



Cardiopathies non ischémiques

Apports de l'IRM

DIU Imagerie cardiaque en coupes

Pr Alain FURBER
UMR CNRS 6015 - INSERM U 1083
CHU et Université d'Angers



Fonction VG et VD globale

- VTD, VTS, FE, Masse
 - Cinétique segmentaire (17 segments)
 - Approche qualitative (Hypokinésie, akinésie, dyskinésie)
 - FE sectorielles, Mouvement endocardique
 - Epaississement pariétal systolique
 - Reproductibilité 5%
 - intra et inter-observateur
 - inter-examen
- A Furber et al. JMRI 1999*



IRM méthode de référence
Classe I Consensus Panel Report

Eur Heart J 2004; 25:1940 SFC / SFR 2009

Fonction VG et VD globale

- Fonction VG
 - Patient peu échogène +++
 - Discordances écho, ventriculographie +++
 - Indication du défibrillateur (FE précise)
- Fonction VD +++
- Recherche clinique

Right ventricular and MRI

- Visualizing anatomy
- Quantifying RV function
- Tissue characterization
- Calculating flows
 - RV stroke volume
 - Pulmonary and/or tricuspid valve regurgitation
 - Intracardiac shunts

Right ventricle and MRI

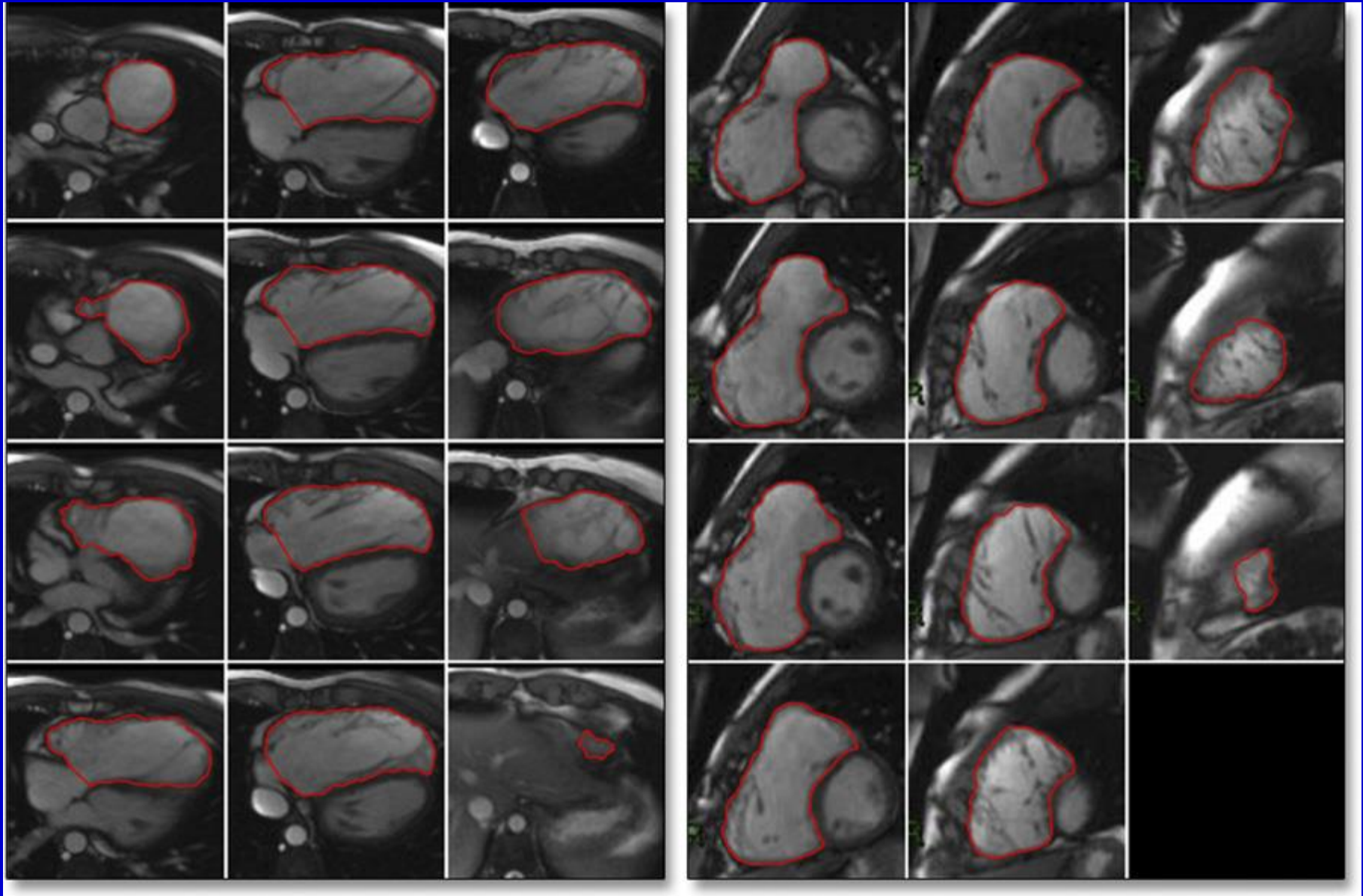
Interstudy reproducibility	Normals	CHF	LVH	Total
EDV index	4.2 %	7.8 %	6.2 %	6.2 %
ESV index	8.1 %	14.5 %	18.1 %	14.1 %
Stroke volume index	4.3 %	7.5 %	10.8 %	8.2 %
EF	4.3 %	10.4 %	10.0 %	8.3 %
Mass index	7.8 %	9.0 %	9.4 %	8.7 %

Grothues et al. Am Heart J 2004

MR RV volume measurement

- Breath-hold during breath-out
- Steady-state free precession (SSFP) sequence
- Axial or short-axis view
- Different types of software
 - There is not yet a consensus
- It is important to maintain consistent methods of acquisition and segmentation:
 - Reproducible volumetric analysis
 - Longitudinal comparison between studies

Reference : RV stroke volume (Phase contrast imaging in the pulmonary trunk)



Axial better when RV EDV ≥ 150 ml/m²

Clark CJ et al. *JACC imaging* 2012

Right ventricular volume measurement

- Long-axis displacement of the base of the RV is greater than that of the LV
 - First short-axis slice at end-diastole
- Any thin-walled, akinetic region of the RV outflow tract should be included in RV volume
 - Up to the level of the pulmonary valve annulus
 - After repair of Tetralogy of Fallot

RV with and without pulmonary trunk

RV EDV : 128 ml/m²

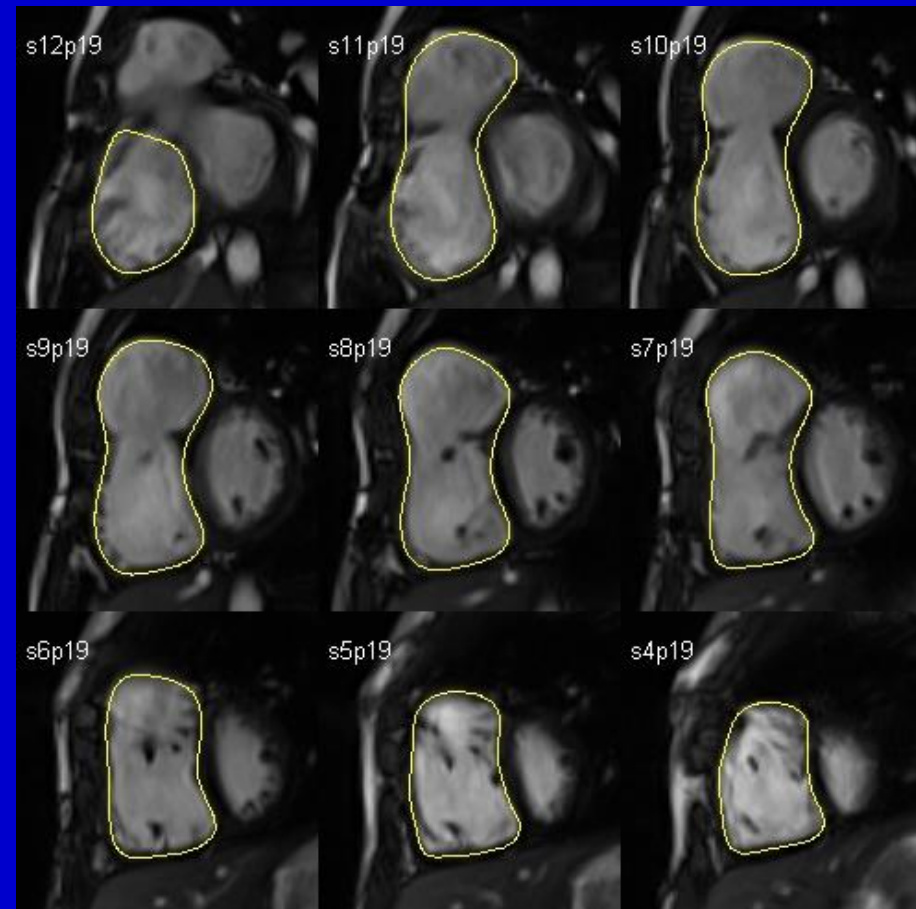
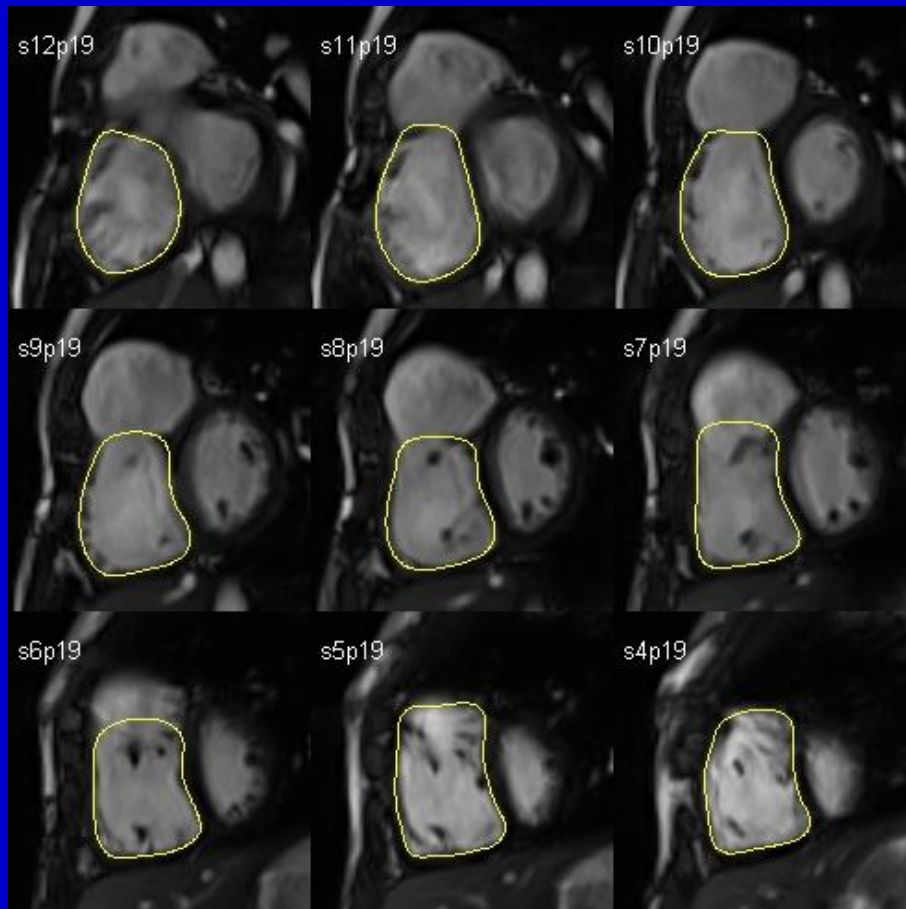
RV ESV : 73 ml/m²

RV EF : 43 %

RV EDV : 173 ml/m²

RV ESV : 117 ml/m²

RV EF : 32 %



Cardiac MR Clinical application

- Pulmonary arterial hypertension
- Ischaemic right ventricular disease
- Right ventricular failure
- Arrhythmogenic right ventricular dysplasia
- Congenital heart disease

Les indications de l'IRM cardiaque

Les apports pour l'échographe

- Masses cardiaques
 - Bilan d'extension d'une masse cardiaque
 - Caractérisation d'une masse
 - Diagnostic différentiel : Tumeurs ou Thrombus
- Pathologies péricardiques
 - Masses péricardiques
 - Péricardite chronique, Péricardite constrictive
 - Agénésie du péricarde

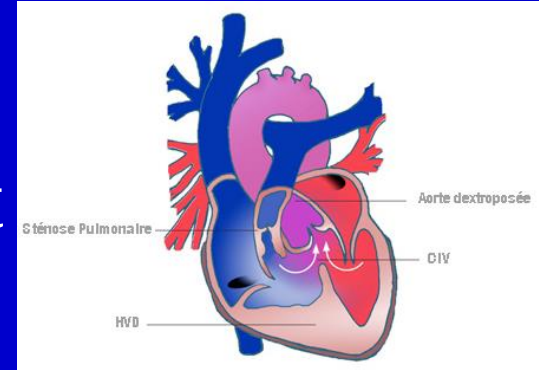
Les indications de l'IRM cardiaque

Les apports pour l'échographiste

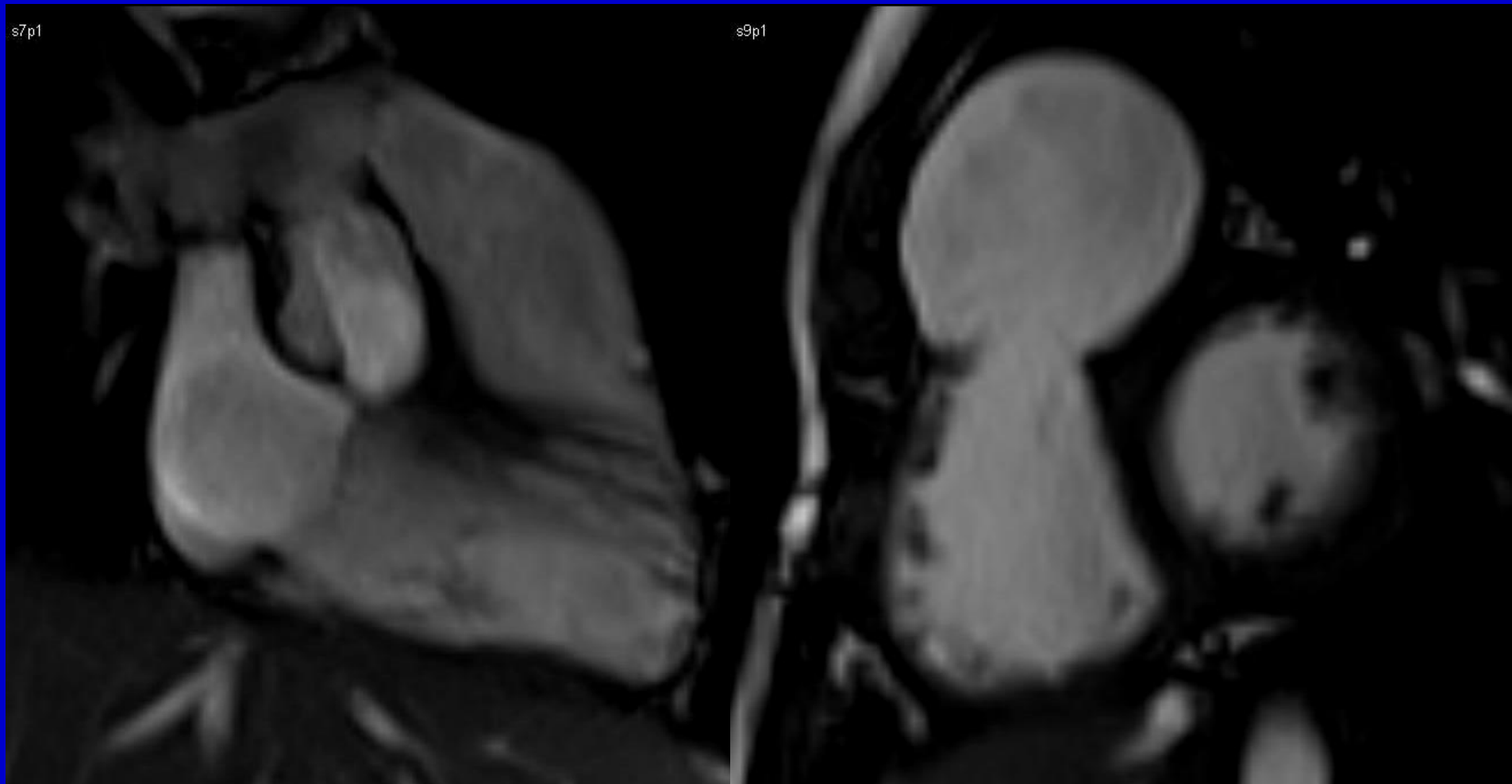
- Cardiopathies congénitales
 - Les anomalies de naissance des coronaires
 - Les anomalies intra-cardiaques isolées
 - Fonction VG et VD
 - Les anomalies des gros vaisseaux
 - Arcs aortiques, Coarctation
 - Artères pulmonaires proximales
 - Anomalie du retour veineux systémique et pulmonaire
 - Les cardiopathies congénitales complexes
 - Les contrôles post-opératoires

Congenital heart disease

- Surgical repair of Tetralogy of Fallot
 - RV dilatation and dysfunction
 - CMR is considered the ideal tool for serial assessment of RV volumes and EF
 - to determine the ideal timing for pulmonary valve replacement
 - $RV\ EDV < 160\text{ mL/m}^2$
 - $RV\ ESV < 82\text{ mL/m}^2$
 - Calculation of pulmonary regurgitant volume
 - Late enhancement imaging
 - Prognostic relevance : RV size, function, V arrhythmias



Surgical repair of Tetralogy of Fallot



Les indications de l'IRM cardiaque

Les apports pour l'échographiste

- Cardiomyopathies
 - Dilatées, hypertrophiques, restrictives
 - Myocardites et pathologies inflammatoires

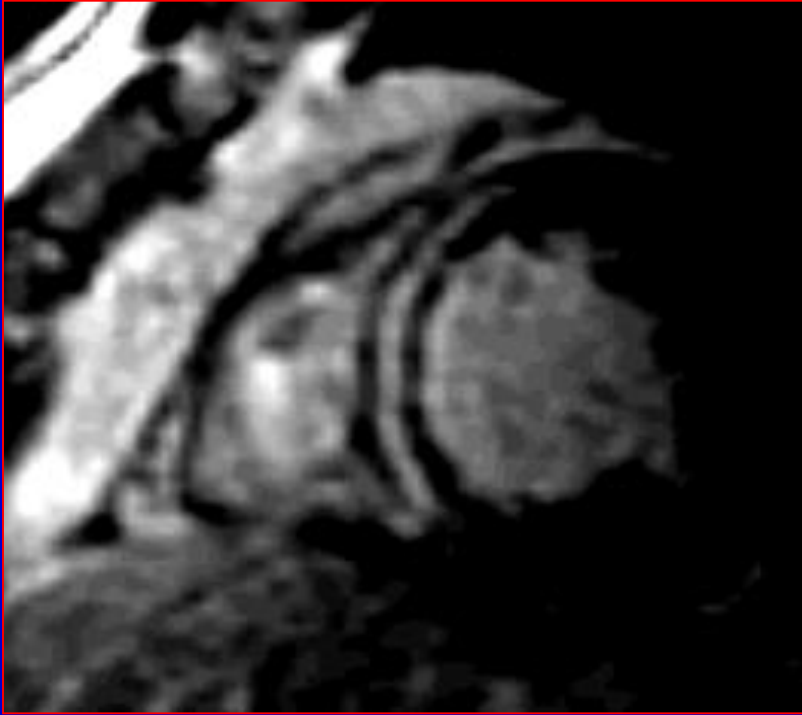
Cardiomyopathie dilatée

Primitive ou ischémique ?

- Cardiopathies ischémiques
 - Hypersignal sous-endocardique ou transmural dans 100% cas
- Cardiomyopathies primitives
 - 59% Absence d'hypersignal
 - 28% Hypersignal partie moyenne du myocarde
 - 13% idem cardiopathies ischémiques

McCrohon et al. Circulation 2003; 108: 54-59

Infarctus à coronaires saines



Myocardite

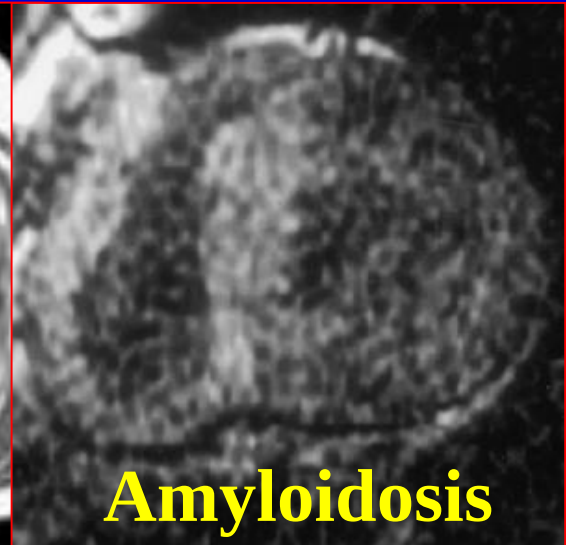
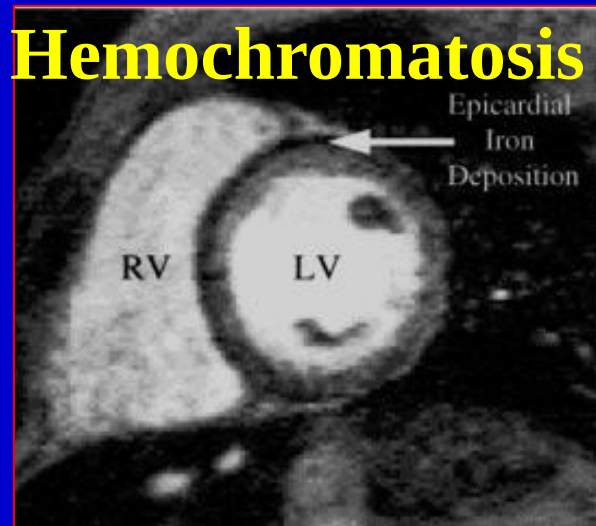
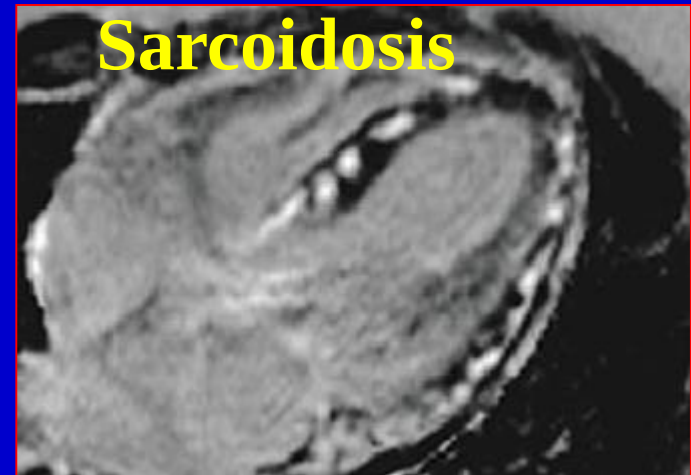
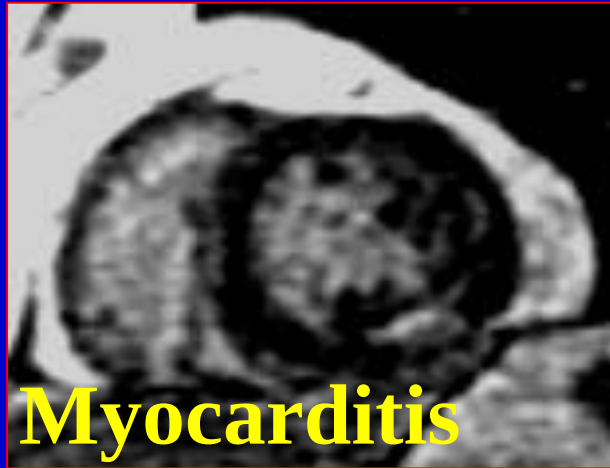


Infarctus sous-endocardique

Cardiomyopathie de stress (Tako-Tsubo)

Absence d'hypersignal

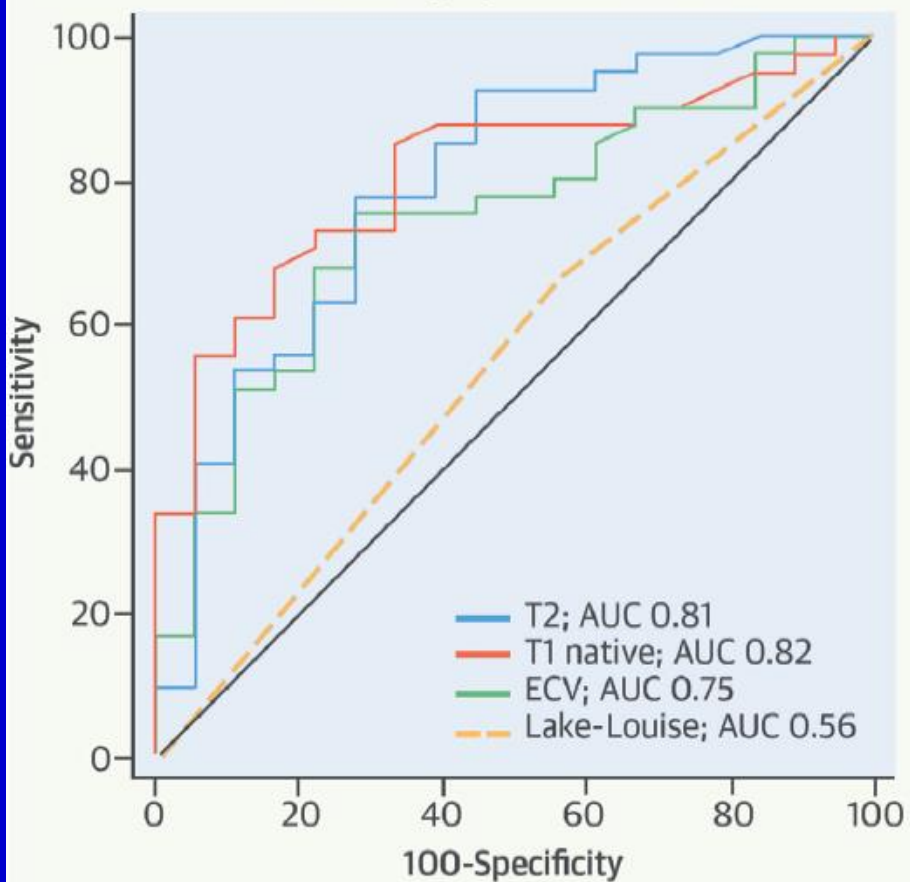
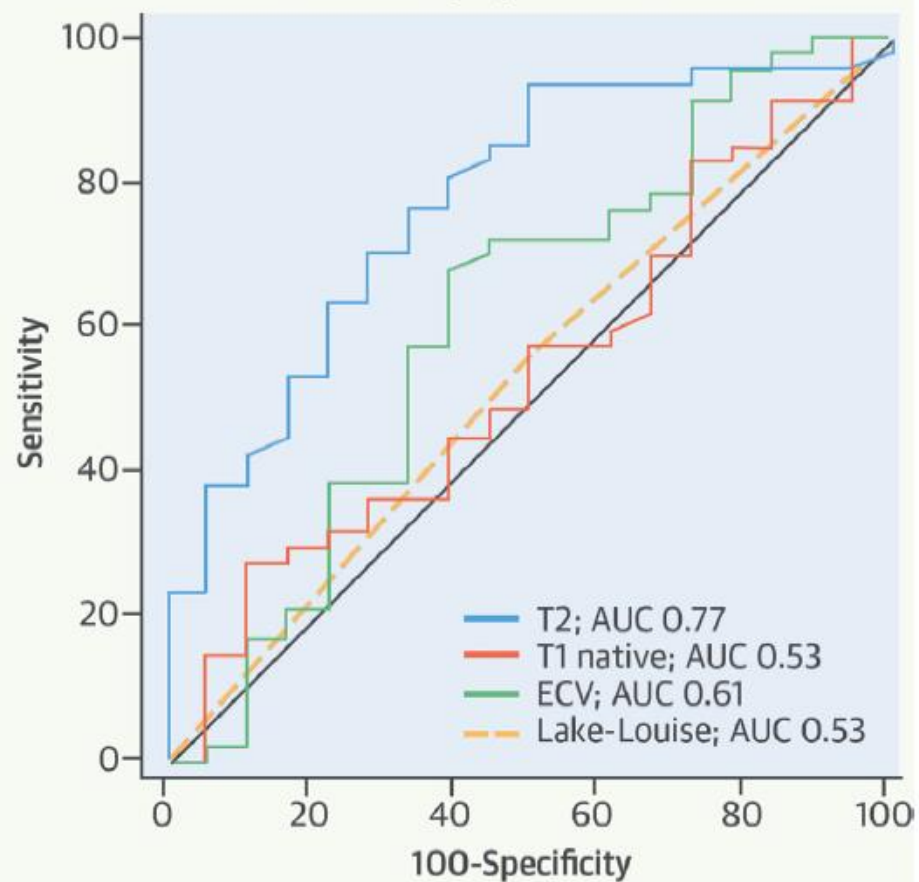
MI with normal coronary arteries



Myocardite et IRM

Rehaussement tardif

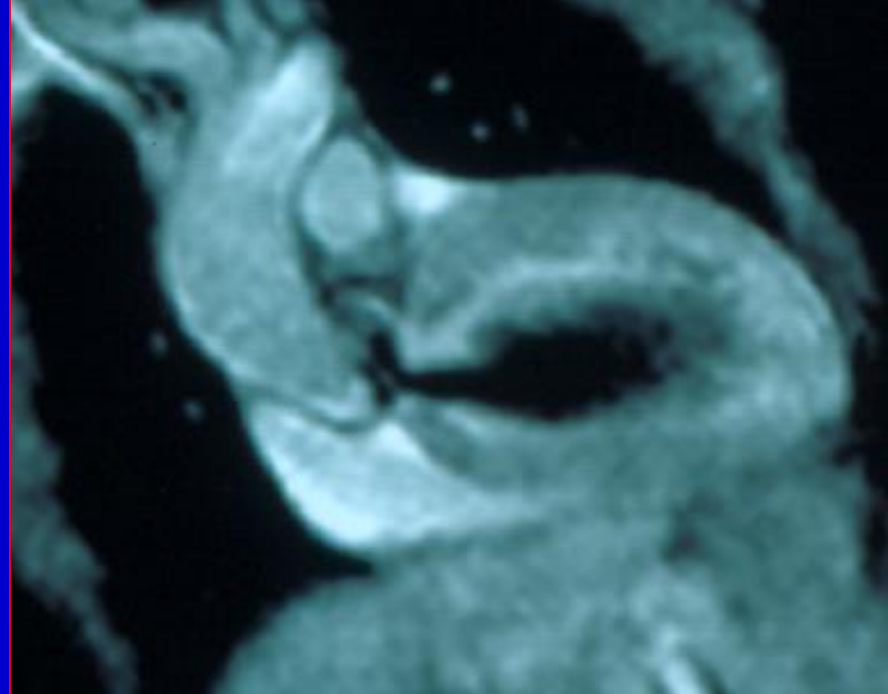
- Présence de nécrose et/ou d'inflammation
- Sensibilité 98 %
- Topographie de l'hypersignal
 - Sous-épocardique ou intramyocardique
 - Nodulaires ou en bande épaisse
 - Paroi latérale +++
 - Atteinte initiale focale sous-épocardique < 5 jours
puis atteinte diffuse et diagnostic plus difficile
- Biopsie endomyocardique guidée

A**Acute Symptoms (n = 61)****Chronic Symptoms (n = 68)**

Myocardite T1 et T2 mapping

- Myocardite aiguë (altération fonction VG)
 - T1 et T2 mapping > T1, T2 et rehaussement tardif (Lake Louise criteria)
- Myocardite chronique (> 14 jours)
 - T2 mapping > T1 mapping, T1, T2 et rehaussement tardif (Lake Louise criteria)
- Résultats identiques 1.5 versus 3 Teslas
- Limites des séquences standards (Lake Louise criteria)
 - Altération fonction VG
 - Atteinte diffuse
 - De nombreux artefacts

IRM et Valvulopathies



- Fonction VD et VG
- Régurgitation valvulaire (vide de signal)
- Quantification des valvulopathies mono-valve
 - Volume régurgité
 - Différence des Volumes d'éjection Systoliques VD et VG
 - Contraste de phase Aorte ascendante et tronc de l'AP
- Gradients et surfaces RM et RAo

Insuffisance aortique

- Calcul du volume régurgité en ciné-IRM
 - Ciné-IRM : $VES\ VD - VES\ VG$
 - Fraction de régurgitation = $VR / VES\ VG$
 - $FR = 15-20\%$ IAO légère
 - $FR = 20-40\%$ IAO modérée
 - $FR > 40\%$ IAO sévère
- Impossible quand coexistent plusieurs valvulopathies

Pflugfelder PW AJR 1989; 152: 729
Sechtem U Radiology 1988;167:425

Insuffisance aortique

- Calcul du volume régurgité par vélocimétrie
 - VES VD = Vélocité maximale AP X surface
 - VES VG = Vélocité maximale Ao asc X surface
 - Cône d'ouverture des sigmoïdes aortiques
- Mesure du flux de régurgitation dans l'AO asc
 - Vélocimétrie

Chatzimavroudis GP J Heart Valve Dis 1998; 7: 94
Gelfand EV JCMR 2006; 8: 503

Insuffisance aortique

Mesure du flux de régurgitation dans l'AO asc

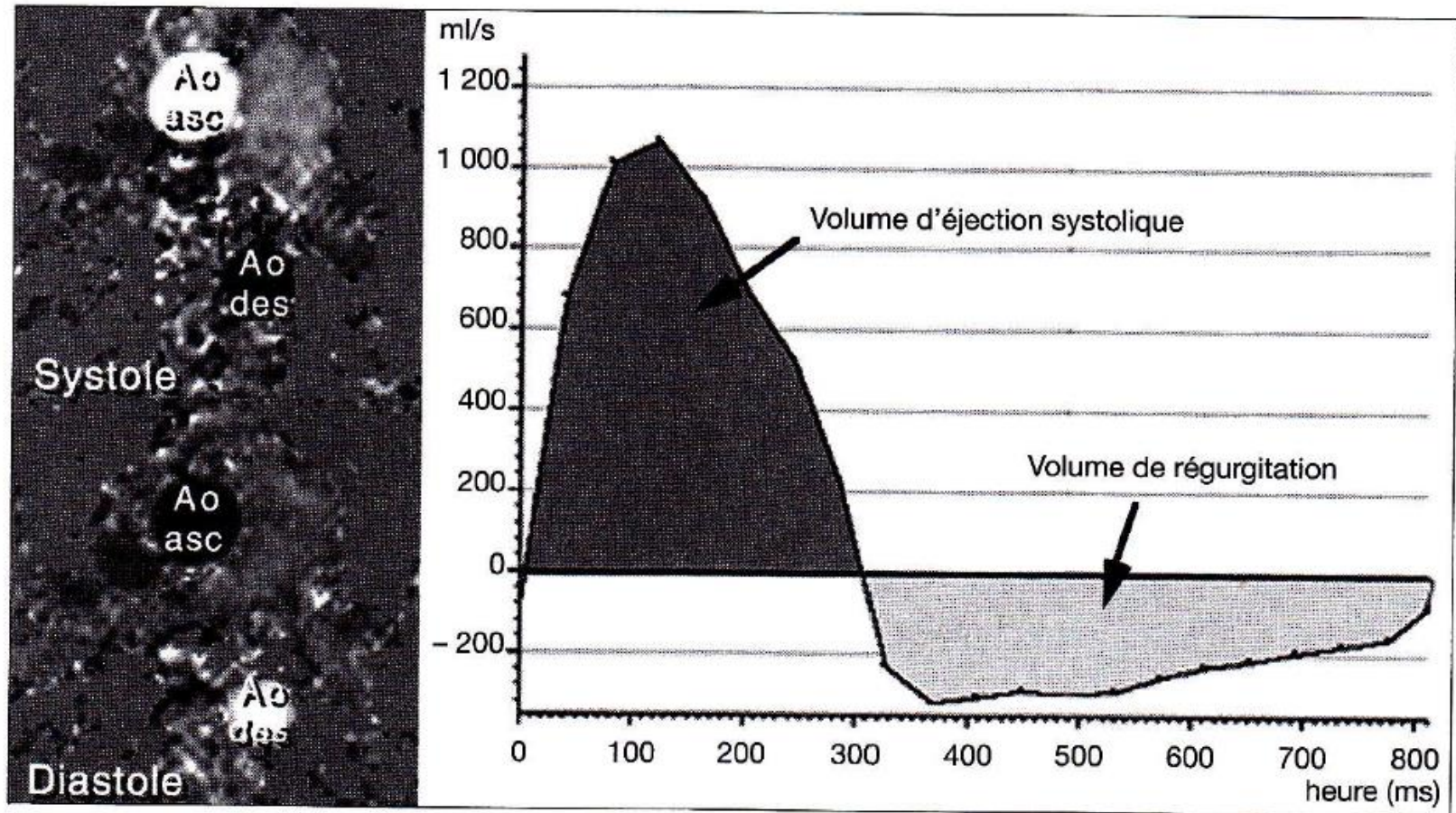


Fig. 20-3. – Quantification du flux de régurgitation chez un patient présentant une insuffisance aortique sur les images d'une séquence sensible à la vitesse.

Insuffisance mitrale

- Hyposignal dans l'OG en ciné-IRM
- Valve et appareil sous-valvulaire
 - Jet de régurgitation, PVM
 - Moins sensible que l'ETO pour les ruptures de cordages
 - Stork A EJR 2007; 17: 3189
- Calcul du volume régurgité en ciné-IRM
- Calcul du volume régurgité par vélocimétrie
- Flux systolique Ao mesuré par vélocimétrie et VES
VG mesuré par analyse volumétrique
 - Kon MW J Heart Valve Dis 2004; 13: 600

Régurgitations valvulaires

- Sévérité des régurgitations valvulaires
 - Echocardiographie +++
 - IRM possible en seconde intention
 - Vélodimétrie +++, Fibrose +++
- Indication opératoire
 - Patient asymptomatique
 - Les volumes ventriculaires sont mieux corrélés au volume régurgité et à la sévérité de la valvulopathie
 - L'IRM apporte des informations complémentaires
 - Insuffisance mitrale ischémique
 - Dilatation de l'aorte ascendante

Les indications de l'IRM cardiaque

Les apports pour le Rythmologue

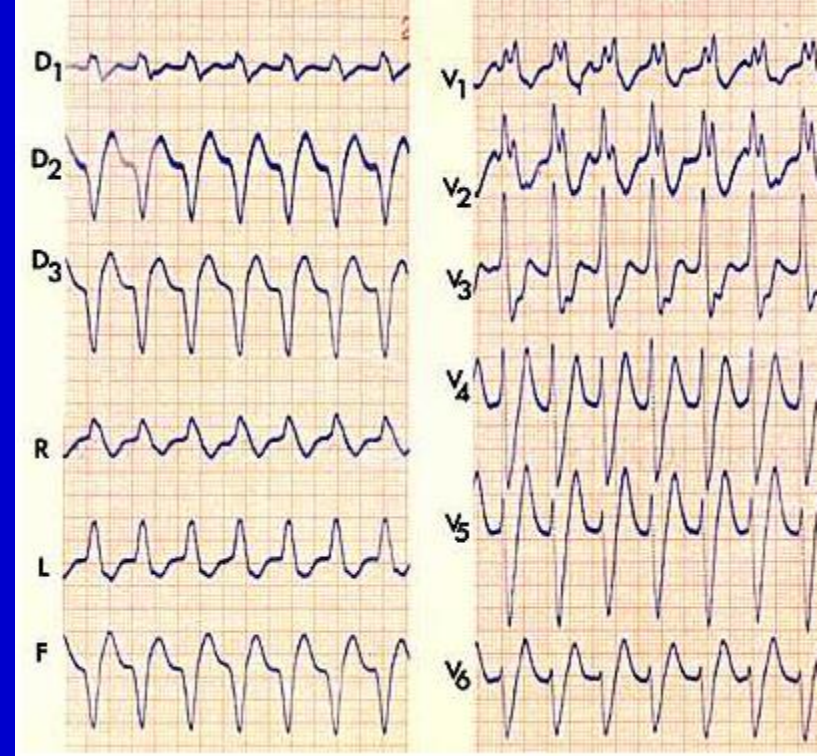
- Arrhythmies ventriculaires, syncope ou IV droite
- Dysplasie arrhythmogène du ventricule droit
 - Graisse intramyocardique -
 - Amincissement pariétal < 2 mm, Hypertrophie > 8 mm
 - Trabéculations hypertrophiques, Dilatation RVOT
 - Dilatation/dysfonction VD globale et régionale
- Anévrysme VG, Resynchronisation cardiaque
- Evaluation des veines pulmonaires et de l'OG
 - Avant ablation par radiofréquence FA
 - Après radiofréquence (Sténoses des VP)

Troubles du rythme ventriculaire

- Les TDR ventriculaire issus du VG
 - Les cardiopathies ischémiques
 - En l'absence de cardiopathies ischémiques
 - IRM +++, principalement en cas de dysfonction VG
 - CMH, Cardiopathies restrictives, CMD, Myocardites
- Les TDR ventriculaire issus du VD
 - La dysplasie arythmogène du ventricule droit
 - Les extrasystoles ventriculaires à type de retard gauche

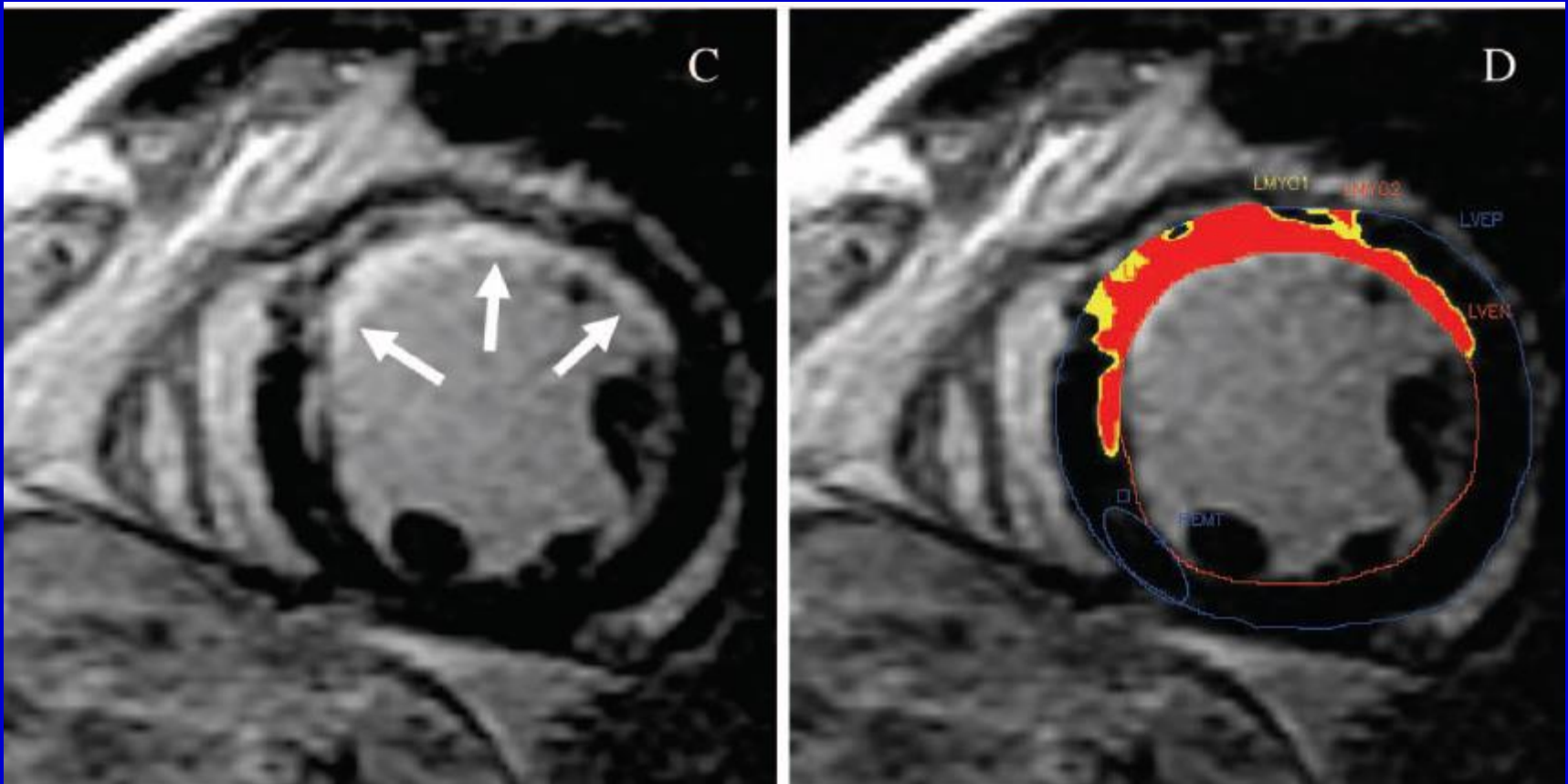
Les TDR ventriculaire issus du VG

- Cardiopathies ischémiques
 - TV à type de retard droit
 - TV d'origine septale à type de retard d ou g
- Coronarographie le plus souvent indispensable
- Les apports de l'IRM
 - FE discussion Défibrillateur (Patient peu échogène)
 - Réhaussement tardif
 - No-reflow et hétérogénéité de l'hypersignal



Rehaussement tardif et Pronostic

- Hétérogénéité de la zone péri-infarctus
 - Facteur pronostique indépendant de mortalité
 - Facteur prédictif de TV monomorphe après stimulation



Yan et al. Circulation 2006
Schmidt et al. Circulation 2007

Les TDR ventriculaire issus du VG

en l'absence de cardiopathies ischémiques

Rehaussement tardif

- Cardiomyopathies restrictives
 - Sarcoïdose
 - Amylose
 - Hémochromatose
 - Maladie de Fabry
 - Maladies inflammatoires
- Myocardites



Les TDR ventriculaire issus du VG en l'absence de cardiopathies ischémiques

- Cardiomyopathies hypertrophiques
 - HVG sensibilité > ETT, formes apicales
 - Evaluation du risque de mort subite
 - Hypertrophie VG
 - Présence et extension de l'hypersignal
 - TV, mort subite, Dilatation VD et IC
- Cardiomyopathies dilatées
 - Présence d'un hypersignal médio-ventriculaire
 - Mortalité précoce d'origine rythmique

Dysplasie arythmogène du ventricule droit

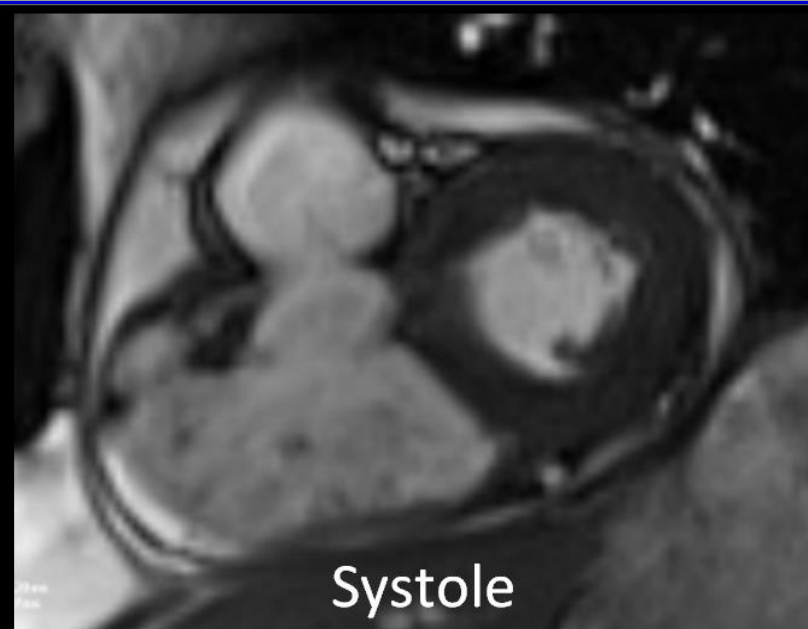
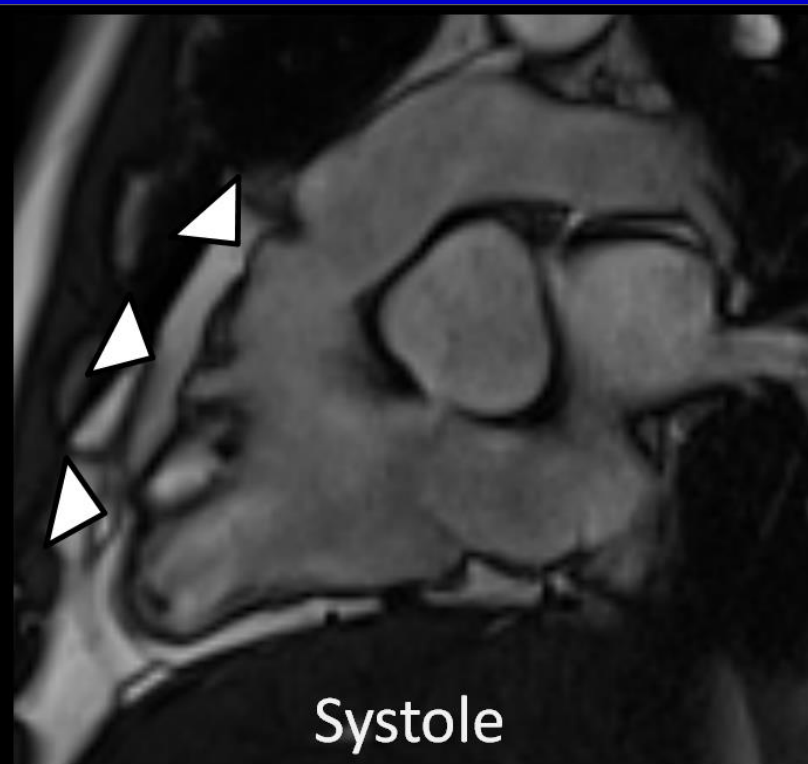
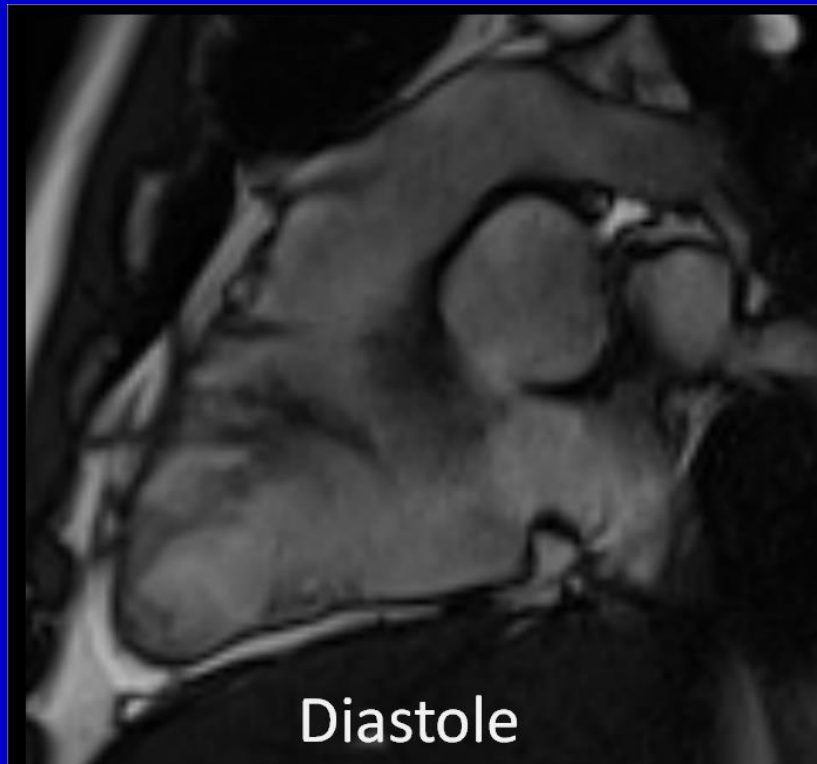
- Maladie héréditaire autosomique dominante
- Infiltration fibro-adipeuse
- Diagnostic difficile surtout au début
- ESV à type de retard gauche
 - Axe vertical (infundibulum pulmonaire)
 - Axe hypergauche (apex, région sous-tricuspidienne)
- TV et FV d'effort, Mort subite
- Mutations génétiques des protéines du desmosome

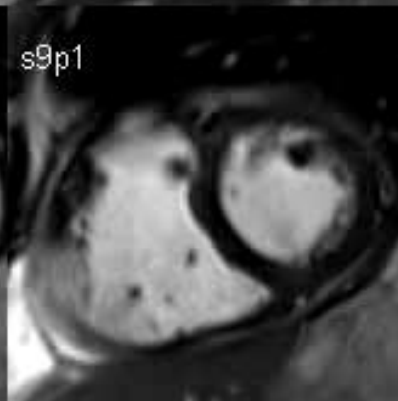
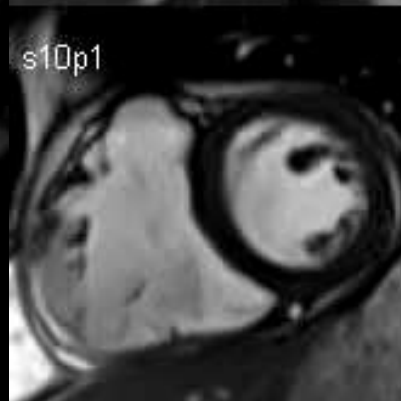
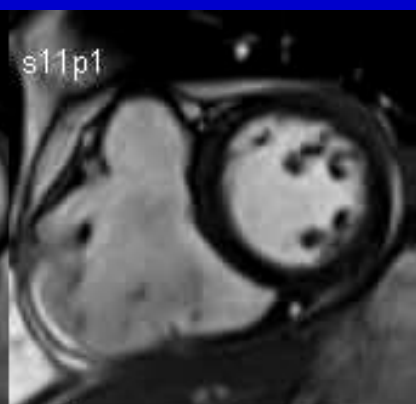
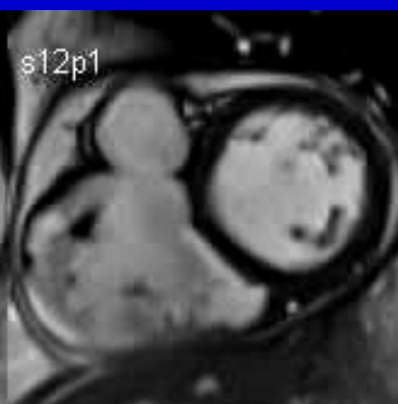
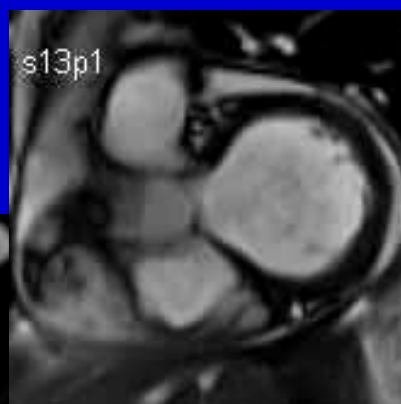
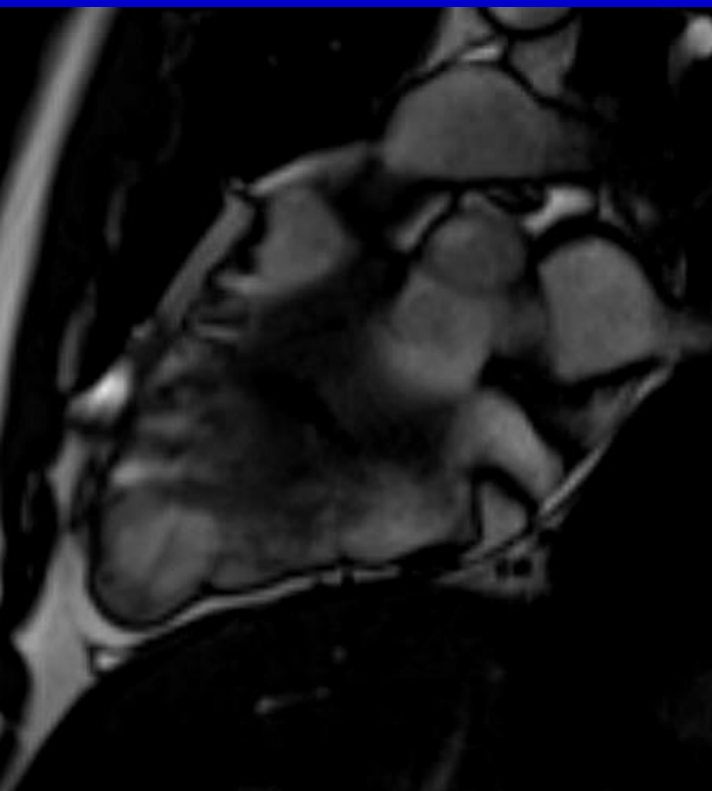
Dysplasie arythmogène du ventricule droit

- **Triangle de la dysplasie**
 - Infundibulum pulmonaire
 - Région apicale du VD
 - Paroi postéro-inférieure
 - Mais aussi VG +++
- **Amincissement pariétal < 2 mm**
 - 25 à 65 % des patients
- **Hypertrophie localisée > 8 mm**
- **Structures trabéculaires dysplasiques**
 - 40 % des patients

Dysplasie arythmogène du ventricule droit

- Dilatation VD et infundibulum pulmonaire
- Dysfonction VD globale et régionale
 - FE VD abaissée
 - Akinésie segmentaire, expansion systolique
 - Micro anévrysmes d'aspect sacculaire





Dysplasie arythmogène du ventricule droit

- **Infiltration graisseuse myocardique**
 - SE T1 avec et sans suppression de graisse
 - Paroi antérieure et infundibulum pulmonaire
 - 22 à 100 % des patients
 - Formes diffuses de la maladie
 - Diagnostic difficile +++
 - Graisse épicardique, sujet normal, sujet âgé, obèse
- **Ce n'est pas un critère diagnostique +++**

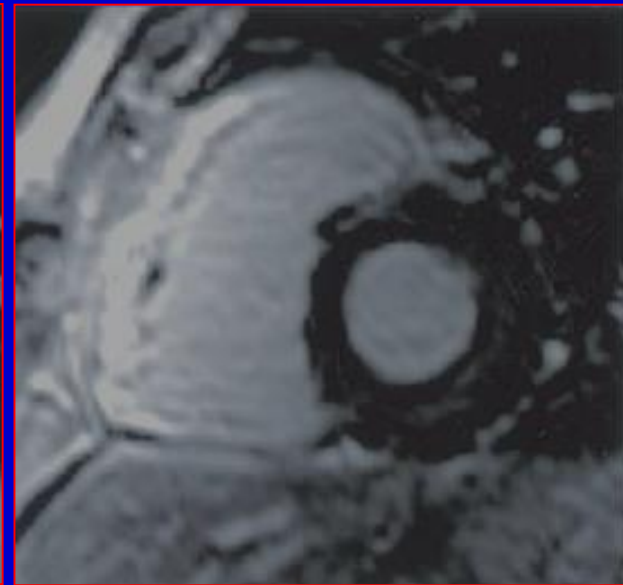
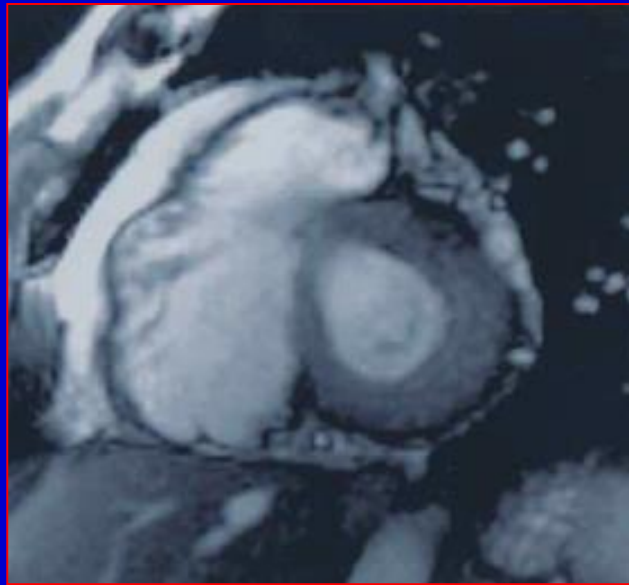
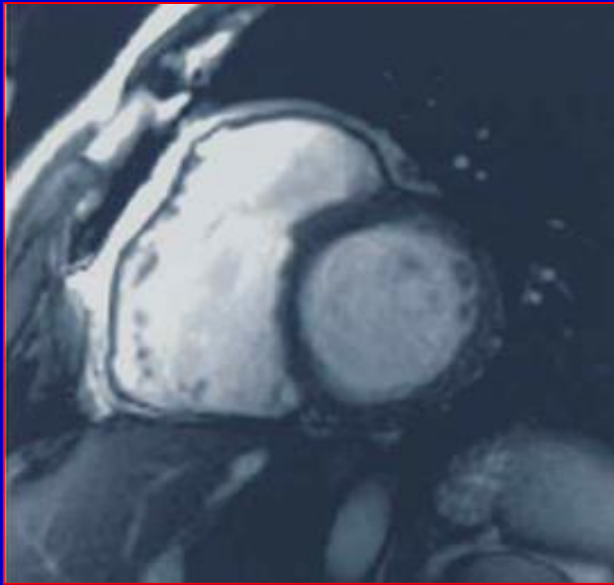
Critères diagnostiques IRM

- Critères diagnostiques majeurs
 - Akinésie ou dyskinésie ou asynchronisme
 - $+ FE \leq VD \ 40 \% \text{ ou } VTD \ VD \geq 110 \text{ mL/m}^2$
chez l'homme et $\geq 100 \text{ mL/m}^2$ chez la femme
- Critères diagnostiques mineurs
 - Akinésie ou dyskinésie ou asynchronisme
 - $+ FE > 40 \% \text{ et } \leq 45\% \text{ ou } VTD \ VD \geq 100 \text{ et } < 110 \text{ mL/m}^2$ chez l'homme et $\geq 90 \text{ et } < 100 \text{ mL/m}^2$ chez la femme
- Amélioration Sensibilité et spécificité +++

Dysplasie arythmogène du ventricule droit

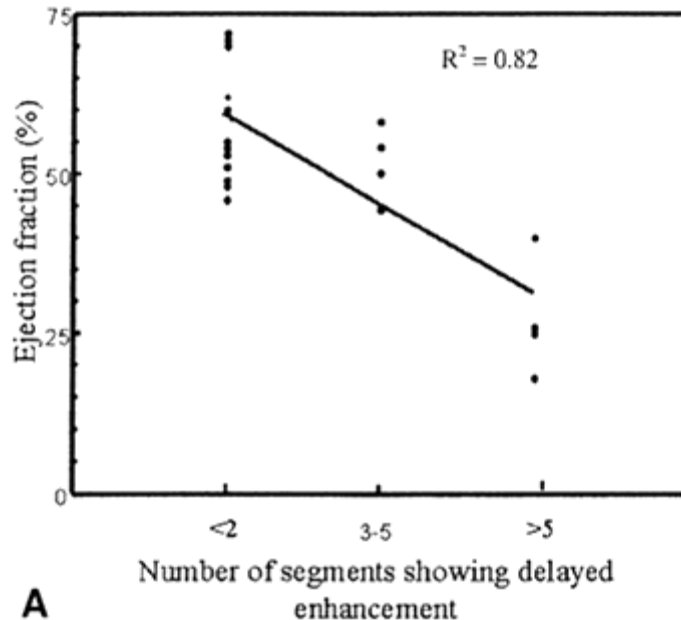
IRM de rehaussement tardif

- Plages d'hypersignaux
 - Zones de fibrose myocardique

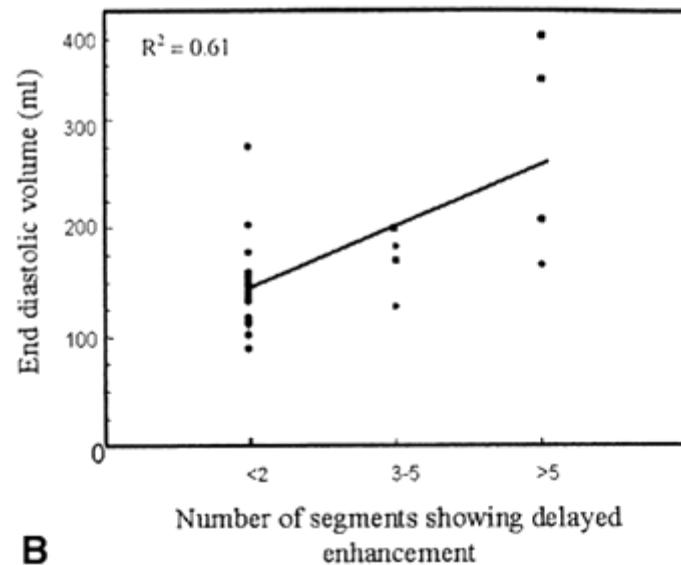


DAVD

IRM de rehaussement tardif



A



B

Plages d'hypersignaux :
FE VD, VTD VD
Déclenchement de TV

Tandri et al. JACC 2005

Dysplasie arythmogène du ventricule droit

IRM de rehaussement tardif

- DAVD avec mutations génétiques
- Rehaussement tardif
 - Sensibilité de 96 %
 - Spécificité de 78 %
- Critères diagnostiques de la TASK FORCE
 - 46 % des patients

Sen-Chowdhry et al. JACC 2006