

MR imaging bij coronairlijden

Albert de Roos, Dirk Kaandorp, H.J. Lamb, J.J. Bax en Ernst van der Wall

Inleiding

In de westerse wereld staan ischemische hartaandoeningen qua morbiditeit en mortaliteit op de eerste plaats [1]. MRI-toepassingen ter beoordeling van perfusie, functie en *viability* zijn thans zodanig gerijpt dat ze in aanmerking komen voor routinematige klinische toepassing. Een uitgebreid cardiaal MR-onderzoek – inclusief bepaling van de myocardperfusie en -functie in rust en onder stress, vertraagd contrast enhancement voor *viability* imaging en MR-coronariografie voor het opsporen van stenosen –, kan thans relatief snel (bijvoorbeeld in <1 h) worden uitgevoerd [2]. MR-technieken ter beoordeling van coronarstenose en *bypass graft disease* bevinden zich nog in ontwikkeling. Daarnaast kunnen MR-flowmetingen nuttig zijn bij het bepalen van de functionele significantie van een coronairvatstenose.

In dit overzicht bespreken wij de MR-toepassingen voor de beoordeling van coronairlijden.

Klinische evaluatie van coronarstenose en bypass grafts

Voor het zichtbaar maken van coronarstenose staan ons verschillende MR-imagingtechnieken ter beschikking. Het grootste probleem bij MR-coronariografie vormen de complexe driedimensionale bewegingen van het hart tengevolge van hartcontracties en adembewegingen, e.e.a. in combinatie met de minimale afmetingen van de coronairvaten, waardoor de mogelijkheden tot imaging met hoge spatiale resolutie zijn beperkt. Ongeacht deze beperkingen kon met behulp van *free-breathing navigator* MR-angiografie ernstig coronairlijden met grote nauwkeurigheid worden uitgesloten. Deze MR-techniek werd toegepast in een multicentrisch onderzoek bij 100 patiënten alvorens werd overgegaan tot electieve coronariografie met röntgencontrast. Interpretatie van de beelden was mogelijk bij 84% van de proximale en middelste coronairsegmenten. Toch zijn er nog beperkingen, getuige het feit dat 16% van de coronairsegmenten niet kon worden beoordeeld, en dat bij 6% van de patiënten geen enkel coronairlijden kon worden vastgesteld. Over het algemeen lijkt deze benadering nuttig ter uitsluiting van coronairlijden van de linker hoofdstam of drietakslijden [3]. *Figuur 1* laat een voorbeeld zien van een coronair MR-angiogram. Onlangs berichtten Bogaert et al. [4] over de resultaten met commercieel verkrijgbare 3D-real-time navigator MR-coronariografie bij 21 patiënten. Hun resultaten waren minder gunstig (sensitiviteiten in de buurt van 50%) wat het detecteren van coronairlijden betreft.

Het gebruik van een contrastmiddel kan de beeldkwaliteit verbeteren door verandering van de T1 en/of T2-relaxiviteit van het bloedplasma. Regenfus et al. [5] hebben bij 50 patiënten verdacht van coronairlijden de waarde bepaald van gadolinium-enhanced 3D breath-hold MR-angiografie (MRA) bij de detectie van coronarstenose. Met MRA konden 34 van 36 patiënten mét en 8 van 14 patiënten zónder significante coronarstenose correct geïdentificeerd worden, zoals aangetoond d.m.v. röntgencontrastangiografie (sensitiviteit 94,4%, specificiteit 57,1%). De auteurs concludeerden dat met binnen één breath-hold verkregen contrast-enhanced MRA-beelden patiënten met coronarstenose in de proximale en middelste segmenten van de belangrijkste coronaire arteriën met voldoende nauwkeurigheid konden worden geïdentificeerd. Als beperking van de studie werd genoemd dat de distale takken buiten beschouwing moesten blijven en dat de a. coronaria sinistra circumflex slechts in 50% van de gevallen kon worden geëvalueerd. Een aantal bloedplasmamiddelen t.b.v. een verbeterde imaging van de coronaire vaten bevindt zich momenteel in onderzoek [6].

Getransplanteerde venenconduits vertonen een versnelde mate van atherosclerose. In verschillende studies werd de accuratesse van MRA bij de bepaling van patency en stenose van bypasses bepaald [7-9]. Langerak et al. [10] maakten gebruik van hoge-resolutie navigator-gated 3D MRA voor de detectie van veneuze-bypassafwijkingen. Zij vergeleken MR-angiografie met conventionele coronariografie bij 38 patiënten met 56 veneuze grafts die na een bypassoperatie last hadden van periodiek terugkerende pijn op de borst. ROC (receiver-operator characteristic)-analyse van de twee observers liet een AUC (area under the curve) zien van 0,89 resp. 0,89 voor identificatie van graftafsluiting, 0,81 en 0,87 voor stenose $\geq 50\%$, en 0,82 en 0,79 voor stenose $\geq 70\%$. De interobserver-overeenstemming bij het beoordelen van $\geq 50\%$ en $\geq 70\%$ graftafsluiting en stenose bedroeg resp. 94%, 72% en 82%. Dit onderzoek laat zien dat met behulp van MRA niet alleen goed

kan worden gedifferentieerd tussen open en afgesloten veneuze grafts, maar dat veneuze-bypassafwijkingen met een behoorlijke diagnostische accuratesse kunnen worden bepaald. Deze aanpak biedt perspectief als non-invasieve diagnostische methode bij patiënten met terugkerende pijn op de borst na plaatsing van veneuze grafts.

Het is interessant te constateren dat met MR-metingen van de coronaire flowreserve in-stent-restenose kan worden gedetecteerd. MR-flowmapping [11-12] in combinatie met MRA kan als alternatief dienst doen bij het onderzoek van de distale coronaire arteriën, omdat baseline en stressflow in het proximale gedeelte van de graft functionele maten zijn van het gehele vaatbed distaal van het vlak van de flowmeting. Bovendien heeft invasief onderzoek aangetoond dat de morfologie van laesies niet noodzakelijkerwijs een afspiegeling is van de functionele status van de graft. Een gecombineerde aanpak met MRA en flowmapping zou derhalve tot verdere verbetering van de resultaten kunnen leiden.

In een ander onderzoek bestudeerden Langerak et al. [13] 69 patiënten met 166 grafts (81 met een enkele-venegraft, 44 met een graft van meervoudige venen en 41 met arteriële grafts), en wel op baseline en tijdens adenosine-geïnduceerde hyperemie (adenosine $140 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Flowmapping vond plaats in het proximale gedeelte van de graft en loodrecht op het graftsegment volgens een standaardprotocol. De grafts werden ingedeeld in groepen met stenose $\geq 50\%$ ($n=72$) en $\geq 70\%$ ($n=48$) in de graft of de ontvangende vaten. Sensitiviteit en specificiteit wat betreft de detectie van enkele-venegrafts met stenose $\geq 50\%$ en 70% bedroegen 94%/63% resp. 96%/92%. Dit betekent dat MRI-flowvelocity-metingen bruikbaar kunnen zijn voor de detectie van flowbeperkende laesies in bypass grafts en ontvangende vaten.

Nagel et al. [14] pasten navigator-gated gradient echo MR toe bij 38 patiënten, na succesvolle percutane coronaire interventie en het aanbrengen van een stent, teneinde de reserve van de coronaire flowsnelheid te bepalen. De metingen in deze studie werden loodrecht op het bloedvat gedaan, gebruikmakend van fase-contrast snelheidskwantificatie, 5 mm distaal van het stentartefact in rust en onder stress (adenosine $140 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). De metingen werden na drie maanden herhaald en er werd vergeleken met invasieve coronariografie. De coronaire flow-snelheidsreserve kon bij 29 van de 38 patiënten (76%) worden bepaald. Na drie maanden werden significante verschillen gezien tussen coronaire arteriën met en zonder restenose. Met een nauwkeurigheid van 86% en een positief-voorspellende waarde van 94% kon een in-stent-reductie van de dwarsdoorsnede van coronaire arteriën van $\geq 50\%$ worden gedetecteerd. Bij toepassing van een drempel voor de flowreserve van 1,2 werd bij $\geq 75\%$ stenose een sensitiviteit van 83% met een specificiteit van 94% bereikt.

Er zijn thans nieuwe MRI-technieken beschikbaar voor een verbeterde beeldvorming van de coronairvaten. Een beter beeldcontrast kan verkregen worden door gebruik te maken van steady-state free precession, beter bekend onder het acronym balanced FFE (balanced fast field echo), FISP (fast imaging with steady state free precession) en FIESTA (fast imaging employing steady state acquisition). Bunce et al. [15] vergeleken de nauwkeurigheid van multisection true FISP met gadolinium-enhanced MRA voor de detectie van CABG-patency bij 25 patiënten die recent conventionele coronariografie hadden ondergaan. Met true FISP-angiografie bedroeg de sensitiviteit voor patency bij alle grafts 84%, de specificiteit 45% en de nauwkeurigheid 78%. Met gadolinium-enhanced MRA was de sensitiviteit voor detectie van graft patency 85%, de specificiteit 73% en de nauwkeurigheid 84%. De nauwkeurigheid voor detectie van CABG-patency was vergelijkbaar voor gadolinium-enhanced MRA en true FISP-angiografie. Met betrekking tot evaluatie van pijn op de borst bij CABG-patiënten vond deze studie dat gadolinium-enhanced MRA noch true FISP-angiografie alleen een geschikt alternatief vormt voor conventionele coronariografie. Zowel true FISP als gadolinium-enhanced MRA zouden deel kunnen uitmaken van een gecombineerde non-invasieve imagingstrategie.

Klinische evaluatie van myocardinfarct

Tegenwoordig is vertraagd enhancement na toepassing van gadolinium ter beoordeling van myocardiale levensvatbaarheid een geaccepteerde methode. Na toepassing van extracellulair gadoliniumcontrast toont normaal myocard tijdens first pass een verhoogde signaalintensiteit, gevolgd door een wash-out-periode. Bij een geïnfarcteed myocard ziet de wash-out-kinetiek van de contraststof er anders uit dan in normaal myocardweefsel. In proefdiermodellen merkten Wendland et al. [16] op dat de longitudinale relaxatietijden van het beschadigde resp. normale myocard na toepassing van gadolinium-DTPA hun pre-contrastevenwicht verschillend snel terugvinden. Met een inversion recovery pulse kan op een geschikt tijdstip na toepassing van Gd-DTPA een zwaar T1-weighted beeld worden verkregen dat het contrast tussen het beschadigde en het normale myocard

maximaliseert. Dit weefsel noemen we 'hyperenhanced' of 'delayed enhanced', en de retentie van gadolinium-DTPA in dit gebied wijst op enige mate van myocardschade, uitlekken in het interstitium en geruptureerde myocyten.

Kim et al. [17] maakten gebruik van een inversion recovery sequence om de waarde aan te tonen van toepassing van dit principe bij het identificeren van beschadigd myocard. Zij onderzochten delayed contrast enhancement MR en wandbeweging na ernstige maar reversibele ischemische schade, acuut infarct met en zonder reperfusie, en chronisch infarct bij chronisch geïnstrumenteerde honden. Tegelijkertijd werden *ex vivo* MR-beelden vergeleken met trifenyltetrazoliumchloride-(TTC)gekleurde coupes. Bij 18 honden werd een grote coronairarterie afgesloten voor onderzoek van een acuut of chronisch infarct, en een tweede coronairarterie werd reversibel afgesloten en met dopplerflowmeting bestudeerd. Drie dagen na de ingreep werd bij acuut infarct m.b.v. cine-MRI een reductie van de wandverdickking aangetoond. Bij reversibele ischemische schade bedroeg de wandverdickking voor, tijdens en na inflatie van de afsluiter gedurende 15 min respectievelijk $35\pm 5\%$, $1\pm 8\%$ en $21\pm 10\%$, en de dopplerflow was respectievelijk $19,8\pm 5,3$, $0,2\pm 0,5$ en $56,3\pm 17,7$ cm/s – hiermee afsluiting, transiënte ischemie en reperfusie bevestigend. 30 min na contrasttoediening verkregen delayed-enhanced MR-beelden toonden hyperenhancement van acute infarcering, echter geen reversibele ischemische schade. De locatie, spatiale uitgebreidheid en de driedimensionale contouren van de gebieden met verhoogde MR-beeldintensiteit kwamen in wezen overeen met die van irreversibel beschadigde gebieden zoals gevonden door post mortem TTC. Vergelijkbare resultaten werden gezien na reperfusie bij 3-dagen-oude infarcten en na acht weken. Bij de onderzochte pathofysiologieën kon met contrast-MRI gedifferentieerd worden tussen reversibele en irreversibele ischemische schade, onafhankelijk van wandbeweging en infarctleeftijd. Oshinski et al. [18] onderzochten of de grootte van het enhanced gebied verandert met het tijdstip waarop imaging plaatsvindt na injectie van Gd-DTPA bij een acuut MI na reperfusie. In een ratmodel van myocardinfarct na reperfusie bepaalden zij op welk tijdstip na injectie van Gd-DTPA het enhanced gebied de omvang van het infarct nauwkeurig voorspelt; het beste tijdstip hiervoor was 21 ± 4 min. Een tekortkoming van het onderzoek vormde de constante inversietijd van 225 ms.

In een andere studie onderzochten Kim et al. [19] of MR na toediening van contraststof geschikt was om te differentiëren tussen reversibele en irreversibele ischemische myocardschade, en of zodoende contrast-enhanced MR gebruikt zou kunnen worden om te voorspellen of gebieden met abnormale kamercontractie bij patiënten met coronairlijden na revascularisatie zouden verbeteren. Zij pasten gadolinium-enhanced MRI toe bij 50 patiënten met ventrikeldisfunctie, alvorens deze chirurgische dan wel percutane revascularisatie ondergingen. De transmurale omvang van de hyperenhanced gebieden vormde een weergave van de transmurale omvang van niet levensvatbaar myocard. Met cine-MR bepaalden zij de mate van regionale contractiliteit van dezelfde gebieden bij 41 patiënten voor en na revascularisatie. Contrast-enhanced MR toonde bij 40 van 50 patiënten voor revascularisatie hyperenhancement van myocardweefsel. In de disfunctionele segmenten verminderde de waarschijnlijkheid van verbetering in regionale contractiliteit na revascularisatie progressief met de toename van de transmurale omvang van hyperenhancement voor revascularisatie. Zowel het disfunctionele als het non-hyperenhanced percentage van het linkerventrikel vóór revascularisatie toonde een sterke relatie met de mate van verbetering van de globale gemiddelde wandbewegingsscore en de ejectionfractie na revascularisatie. De auteurs concludeerden dat reversibele myocarddisfunctie vóór coronaire revascularisatie kan worden geïdentificeerd d.m.v. contrast-enhanced MR.

Klein et al. [20] vergeleken MRI delayed enhancement met PET als gouden standaard voor de detectie en kwantificatie van myocardiaal littekenweefsel. Zij onderzochten 31 patiënten met ischemisch hartfalen met behulp van PET en MRI. De sensitiviteit en specificiteit van MRI m.b.t. de identificatie van patiënten en segmenten met matched flow/metabolismedefecten bedroeg resp. 0,96 van 1 en 0,86 van 0,94. De met MRI kwantitatief bepaalde infarctmassa toonde een goede correlatie met de infarctgrootte zoals gemeten met PET. De onderzoekers concludeerden dat MRI-hyperenhancement als maat van myocardiaal littekenweefsel bij ernstig ischemisch hartfalen nauwe overeenstemming vertoont met gegevens uit PET-onderzoek.

Teneinde na te gaan of met delayed enhancement een verbetering van disfunctioneel, echter levensvatbaar myocard voorspelbaar is, onderzochten Beek et al. [21] 30 patiënten met cine-MR en MRI-delayed enhancement, drie dagen en drie maanden na een acuut gereperuseerd infarct. De waarschijnlijkheid van verbetering van segmenten zonder hyperenhancement was 2,9, 14,3 en 20 keer groter dan van segmenten met resp. 26-50%, 51-75% en $\geq 75\%$ hyperenhancement. De waarschijnlijkheid van volledig functioneel herstel van segmenten zonder hyperenhancement was 3,8, 11,1 en 50 keer groter dan van segmenten met resp. 26-50%, 51-75% en $\geq 75\%$ hyperenhancement.

De studie toont aan dat functionele verbetering van stunned myocard kan worden voorspeld m.b.v. delayed enhancement.

Kwong et al. [22] veronderstelden dat het mogelijk moest zijn m.b.v. cardiaal MRI in rust een mogelijk of waarschijnlijk acuut coronair syndroom doeltreffend te beoordelen door een gecombineerd onderzoek van contractiele functie, perfusie en viability. De diagnostische prestaties van MRI werden beoordeeld in een prospectief onderzoek bij 161 opeenvolgende patiënten op de eerstehulpafdeling. Ingesloten werden patiënten met 30 min pijn op de borst die verenigbaar was met myocardischemie, echter een ECG dat geen diagnose toeliet van acuut myocardinfarct. Binnen 12 uur na presentatie van de patiënt werd MRI uitgevoerd, inclusief perfusion imaging, beoordeling van de linkerventrikelfunctie en delayed enhancement. De MRI-beelden werden kwalitatief geïnterpreteerd, echter ook kwantitatief geanalyseerd. De sensitiviteit resp. specificiteit voor detectie van acuut coronair syndroom met MRI was 84% resp. 85%, met een abnormaal ECG 80% resp. 61%, en met strikte ECG-criteria voor ischemie 16% resp. 95%. MR-onderzoek toonde een grotere sensitiviteit dan de strikte ECG-criteria voor ischemie en een grotere specificiteit dan een abnormaal ECG. Multivariate logistische regressieanalyse toonde aan dat MRI de krachtigste voorspeller was van acute coronaire syndromen, met toegevoegde diagnostische waarde. Cardiaal MRI in rust bracht diagnostische besturingscriteria aan het licht die geschikt zijn voor de triage van patiënten op de eerstehulpafdeling met pijn op de borst. Spoedige toepassing van MRI ter beoordeling van pijn op de borst maakte accurate detectie mogelijk van een hoog percentage van patiënten met acuut coronair syndroom, inclusief patiënten met enzym-negatieve instabiele angina pectoris. *Figuur 2* toont een voorbeeld van delayed enhancement bij een chronisch infarct.

Conclusie

Door gebruik te maken van verschillende technieken kunnen met behulp van MR-imaging veel relevante aspecten van coronairlijden aan het licht gebracht worden. Zo is visualisering mogelijk van stenosen in native coronairarteriën, hoewel nog technische verbeteringen geboden zijn. Imaging van veneuze bypasses is minder gecompliceerd vanwege hun grootte en minder bewegingsartefacten. Additioneel MR-flowmapping verschaft functionele informatie over de hemodynamische gevolgen van vaatstenose. Rechtstreekse visualisering van ischemisch myocard is thans een routinemethode. Vooral het toepassen van delayed enhancement-technieken t.b.v. infarctimaging behoort nu tot het geaccepteerd gereedschap. Deze aanpak is vrij eenvoudig en wordt in de kliniek breed toegepast. Het klinisch effect van delayed enhancement imaging van ischemisch myocard kon in veel studies worden aangetoond. De plaats van cardiaal MRI bij de work-up en risicofratificatie van patiënten met (verdenking van) coronairlijden dient in verder onderzoek te worden gedefinieerd.

*Prof.dr. A. de Roos*¹

*T.A.M. Kaandorp*¹

*Dr. H.J. Lamb*¹

*J.J. Bax*²

*Prof.dr. E.E. van der Wal*²

Leids Universitair Medisch Centrum

¹ *Afdeling Radiologie*

² *Afdeling Cardiologie*

Literatuur

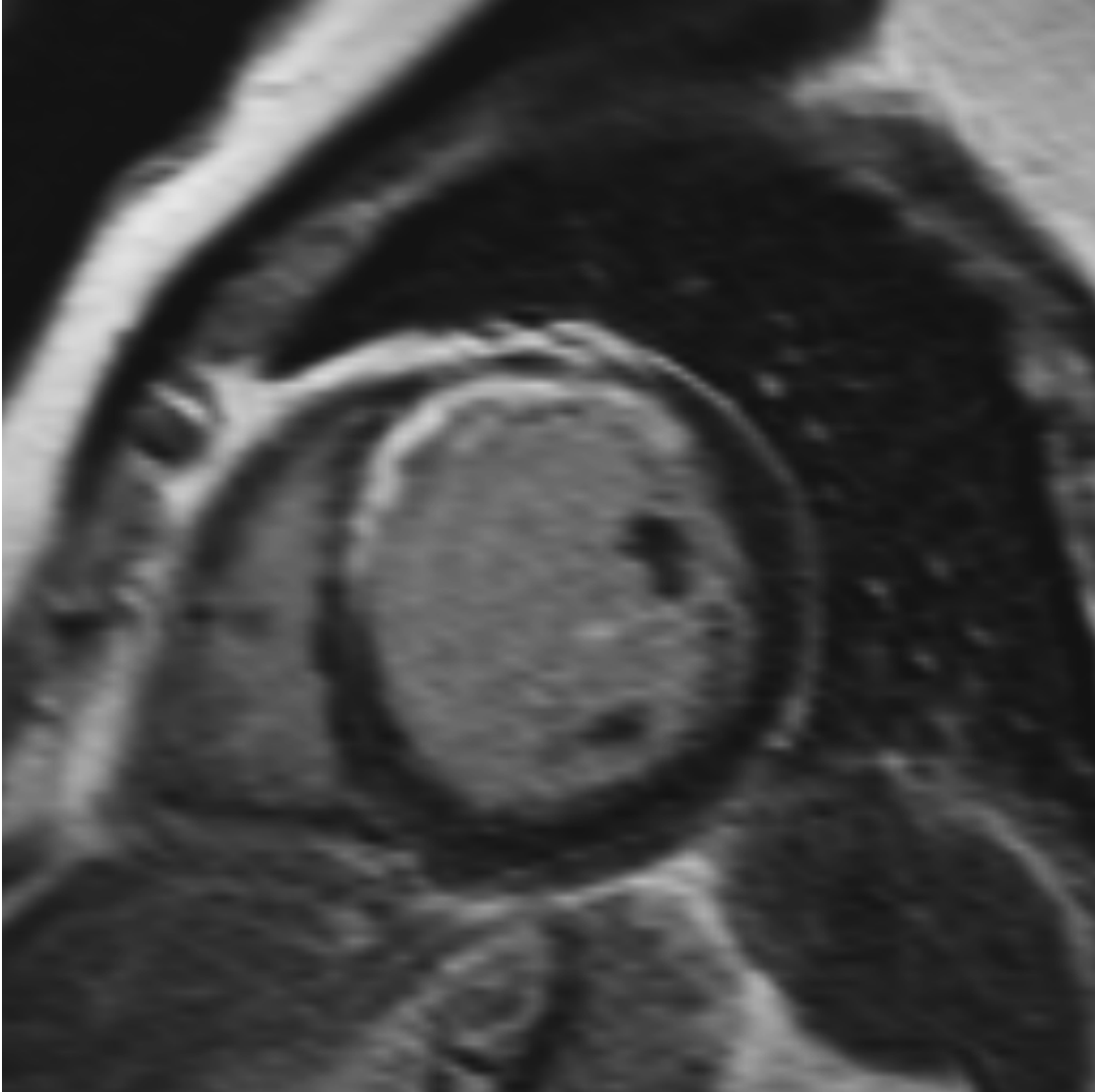
1. Boersma H, Doornbos G, Bloemberg BPM, Wood DA, Kromhout D, Simoons ML. Cardiovascular diseases in Europe. European registries of cardiovascular diseases and patient management. European Society of Cardiology, 1999.
2. Plein S, Ridgway JP, Jones TR, Bloomer TN, Sivananthan MU. Coronary artery disease: assessment with a comprehensive MR imaging protocol – initial results. *Radiology* 2002;225:300-7.
3. Kim WY, Danias PG, Stuber M, Flamm SD, Plein S, Nagel E, et al. Coronary magnetic resonance angiography for the detection of coronary stenoses. *N Engl J Med* 2001;345:1863-9.
4. Bogaert J, Kuzo R, Dymarkowski S, Beckers R, Piessens J, Rademakers FE. Coronary artery imaging with real-time navigator three-dimensional turbo-field-echo MR coronary angiography: initial experience. *Radiology* 2003;226:707-16.
5. Regenfus M, Ropers D, Achenbach S, Kessler W, Laub G, Daniel WG, Moshage W. Noninvasive detection of coronary artery stenosis using contrast-enhanced three-dimensional breath-hold magnetic resonance coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:44-50.
6. Dirksen MS, Lamb HJ, Kunz P, Robert P, Corot C, Roos A de. Improved MR coronary angiography with use of a new rapid clearance blood pool contrast agent in pigs. *Radiology* 2003;227:802-8.
7. Wintersperger BJ, Engelmann MG, Smekal A von, Knez A, Penzkofer HV, Hoffling B, et al. Patency of coronary

- bypass grafts: assessment with breath-hold contrast-enhanced MR angiography – value of a non-electrocardiographically triggered technique. *Radiology* 1998;208:345-51.
8. Molinari G, Sardanelli F, Zandrino F, Balbi M, Masperone MA. Value of navigator echo magnetic resonance angiography in detecting occlusion/patency of arterial and venous, single and sequential coronary bypass grafts. *Int J Card Imaging* 2000;16:149-60.
 9. Engelman MG, Knez A, Smekal A von, Wintersperger BJ, Huehns TY, Hofling B, et al. Non-invasive coronary bypass graft imaging after multivessel revascularisation. *Int J Cardiol* 2000;76:65-74.
 10. Langerak SE, Vliegen HW, Roos A de, Zwinderman AH, Jukema JW, Kunz P, et al. Detection of vein graft disease using high-resolution magnetic resonance angiography. *Circulation* 2002;105:328-33.
 11. Langerak SE, Kunz P, Vliegen HW, Jukema JW, Zwinderman AH, Steendijk P, et al. MR flow mapping in coronary artery bypass grafts: a validation study with Doppler flow measurements. *Radiology* 2002;222:127-35.
 12. Sakuma H, Globits S, O'Sullivan M, Shimakawa A, Bernstein MA, Foo TK, et al. Breath-hold MR measurements of blood flow velocity in internal mammary arteries and coronary artery bypass grafts. *J Magn Reson Imaging* 1996;6:219-22.
 13. Langerak SE, Vliegen HW, Jukema JW, Kunz P, Zwinderman AH, Lamb HJ, et al. Value of magnetic resonance imaging for the noninvasive detection of stenosis in coronary artery bypass grafts and recipient coronary arteries. *Circulation* 2003;107:1502-8.
 14. Nagel E, Thouet T, Klein C, Schalla S, Bornstedt A, Schnackenburg B, et al. Noninvasive determination of coronary blood flow velocity with cardiovascular magnetic resonance in patients after stent deployment. *Circulation* 2003;107:1738-43.
 15. Bunce NH, Lorenz CH, John AS, Lesser JR, Mohiaddin RH, Pennell DJ. Coronary artery bypass graft patency: assessment with true fast imaging with steady-state precession versus gadolinium-enhanced MR angiography. *Radiology* 2003;227:440-6.
 16. Wendland MF, Saeed M, Lauerma K, Derugin N, Mintonovitch J, Cavagna FM, Higgins CB. Alterations in T1 of normal and reperfused infarcted myocardium after Gd-BOPTA versus Gd-DTPA on inversion recovery EPI. *Magn Reson Med* 1997;37:448-56.
 17. Kim RJ, Fieno DS, Parrish TB, Harris K, Chen EL, Simonetti O, et al. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation* 1999;100:1992-2002.
 18. Oshinski JN, Yang Z, Jones JR, Mata JF, French BA. Imaging time after Gd-DTPA injection is critical in using delayed enhancement to determine infarct size accurately with magnetic resonance imaging. *Circulation* 2001;104:2838-42.
 19. Kim RJ, Wu E, Rafael A, Chen EL, Parker MA, Simonetti O, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 2000;343:1445-53.
 20. Klein C, Nekolla SG, Bengel FM, Momose M, Sammer A, Haas F, et al. Assessment of myocardial viability with contrast-enhanced magnetic resonance imaging: comparison with positron emission tomography. *Circulation* 2002;105:162-7.
 21. Beek AM, Kuhl HP, Bondarenko O, Twisk JW, Hofman MB, Dockum WG van, et al. Delayed contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the prediction of regional functional improvement after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:895-901.
 22. Kwong RY, Schussheim AE, Rekhraj S, Aletras AH, Geller N, Davis J, et al. Detecting acute coronary syndrome in the emergency department with cardiac magnetic resonance imaging. *Circulation* 2003;107:531-7.

Figuur 1: Voorbeeld van coronair MRA. Rechter coronairarterie, curved multiplanar reformat.



Figuur 2: Voorbeeld van delayed enhancement. Let op anteroseptaal infarct.



This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.