

Hjerteklapsygdom vurderet med magnetisk resonans-skanning

Kasper Kyhl¹ & Per Lav Madsen²

STATUSARTIKEL

1) Medicinsk Afdeling, Landsjúkrahúsið, Tórshavn, Færøerne
2) Hjertemedicinsk Afdeling, Herlev Hospital

Ugeskr Læger
2018;180:V04170279

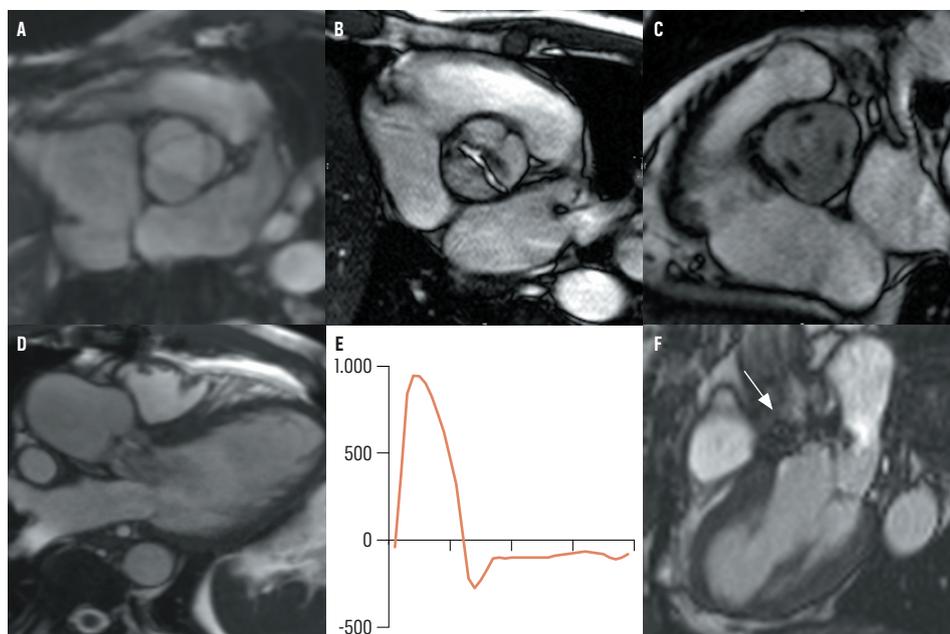
I Danmark opereres der hvert år knap 2.000 patienter for hjerteklapsygdom. De hyppigste klapsygdomme er aortastenose (AS), som opstår hos 2-7% af alle over 65 år, og mitralinsufficiens (MI), som ses hos 1% af befolkningen [1]. Operationsindikationer ved klapsygdom bygger primært på ekkokardiografiske opfølgingsstudier, idet man generelt opererer patienter med symptomer og svær klapsygdom [2]. Patienter med betydende klapsygdom følges ofte i kardiologiske ambulatorier, idet man forsøger at undgå for tidlig operation, hvor man risikerer ikke bare unødigt operation, men også gentagne operationer ved evt. klapprotosedegeneration, men omvendt kan man ved f.eks. svær insufficiens risikere ventrikelsvigt og en forpasset chance for et godt operationsresultat. Billeddannelse med ekkokardiografi af hjertet er den vigtigste modalitet til vurdering af patienter med hjerteklapsygdom [3], og med ekkokardiografi med farve-Doppler dokumenterer man ofte overbevisende tilstedeværelse af klapsygdom. Klappstenosegraden kvantificeres ud fra klappens åbningsareal enten ved planimetri eller hyppigere ud fra trykgradienten (ligevægtsligningen). Klappinsufficiens

vurderes med ekkokardiografi ofte ud fra en samlet vurdering af både jet og dilatationsforhold, men i guidelines anbefales det, at insufficiens søges kvantificeret ud fra klappens regurgitationsvolumen (Re_{vol}), den patofysiologisk centrale parameter. Re_{vol} -bestemmelse ved f.eks. MI med proksimal flowkonvergens (PISA-teknik), men kræver gode jet-indblikforhold.

I udvalgte tilfælde suppleres ekkokardiografi med MR-skanning af hjertet (CMR), hvilket har fordele særligt inden for kvantificering af klappinsufficiens (herunder nøjagtig kvantificering af Re_{vol}) og til generel vurdering af klappdefektens indflydelse på tilstødende kamre inkl. nøjagtig vurdering af hjertekammervoluminer, hjertekammerfunktion, myokardiemasse og evt. myokardiefibrose. CMR-filmsekvenser har høj naturlig kontrast mellem blod, klappmateriale og myocardium og er guldstandard til evaluering af hjertekamrenes volumen og uddrivningsfraktion samt myokardiemasse, der alle vurderes i forhold til publicerede normalmaterialer [4]. I forhold til ekkokardiografi er CMR særlig velegnet til vurdering af højresidige hjertekamres volumen, der pga. kamrenes anatomi ellers er vanskelige at kvan-

FIGUR 1

Eksempler på aortaklapsygdom. A. Trikuspid aortaklap med normalt åbningsareal. B. Bikuspid aortaklap med fusion af højre og venstre cuspis og samtidig svær aortastenose med åbningsareal $< 1 \text{ cm}^2$. C. Biologisk hjerteklapprotese i aortaposition. Bemærk de tre tårne hvor cuspis er ophængt. D. Aortainsufficiens (trekammerbillede). E. Flowkurve ved aortainsufficiens, bemærk konstant insufficiensflow i diastolen. F. Mekanisk aortaklapprotese med artefakt omkring klappen (pil).



ificere korrekt med ekkokardiografi. Med CMR opgøres flow og stenosegradient over klapper med fasekontrasthastighedsteknik, idet man med CMR særlig nøjagtigt kan bestemme fremadrettet slagvolumen og bagudrettet regurgitationsvolumen (Re_{vol}) ved måling umiddelbart over aorta- eller pulmonalklapper. CMR har lavere tidsopløselighed end ekko-Doppler, og trykgradienter kan derfor undervurderes med CMR. Skanning efter indgift af gadoliniumholdige kontraststoffer (forbeholdt patienter med estimeret glomerulær filtrationsrate $> 30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ [5]) benyttes til påvisning af områder af myokardiet med enten lokaliseret (LGE) eller mere diffus fibrose (T_1 -mapping, evt. gadoliniumkontrastfrit). I denne artikel præsenteres en oversigt over anvendelsen af CMR ved undersøgelse af patienter med hjerteklapsygdom.

AORTASTENOSE

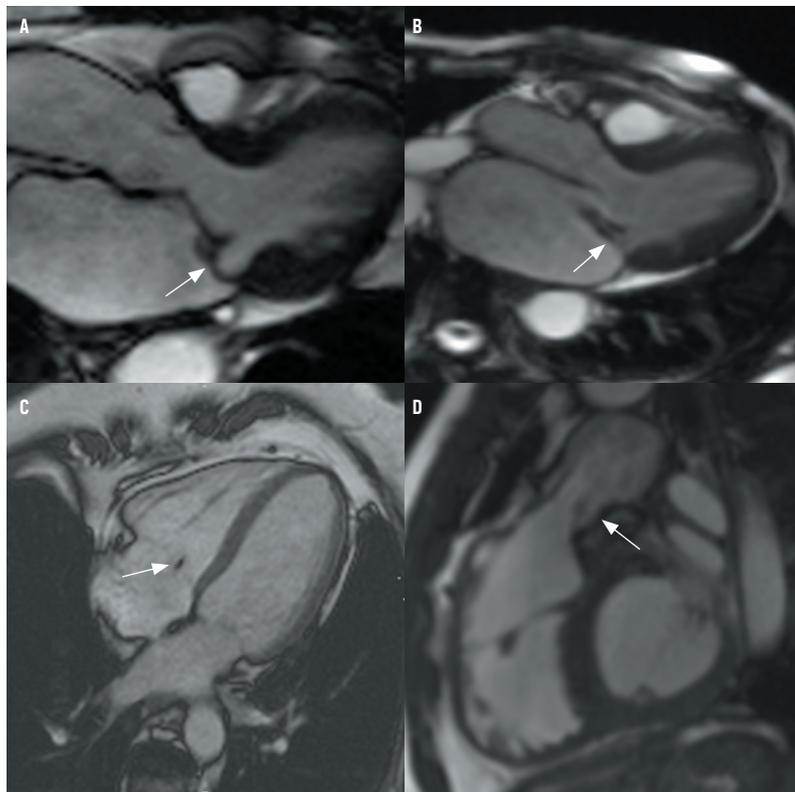
AS er hyppig hos ældre patienter med trikuspid aortaklap (1-2% over 65 år). Hos patienter med bikuspid aortaklap (0,5-1,0%) opstår AS tidligere i livet og med højere incidens (og evt. aortainsufficiens (AI)), og patienterne må ofte opereres tidligere. Med CMR visualiseres forkalkninger (f.eks. på klapper) ikke så godt som med ekkokardiografi og CT, men CMR kan benyttes til visualisering af klappen og vurdering af stenosegradient ved suboptimalt ekkovindue (Figur 1A + B), om end man med CMR undervurderer stenosegraden ud fra ligevægtsligningen. Koronarpatologi vurderes med koronarangiografi eller koronar-CT da man med CMR ikke kan visualisere koronarkar, med CMR kan man derimod foretage myokardieperfusionsskanninger [6]. CMR benyttes rutinemæssigt til opfølgning af patienter med bikuspid aortaklap (Figur 1B), hvor vurdering af ledsagende medfødt hjertesygdom, herunder ofte hypoplastisk aortabue og coarctatio, er nødvendig. Hos disse ofte yngre patienter ønsker man at følge aorta ascendens' dimensioner grundet risiko for aortadissection uden brug af ioniserende stråling (jf. bikuspid aortaklap-relateret aortopati). Man undersøger klappens morfologi og venstre ventrikels (LV) vægtykkelse, størrelse og kontraktile og diastoliske funktion [1]. Et aortaklapåbningsareal $< 1,0 \text{ cm}^2$ betragtes som udtryk for svær AS [7-10]. Ledsagende iskæmisk hjertesygdom kan bedømmes med gadoliniumteknik, og i forsknings-sammenhæng vurderer man diffus myokardiefibrose, der er et dårligt prognostisk tegn og ofte ses ved AS særligt i den basale (mitralklapnære) del af LV-myokardium [11, 12].

MITRALSTENOSE OG HØJRESIDIGE KLAPSTENOSER

Mitralstenose (MS) er oftest sekundær til giftfeber og ses i dag næsten kun hos patienter, som er opvokset i udviklingslande. MS udredes ofte sufficient med ekkokardiografi inkl. vurdering af forkalkning (af betydning

FIGUR 2

Eksempler på mitral-, trikuspidal- og pulmonalklappesygdom (pile). A. Mitralprolaps (posteriore midterste segment) med mitralinsufficiens. B. Insufficiensflow ved svær mitralinsufficiens. C. Mild trikuspidalinsufficiens (bemærk det mindre tydelige insufficiensflow jf. lave trykgradienter). D. Mild pulmonalstenose hos patient med pulmonal autograft.



for behandlingsvalg) og *continuous wave* (CW)-ekko-Doppler over mitralklappen, og CMR vil sjældent være indiceret, om end man med CMR kan vurdere klaparealet med planimetri [13] og venstresidige hjertekamres volumen, hvor LV-volumen forbliver lavt, mens venstre atrium (LA)-volumen og pulmonalvenner ofte dilaterer betydeligt [14]. Patienter med MS har hyppigt atrieflimren, hvilket »besværliggør« CMR, men altid muliggør præcis opmåling af LA-volumen [15, 16].

Pulmonal- og trikuspidalstenose (PS og TS) er oftest

HOVEDBUDSKABER

- ▶ Magnetisk resonans-skanning af hjertet (CMR) har undergået en massiv udvikling i de seneste 30 år, og den kliniske brug er stigende.
- ▶ CMR er en integreret del af udredningen af hjertepatienter på større kardiologiske afdelinger og indgår som en naturlig del i udredningen af patienter med klappesygdom, hvis der er tvivl efter udredning med ekkokardiografi.
- ▶ Ud over ofte god billeddannelse har CMR fordele i forhold til præcise opmålinger af regurgitationsvolumen ved klappinsufficiens og til vurdering af hjerteklappesygdommens belastning af hjertekamre og deres kontraktile funktion samt til vurdering af myokardiefibrose, herunder udelukkelse af anden årsag til kammerdilatation.

medfødt og vurderes primært med billeddannelse af klapper og tilstødende kamre. PS kvantificeres med transtorakal ekkokardiografi med CW-Doppler, men særligt ved suboptimalt ekkovindue vil man ved undersøgelse af patienter med PS ofte supplere med CMR, der ikke er begrænset af skanningsplan. Stenosen og særligt dens relation til klappen (prævalvulær, valvulær eller postvalvulær) dokumenteres med CMR (Figur 2), idet man til støtte for undersøgelsen samtidigt opmåler evt. poststenotisk dilatation af pulmonalarterier. PS' og TS' sværhedsgrad vurderes samtidigt ud fra volumen/dimensioner af systemvenen og højresidige kamre samt højre ventrikel (RV)'s hypertrofi og funktion. Ved suboptimalt indblik ved ekkokardiografi kan trykgradienten over pulmonalklappen opmåles med fasekontrast-hastighedssekvenser.

AORTAINSUFFICIENS

Akut udviklet AI, f.eks. ved endokarditis, kan starte med shock og lungeødem og vil i praksis altid kunne vurderes sufficient med ekkokardiografi. Kronisk AI enten primært eller sekundært til aorta ascendens-dilatation har ofte en lang asymptomatisk fase med tiltagende volumenbelastning af LV. Kvantificering af AI med ekko er undertiden vanskelig med operationskriterier primært ud fra symptomer og fund af dilateret LV med LV-slutsystolisk diameter $> 2,5$ cm/m², og kronisk AI vurderes i tiltagende grad med CMR [17]. Med CMR vurderer man AI vha. fasekontrast-hastighedssekvenser over aortaklappen og opmåling af LV-volumen og funktion [18] samt vurdering af anden årsag til LV-dilatation med LGE. Endnu indgår CMR-mål ikke i operationskriterierne, men AI-regurgitationsvolumen > 42 ml, regurgitationsfraktion $> 33\%$ og LV-slutdiastolisk volumen > 246 ml har vist høj prædiktiv værdi for nødvendigheden af klapkirurgi inden for 2-3 år vurderet ud fra konventionelle kriterier [19].

HØJRESIDIG KLAPINSUFFICIENS

Fysiologisk trikuspidalinsufficiens (TI) ses hos 80% af alle, og mere betydende TI ses ved primær klapsygdom eller sekundært til dilateret RV, da trikuspidalostiet ikke har en fibrotisk ring som den, der omkranser mitralostiet. Betydende TI fører til symptomer på højresidig hjertesvigt og anstrengelsesudløst åndenød pga. lavt minutvolumen. Kateterbaserede teknikker til behandling af TI er under udvikling, og der er tiltagende interesse for at behandle patienter med betydende TI. Med ekkokardiografi med farve-Doppler dokumenteres TI ofte bedre end med CMR, men CMR er af værdi, hvis anatomien (f.eks. Ebsteins anomali) og det absolutte Re_{vol} er vanskelig at evaluere. Med CMR bestemmes RV og højre atrium- og vena cava inferior-dilatation bedre end med ekkokardiografi. Re_{vol} bestemmes typisk ud fra differencen mellem RV-slagvolumen (volumetri) og

det fremadrettede flow over pulmonalklappen [20, 21]. Et $Re_{vol} > 40-45$ ml betragtes som svært, men der foreligger endnu ikke gode CMR-opfølgingsstudier med patienter med TI.

Svær pulmonalinsufficiens (PI) er sjælden, men ses i praksis ofte hos voksne efter korrigerende kirurgi i barndommen for Steno-Fallots tetralogi. Efter operativ korrektion af RV-udløbsobstruktion risikerer patienterne at få betydende og måske endda »fri PI« (regurgitationsfraktion $> 40\%$) med langsom udvikling af RV-dilatation og kontraktil dysfunktion. CMR benyttes rutinemæssigt til opfølgning hos disse patienter, der typisk opereres senest ved RV-slutdiastolisk volumen på ca. 160 ml m⁻² eller RV-slutsystolisk volumen på 85 ml m⁻², hvorover normalisering af RV-funktion ikke kan forventes efter operation [22, 23].

Mitralinsufficiens

Akut, svær MI med lungeødem kan opstå ved chordaruptur eller endokarditis, men de fleste patienter med MI har et langt symptomfrit forløb efter mitralprolaps (myksødematøs omdannelse af mitral cuspis, Barlows sygdom) evt. med »flail-patologi« (bagudbøjning af mitral cuspis). Samlet vurderes MI-graden semikvantitativt ud fra ekkoparametre. Den vigtigste patofysiologiske parameter ved MI er størrelsen af $MI Re_{vol}$, der med ekkokardiografi forsøges bestemt med PISA-teknik. Svær MI er associeret med LV-dilatation og remodelering samt til sidst kompromitteret kontraktil funktion [24]. Korrektiv kirurgi skal derfor times rigtig, da man ved for sen klapoperation risikerer irreversibel LV-dysfunktion [25, 26]. Mitralklappen bevæger sig betragteligt under systole, og selvom det er muligt med CMR at måle Re_{vol} direkte over klappen (med *valve tracking*-teknik), bestemmer man normalt Re_{vol} indirekte, typisk som differencen mellem LV-slagvolumen og aortaflow [27]. Cuspispatologi af betydning for prognose og operationsteknik kan oftest ses på CMR-filmsekvenser, men transøsofageal ekkokardiografi er guldstandard. LGE-undersøgelse giver information om anden årsag til LV-dilatation, f.eks. tidligere AMI. Der er endnu kun få kliniske CMR studier af patienter med MI. Et engelsk CMR-studie med patienter med primær MI har vist, at Re_{vol} og regurgitationsfraktion $> \text{hhv. } 55 \text{ ml og } > 40\%$ er forbundet med nødvendighed af operation inden for få år ud fra konventionelle kriterier [28]. Et dansk-engelsk studie har vist, at patienter med primær MI, der ved ekkokardiografisk vurdering havde svær MI, havde CMR-bestemt Re_{vol} og regurgitationsfraktion $> \text{hhv. } 40 \text{ ml } > 30\%$ [29]. Ved disse værdier havde patienterne opnået LV- og LA-volumener over de øvre normalgrænser og LV-slutsystolisk diameter $> 36-40$ mm, over hvilken diameter man i opfølgingsstudier af patienter med MI har set en betydelig procentdel, der efter klap-substitution havde nedsat LV-funktion. Studiet har der-

for sat spørgsmålstegn ved tidligere foreslåede højere acceptable Re_{vol} (primært på baggrund af invasiv røntgen-ventrikulografi).

KUNSTIGE HJERTEKLAPPER OG METALLISKE IMPLANTATER

Mekaniske klapper vil give mindre billedartefakter (Figur 1F), og frasen ældre »ball-in-cage-klapper« kan klapperne problemfrit CMR-skannes (Tabel 1). Biologiske klapper evalueres som native (Figur 1C). Randlekage (insufficiens omkring syringen) kan være betydende, og i tvivlstilfælde benyttes CMR undertiden til vurdering af Re_{vol} . Patienter, der er opereret for bikuspid aortaklap, vil ofte blive fulgt med CMR, også selvom aorta ascendens-dilatation umiddelbart er velrekonstrueret, da man af og til ser aneurismedannelse distalt for den indsatte rørprotese. Patienter med *loop recorders* kan skannes, og patienter med pacemakere kan oftest skannes især på korrekt indikation, man må blot huske, at pacemakeren skal indstilles før og efter skanningen. Der er primært problemer med non-MR-kompatible pacemakere og implanterbare kardioverterdefibrillatorer, cochleaimplantater, neurostimulatorer og *neuro-coils* [30].

KONKLUSION

I dag indgår CMR-kriterier ikke i kriterierne for klapperoperation, og CMR betragtes som supplement til ekkokardiografisk undersøgelse, men det forventes, at CMR i stigende grad vil blive anvendt i vurderingen af patienter med klapsygdom, i takt med at teknikken udvides. Det er værdifuldt, at man med CMR i tiltagende grad kan vurdere klappatienter på kvantitative parametre som flow over klapper, kammervoluminer, myokardiemasse og regurgitationsvoluminer snarere end på semikvantitative parametre.

SUMMARY

Kasper Kyhl & Per Lav Madsen:

Heart valve disease evaluated with MRI

Ugeskr Læger 2018;180:Vo4170279

Patients with heart valve disease are evaluated with non-invasive imaging techniques notably echocardiography. Cardiovascular MRI (CMR) is increasingly applied, not only in case of a poor echocardiographic window, but also as a consequence of CMR's possibilities of precise determination of regurgitation volumes in insufficiency and precise determination of the impact of valve disease on corresponding heart chambers including chamber volumes, myocardial masse and fibrosis. In this paper, the emerging role of CMR in evaluation of patients with heart valve disease is reviewed.

TABEL 1

Hjppige, absolutte og relative kontraindikationer for MR-skanning. Koronare stents og transkateterklapper giver ikke problemer.

Kontraindikation	Kommentar/forklaring
<i>Absolut</i>	
LVAD	Patienter med venstre ventrikel-assist device kan ikke MR skannes
Insulinpumper	Disse kan dog fjernes inden skanningen
ICD/PM	Non-MR-kompati ble PM'er og ICD-enheder
<i>Relativ</i>	
Manglende Kooperation	Patienter skal kunne ligge fladt på ryggen > 30 min og samarbejde til > 8 s <i>breath-holds</i> Svær klaustrofobi
Arytmi	Hjppige ekstrasystoler og atrieflimren forringer billedkvaliteten
ICD/PM	Skanning af MR-kompatible ICD og PM'er vil foregå i samarbejde med elektrofysiologisk laboratorium efter lokale retningslinjer <i>Loop recorders</i> kontraindicere ikke CMR men kan give billedartefakter
Kunstige klapper	I praksis aldrig et problem, kun patienter med den tidlige <i>ball-in-cage</i> -hjerterklap kan ikke MR-skannes
Lav nyrefunktion	Ved e-GFR < 30 ml/min/1,73 m ² må gadoliniumkontrast ikke benyttes

CMR = hjerte-MR-skanning; e-GFR = estimeret glomerulær filtrationsrate; ICD = implanterbar kardioverterdefibrillator; PM = pacemaker.

KORRESPONDANCE: Kasper Kyhl. E-mail: kasperkyhl@gmail.com

ANTAGET: 30. oktober 2017

PUBLICERET PÅ UGESKRIFTET.DK: 12. marts 2018

INTERESSEKONFLIKTER: ingen. Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på Ugeskriftet.dk

LITTERATUR

- Otto CM, Prendergast B. Aortic-valve stenosis – from patients at risk to severe valve obstruction. *N Engl J Med* 2014;371:744-56.
- Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology, European Association for Cardio-Thoracic Surgery, Vahanian A et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J* 2012;33:2451-96.
- Egeblad H, Bildgaard U, Bagger H et al. Hjerteklapsygdom, diagnose og behandling. *Dansk Cardiologisk Selskab*, 2011.
- Kawel-Boehm N, Maceira A, Valsangiacomo-Buechel ER et al. Normal values for cardiovascular magnetic resonance in adults and children. *J Cardiovasc Magn Reson* 2015;17:29.
- Retningslinjer for undersøgelse af nyresyge patienter med gadoliniumholdige kontraststoffer ved MR-skanning. Sundhedsstyrelsen, 2013.
- Danad I, Szymonifka J, Twisk JWR et al. Diagnostic performance of cardiac imaging methods to diagnose ischaemia-causing coronary artery disease when directly compared with fractional flow reserve as a reference standard: a meta-analysis. *Eur Heart J* 2017;38:991-8.
- Westermann Y, Geigenmuller A, Elgeti T et al. Planimetry of the aortic valve orifice area: comparison of multislice spiral computed tomography and magnetic resonance imaging. *Eur J Radiol* 2011;77:426-35.
- Reant P, Lederlin M, Lafitte S et al. Absolute assessment of aortic valve stenosis by planimetry using cardiovascular magnetic resonance imaging: comparison with transesophageal echocardiography, transthoracic echocardiography, and cardiac catheterisation. *Eur J Radiol* 2006;59:276-83.
- Tanaka K, Makaryus AN, Wolff SD. Correlation of aortic valve area obtained by the velocity-encoded phase contrast continuity method to direct planimetry using cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2007;9:799-805.
- John AS, Dill T, Brandt RR et al. Magnetic resonance to assess the aortic valve area in aortic stenosis: how does it compare to current diagnostic standards? *J Am Coll Cardiol* 2003;42:519-26.
- Hein S, Arnon E, Kostin S et al. Progression from compensated hyper-

- trophy to failure in the pressure-overloaded human heart: structural deterioration and compensatory mechanisms. *Circulation* 2003;107:984-91.
12. Debl K, Djavidani B, Buchner S et al. Delayed hyperenhancement in magnetic resonance imaging of left ventricular hypertrophy caused by aortic stenosis and hypertrophic cardiomyopathy: visualisation of focal fibrosis. *Heart* 2006;92:1447-51.
 13. Djavidani B, Debl K, Lenhart M et al. Planimetry of mitral valve stenosis by magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:2048-53.
 14. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:e57-e185.
 15. Myerson SG. Valvular and hemodynamic assessment with CMR. *Heart Fail Clin* 2009;5:389-400.
 16. Myerson SG, Francis JM, Neubauer S. Direct and indirect quantification of mitral regurgitation with cardiovascular magnetic resonance, and the effect of heart rate variability. *MAGMA* 2010;23:243-9.
 17. Bekeredjian R, Grayburn PA. Valvular heart disease: aortic regurgitation. *Circulation* 2005;112:125-34.
 18. Chatzimavroudis GP, Oshinski JN, Franch RH et al. Evaluation of the precision of magnetic resonance phase velocity mapping for blood flow measurements. *J Cardiovasc Magn Reson* 2001;3:11-9.
 19. Myerson SG, d'Arcy J, Mohiaddin R et al. Aortic regurgitation quantification using cardiovascular magnetic resonance: association with clinical outcome. *Circulation* 2012;126:1452-60.
 20. Mahle WT, Parks WJ, Fyfe DA, et al. Tricuspid regurgitation in patients with repaired Tetralogy of Fallot and its relation to right ventricular dilatation. *Am J Cardiol* 2003;92:643-5.
 21. Rees S, Somerville J, Warnes C et al. Comparison of magnetic resonance imaging with echocardiography and radionuclide angiography in assessing cardiac function and anatomy following Mustard's operation for transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 1988;61:1316-22.
 22. Therrien J, Provost Y, Merchant N et al. Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol* 2005;95:779-82.
 23. Oosterhof T, van Straten A, Vliegen HW et al. Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected tetralogy of Fallot using cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 2007;116:545-51.
 24. O'Gara P, Sugeng L, Lang R et al. The role of imaging in chronic degenerative mitral regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:221-37.
 25. Nishimura RA, Otto C. 2014 ACC/AHA valve guidelines: earlier intervention for chronic mitral regurgitation. *Heart* 2014;100:905-7.
 26. Samad Z, Kaul P, Shaw LK et al. Impact of early surgery on survival of patients with severe mitral regurgitation. *Heart* 2011;97:221-4.
 27. Kramer CM, Barkhausen J, Flamm SD et al. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols, society for cardiovascular magnetic resonance: board of trustees task force on standardized protocols. *J Cardiovasc Magn Reson* 2008;10:35.
 28. Myerson SG, d'Arcy J, Christiansen JP et al. Determination of clinical outcome in mitral regurgitation with cardiovascular magnetic resonance quantification. *Circulation* 2016;133:2287-96.
 29. Aplin M, Kyhl K, Bjerre J et al. Cardiac remodelling and function in primary mitral valve insufficiency studied by magnetic resonance imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2016;17:863-70.
 30. Abdulla J, Al-Zuhairi KSM, Amin S et al. Hjerte MR – et holdningspapir fra Dansk Cardiologisk Selskab. Dansk Cardiologisk Selskab, 2017.