

Koronar CT-angiografi

Samandrag

Bakgrunn. Dei siste åra har ny teknologi gjort ikkje-invasiv framstilling av koronarkara mogleg ved CT-undersøking. Dei fleste norske sjukehus vil i løpet av få år ha multidetektor-CT-maskinar som kan framstille koronartreet. Om kvaliteten blir tilfredsstillande, vil dette kunne bety at slik diagnostikk kan desentraliserast.

Metode. Artikkelen er basert på ikkje-systematisk gjennomgang av relevant litteratur samt egne røynsler.

Resultat. Etter at ein tok i bruk 16- og spesielt 64-detektor-CT er det i fleire studiar vist at det er godt samsvar mellom koronar CT-angiografi og invasiv koronar angiografi. Den negative prediktive verdien er svært høg. Etter undersøking med normal multidetektor-CT av god kvalitet kan ein difor i praksis sjå bort frå vesentleg koronarsjukdom. Usikker stenosegradering fører diverre til ein del falskt positive funn. CT-teknologien utviklar seg svært raskt. Variabel kvalitet på bileta og høg stråledose er framleis eit problem, også med moderne CT-maskinar.

Talking. Vi åtvarar mot ukritisk bruk av metoden, samtidig som vi meiner det er grunn til optimisme med tanke på kva den kan bidra med i framtida.

Helge Ose Velle
helge.ose.velle@helse-sunnmore.no
Medisinsk avdeling

Kristian Kolnes
Røntgenavdelinga

Volda sjukehus
6100 Volda

Geir Høgalmen
Medisinsk avdeling

Lars Petter Gudim*
Røntgenavdelingen

Sykehuset Innlandet Gjøvik

Rune Wiseth
Hjertemedisinsk avdeling
St. Olavs Hospital

Olaf Rødevand
Kardiologisk avdeling
Feiringklinikken

* Nåværende adresse:
Sentrum røntgeninstitutt, Gjøvik

Invasiv koronar angiografi gir eit nøyaktig bilete av koronartreet og har lenge vore gullstandard for påvising og kvantitering av koronare stenoser. I 2005 blei det utført 28 031 invasive koronare angiografiar i Noreg (1). Undersøkinga blir gjort ved alle universitetssjukehusa og nokre få sentralsjukehus samt ved Feiringklinikken.

Ved koronar angiografi er det ein liten, men ikkje uvesentleg risiko for alvorlege komplikasjonar, slik som bløding, karskade, cerebralt insult og hjarteinfarkt. I svært sjeldne tilfelle kan undersøkinga ende fatalt. Ny CT-teknologi har dei siste åra gitt høve til stadig betre CT-angiografisk framstilling av koronartreet. Det er difor ei aktuell problemstilling om koronar CT-angiografi i nokon grad kan erstatte invasiv koronar utgreiing. I så fall vil diagnostikken kunne desentraliserast og såleis spare mange pasientar for lange reiser – og samfunnet for store kostnader.

Materiale og metode

I denne artikkelen vil vi gjere greie for tekniske og praktiske forhold ved koronar CT-angiografi. Vi vil omtale norske og internasjonale studiar og til slutt forsøke å vurdere kva plass metoden har i kardiologisk diagnostikk i dag og i nær framtid. Artikkelen er basert på ikkje-systematisk gjennomgang av relevant litteratur samt våre egne røynsler med metoden.

Multidetektor CT-angiografi

Koronarkara er småkalibra og beveger seg med hjartet. CT-maskinar har tidlegare ikkje

hatt tilstrekkeleg romleg og tidsmessig oppløysing til å framstille desse årene godt nok. Ved multidetektor-CT har spiral-CT-maskinane fått fleire parallelle detektorrader, frå fire i 1998 til heile 320 frå 2007. Dette gjer det mogleg å samle biletdata frå mange parallelle kroppsskiver samtidig (fig 1). Eksempel på ferdige bilete er gitt i figur 2 og figur 3.

Dei fleste multidetektor-CT-maskinane i Noreg i dag er 16-detektor-CT (16D-CT) eller 64-detektor-CT (64D-CT). Med 64D-CT kan ein undersøke opptil 4 cm i lengderetninga til pasienten på ein rotasjon, med ei romleg oppløysing på om lag 0,4 mm, mot 0,75 mm for 16D-CT (2).

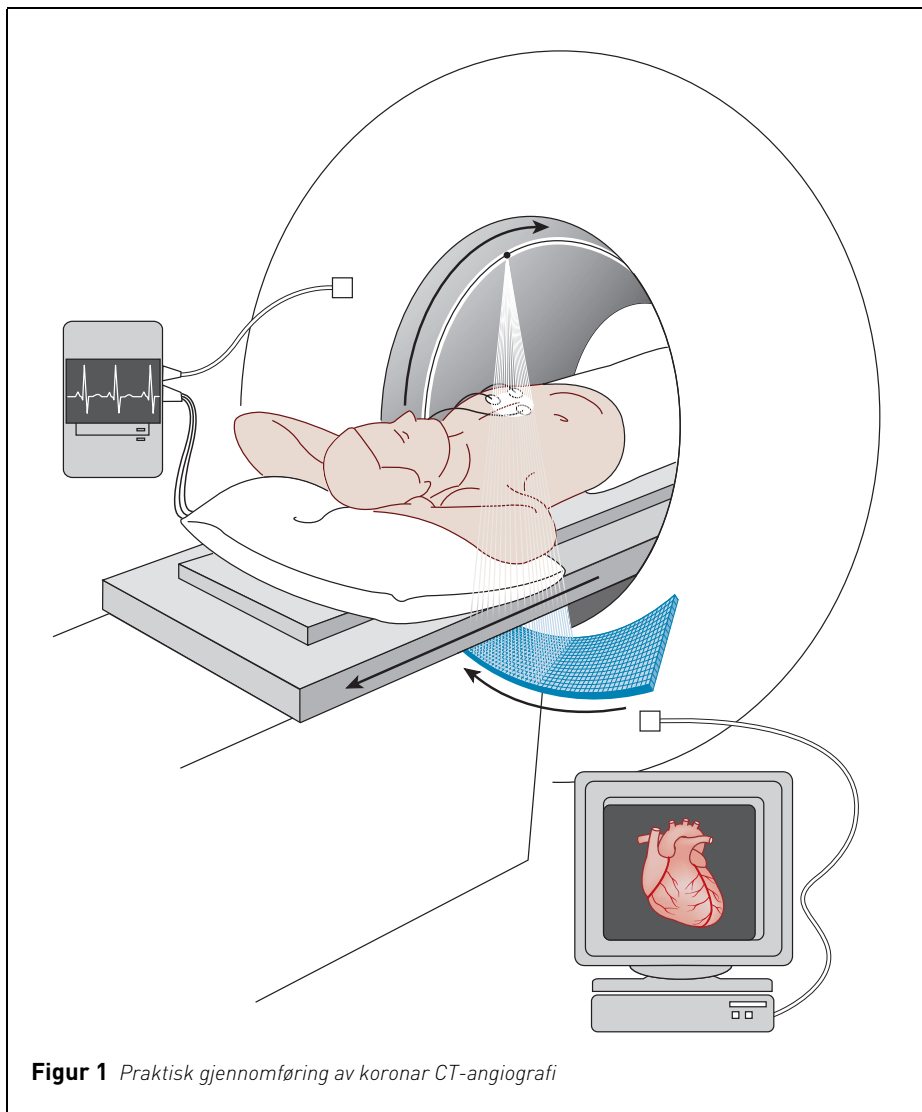
Praktisk gjennomføring

Eventuelle kontraindikasjonar mot ioniserende stråling, jodhaldig kontrastmiddel og betablokkar må avklarast først. Pasienten må halde pusten under biletopptaket. Skannopptak må samkjørast med oppstart av intravenøs kontrastinfusjon for å oppnå best mogleg kontrast mellom karlumen og omgjevnader. Skanninga vert synkronisert med pasient-EKG-et, med anten prospektiv eller retrospektiv teknikk.

Ved såkalla prospektiv EKG-triggering skanner ein berre i utvalde delar av hjartesyklusen. Dette gir lågare stråledose. Dei beste bileta får ein som regel i diastolen, ettersom hjartet då rører seg minst. Regelmessig, låg puls under opptaket er viktig for god biletkvalitet (3), dette gjeld i større grad for 16D-CT enn for 64D-CT. Hjartefrekvensen bør vere under 60–65/minutt, og om naudsynt gir ein betablokkar peroralt eller intravenøst for å oppnå dette. Pasientar med hyppige ekstrasystoler og atrieflimmer er ueigna med dei maskinane ein nyttar i Noreg i dag.

Hovudbodskap

- Koronar CT-angiografi er ein ikkje-invasiv metode for framstilling av koronartreet
- Høg stråledose og varierende kvalitet på bileta er hovudproblema med metoden
- Normal koronar CT-angiografi utelukker i praksis signifikant koronarsjukdom
- Unøyaktig stenosekvantitering gir mange falskt positive funn



Figur 1 Praktisk gjennomføring av koronar CT-angiografi

Samanlikna med konvensjonell angiografi krev CT-metoden meir etterarbeid (15–60 minutt), men er til gjengjeld mindre tidkrevjande på undersøkingsrommet (10–15 minutt).

Ulemper og utfordringar med metoden

Variierende biletkvalitet (ramme 1) og stor stråledose er dei største ulempene med metoden. Artefakt frå kalk i koronartreet kan gjere stenosevurderinga vanskeleg. Dette er eit problem sjølv ved 64D-CT (2). Mange gjer først ei såkalla lågdose preskanning utan intravenøs kontrast. Om dette viser mykje kalk i koronartreet, har vi valt ikkje å gå vidare med CT-angiografi. Dette er også ein trend internasjonalt (4).

Koronar CT-angiografi gir høg stråledose samanlikna med annan CT-diagnostikk. Ved 16D-CT dreier det seg truleg om minst tre gonger så stor stråledose som ved invasiv koronar angiografi, dvs. effektiv dose rundt 10–15 mSv (5). Ved 64D-CT er effektiv dose målt til om lag det dobbelte av 16D-CT. Høge stråledosar kan gi auka risiko for seinare kreftinduksjon (6). Med bruk av ulike

teknikkar kan ein redusere stråledosen betydeleg (7).

Samanliknande studiar

Det er utført mange studiar der funn ved CT-angiografi og invasiv koronar angiografi er samanlikna, mellom anna tre norske undersøkingar med 16D-CT (8–10). Ein metaanalyse (11) av 29 studiar med 16D-CT og 64D-CT viste sensitivitet og spesifisitet på kar-segmentnivå på høvesvis 81% og 93%. Både talet på ekskluderte pasientar (< 5%) og ekskluderte og ikkje-tolkbare segment var svært lågt. Positiv og negativ prediktiv verdi var 68% og 97%. Analysert på pasientnivå, noko som er viktigare enn segmentnivå i praktisk medisin, var sensitiviteten heile 96%, medan spesifisiteten fall til 74%.

Ein annan stor metaanalyse viste at 64D-CT og 16D-CT presterer signifikant betre enn 4D-CT, og at talet på ikkje-tolkbare segment minkar suksessivt med nyare CT-maskinar (12). Resultata er samanliknbare med den førstnemnde metaanalysen og gjennomgåande svært gode for 16D-CT og 64D-CT.

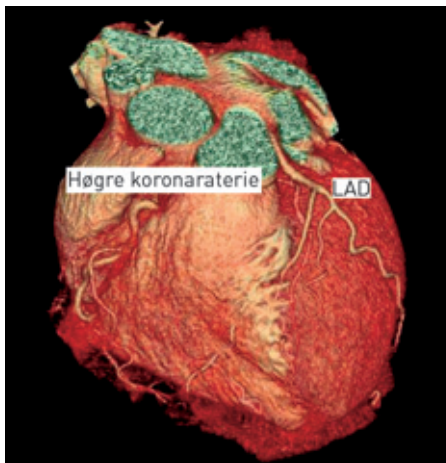
Den siste publiserte metaanalysen om-

fattar 28 studiar, 16 av desse med 16D-CT, resten med 64D-CT (13). Analysane er gjort på pasientnivå og viser signifikant betre resultat for 64D-CT enn for 16D-CT når det gjeld spesifisitet og positiv prediktiv verdi. Mellom anna viser forfattarane at 16D-CT i den aktuelle populasjonen vil generere 14% unødvendige invasive angiografiar (pga. falskt positive funn ved CT), mot 4% for 64D-CT.

To norske studiar med 16D-CT er gjennomførte ved lokalsjukehusa i Gjøvik og Volda, i samarbeid med dei respektive invasive sentra på Feiringklinikken og St. Olavs Hospital (8, 9). I begge studiane var det ein del karsegment som ikkje var analyserbare med 16D-CT. Dersom ein var forsiktig og klassifiserte alle desse segmenta som positive, var delen av dei sjuke pasientane ein korrekt klarte å identifisere (sensitiviteten) på godt internasjonalt nivå – høvesvis 100% og 97%. Med denne tilnærminga vart prosentdelen av dei friske ein korrekt kunne plukke ut (spesifisiteten) låg, heilt nede på rundt 30%. Den prediktive verdien av ei negativ undersøking var også i våre studiar god, 100% i Gjøvik og 83% i Volda. Den prediktive verdien av ei positiv undersøking var ikkje tilfredsstillande, høvesvis 57% (Gjøvik) og 75% (Volda), noko som er lågare enn i dei fleste internasjonale studiane. Dette skuldast overestimering av stenosegrad og mange falskt positive funn. Årsaka til desse feiltolkingane kan vere at vi nyleg hadde teke metoden i bruk, men enkelte andre 16D-CT-studiar har også vist noko utilfredsstillande resultat. Eit eksempel på det er ein relativt stor og godt kvalitetssikra multisenterstudie (14). Ein fann også der eit høgt tal ikkje-vurderbare segment og låg positiv prediktiv verdi samanlikna med mindre enkeltcenterstudiar.

Indikasjonar

I retningslinjene til European Society of Cardiology (ESC) om utgreiing av stabil angina pectoris har koronar CT-angiografi fått ei anbefaling i klasse II B, med evidensnivå C (15). Dette er ei svak anbefaling, som i tillegg er avgrensa til pasientar med låg risiko for koronarsjukdom. Det er den høge negative prediktive verdien til metoden som er grunnlaget for anbefalinga frå ESC. Ved negativ koronar CT-angiografi av god kvalitet kan ein med stor sikkerheit slå fast at pasienten ikkje har signifikant koronarsjukdom og at han ikkje treng invasiv undersøking. Dess lågare pretestrisiko pasienten har for hjartesyjukdom, dess større sjansje er det for at eit positivt funn er falskt positivt. Dette er ei ulempe med metoden når han vert nytta i lågrisikopopulasjonar, fordi det vil føre til ei rekkje avklarande, «unødvendige» invasive angiografiar. Dersom ein etter å ha vurdert anamnese, klinisk undersøking og arbeids-EKG finn det lite truleg at pasienten har iskemisk hjartesyjukdom, meiner vi det ikkje er god praksis å rekvirere koronar CT-



Figur 2 Eksempel frå 16-detektor-CT-undersøking. 3D-bilete laga på CT-arbeidsstasjon med framstilling av hjartet og delar av koronartreet hos ein pasient utan koronare stenoser. Fargane er datamanipulerte. LAD: framre nedgåande grein av venstre koronararterie (left anterior descending artery)

angiografi «for sikkerheits skuld». Koronar CT-angiografi er derimot godt eigna om vanlig iskemiagnostikk ikkje har vore avklarande og der det ut frå ei totalvurdering er rimeleg å få framstilt koronartreet for å avklare situasjonen. I denne gruppa er risikoen for koronarsjukdom noko høgare. Ein vil dermed få færre falskt positive resultat, men framleis ha høg sikkerheit for at pasientar med normal koronar CT-angiografi ikkje har signifikant koronarsjukdom (16).

Hos gamle pasientar, høgrisikopasientar og ved kjent eller forventa uttalt koronarsjukdom er metoden førebels lite eigna. Måling av stenosegrad blir hos desse ofte usikker pga. kalknedslag, og mange av dei treng uansett invasiv angiografi i samband med eventuell revascularisering.

Pasientar med akutt koronarsyndrom og troponinstiging eller EKG-forandringar bør

få utført invasiv undersøking direkte, men om desse risikomarkørane er normale, kan CT-angiografi vere aktuelt (17). Dei tre klassiske og alvorlege årsakene til sterke brystsmerter er akutt koronarsjukdom, lungeemboli og aortadisseksjon, og CT-diagnostikk er veletablert for dei to sistnemnde tilstandane. Om den kliniske situasjonen er uavklart, vil ein med multidetektor-CT kunne vurdere og eventuelt utelukke alle desse (18). I enkelte høve kan ein forsvare den ekstra stråledosen ei slik tilnærming vil innebære.

Invasiv koronar angiografi gir avgrensa informasjon om tilhøva i karveggen, både når det gjeld den ekstraluminal utbreiinga av eventuelle stenoser og om plakka er stabile eller ustabile. Ved CT-undersøkinga kan ein med tettleiksmålingar til ei viss grad vurdere dette, og i fleire studiar har ein samanlikna multidetektor-CT med intravaskulær ultralyd (19, 20). Sidan fleirtalet av akutte hjarteinfarkt oppstår pga. plakkraktur i ikkje-signifikante stenoser, vil det kunne vere viktig å vurdere dette. Førebels er dette på forskingsstadiet.

Hos pasientar med låg risiko for koronarsjukdom kan koronar CT-angiografi truleg erstatte invasiv angiografi ved til dømes utgreiing av dilatert kardiomyopati og før klaffeoperasjonar hos yngre pasientar. Det er gjort studiar på hjartettransplanterte der konklusjonen er at pasientar med låg risiko for koronarsjukdom kan få sine faste kontrollangiografiar gjort med CT (21).

Stentartefakt har så langt utelukka sikker vurdering av restenoser i stentar med multidetektor-CT. Nye studiar med 64D-CT viser at slik diagnostikk likevel kan bli mogleg (2, 22). Multidetektor-CT har vist seg godt eigna til å kartlegge anomalier i koronararteriene (23).

Ved koronar CT-angiografi får ein automatisk også framstilt øvrige anatomiske strukturar i thorax og øvre abdomen. Det er i fleire studiar rapportert alvorlege ikkje-kar-

Ramme 1

Faktorar som kan redusere kvaliteten på bileta ved koronar CT-angiografi

- Hjarterytme
 - uregelmessig rytme
 - høg puls
- Koronarkalk
- Pusteartefakt
- Rørsleartefakt
- Metallartefakt
 - stent i koronararterie
 - elektroadar (pacemaker)
 - sternumsuturar
- Adipositas
- Dårleg samkøyring med kontrastinfusjon

diale funn hos ein stor prosentdel av pasientane (24). Det dreier seg mellom anna om lunge-, lever- og pancreastumorar, lymfom, lungeembolusar og patologiske tilhøve i aorta.

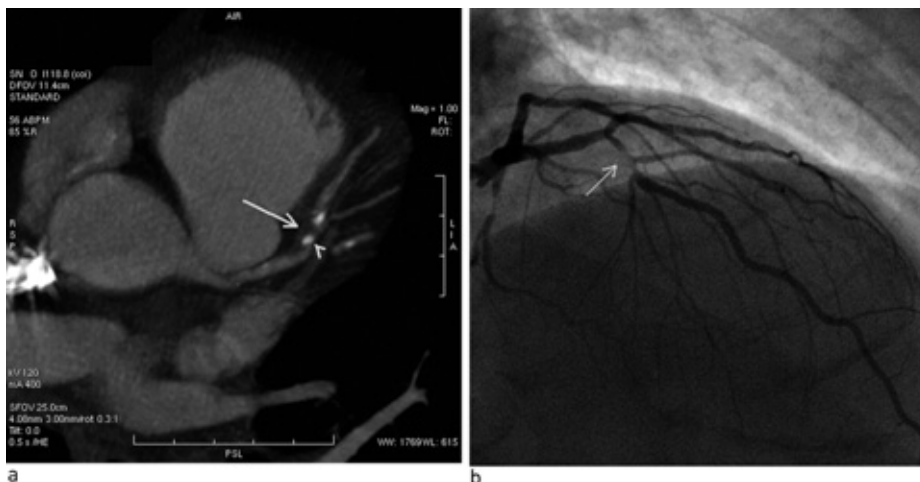
Vidare teknologisk utvikling

CT-teknologien utviklar seg raskt vidare, for tida i fleire retningar: kortare rotasjonstid (0,27–0,35 sekund per rotasjon), fleire detektorrader (128, 256 og 320), stegvis skanning (step-and-shoot) og tokjelde-CT (dual-source CT, DSCT). 128D- og 320D-CT-maskinar kan dekke høvesvis 8 cm og 16 cm av pasienten ved ein rotasjon. 256D-CT og 320D-CT kan i teorien undersøke hjartet med ein rotasjon, dvs. i løpet av eitt hjerteslag, slik at ein ikkje er avhengig av låg og stabil hjarterytme (25). Stråledosen skal med denne teknologien kunne reduserast vesentleg samanlikna med «tradisjonell» 64D-CT (26).

Ved 64D-CT med stegvis skanning skjer biletopptaket i etappar og berre når bordet/pasienten ikkje vert flytta. Med prospektiv EKG-triggering har ein med denne teknikken i nyare studiar estimert effektiv dose til under 3 mSv (27). Tokjelde-CT baserer seg på to ulike strålekjelder med kvart sitt tilhøyrande detektorsett. Dette betrar den tidsmessige oppløysinga slik at ein kan skanne ved høg hjarterytme (28).

Oppsummering og tilråding

Koronar CT-angiografi er ein lovande metode for framstilling av koronartreet. Norske studiar med 16D-CT viser at ein i startfasen ikkje utan vidare kan rekne med så gode resultat som ved større internasjonale senter. Høg stråledose og mange falskt positive funn er dei viktigaste ulempene med metoden. Om 16D-CT skal nyttast til koronar diagnostikk, er ein avhengig av ekstra grundig pasientseleksjon for å få tilfredsstillande



Figur 3 a) 16-detektor-CT-undersøking med framstilling av feittrikt (pil) og forkalka (pilhovud) plakk, der spesielt førstnemnde gjev opphav til signifikant stenose i framre nedgåande grein av venstre koronararterie hos ein 52 år gammal mannleg pasient med angina pectoris. b) Invasiv angiografi stadfester funnet (pil)

undersøkingar. 64D-CT gir betydeleg sikrare diagnostikk, men medfører også vesentleg større stråledose med dei maskinane som er i bruk i Noreg i dag. Mykje evalueringsarbeid står igjen før ein kan tilrå utstrakt bruk, og metoden er førebels best eigna hos pasientar som treng diagnostisk avklaring etter inkonklusive funn ved vanleg iskemi-diagnostikk. Dersom ny teknologi kan redusere stråledosen vesentleg, trur vi koronar CT-angiografi i framtida vil bli mykje nytta ved utgreiing av koronarsjukdom.

Oppgitte interessekonflikter: Kristian Kolnes har mottatt honorar fra GE Healthcare, som produserer kontrastmidler. De øvrige forfattere har ingen oppgitte interessekonflikter.

Litteratur

- Melberg T, Nygård O, Uchto M et al. Trender innen koronar revaskularisering i Norge 2001–2005. *Hjerteforum* 2007; nr. 2: 65–9.
- 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.
- Giesler T, Baum U, Ropers D et al. Noninvasive visualization of coronary arteries using contrast-enhanced multidetector CT: influence of heart rate on image quality and stenosis detection. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 179: 911–6.
- Heuschmid M, Kuettner A, Schroeder S et al. ECG-gated 16-MDCT of the coronary arteries: assessment of image quality and accuracy in detecting stenoses. *AJR Am J Roentgenol* 2005; 184: 1413–9.
- Coles DR, Smail MA, Negus IS et al. Comparison of radiation doses from multislice computed tomography coronary angiography and conventional diagnostic angiography. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1840–5.
- Hurwitz LM, Reiman RE, Yoshizumi TT et al. Radiation dose from contemporary cardiothoracic multidetector CT protocols with an anthropomorphic female phantom: implications for cancer induction. *Radiology* 2007; 245: 742–50.
- Paul JF, Abada HT. Strategies for reduction of radiation dose in cardiac multislice CT. *Eur Radiol* 2007; 17: 2028–37.
- Røddevand O, Høgalmen 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 HO, Hareide S et al. Multislice computed tomography coronary angiography at a local hospital: pitfalls and potential. *Acta Radiol* 2006; 47: 680–6.
- Bartnes K, Sildnes T, Iqbal A et al. Coronary artery disease cannot be reliably evaluated by 16-slice multidetector spiral computed tomography. *Scand Cardiovasc J* 2007; 41: 167–70.
- 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.
- Vanhoenacker PK, Heijenbrok-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.
- Hamon M, Morello R, Riddell JW et al. Coronary arteries: diagnostic performance of 16- versus 64-section spiral CT compared with invasive coronary angiography – meta-analysis. *Radiology* 2007; 245: 720–31.
- Garcia MJ, Lessick J, Hoffmann MH. Accuracy of 16-row multidetector computed tomography for the assessment of coronary artery stenosis. *JAMA* 2006; 296: 403–11.
- Fox K, Garcia MA, Ardissino D et al. Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary: the Task Force on the Management of Stable Angina Pectoris of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2006; 27: 1341–81.
- 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. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1475–97.
- Meijboom WB, Mollet NR, van Mieghem CA et al. 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with non-ST elevation acute coronary syndrome. *Heart* 2007; 93: 1386–92.
- Runza G, La Grutta L, Alaimo V et al. Comprehensive cardiovascular ECG-gated MDCT as a standard diagnostic tool in patients with acute chest pain. *Eur J Radiol* 2007; 64: 41–7.
- Leber AW, Knez A, Becker A et al. Accuracy of multidetector spiral computed tomography in identifying and differentiating the composition of coronary atherosclerotic plaques: a comparative study with intracoronary ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2004; 43: 1241–7.
- Motoyama S, Kondo T, Sarai M et al. Multislice computed tomographic characteristics of coronary lesions in acute coronary syndromes. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 319–26.
- Romeo G, Houyel L, Angel CY et al. Coronary stenosis detection by 16-slice computed tomography in heart transplant patients. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 1826–31.
- Lell MM, Panknin C, Saleh R et al. Evaluation of coronary stents and stenoses at different heart rates with dual source spiral CT (DSCT). *Invest Radiol* 2007; 42: 536–41.
- Datta J, White CS, Gilkeson RC et al. Anomalous coronary arteries in adults: depiction at multidetector row CT angiography. *Radiology* 2005; 235: 812–8.
- Haller S, Kaiser C, Buser P et al. Coronary artery imaging with contrast-enhanced MDCT: extracardiac findings. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 187: 105–10.
- Kido T, Kurata A, Higashino H et al. Cardiac imaging using 256-detector row four-dimensional CT: preliminary clinical report. *Radiat Med* 2007; 25: 38–44.
- Mori S, Nishizawa K, Endo M et al. Effective doses in subjects undergoing computed tomography cardiac imaging with the 256-multislice CT scanner. *Eur J Radiol* 2007. doi: 10.1016/j.ejrad.2007.05.001
- Husmann L, Valenta I, Gaemperli et al. Feasibility of low-dose coronary CT angiography: first experience with prospective ECG-gating. *Eur Heart J* 2008; 29: 191–7.
- Matt D, Scheffel H, Leschka S et al. Dual-source CT coronary angiography: image quality, mean heart rate, and heart rate variability. *AJR Am J Roentgenol* 2007; 189: 567–73.

Manuskriptet ble mottatt 6.10. 2007 og godkjent 3.3. 2008. Medisinsk redaktør Petter Gjersvik.