ml/s, etterfulgt av 40 ml NaCl. Pasienter med kroppsvekt over 95 kg fikk 110 ml kontrast injisert med en hastighet på 6 ml/s.

CT-skanningen ble automatisk satt i gang når maskinen målte en på forhånd definert tetthet (Houndsfield Units, HU) i aorta descendens, dvs. tettheten målt før kontrastinjeksjonen + 100 HU tilkommet ved injeksjonen. Følgende innstillinger på CT-apparatet ble benyttet: 120–135 kV, 350–400 mA avhengig av vekt, rotasjonshastighet omkring 400 ms avhengig av hjertefrekvens, snittykkelse 0,5 mm, pitch 0,20–0,33 og skannetid 8–12 sekunder. Bildene med best oppløsning ble rekonstruert fra forskjellige deler av hjerteryklusen, oftest fra diastolen, fordi koronarkarene da ligger mest i ro. Koronartreet ble delt opp i 17 segmenter etter anbefalinger publisert av American Heart Association (8). Kun kar som ved invasiv koronar angiografi var ≥ 2 mm ble inkludert i analysene. Korteste diameter i stenosen ble målt manuelt og stenosegraden angitt i prosent av gjennomsnittlig referansediameter før og etter stenosen. Radiologene hadde erfaring med generell CT og hadde vært på flere studiebesøk for å lære koronar CT-angiografi, men hadde ikke erfaring i invasiv koronar angiografi.

Bildene ble tolket av to radiologer som ikke hadde kliniske opplysninger og som var blindet for hverandres vurdering og resultatet av invasiv koronar angiografi. Konsensus mellom de to radiologene ble sammenliknet med resultatet av den invasive undersøkelsen. For å unngå tilsynelatende uoverensstemmelser pga. karnomenklatur ble opptakene fra CT-undersøkelsen og fra den invasive koronare angiografien sammenliknet etter at tolkingssvaret var avgitt, på møter der både kardiologer og radiologer var til stede.

Invasiv koronar angiografi

Invasiv koronar angiografi på Feiringklinikken ble utført etter vanlig standard. Angiogrammene ble analysert i ettertid av en erfaren angiografør, som var blindet for kliniske opplysninger og resultatet av CT-angiografien, ved hjelp av kvantitativ koronaranalyse (QCA, Medis, QCA-CMS 4.1, Leiden, Nederland).

Statistikk

Resultatet av CTA-undersøkelsen ble sammenliknet med referansemotoden invasiv koronar angiografi på både segment- og pasientnivå. CT-angiografiens diagnostiske treffsikkerhet i å påvise signifikante stenoser på $\geq 50\%$ presenteres som prosent korrekt diagnose, sensitivitet, spesifisitet og positiv og negativ prediktiv verdi med 95 % konfidensintervall. Gjennomsnittsverdier med standardavvik er angitt ved normalfordelte data, ellers median med 25- og 75-prosen-

tiler. Shapiro-Wilks test ble brukt for å vurdere normalfordeling av kontinuerlige variabler. T-test ble brukt for sammenlikning av kontinuerlige normalfordelte data, mens Kruskal-Wallis' test ble brukt der dataene ikke var normalfordelt. Ved kategoriske data er Fishers eksakte test eller khikvadrat-test benyttet. De øvrige statistiske utregningene ble gjort i STATA versjon 10 (College Station, Texas, USA).

Resultater

Pasientanalyse

Med invasiv koronar angiografi fikk 38 (43 %) av de 88 inkluderte pasientene påvist ett eller flere koronarsegmenter med $\geq 50\%$ stenose. Ved hjelp av CT-angiografi ble 37 (97 %) av disse korrekt diagnostisert med signifikant koronarsykdom i minst ett karsegment når ikke-tolkbare segmenter (4 %) ble regnet som positive. For tre pasienter ble klassifikasjonen sann positiv selv om stenosen ble påvist i feil segment. Ut fra CT-angiografi kom man korrekt frem til at 39 (78 %) av 50 pasienter var uten signifikante stenoser, men hos 11 ble stenosegraden overvurdert. Den diagnostiske treffsikkerheten varierte med om ikke-tolkbare CT-segmenter ble regnet som positive eller negative i analysen (tab 2). Når ikke-tolkbare segmenter ble regnet som negative, var sensitiviteten på pasientnivå 89 % (95 % KI 77–99 %). Dersom de ikke-tolkbare segmentene i stedet ble regnet som positive, steg sensitiviteten til 97 % (95 % KI 93–100 %), med fall i spesifisitet fra 82 %

Tabell 1 Bakgrunnsvariabler i pasientmaterialet (CCS = Canadian Cardiovascular Society)

N = 88	
Alder (år)	61 \pm 9
Antall menn	49 (56 %)
Kjent koronarsykdom	17 (19 %)
Hypertensjon	45 (51 %)
Røykere	17 (19 %)
Diabetes	13 (15 %)
Arvelig belastet	28 (32 %)
Typisk angina	50 (57 %)
CCS-funksjonsklasse II + III	67 (76 %)
BMI (kg/m ²)	27 (\pm 4)
S-kolesterol (mmol/l)	4,7 (\pm 1,1)
Kalsiumskår (median Agatstons skår)	89 [3–267]

(95 % KI 72–93 %) til 78 % (95 % KI 67–90 %). Kun én pasient med signifikant koronarstenose ble da feilvurdert med falskt negativ diagnose med CT-angiografi. Obstruktiv koronarsykdom ble falskt positivt feildiagnostisert hos henholdsvis 11 og ni pasienter alt ettersom ikke-tolkbare segmenter ble regnet som stenotiske eller ikke.

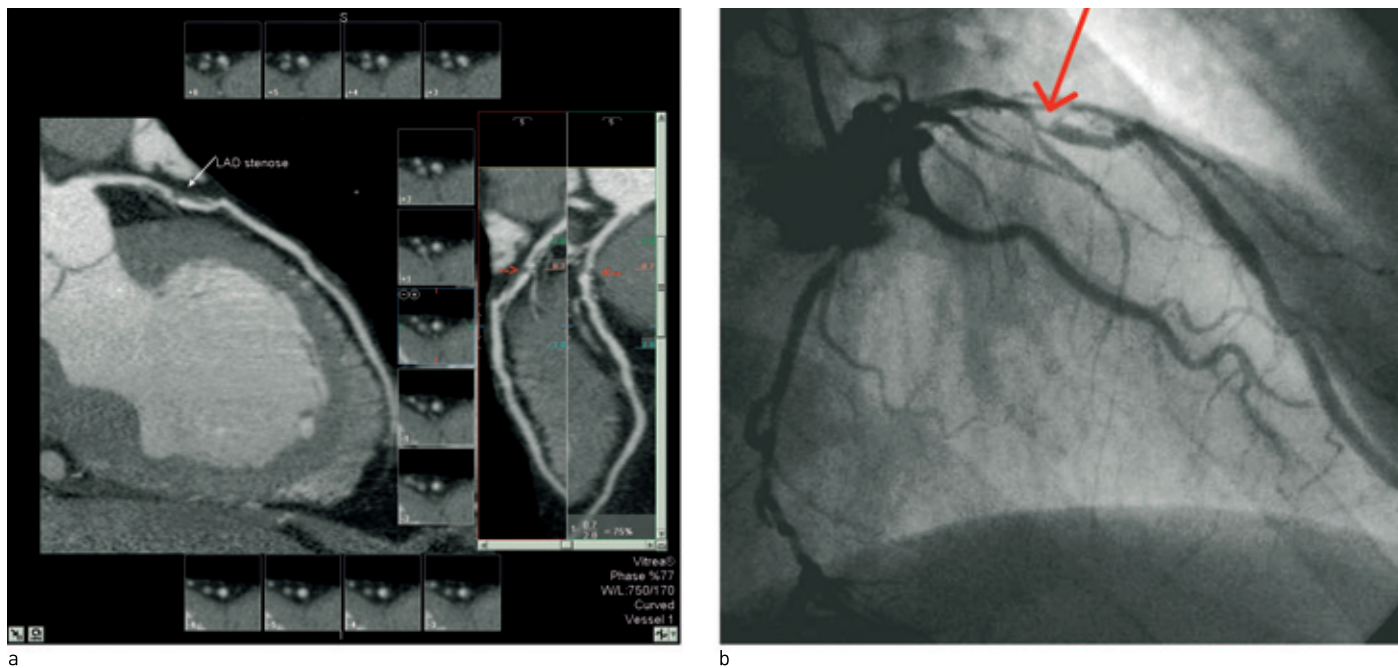
Kun ti pasienter (11 %) var helt uten synlige arteriosklerotiske veggforandringer. Fordelingen av ett-, to- og trekar sykdom gjaldt henholdsvis 17 (19 %), 16 (18 %) og fem (6 %) pasienter.

Tabell 2 Diagnostisk nøyaktighet av koronar CT-angiografi på pasientnivå ut fra om ikke-tolkbare segmenter regnes som negative (< 50 %-stenose) eller positive ($\geq 50\%$ -stenose). 95 % konfidensintervall i parentes. Prosent korrekt diagnose = andelen sant positive og sant negative av totalt 88 pasienter

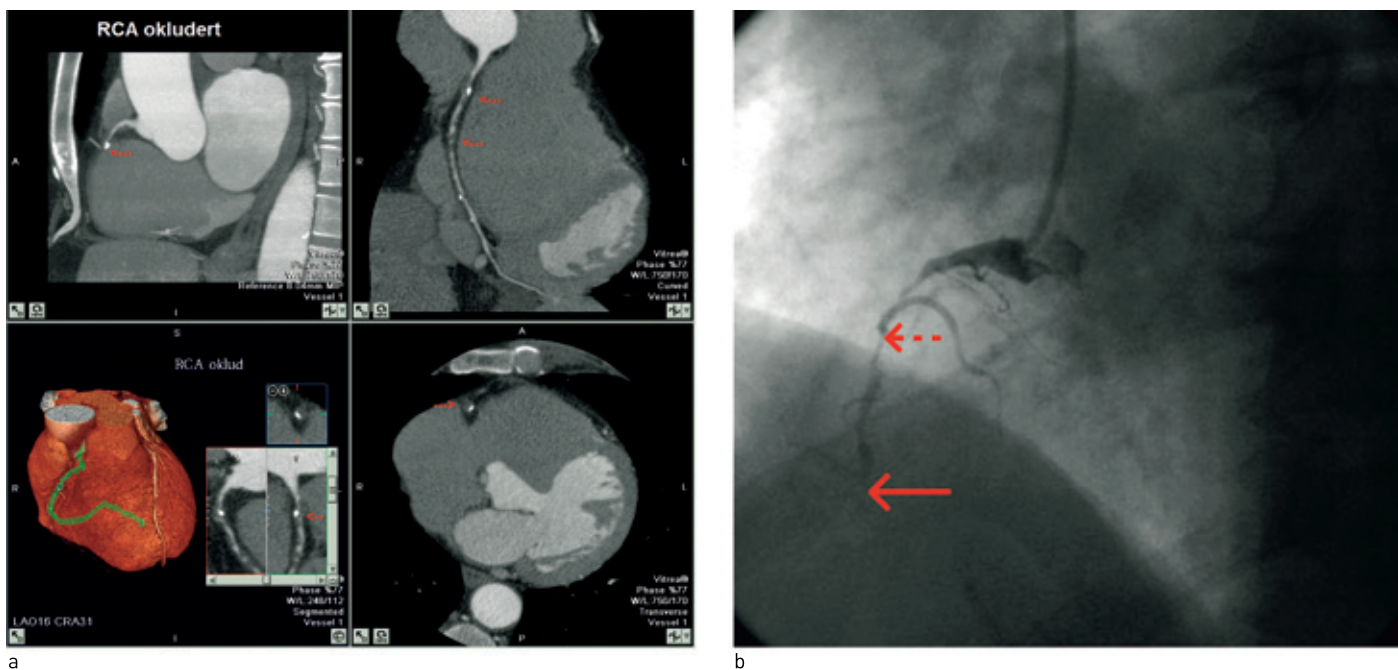
	Klassifisering av ikke tolkbare CTA-segmenter	
	Negative (%)	Positive (%)
Sensitivitet	89 (77–99)	97 (93–100)
Spesifisitet	82 (72–93)	78 (67–90)
Positiv prediktiv verdi	79 (66–91)	77 (65–89)
Negativ prediktiv verdi	91 (83–100)	98 (93–100)
Korrekt diagnose	85	86

Tabell 3 Diagnostisk nøyaktighet av koronar CT-angiografi på segmentnivå ut fra om ikke-tolkbare segmenter ekskluderes fra analysen (41 færre segmenter) eller regnes som negative (< 50 %-stenose) eller positive ($\geq 50\%$ stenose). 95 % konfidensintervall i parentes. Prosent korrekt diagnose = andelen sant positive og sant negative av totalt 979 segmenter

	Klassifisering av ikke-tolkbare CTA-segmenter		
	Ekskludert (%)	Negative (%)	Positive (%)
Sensitivitet	87 (79–95)	77 [68–87]	89 [82–96]
Spesifisitet	95 [94–97]	95 [94–97]	92 [90–94]
Positiv prediktiv verdi	59 [50–69]	59 [50–69]	49 [41–47]
Negativ prediktiv verdi	99 [97–100]	98 [95–100]	99 [97–100]
Korrekt diagnose	95	94	92



Figur 1 a) Koronar CT-angiografi og b) invasiv angiografi av stenose i a. descendens anterior fra venstre koronararterie (LAD) (piler)



Figur 2 a) Koronar CT-angiografi: Okklusjoner (piler) med retrograd kontrastfylling av høyre koronararterie. b) Invasiv angiografi av samme kar med subtotal stenose (stiplet pil) og okklusjon (heltrukket pil) lenger distalt

Av de 88 inkluderte pasientene var 71 (88 %) uten kjent koronarsykdom før undersøkelsen, men 84 (96 %) hadde en eller flere risikofaktorer for koronar hjertesykdom (tab 1). Arbeids-EKG ble utført hos alle, unntatt én, og var positivt hos 47 pasienter (54 %) og negativt og usikkert hos henholdsvis 18 (21 %) og 22 (25 %).

Hjertefrekvensen var 63 ± 11 , målt rett før CTA-undersøkelsen. Peroral betablokker ble på forhånd brukt av 67 pasienter (76 %), og 39 (44 %) fikk tilleggsdose undersøkelsesdagen. I forbindelse med CT-angiografien så vi kun ett tilfelle av utslett etter

intravenøs kontrast. Det var en beskjeden, ikke-signifikant stigning i serum-kreatininnivå tredje dag (fra $78 \pm 17 \mu\text{mol/l}$ til $80 \pm 18 \mu\text{mol/l}$, målt hos 83 av de 88 pasientene, $p = 0,09$) sammenliknet med nivået før undersøkelsen.

Segmentanalyse

Av 79 koronarsegmenter der det ble funnet signifikant stenose ved invasiv koronar angiografi, ble det ved hjelp av CT-angiografi påvist 70 (89 %) korrekt når ikke-tolkbare segmenter ble regnet som stenotiske. Den diagnostiske nøyaktigheten av CT-angio-

grafi sammenliknet med invasiv koronar angiografi er angitt i tabell 3. Den varierer med hvorvidt ikke-tolkbare CT-segmenter ble regnet som positive eller negative eller ble ekskludert fra analysen.

Ut fra invasiv koronar angiografi ble det identifisert 979 evaluerbare segmenter ≥ 2 mm i diameter. Segmenter etter okklusjoner og 14 segmenter med stenter var da ekskludert. Med CT-angiografi kunne 938 (96 %) av segmentene vurderes. På grunn av kalk (åtte segmenter), bevegelsesartefakter (18 segmenter) og tynn arterie/lite kontrast (15 segmenter) kunne 41 (4 %) segmenter i

19 pasienter ikke tolkes. Disse segmentene var lokalisert perifer i koronartreet (distale segmenter eller grener) i 32 av 41 (78 %) tilfeller. Av ikke-tolkbare segmenter var ni (22 %) signifikant stenosert.

Feilvurderte stenoser – falskt negative og falskt positive

Med CT-angiografi ble åtte av 79 (10 %) signifikante stenoser underestimert og én oversett, alle i første halvdel av materialet. De underestimerte stenosene ble kvantitert 30–49 % med CTA-undersøkelse. Fem av de ni falskt negative var i proksimale eller midtre segment.

Ved hjelp av CT-angiografi ble det påvist signifikante stenoser ($\geq 50\%$) som ikke kunne verifiseres med invasiv undersøkelse i 42 av 979 (4 %) segmenter. I ti (24 %) av segmentene viste invasiv koronar angiografi 40–48 % stenose. Pasienter med falskt positive segmenter hadde signifikant ($p < 0,001$) høyere gjennomsnittlig kalsiumskår (267 ± 214) enn resten av gruppen (124 ± 176), men det var ingen forskjell i gjennomsnittlig hjerterefrekvens, henholdsvis 63 ± 10 og 62 ± 11 ($p = 0,73$).

Diskusjon

I denne studien var CT-angiografi godt egnet til å utelukke obstruktiv koronarsykdom. Vi fant en høy negativ prediktiv verdi (98 %) når 4 % ikke-tolkbare segmenter ble regnet som stenotiske i en gruppe stabile pasienter med intermedieær (43 %) prevalens av signifikant koronarsykdom. Risikoen for å overse betydningsfull koronarsykdom hos pasientene var liten, da det i studien ble påvist betryggende høy sensitivitet (97 %). Derimot så vi at man med CT-angiografi i forhold til invasiv koronar angiografi hadde en tendens til å overestimere stenosegraden. Det førte til falskt positive CT-svar og redusert spesifisitet (78 %). Obstruktiv koronarsykdom påvist med CT-angiografi kunne kun verifiseres hos 77 % (positiv prediktiv verdi) av pasientene med invasiv gullstandard (fig 1).

Andre sentre har med 64-detektorradars CT i liknende pasientgrupper rapportert 88–100 % evaluerbare segmenter, høy sensitivitet (94–100 %), høy spesifisitet (90–97 %) og negativ prediktiv verdi (93–100 %) på pasientnivå. Positiv prediktiv verdi (83–97 %) var i noen av studiene lavere, da det med CT-angiografi er en tendens til å overestimere stenosene i forhold til invasiv koronar angiografi (5–7, 9, 10). Våre resultater har samme mønster, men lavere spesifisitet og lavere positiv prediktiv verdi enn det man har oppnådd i enkeltstenterstudier ved universitetssykehus i utlandet. OCTAVIA-studien fra Gjøvik/Feiringklinikken og en undersøkelse fra Volda/St. Olavs Hospital i Trondheim (3, 4) liknet mye på vår studie – med unntak av at man der benyttet 16-detektorradars CT. Med vår 64-detektorradars CT, som har bedre tids- og romopløsning, har andelen evaluerbare

Tabell 4 Sannsynligheten for at en pasient har obstruktiv koronarsykdom etter henholdsvis positiv og negativ CT-angiografi under ulik pretest-sannsynlighet for å være syk når testen har sensitivitet 97 % og spesifisitet 78 %. PPV = positiv prediktiv verdi, NPV = negativ prediktiv verdi

Pretestsansynlighet for $\geq 50\%$ koronarstenose = prevalens (%)	Posttestsansynlighet for $\geq 50\%$ koronarstenose etter positiv CTA = PPV (%)	Posttestsansynlighet for $\geq 50\%$ koronarstenose etter negativ CTA = $(1 - NPV)$ (%)
75	93	10
50	82	4
25	60	1
10	33	0
5	19	0
1	4	0

koronarsegmenter økt fra henholdsvis 79 % og 85 % til 96 %. Vi fant sensitivitet (97 %) og negativ prediktiv verdi (98 %) på samme nivå, men bedret spesifisitet (78 %) og positiv prediktiv verdi (77 %) sammenliknet med henholdsvis 29–82 % og 53–57 % i de tidligere publiserte norske studiene. En nyere metaanalyse viste at sensitiviteten for å oppdage stenoser økte fra 83 % til 93 %, mens spesifisiteten var uforandret – 96 % – når man gikk fra 16 til 64 detektorradars CT (11). Ny teknologi med 64 detektorradar er et viktig og nødvendig fremskritt først og fremst fordi en større del av koronartreet kan vurderes konklusivt, men også fordi den diagnostiske treffsikkerheten skjerpes.

Kliniske implikasjoner

Den diagnostiske treffsikkerheten varierer med om ikke-tolkbare CT-segmenter ekskluderes eller regnes som positive eller som negative i analysen. I klinisk praksis vil det være mest nærliggende å regne ikke-tolkbare segmenter som positive for å unngå å overse behandlingskrevende stenoser.

En høy negativ prediktiv verdi (98 %) gjør CT-angiografi velegnet til å utelukke at pasienten har signifikant koronarsykdom. Prevalensen av obstruktiv koronarsykdom var 43 % i hele gruppen, og negativ CTA-undersøkelse reduserte sannsynligheten for å ha $\geq 50\%$ stenose til 2 % (1 – negativ prediktiv verdi). Positiv undersøkelse økte sannsynligheten for signifikante stenoser til 77 %. Den reduserte positive prediktive verdi (77 %) gjør at det etter en positiv CTA-undersøkelse fortsatt er 23 % sjanse for at man i vårt materiale ved invasiv koronar angiografi ikke finner obstruktiv koronarsykdom.

Muligheten til å påvise/utelukke sykdom ved hjelp av en spesiell metode er i tillegg til metodens sensitivitet og spesifisitet avhengig av sykdomsprevalensen, eller pretest-sannsynligheten, i den undersøkte gruppen. Når sykdomssannsynligheten før undersøkelsen er meget lav, vil den forbli lav uansett utfallet av en test med den spesifisitet og sensitivitet vi har påvist. Ved høy pretest-sannsynlighet for sykdom vil positivt utfall ikke være klinisk nyttig og negativt resultat fortsatt innebære betydelig sannsynlighet

for sykdom (tab 4). Høyriskopasienter bør henvises direkte til invasiv koronar angiografi og lavrisikopasienter bør ikke utsettes for ytterligere utredning. Hvor konklusiv bildediagnostikken kan regnes å være, vil selvsagt variere etter bildekvaliteten på den individuelle undersøkelsen. Pasienter som før undersøkelsen har en intermedieær sannsynlighet for sykdom (25–50 %), vil ha størst diagnostisk nytte av CT-undersøkelse. De som var inkludert i vår studie, var ikke på forhånd stratifisert etter sannsynlighet for sykdom. I klinisk praksis er det nødvendig å gjøre en pretestvurdering for å identifisere dem som vil ha nytte av CT-angiografi som alternativ til invasiv koronar angiografi. Denne vurderingen krever kunnskap og erfaring og bygger på risikofaktorer for koronarsykdom, symptomer og funn samt resultater av andre ikke-invasive undersøkelser.

Når ikke-tolkbare segmenter ble regnet som positive, fant man ved CTA-diagnostisering korrekt 39 av 50 pasienter (78 %) uten obstruktiv koronarsykdom – personer som dermed kunne ha unngått utredning med invasiv prosedyre. De ville fått en ikke-invasiv raskere avklaring lokalt, med mindre risiko og til en betydelig lavere kostnad. Dette skal veies opp mot 11 unødvendige henvisninger pga. lav positiv prediktiv verdi (77 %) på pasientnivå. For ikke å overse pasienter med signifikant koronarsykdom vil man ved CTA-tolkningen ha en tendens til å overvurdere stenosene. Da CT-angiografi er foreslått som dørvakt for invasiv undersøkelse, må unødvendige viderehenvisninger og dobbeltundersøkelser trekkes fra gevinsten av at mange slipper invasiv undersøkelse. En forsiktig tolkingsstrategi der grensesignifikante stenoser oppgraderes kan imidlertid resultere i overdiagnostisering og relativt lav positiv prediktiv verdi. Siden mange pasienter har grensesignifikante stenoser og diffuse symptomer, vil nye terapeutiske dilemmaer kunne oppstå.

Felles for CT-angiografi og invasiv koronar angiografi er at de kun gir anatomisk informasjon. Kompletterende iskemiagnostikk vil ofte være nyttig for å kunne ta kliniske beslutninger, spesielt der det er atypiske symptomer (12). Både diagnostisk nøyak-

tighet og strålehygieniske hensyn tilsier at metoden ikke er egnet til screening av asymptomatiske personer. Andre studier har vist at CT-angiografi innebærer betydelig stråleeksposisjon. Med 16-detektors apparat målte man gjennomsnittlig $14,7 \pm 2,2$ mSv, hvilket var signifikant høyere enn ved diagnostisk invasiv koronar angiografi ($5,6 \pm 3,6$ mSv hos sammenliknbare pasienter) (13). Ved høy kalsiumskår reduseres den diagnostiske treffsikkerheten. Noen forfattere har foreslått at man ikke går videre med fullstendig CT-undersøkelse dersom det er mye kalk i koronarkarene (14), mens andre ikke har funnet signifikant forskjell i grupper med moderat forhøyet (578 ± 16) og lav (14 ± 16) kalsiumskår (15). Vi ekskluderte etter protokollen 13 pasienter med kalsiumskår ≥ 800 .

For å få skarpe CTA-bilder er det avgjørende med lav (< 60 per min), regelmessig hjertefrekvens (16). Optimal medisinerings med f.eks. betablokker er etter vår erfaring ofte nødvendig for å oppnå et godt diagnostisk resultat.

Okklusjoner viste seg å kunne være et diagnostisk problem med CT-angiografi. Retrograd fylling førte til relativ god fremstilling av karet distalt for okklusjonen, og man kunne derfor risikere underestimering av en kort proksimal okklusjon (fig 2).

Den beste CT-teknologien gir fortsatt dårligere tids- og romoppløsning enn invasiv koronar angiografi. CT-angiografi egner seg best for å utelukke obstruktiv koronarsykdom – invasiv koronar angiografi beholder fortsatt statusen som gullstandard.

Begrensninger

Vårt materiale omfattet kun koronarsegmenter ≥ 2 mm i diameter, men det er sjelden aktuelt å revaskularisere mindre kar. Selv om nyere studier har vist lovende presisjon også i stentede segmenter (17) ble slike ($n = 14$) ekskludert fra vår studie, da metoden foreløpig ikke anses som god nok for dette formål (1).

Denne enkeltcenterstudien med relativt få pasienter resulterte i brede konfidensintervaller på pasientnivå. CT-tolkningen, basert på konsensus mellom to radiologer som hver

for seg hadde brukt mye tid på bl.a. bilde-rekonstruksjoner, kan ha gitt mer pålitelige resultater enn hva man kan forvente i vanlig klinisk praksis. Radiologene var imidlertid nybegynnere i CT-angiografi, og med mer erfaring vil tidsforbruket kunne reduseres. I forbindelse med studien ble det avholdt møter mellom kardiolog fra invasivt senter og CT-tolkende leger der undersøkelser ble sammenliknet. Dette påvirket ikke allerede innleverte studieresultater, men ga mulighet til verdifull læring. CT-laboratorier som starter uten slikt tett samarbeid, vil kunne få andre resultater.

Konklusjon

CT-undersøkelse kan med stor grad av sikkerhet utelukke obstruktiv koronarsykdom. Få pasienter med signifikant koronarsykdom overses, men falskt positive funn vil utgjøre et problem i pasientgrupper med lav risiko. 64-detektors CT-angiografi er et diagnostisk alternativ til invasiv undersøkelse ved intermediær sykdomsrisiko.

Oppgitte interessekonflikter: Ingen

Prosjektet er støttet økonomisk av Forsknings- og utviklingsavdelingen ved Sykehuset Østfold.

Litteratur

- 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.
- 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.
- Rødevand O, Hogalmen G, Gudim LP et al. Limited usefulness of non-invasive coronary angiography with 16-detector multislice computer tomography at a community hospital. *Scand Cardiovasc J* 2006; 40: 76–82.
- Kolnes K, Velle OH, Hareide S et al. Multislice computed tomography coronary angiography at a local hospital: pitfalls and potential. *Acta Radiol* 2006; 47: 680–6.
- 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.
- 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.
- 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.
- Austen W, Edwards JE, Frye RL et al. A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Report of the Ad Hoc Committee for Grading of Coronary Artery Disease, Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. *Circulation* 1975; 51 (suppl 4): 5–40.
- 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.
- 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.
- Vanhoenacker PK, Heijenbroek-Kal MH, Van Heste R et al. Diagnostic performance of multidetector CT angiography for assessment of coronary artery disease: meta-analysis. *Radiology* 2007; 244: 419–28.
- Schuijff JD, Wijns W, Jukema JW et al. Relationship between noninvasive coronary angiography with multi-slice computed tomography and myocardial perfusion imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 2508–14.
- Coles DR, Smail MA, Negus I et al. Comparison of radiation doses from multislice computed tomography coronary angiography and conventional diagnostic angiography. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1840–5.
- 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.
- Cademartiri F, Mollet NR, Lemos PA et al. Impact of coronary calcium score on diagnostic accuracy for the detection of significant coronary stenosis with multislice computed tomography angiography. *Am J Cardiol* 2005; 95: 1225–7.
- Cademartiri F, Mollet NR, Runza G et al. Diagnostic accuracy of multislice computed tomography coronary angiography is improved at low heart rates. *Int J Cardiovasc Imaging* 2006; 22: 101–5.
- Cademartiri F, Mollet N, Lemos PA et al. Usefulness of multislice computed tomographic coronary angiography to assess in-stent restenosis. *Am J Cardiol* 2005; 96: 799–802.

Manuskriptet ble mottatt 22.10. 2007 og godkjent 14.4. 2008. Medisinsk redaktør Odd Terje Brustugun.