
Fonction Ventriculaire en IRM

19/04/2018



Dr GENÉE Olivier
o.genee@cardioreineblanche.fr
Unité Cardiologique de la Reine Blanche –
Orléans
Pôle Santé Oréliance -Saran



Ce que permet l'IRM

- ⑩ Fonction cardiaque
 - ⑩ Morphologie cardiaque
 - ⑩ Caractérisation tissulaire
 - ⑩ Perfusion myocardique
 - ⑩ Evaluation de la naissance des coronaires
-

Paramètres de la fonction ventriculaire

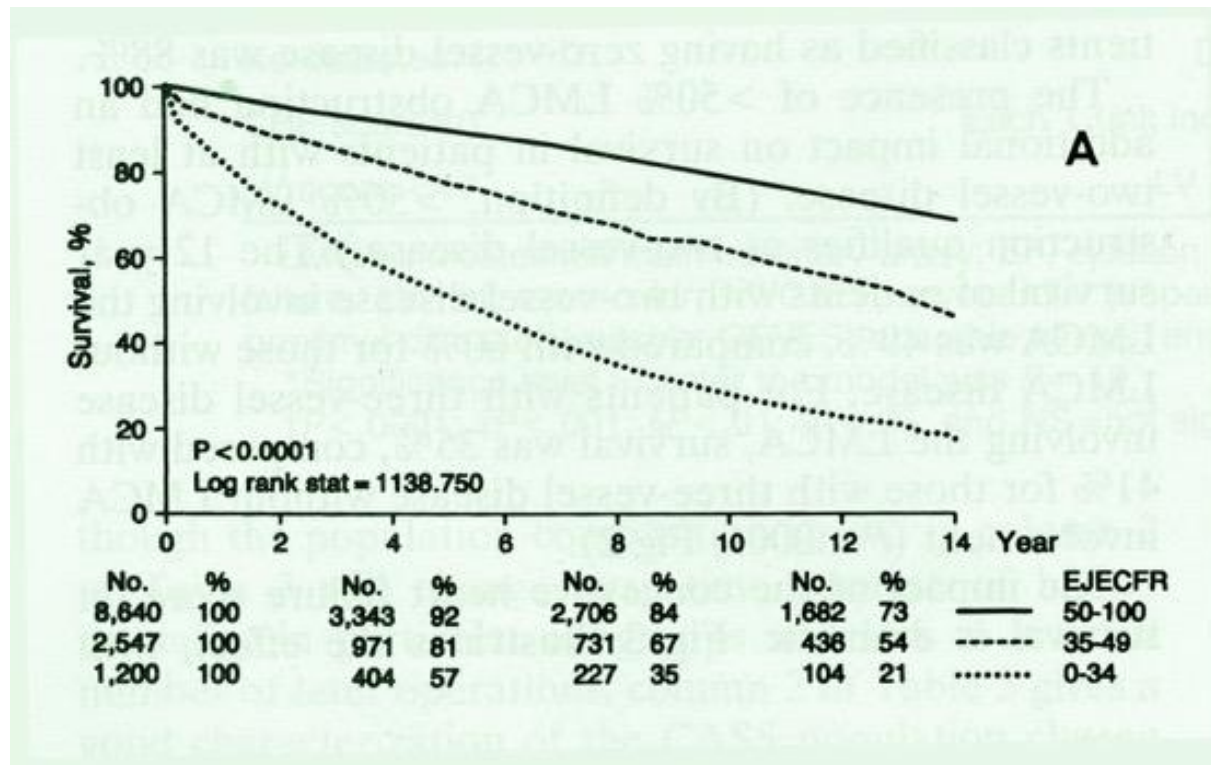
- Fonction systolique
 - Approche globale
 - Volumes télésystolique (VTS) et télédiastolique (VTD)
 - Fraction d'éjection (FE)
 - Masse ventriculaire gauche
 - Approche indirecte / flux ventriculo-arteriels
 - Approche segmentaire
 - Cinétique segmentaire
 - Stress pharmacologique
 - Fonction diastolique
-

Intérêt clinique

- Marqueur pronostique
 - FEVG cardiopathie ischémique
 - FEVD cardiopathie dilatée, cardiopathie congénitales...
 - Marqueur thérapeutique
 - FE & volumes
 - Marqueur diagnostique
 - Viabilité
 - Ischémie
-

Intérêt clinique

- La fraction d'éjection est un paramètre pronostic essentiel dans la maladie coronaire



■ Emond M et al. (CASS) Registry. *Circulation* 1994;90:2645-57.

Autres Examens disponibles en pratique clinique

■ Échocardiographie

- Présomption d'un modèle géométrique
À l'opposé de la cardiopathie ischémique
- Limite de l'échogénicité
- reproductibilité inter-observateur
- Fonction diastolique

■ Ventriculographie

- Projection 2D dans 2 plans différents
- Cathétérisme invasif
- Produit de contraste

■ Tomodensitométrie

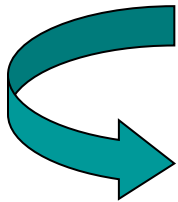
- Acquisition volumique
- Faible résolution temporelle
- Résolution spatiale
- Irradiation
- Produit de contraste
- arythmie

■ Gamma angiographie

- Acquisition volumique
- Résolution spatiale
- Irradiation

IRM cardiaque

- Non invasive
- Acquisition volumique
- Résolutions spatiale et temporelle élevées
- Contraste spontané sang / myocarde
- Association possible à un:
 - Agents de contraste intra ou extravasculaires
 - Stress pharmacologique



Imagerie fonctionnelle ventriculaire

Fonction systolique VD & VG

Techniques (1)

- Séquences « ciné »
 - Sang blanc
 - Echo de gradient rapide, segmentation de l'espace k
 - Précession libre à l'équilibre
 - Turbo SE
 - Echo planar standard ou hybride
 - Synchronisation à l'ECG
 - Acquisition en apnée (~10 à 15 sec) / écho-navigateur
 - Acquisitions prospective ou rétrospective
-

Techniques (2)

- Résolution temporelle (RT):
 - Détermination nombre de phase par RR
 - $RT = 60 / (FC \times n)$ en ms
 - $RT \sim 35ms$
 - Résolution spatiale (RS):
 - $RS = 1.25 \times 1.25 \times 6-10mm$
 - Durée totale 2-10 min
 - 8 à 15 coupes petit axe
-

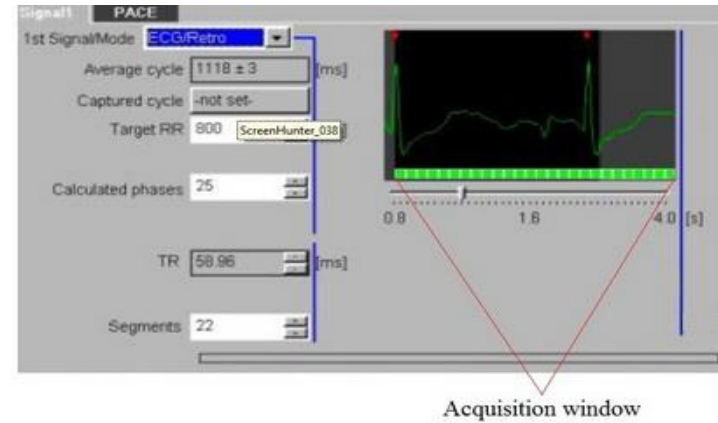
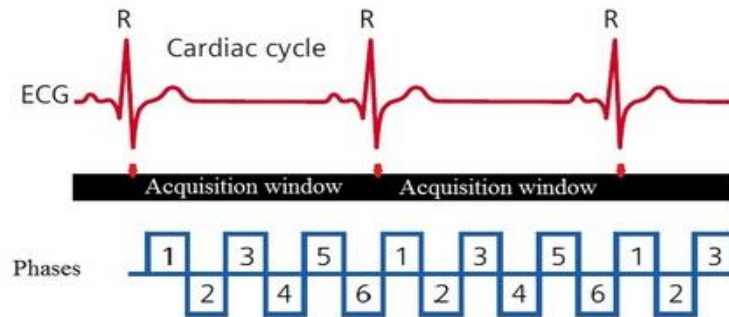
Techniques (3)

- séquences de précession libre à l'équilibre:
 - contraste spontané sang / myocarde élevé
 - TR et TE court, angle de bascule proche de 60°
 - diminution des artefacts de flux / écho de gradient

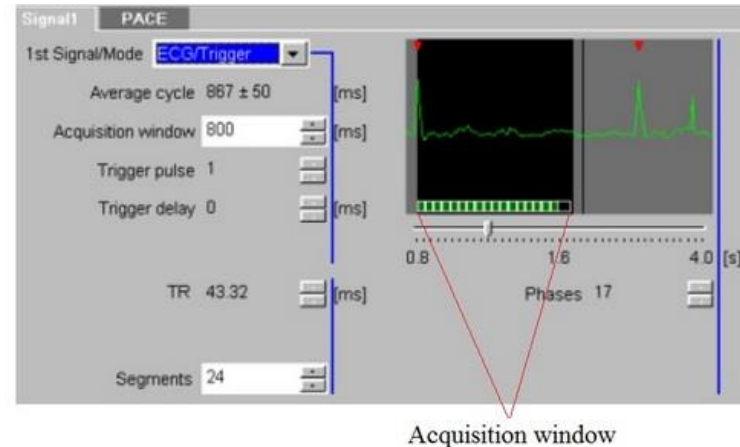
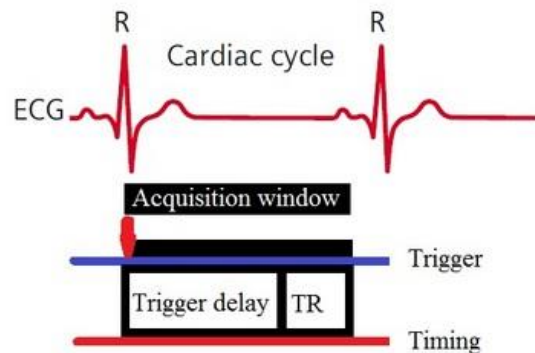
	SSFP	TGE
Signal myocardique	72±20	65 ±14
Signal sanguin	254 ±47	125 ±20
Bruit	5.8 ±1.7	2.7 ±0.7
Contraste/bruit	35 ±13	24 ±7

Séquences dynamiques (ciné/SSFP)

■ Acquisition rétrospective



■ Acquisition prospective



Quelles coupes réaliser ?

- Problématiques des axes VD et VG différents
- Difficulté du contourage basal
 - Valve tricuspide et mitrale mal visualisées en petit axe
 - Raccourcissement longitudinal myocardique avec changement systolo-diastolique de la coupe la plus basale
- VG:
 - Petit axe
 - Horizontal & vertical grand axe ?
- VD:
 - Petit axe VD ou VG ?
 - Horizontal grand axe ?

Installation Patient

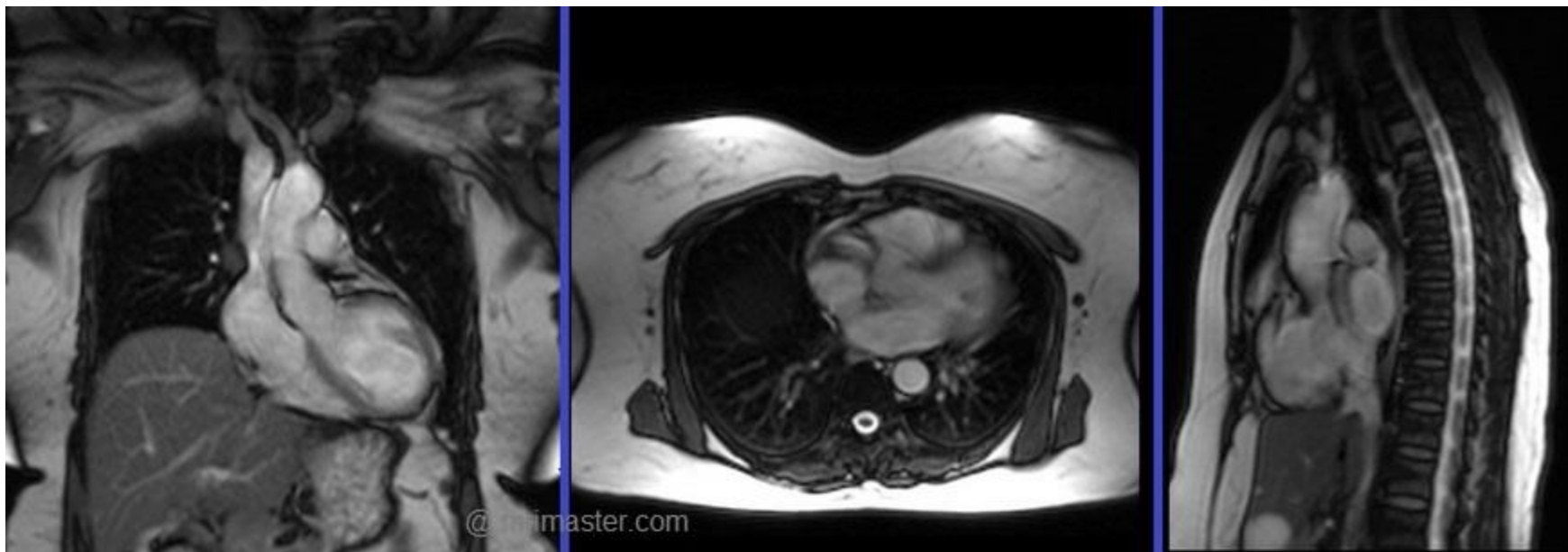
Positioning in Siemens scanner



Positioning in Philips scanner

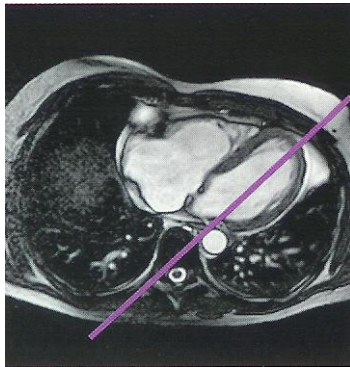


Séquences de repérage

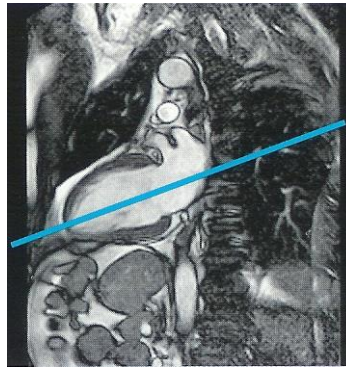


Acquisition des coupes de base

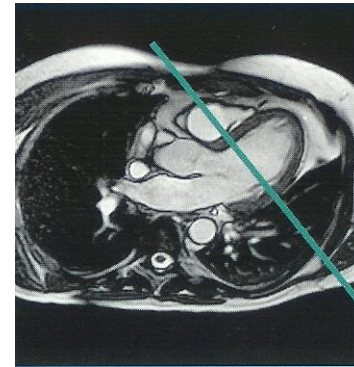
Transverse



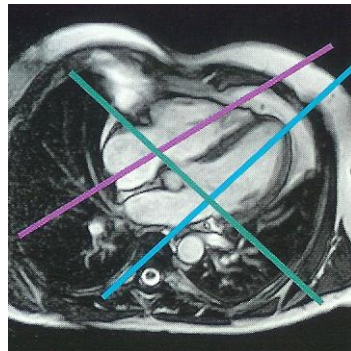
VGA (2C)



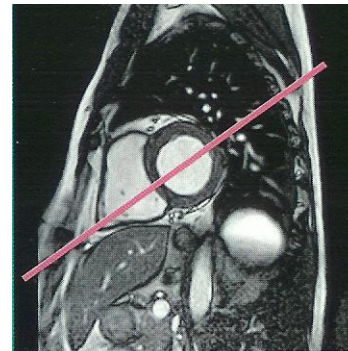
GA transverse



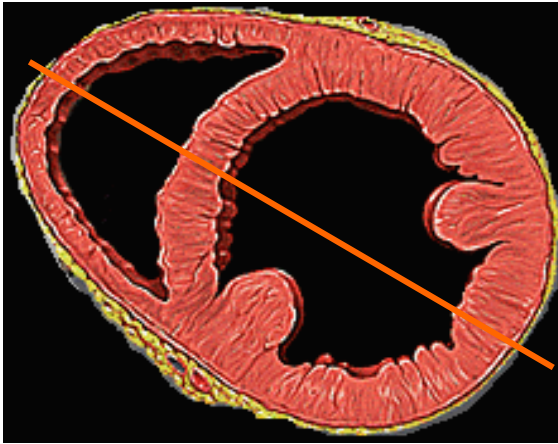
HGA (4C)



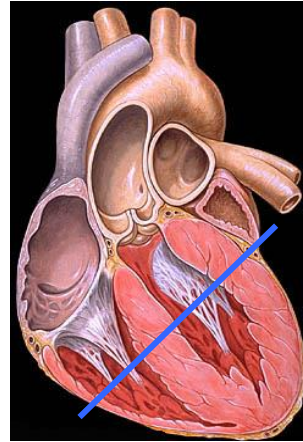
PA



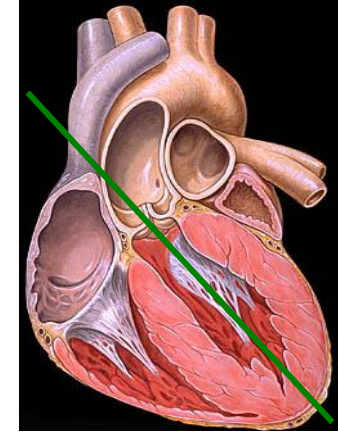
Séquences de repérage



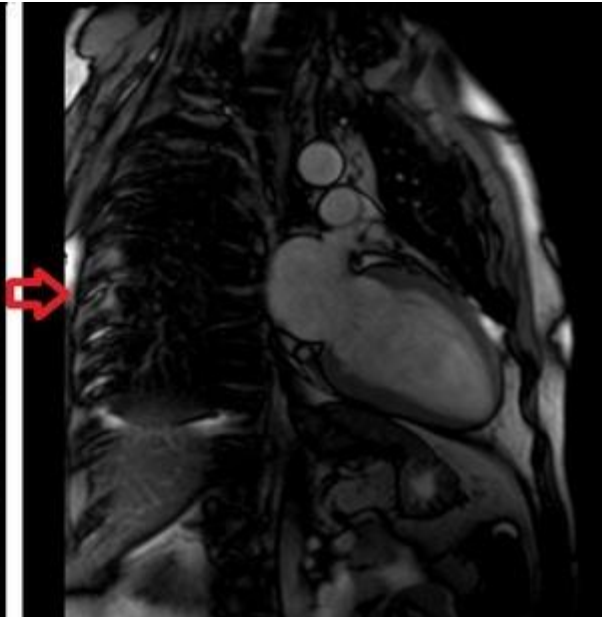
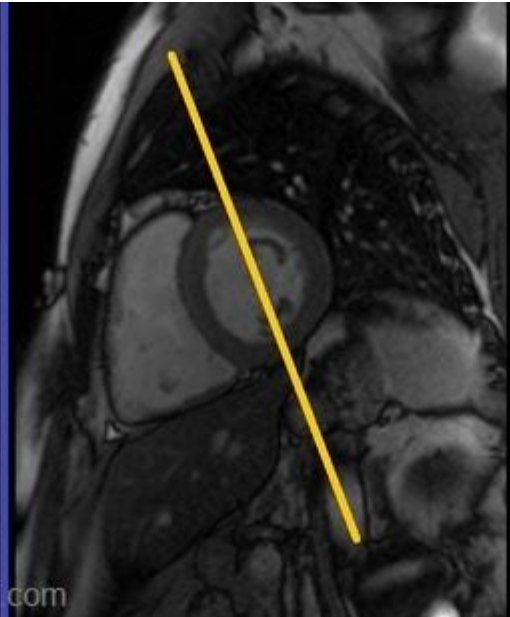
- Coupe Grand axe
- - 4 cavités (4Cav)



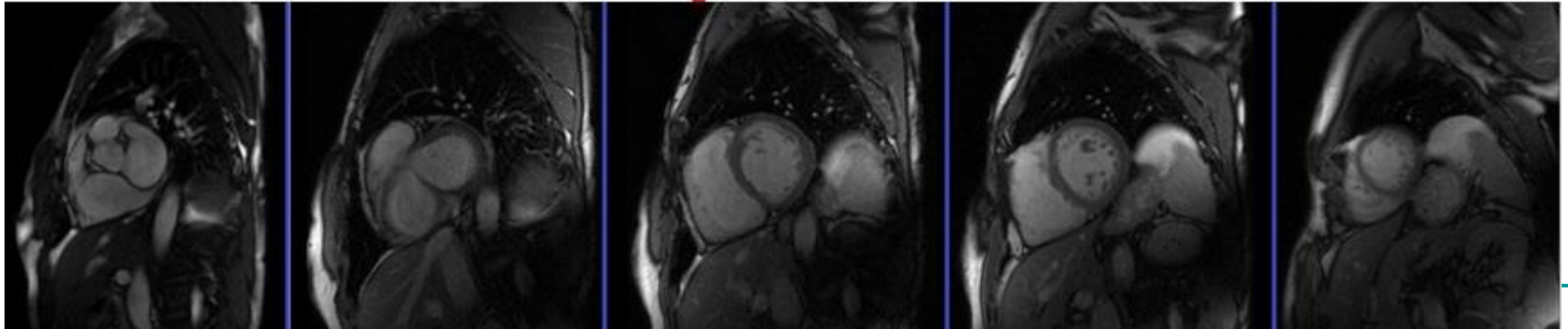
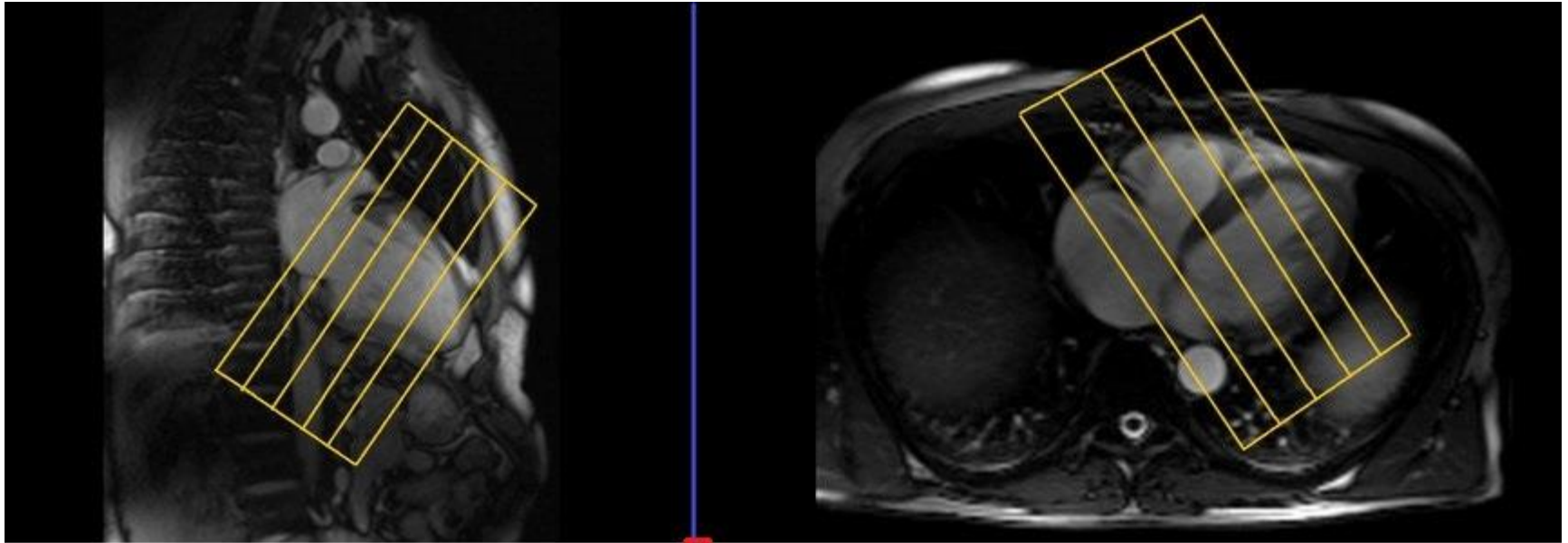
- Coupe Petit Axe
- - 2 cavités (PA)

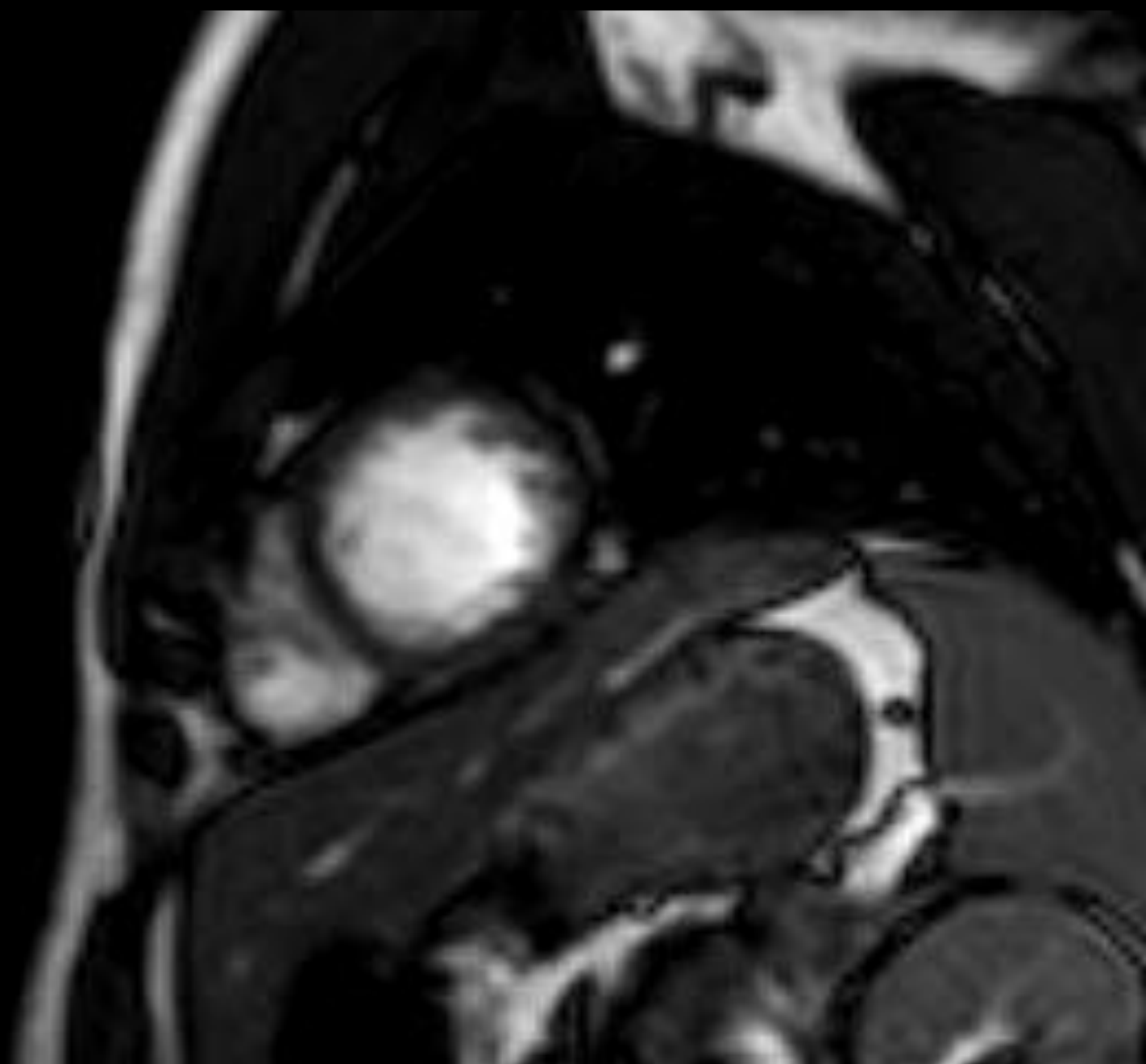


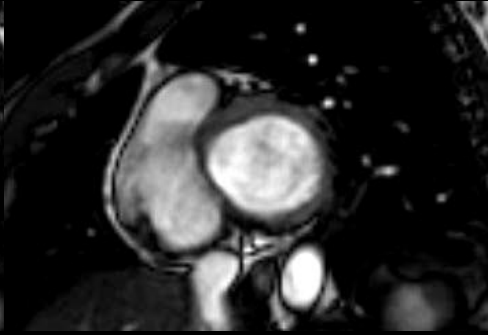
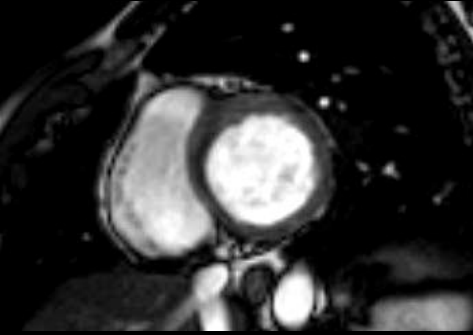
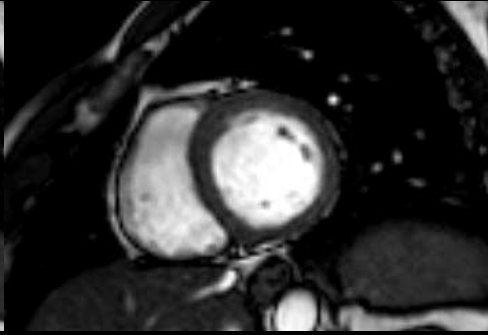
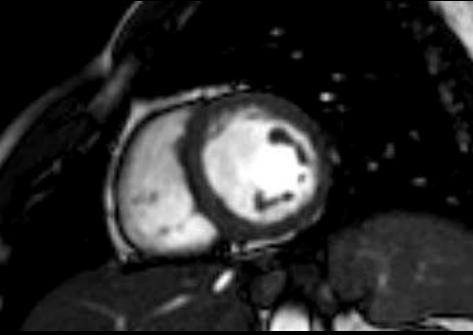
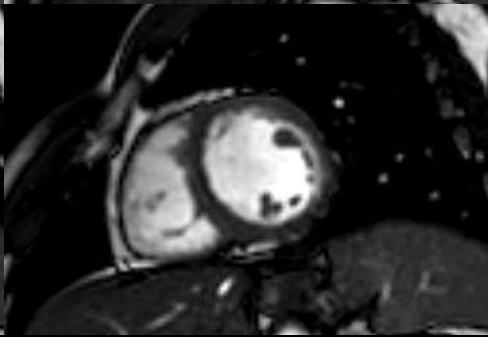
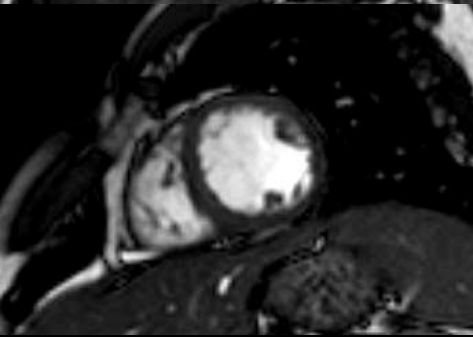
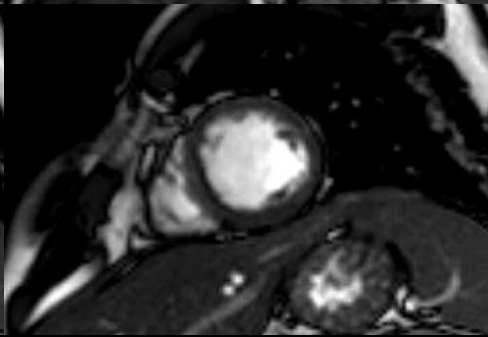
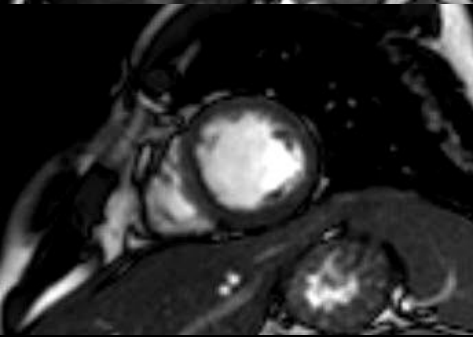
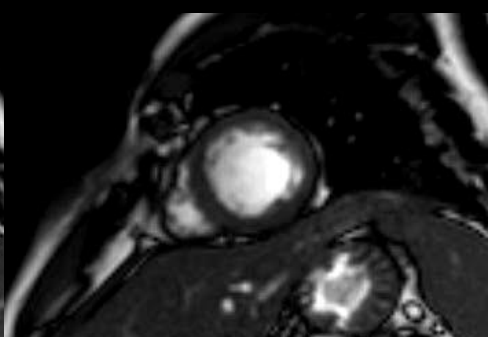
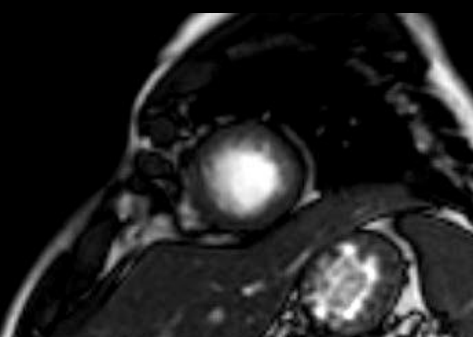
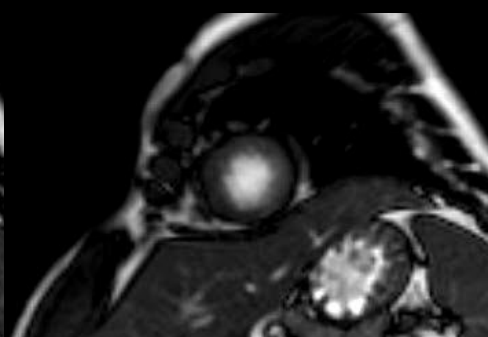
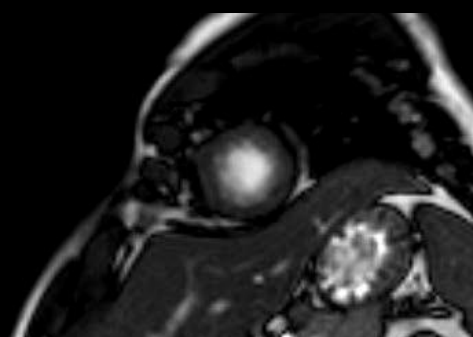
- Coupe Long Axe
- - 2 cavités (LAVG)

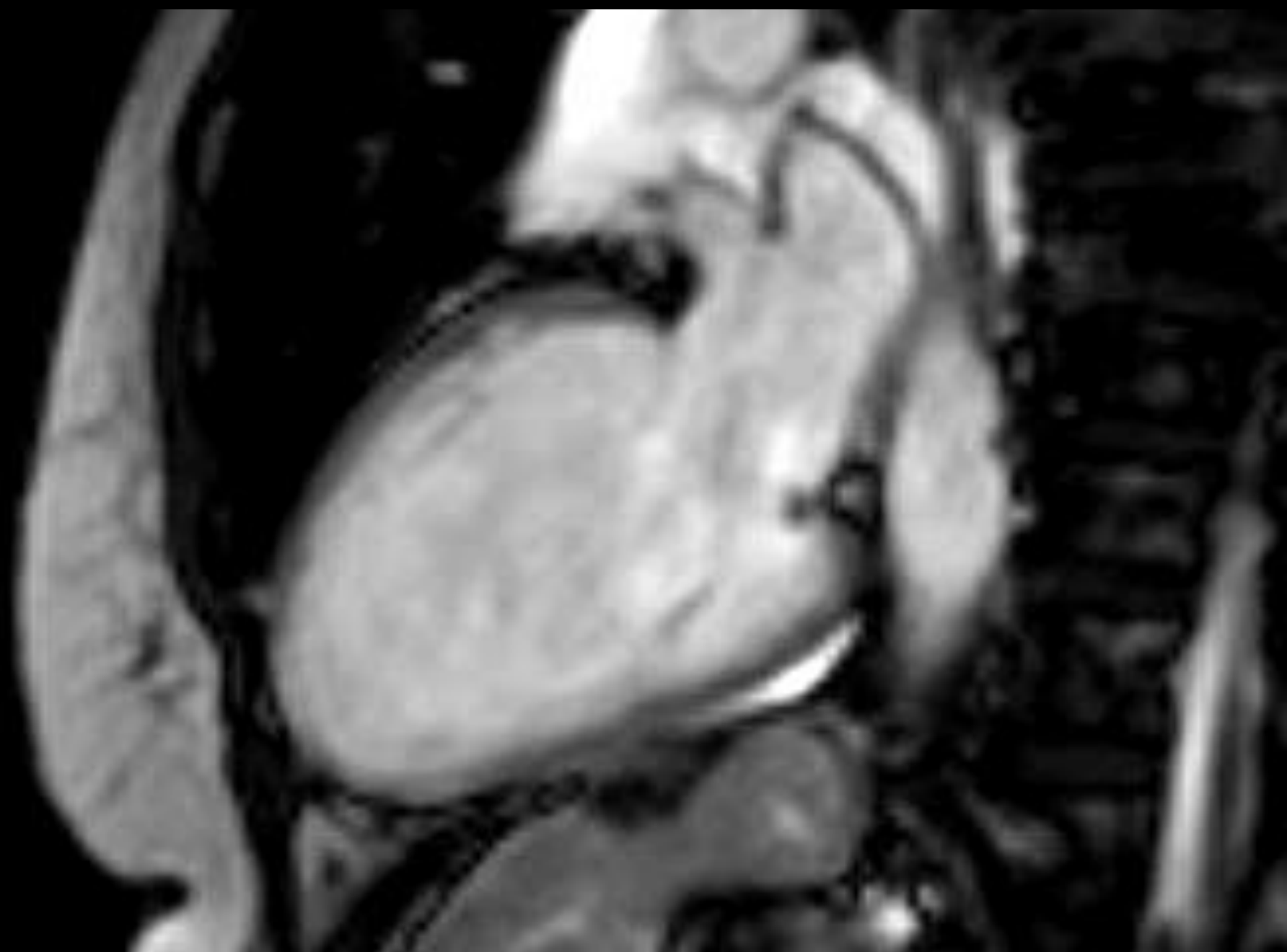


Séquences dynamiques



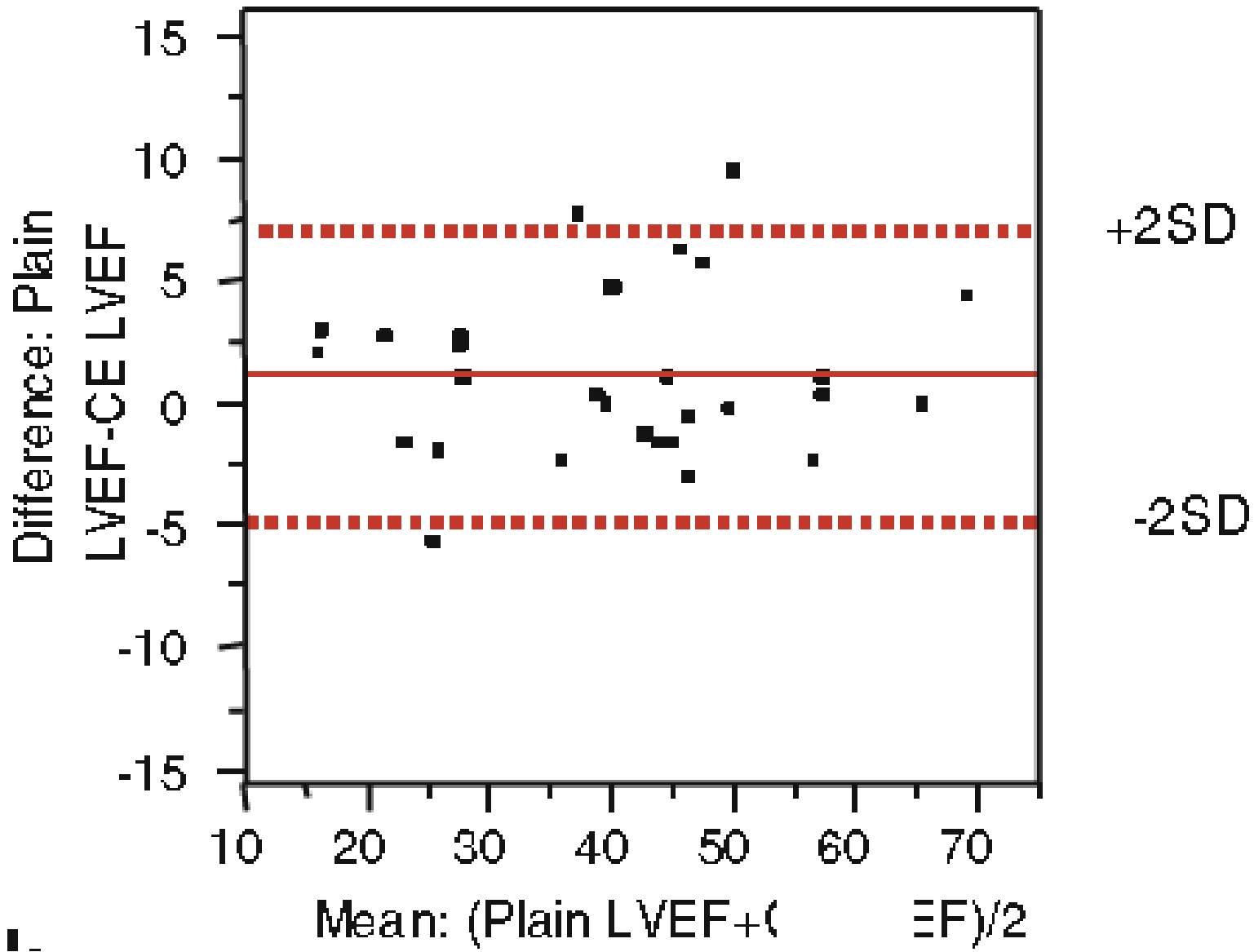






Quel type d'acquisition?

- Précession libre à l'équilibre
- Avant ou après injection
 - Durée moyenne d'un examen IRM cœur 30 (dans le meilleur des cas) à 45 minutes (dans le moins mauvais des cas) voire...
 - Dynamiques avant injection perte de 10 minutes ?!



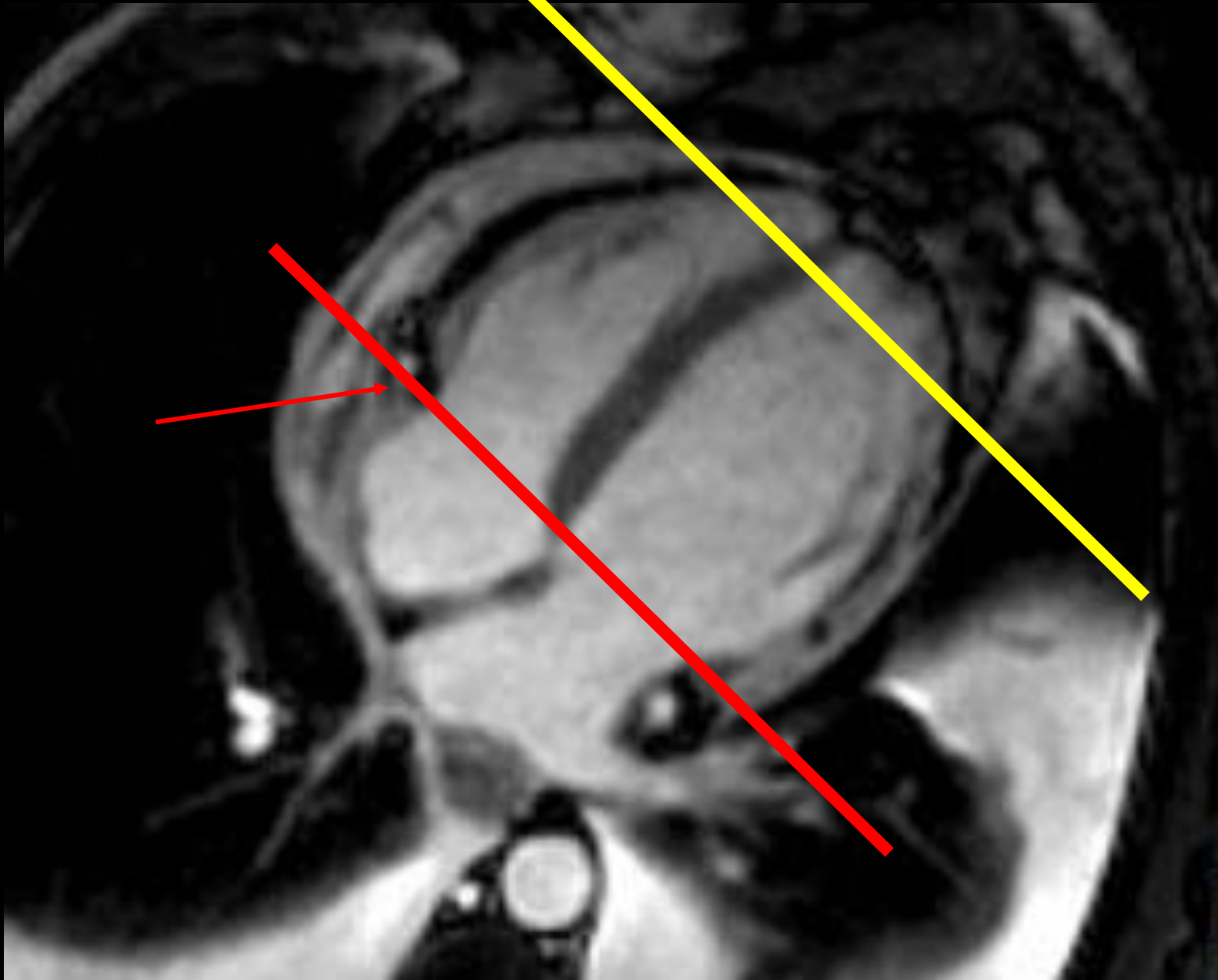
1.

Quel type d'acquisition?

- Précession libre à l'équilibre
 - Avant ou après injection
 - Coupes jointives ou non
 - Perte d'information segmentaire
 - Compromis durée d'acquisition / précision
-

Quel type d'acquisition?

- Précession libre à l'équilibre
 - Avant ou après injection
 - Coupes jointives ou non
 - Quand s'arrête t-on dans le contour ?
 - VD
 - la coronaire droite en petit axe
 - à hauteur de l'anneau tricuspide en 4 cavités
 - VG ...
-



Quel type d'acquisition?

- Précission libre à l'équilibre
- Avant ou après injection
- Coupes jointives ou non
- Quand s'arrête t-on dans le contour ?
- Contourage automatique ou manuel
 - Activité « chronophage » manuellement
 - Prix du post-traitement / temps médical
 - Vérification indispensable en cas de détection automatique
 - Logiciels de plus en plus performants
 - Logiciels constructeurs ou post traitement seul





	ED	2	3	4	5	6	7	8
1	TT 0.0 SP L17.3 CINE PA*	TT 35.4 SP L17.3 CINE PA*	TT 70.8 SP L17.3 CINE PA*	TT 106.2 SP L17.3 CINE PA*	TT 141.6 SP L17.3 CINE PA*	TT 177.0 SP L17.3 CINE PA*	TT 212.4 SP L17.3 CINE PA*	TT 247.8 SP L17.3 CINE PA*
2	TT 0.0 SP L27.5 CINE PA*	TT 36.1 SP L27.5 CINE PA*	TT 72.2 SP L27.5 CINE PA*	TT 108.2 SP L27.5 CINE PA*	TT 144.3 SP L27.5 CINE PA*	TT 180.4 SP L27.5 CINE PA*	TT 216.5 SP L27.5 CINE PA*	TT 252.6 SP L27.5 CINE PA*
3	TT 0.0 SP L37.7 CINE PA*	TT 34.8 SP L37.7 CINE PA*	TT 69.7 SP L37.7 CINE PA*	TT 104.5 SP L37.7 CINE PA*	TT 139.4 SP L37.7 CINE PA*	TT 174.2 SP L37.7 CINE PA*	TT 209.0 SP L37.7 CINE PA*	TT 243.9 SP L37.7 CINE PA*
4	TT 0.0 SP L47.9 CINE PA*	TT 37.3 SP L47.9 CINE PA*	TT 74.6 SP L47.9 CINE PA*	TT 111.8 SP L47.9 CINE PA*	TT 149.1 SP L47.9 CINE PA*	TT 186.4 SP L47.9 CINE PA*	TT 223.7 SP L47.9 CINE PA*	TT 261.0 SP L47.9 CINE PA*

Dessin | **Résultat**

Dessin

Dessin

Edition

Région activée

Visual.

Lent ——— Rap.

Découpe

Radiographie | 3D | Argus | Volume | Pulmo

Analyse quantitative

Contourage endocardique systolo diastolique

Acquisition télé expiratoire avec exclusion des muscles papillaires. Limite dans la CMH ?

- ❑ **Application 3D (VG et VD)**
 - ❑ **Volume ventriculaire diastolique**
 - ❑ **Volume ventriculaire systolique**
 - ❑ **Simpson (ou méthode des disques)**

 - ❑ **Application 2D (VG)**
 - ❑ **LAVG et HGA 4C**
-

Formule de Simpson

- Masse (g) = $\left[\sum_{n=1}^N A_{\text{epi}} - \sum_{n=1}^N A_{\text{endo}} \right] \cdot e \cdot \rho$

$\rho = 1.04 \text{g/cm}^3$

e = épaisseur de coupe

- Volume (ml) = $\sum_{n=1}^N A_{\text{endo}} \cdot e$

- FEVG (%) = $(VTD - VTS) / VTD$

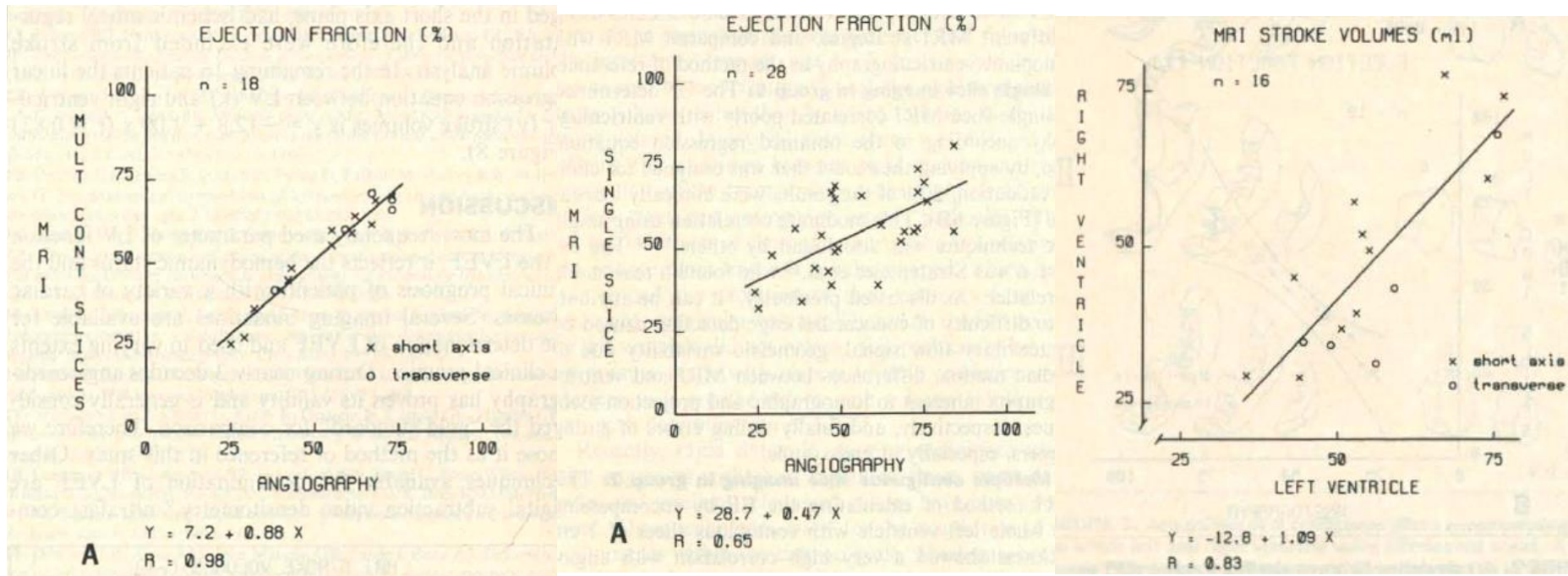
Méthode volumique réelle ou estimée..

- Sievers & al. Journal CardioVasc Magnetic Resonance 2004
 - n=19 (9 normaux 10 pathologiques)
 - 1,5 T
 - NS mais...

Technique	EDV (mL)	ESV (mL)	EF (%)
TrueFISP patients (n=10)			
SA	207±68	125±65	41±17
HLA	197±74 (0.24)	113±72 (0.07)	47±20 (0.22)
VLA	208±76 (0.88)	134±90 (0.57)	40±22 (0.65)
HLA+VLA	205±72 (0.92)	125±80 (0.96)	43±19 (0.57)
FLASH patients (n=10)			
SA	199±80	115±63	44±15
HLA	197±71 (0.68)	120±72 (0.57)	43±18 (0.72)
VLA	214±95 (0.20)	134±96 (0.14)	42±20 (0.76)
HLA+VLA	210±81 (0.36)	129±83 (0.17)	42±18 (0.68)

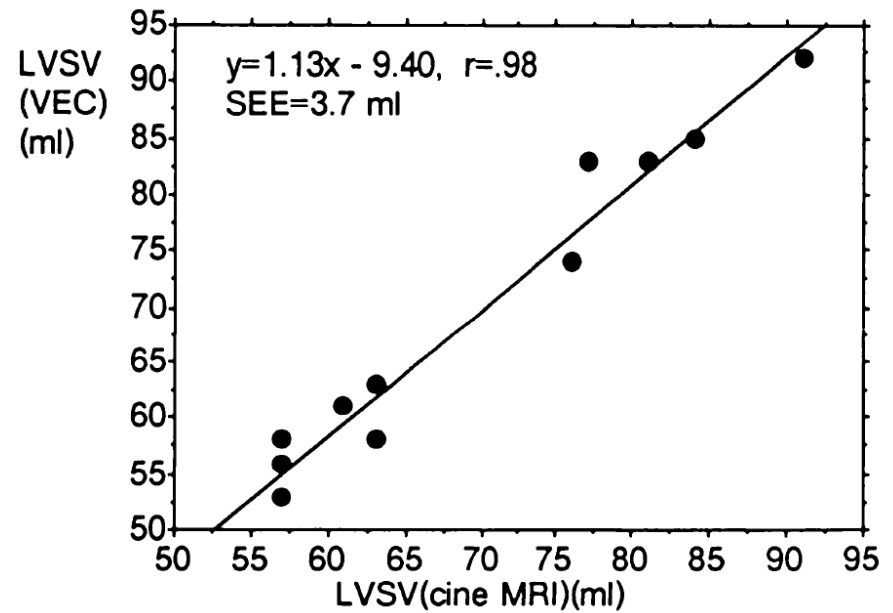
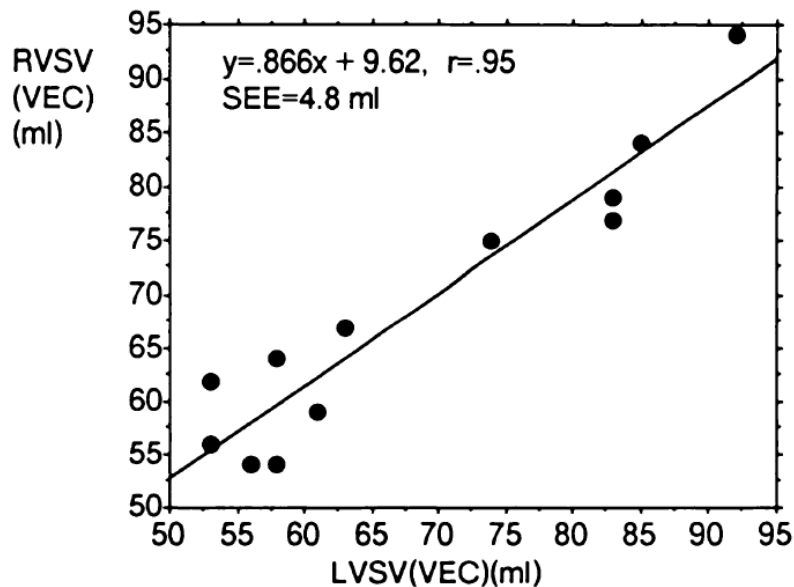
Validations anciennes >20 ans...

- Van Rossum Am J Cardiol 1988;62:628-633
 - n=48 0,6 Teslas durée examen 34min
 - Comparaison initiale à la ventriculographie
 - IRM en coupes petit axe vs LAVG monocoupe



Validations anciennes in- & ex-vivo

- Kondo & al. AJR 1991;157:9-16
 - In vivo
 - n=12
 - Validation VES VD et VG contraste de phase / mode ciné



Contourage Manuel ou semi automatique

- van der Geest et al. J Comput Assist Tomogr. 1997
 - end-diastolic volume: -5.5 ± 9.7 ml;
 - end-systolic volume: -3.6 ± 6.5 ml;
 - ejection fraction: $1.7 \pm 4.1\%$;
 - left ventricular mass: 7.3 ± 20.6 g.
 - Total analysis time from 3-4 h manual to <20min semiautomated contour detection.
-

Place de l'apprentissage

- Karamitsos & al. J Cardiovasc Magn Reson. 2007;9(5):777-83.
 - Contourage semi automatique
 - N=10 - 2 experts 6 novices
 - Apprentissage intensif 2 mois
 - FEVG variability from 7.2% to 3.7% (p=0.03).
 - LV mass from 7.7% to 6.7%.

Cause de variabilité: coupe basale et choix du contour

Comparaison à l'ETT 3D

■ Yo

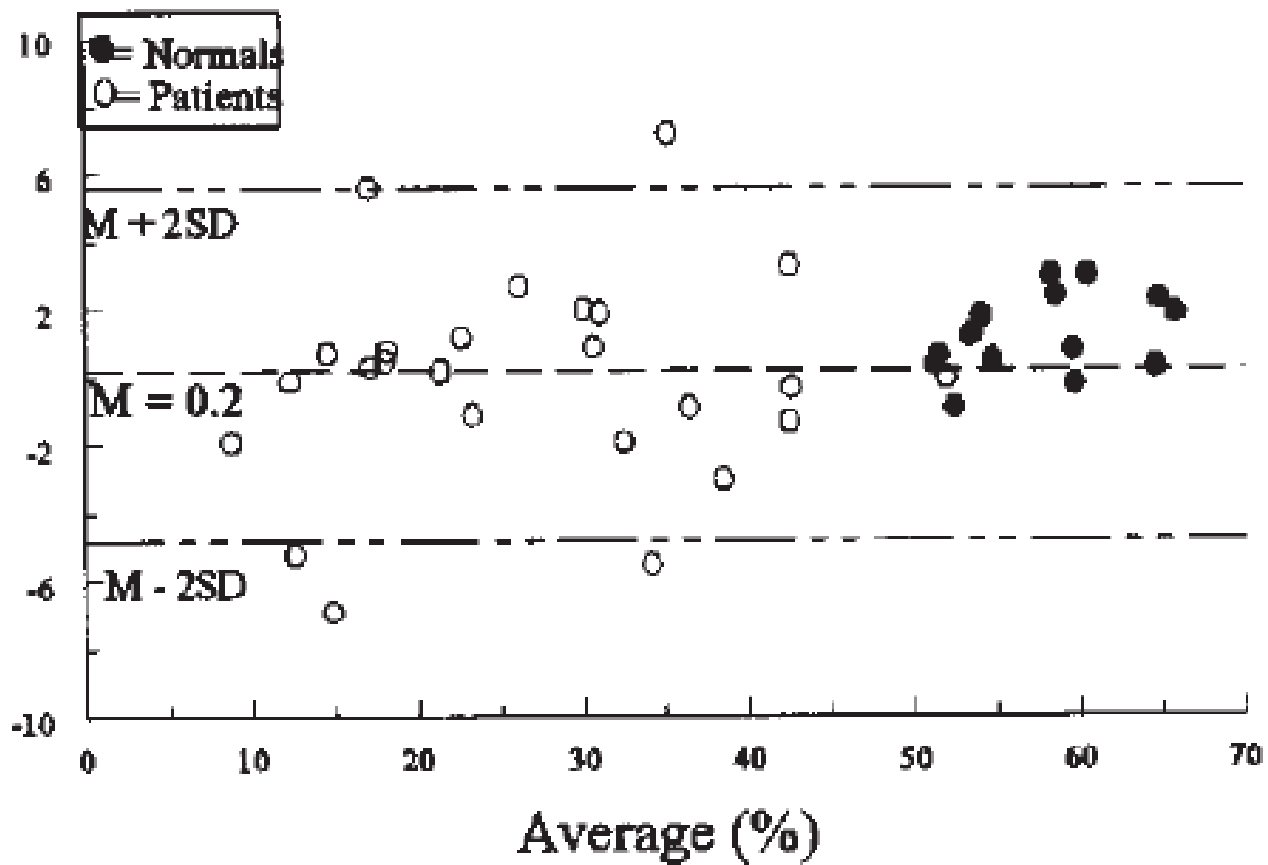
□

3DE-B LVV (ml)

Difference (%)

A

Left Ventricular Ejection Fraction



tion

nts

75

Comparaison à l'ETT 3D

- Youssef & al. Am Heart J 1999
 - Miller & al. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2012
 - n=60 IRM + Echo 3D
 - Volume VG et FEVG
 - Echo 3 D sous estimation de:
 - VTD -45 ± 35 mL, $p < 0.001$
 - VTS -11 ± 24 mL, $p = 0.004$
 - FEVG $-7 \pm 9\%$, $p < 0.001$
 - 18% de patients mal classés (FEVG N vs altérée)
-

Variabilité des mesures IRM/ETT

■ Chuang & al. J Am Coll Cardiol 2000

□ N=35

Table 3. Interobserver and Intraobserver Reproducibilities for Left Ventricular Ejection Fraction*

	Volumetric MRI	Biplane MRI	Volumetric Echocardiography	Biplane Echocardiography
Interobserver				
Variability (%)	3.6	13.4	8.3	17.8
Mean \pm SD (%)	0.5 \pm 1.5	-1.4 \pm 5.9	-0.1 \pm 3.8	1.3 \pm 8.8
SEE	1.6	4.3	3.7	9.2
r ²	0.99	0.94	0.96	0.82
Intraobserver				
Variability (%)	5.1	13.0	6.9	13.4
Mean \pm SD (%)	-1.1 \pm 2.1	-2.0 \pm 5.6	-0.4 \pm 3.1	-0.9 \pm 6.8
SEE	2.1	5.4	3.3	6.7
r ²	0.99	0.91	0.97	0.90

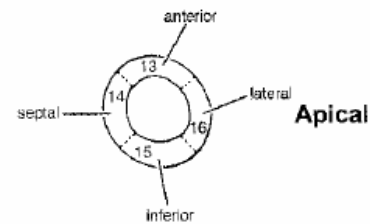
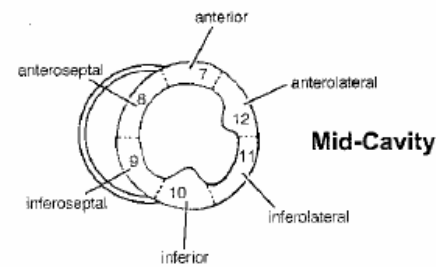
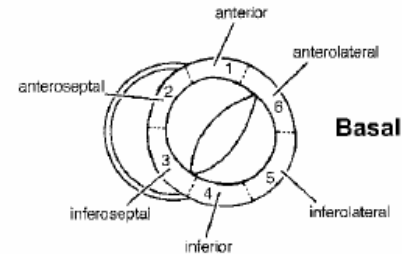
Et le scanner cardiaque...

- Greupner & al J Am Coll Cardiol. 2012
 - IRM vs ventriculo vs TDM 64b. ETT3D 2D
 - n=36
 - Scanner et IRM meilleur agrément $p < 0,005$, IC95%: $\pm 14,2\%$
 - Ventriculo $\pm 20.2\%$
 - ETT 3D $\pm 21.2\%$

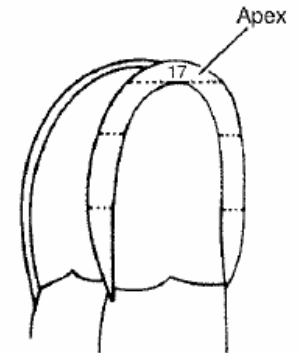


Analyse qualitative visuelle

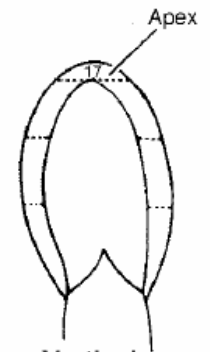
- Analyse segmentaire
 - 17 segments
- Évaluation qualitative:
 - Dyskinésie
 - Akinésie
 - Hypokinésie
 - Normokinésie
 - Hyperkinésie



Short Axis (SA)



Horizontal Long Axis (HLA)
(4 Chamber)



Vertical Long Axis (VLA)
(2 Chamber)

Multiplication des estimations...

- Holloway & al. Int J Cardiovasc Imaging (2011)
 - n=44
 - Estimation visuelle
 - Sous estimation moyenne FEVG de 8,4%
- Vers une methode type ICS ?

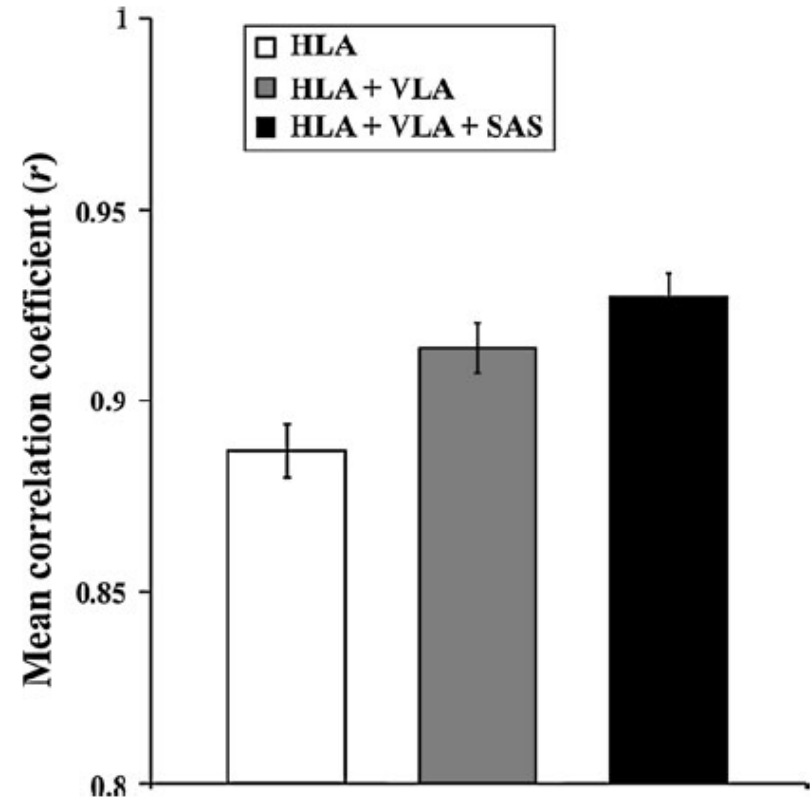
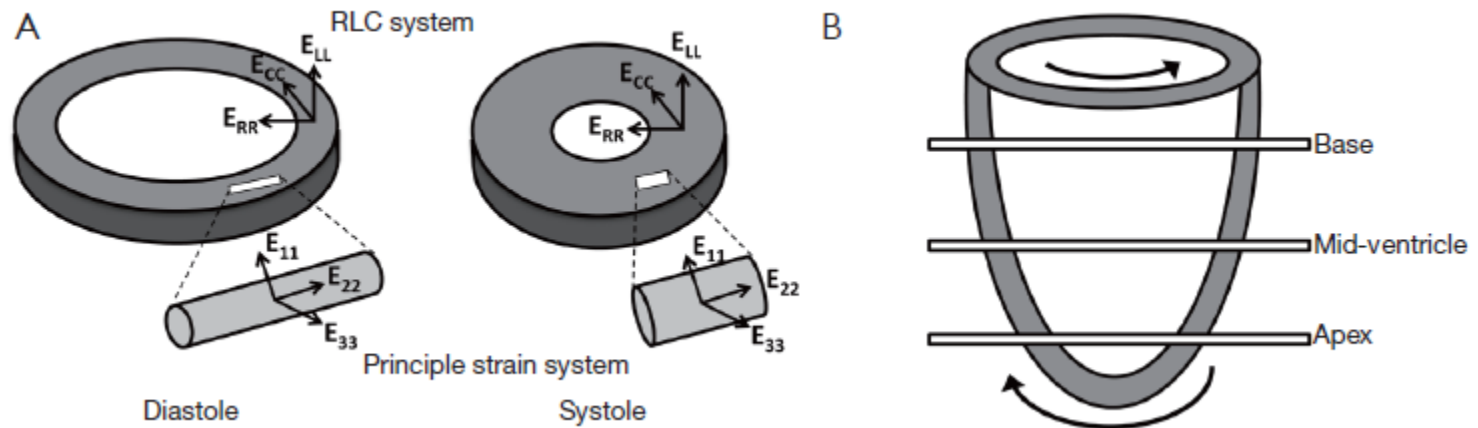


Fig. 1 Mean correlation coefficients between visual (“eyeball”) assessment of left ventricular ejection fraction and planimetry-derived values. Bars show standard errors. HLA horizontal long axis, VLA vertical long axis and SAS short axis stack

Analyse quantitative / tagging

- ❑ **Bandes de présaturation appliqué en télédiastole**
 - ❑ **Déformation par la contraction myocardique**
 - ❑ **La déformation des lignes peut être quantifiée**
 - ❑ **Expression en échelle de couleur ou numérique**
-

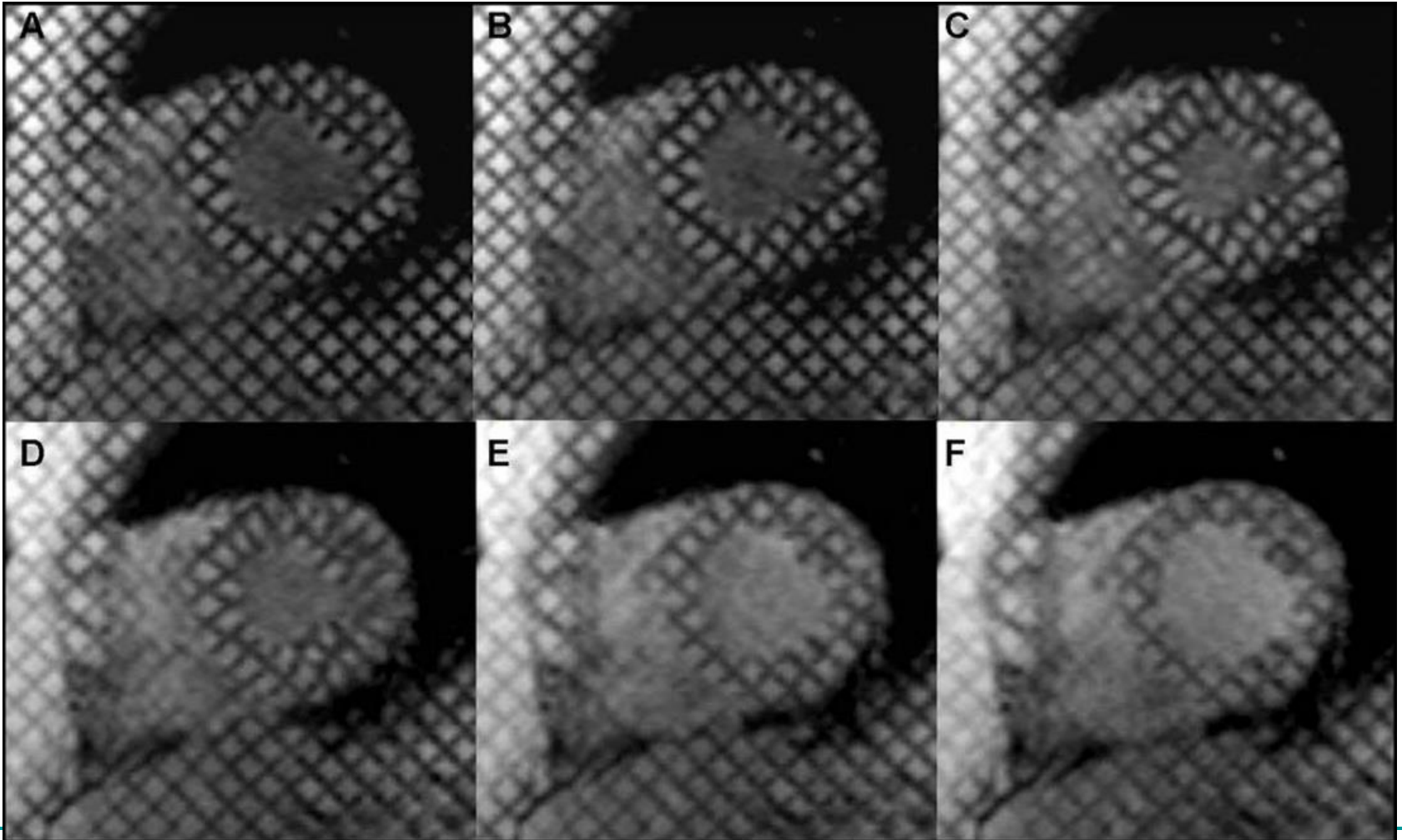
Déformation myocardique



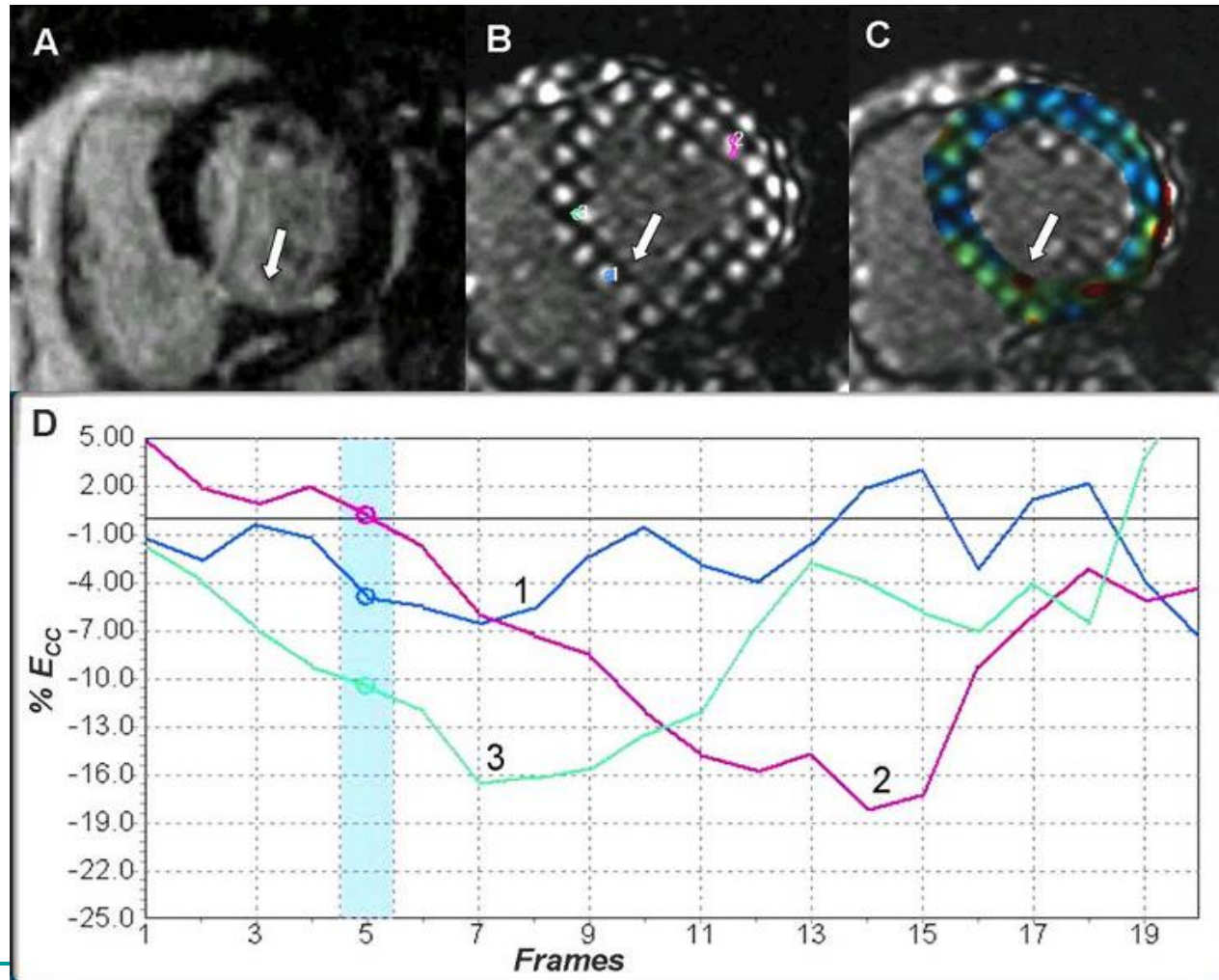




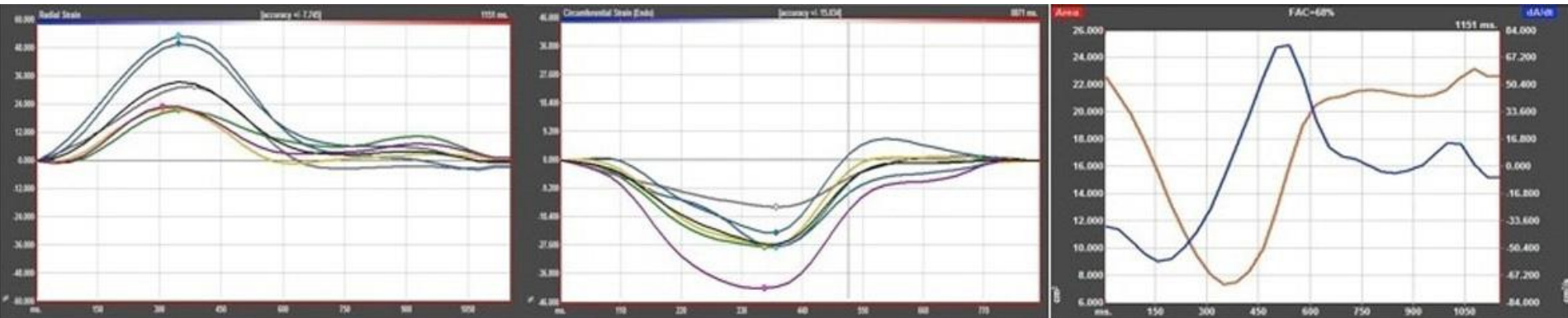
Tagging



Tagging



Speckle tracking à partir SSFP



Fonction ventriculaire droite

- **Caractères morphologiques spécifiques**
 - **Validation**
 - **Limite de contourage ?**
-

Fonction ventriculaire droite

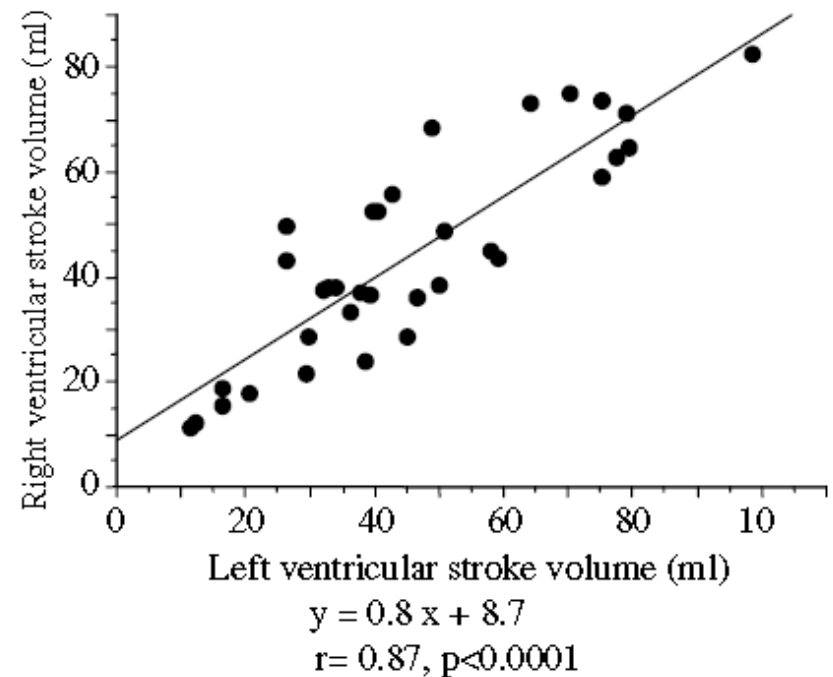
■ Beygui & al. Int J Cardiovascular Imag 2004; 20:509–516

- Écho de gradient
- Étude in vivo animal
- 15 volontaires et 25 coronariens

- Étude intra-, interobservateurs

- Étude cohérence résultat:
VES VD/VG

Limite de contourage VD: **CDII**



Fonction ventriculaire droite

- Bonnemains & al. Magn Reson Med. 2012
 - 1,5T
 - 90 patients
 - Variabilité sur l'analyse petit axe

	apex	Medio-ventriculaire	tricuspide	infundibulum
Volume ventriculaire	11%	34%	36%	19%
Variabilité de la mesure	8%	16%	42%	34%

Fonction ventriculaire droite

- Caudron & al. Acad Radiol. 2012
 - n=60 patients
 - 1,5T
 - Comparaison VD
 - Contourage 3 fois plus long que VG
 - Grande variabilité
 - Détermination de la coupe basale
 - Contourage
 - Expérience de l'observateur
-

Fonction ventriculaire droite

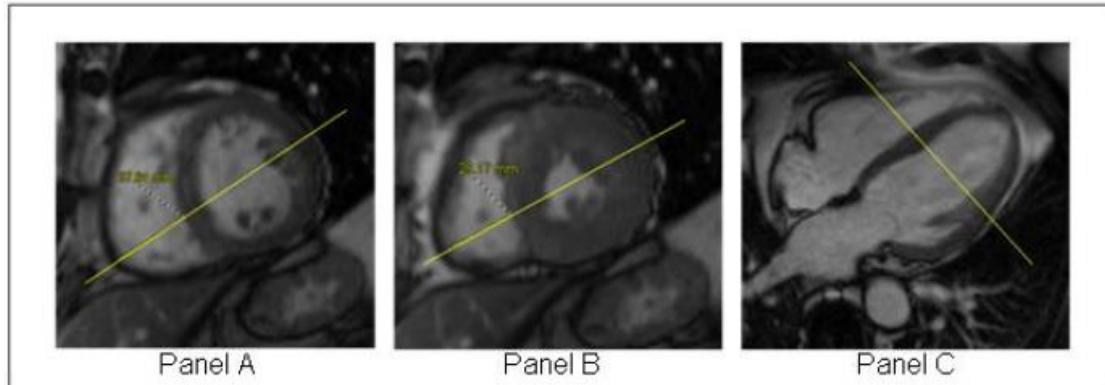
Paramètres dérivés bidimensionnels

- Approche estimée
- Proche des paramètres échocardiographiques
 - Hergan & al. European J Radiology 2008
 - n=56
 - 1,5 T fraction raccourcissement surface

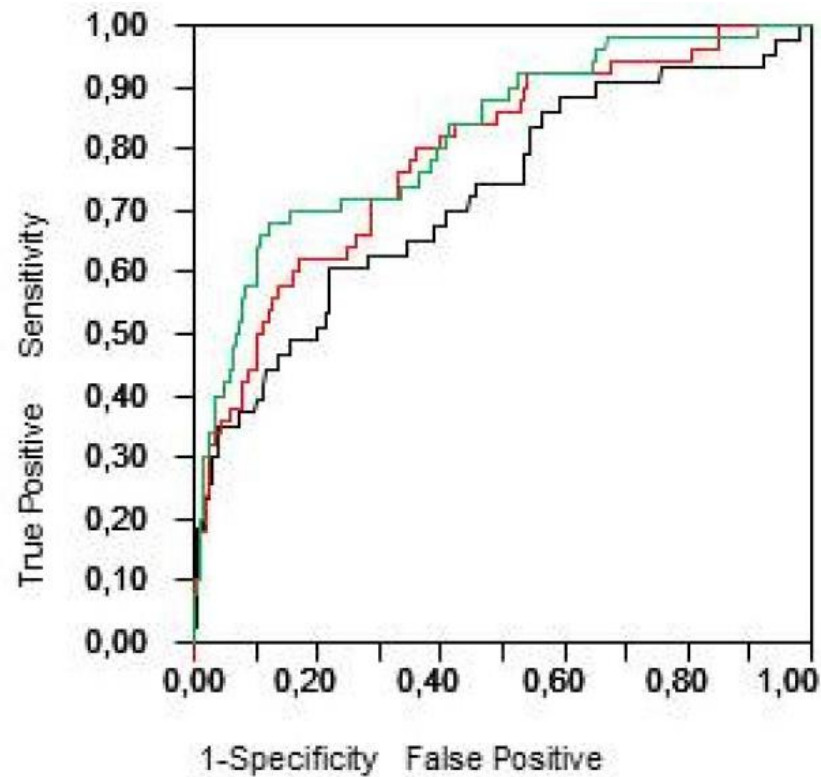
Conclusion: In the setting of healthy volunteers the ALM method should not be used in 2ch and 4ch planes of the right ventricle because of lacking correlation of global functional parameters compared to those obtained in the sa plane. Using Simpson's rule functional parameters correlate well to each other in the different imaging planes.

TAPSE

	Total n = 300	Patient group RVEF ≤ 40% n = 50	Control group RVEF > 40% n = 250	p
<i>Demographic characteristics</i>				
Men, n (%)	206 (68.7)	39 (78)	167 (66.8)	
Women, n (%)	94 (31.3)	11 (22)	83 (33.2)	0.164
Age, years (SD)	53.5 (15.2)	54.5 (14.6)	53.3 (15.4)	0.5
Body surface area, m ² (SD)	1.89 (0.23)	1.93 (0.22)	1.88 (0.23)	0.22
<i>Imaging data</i>				
RVEDV, ml (SD)	162.1 (57.2)	163.9 (52.3)	161.7 (58.2)	0.69
RVSV, ml (SD)	79.7 (31.7)	49.7 (17.5)	85.7 (30.5)	<.0001
LVEF, % (SD)	46 (14.3)	31.3 (13.8)	48.9 (12.5)	<.0001
LVEDV, ml (SD)	184.6 (65)	224.9 (92.9)	176.5 (54.6)	0.0007
LVSV, ml (SD)	79.3 (25.3)	62 (20.8)	82.7 (24.7)	<.0001
<i>MRI diagnosis</i>				
CAD, n (%)	95 (31.7)	25 (50)	70 (28)	
DCM, n (%)	49 (16.3)	9 (18)	40 (16)	
Myocarditis, n (%)	49 (16.3)	8 (16)	41 (16.4)	
Normal, n (%)	38 (12.7)	0 (0)	38 (15.2)	
HCM, n (%)	19 (6.3)	0 (0)	19 (7.6)	
	Total n = 300	Patients group RVEF ≤ 40% n = 50	Control group RVEF > 40% n = 250	p
FBDC, % (SD)	25.5 (8.4)	18.2 (7.7)	26.9 (7.8)	.0001
FMDC, % (SD)	29.9 (12.2)	18.8 (9.6)	32.1 (11.4)	.0001
TAPSE, mm (SD)	23.9 (6.9)	19.2 (7.7)	24.8 (6.4)	.0001



■ FMDC = 100 × (Md - Ms)/Md



ROC analysis: diagnostic performances of FBDC, FMDC and TAPSE.

	AUC	Threshold	Sensitivity (%)	Specificity (%)	NPV (%)
FBDC	0.79	19.9%	62	83	91.6
FMDC	0.82	20%	68	88	93.2
TAPSE	0.72	20 mm	60	78	90.6

Stress et fonction ventriculaire:

ischémie et viabilité

Test de stress

- Types de test
 - Effort
 - Dipyridamole
 - Dobutamine : 5-10-20-40 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ \pm atropine
- Paramètres
 - TGE/SSFP/EPI standard ou hybride
 - Résolution temporelle $\sim 30\text{-}40$ ms
 - Résolution spatiale $\sim 1.25 \times 1.25 \times 8\text{-}10\text{mm}$
- Evaluation qualitative
- Evaluation quantitative: tagging

Prérequis aux stress pharmacologiques

- **Monitoring spécifique:**
 - ECG repolarisation non interprétable dans l'aimant
 - TA
 - Oxymétrie de pouls
- **Injecteurs adaptés**
- **Matériel de réanimation adapté**
- **Procédure d'urgence connue et testée**
- **Proximité de réanimateurs**



L'augmentation du débit coronaire est médié par:



Vasodilatation directe

adenosine
dipyridamole



*Vasodilatation secondaire
induite par une augmentation
du travail cardiaque*

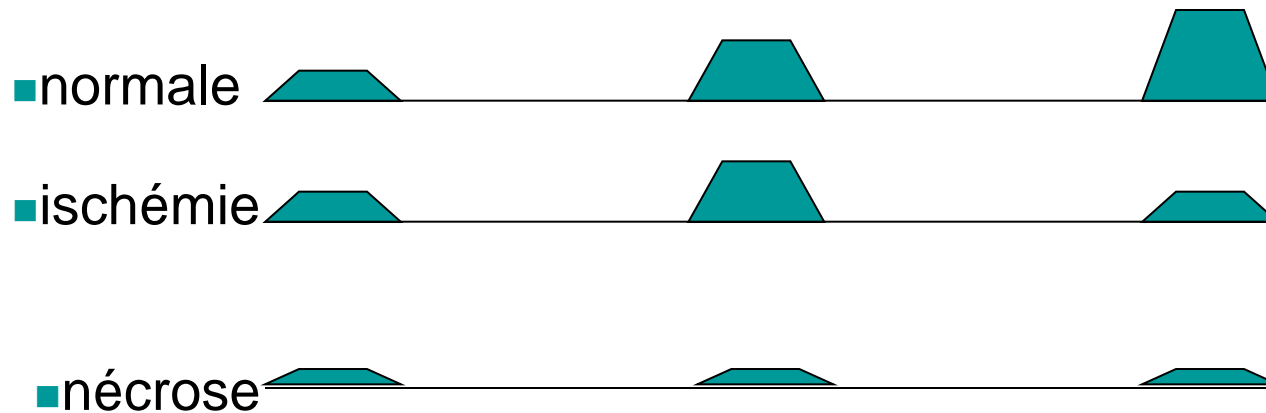
dobutamine

■ Dobu ou VD?

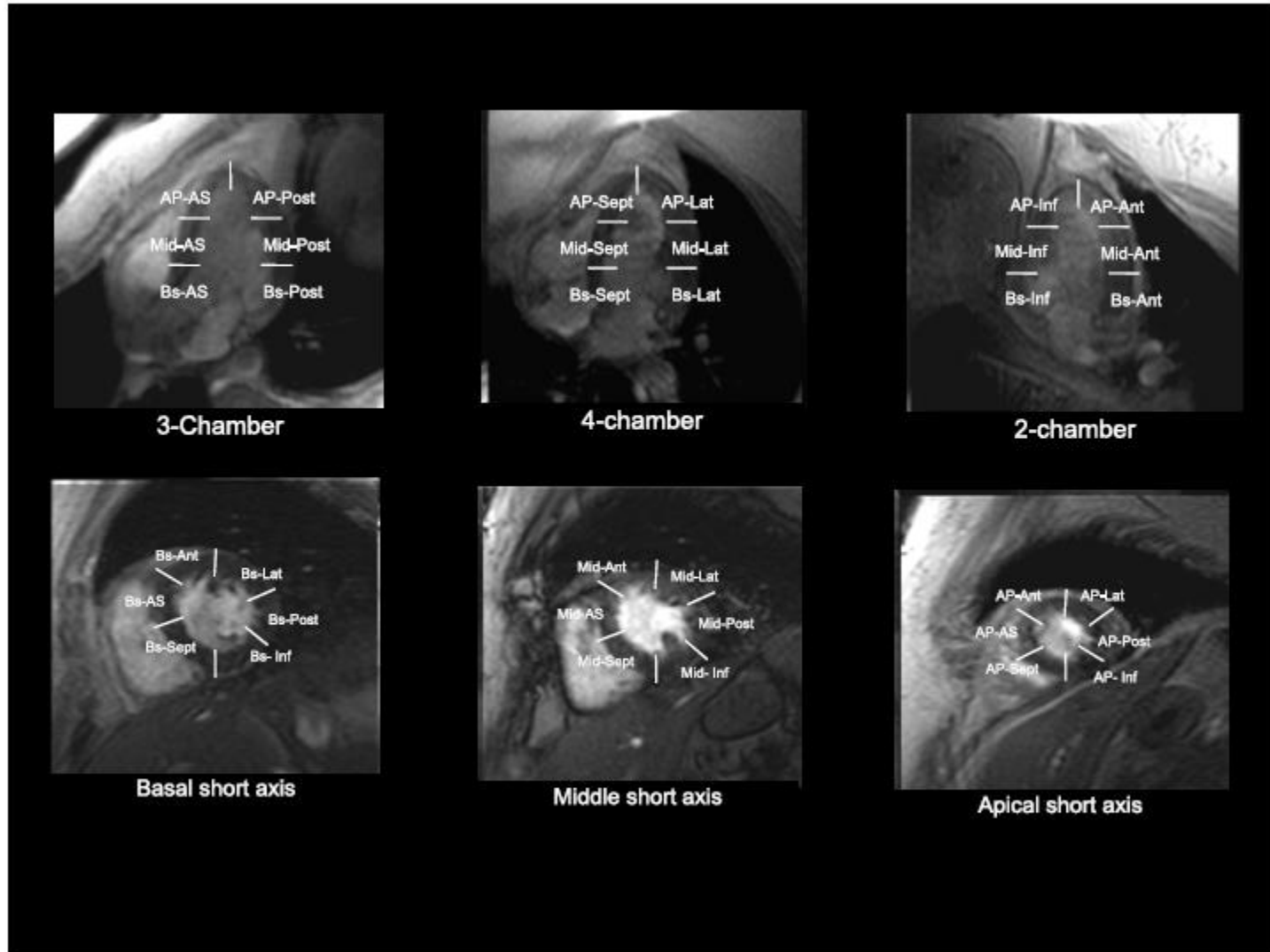
- les 2 tests (dobu ou VD) ont la même valeur
 - diagnostique et pronostique (Circulation 2007 ; 115 : 1769-1776)
 - **Mais sous dobutamine:**
 - ❖ examen + long, interprétation + longue et «en ligne» des images
-

■ IRM Dobutamine: même principe que l'échographie

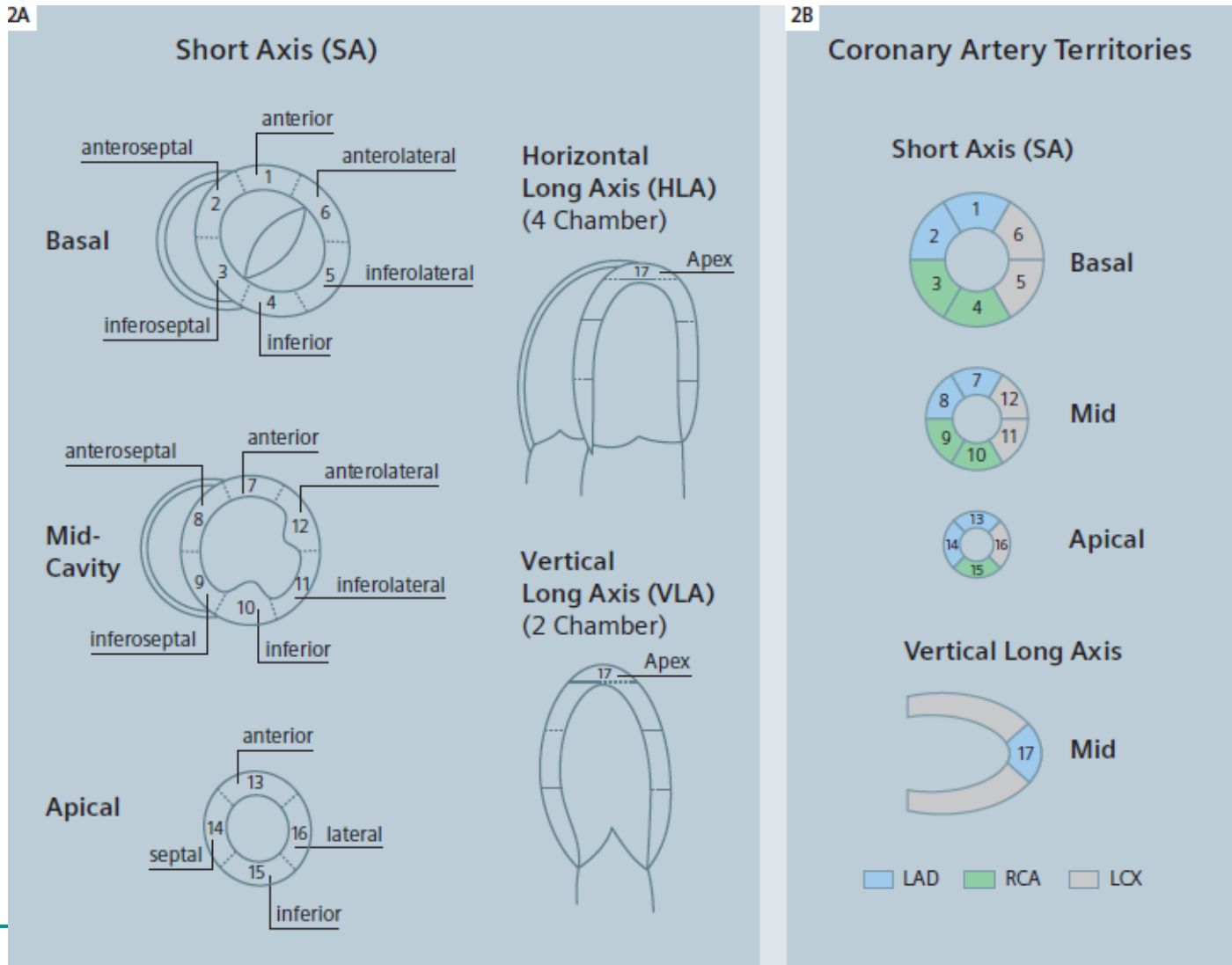
■ Réponse myocardique contractile à la dobutamine



■ Dobutamine: même principe que l'échographie



■ Dobutamine: même principe que l'échographie



■ Dobutamine

Table 1: Contraindications to dobutamine stress MRI

- Unstable angina pectoris
- Left main coronary artery disease
- Higher-grade aortic stenosis
- Hemodynamically relevant obstructive hypertrophic cardiomyopathy
- Myocarditis, endocarditis, pericarditis
- Aortic dissection / higher-grade aortic aneurysm
- Higher-grade complex ventricular arrhythmia
- History of sudden death
- Mobile left ventricular / left atrial thrombus
- Severe systemic hypertension (systolic blood pressure > 240 mmHg and/or diastolic blood pressure > 120 mmHg)
- Intractable anxiety / claustrophobia

Contraindications to atropine

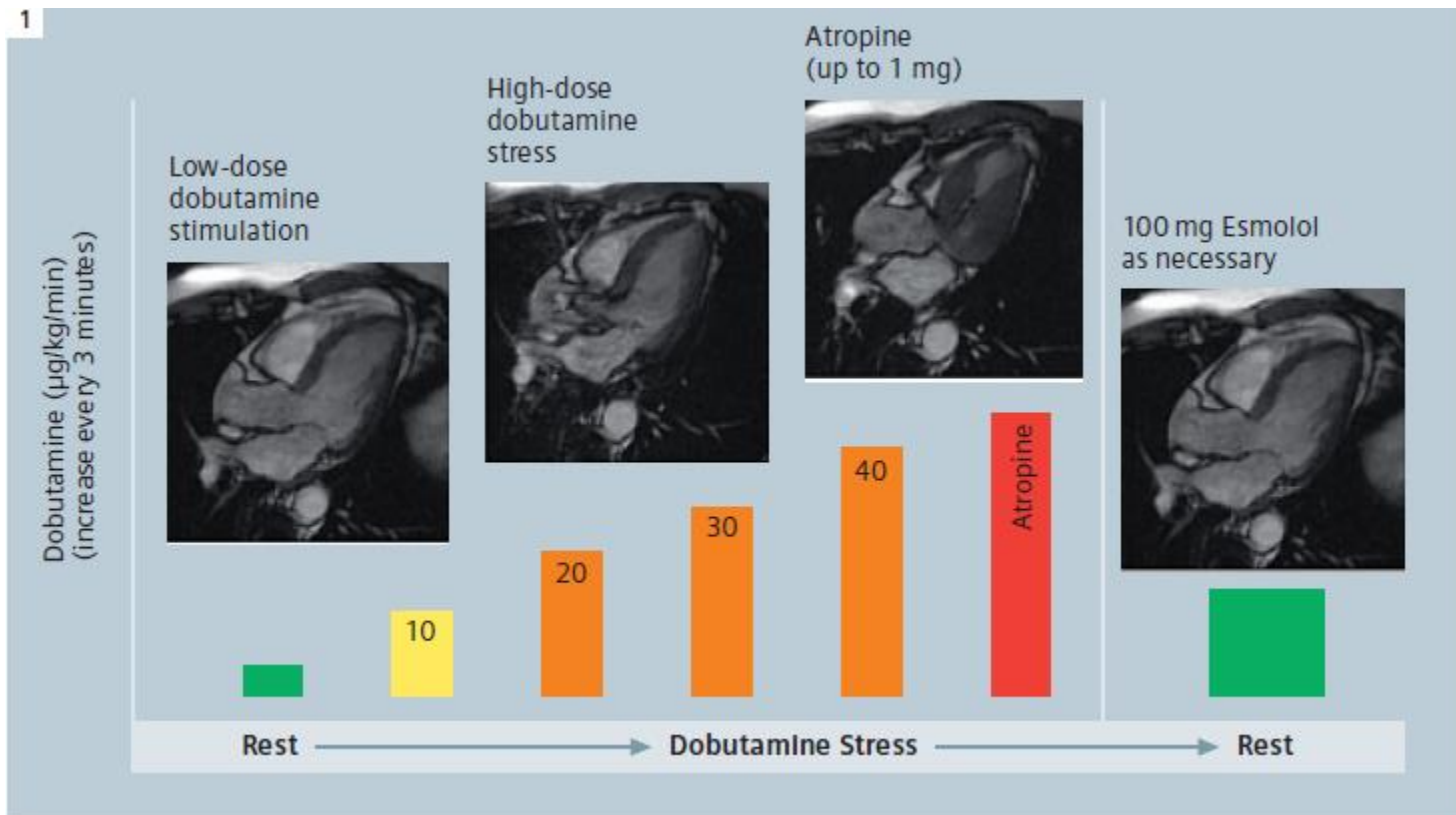
- Advanced heart block
- Glaucoma
- Pyloric stenosis
- Prostatic hypertrophy

■ Dobutamine

Table 3: Termination criteria for dobutamine stress MRI

- Target heart rate reached ($(220 - \text{age}) \times 0.85$)
- New or worsening wall-motion / thickening abnormalities
- Complex cardiac arrhythmias
- Systolic blood pressure increase > 240 mmHg and/or diastolic blood pressure > 120 mmHg
- Blood pressure decrease > 20 mmHg below baseline systolic blood pressure and/or decrease > 40 mmHg from a previous level
- Severe chest pain or other intractable symptoms

■ Dobutamine



■ Dobutamine

Table 4: Dobutamine stress MRI for detection of significant CAD compared with conventional coronary angiography.

Author	Year	Sensitivity	Specificity	Number of patients
Pennell et al.	1992	91%	–	25
van Rugge et al.	1993	81%	100%	45
Baer et al.	1994	84%	–	35
van Rugge et al.	1994	91%	80%	39
Nagel et al.	1999	86%	86%	172
Hundley et al.	1999	83%	83%	41
Kuijpers et al.	2003	96%	95%	68
Paetsch et al.	2004	89%	80%	79
Wahl et al.	2004	89%	84%	160
Syed et al.	2005	89%	100%	19

■ IRM Dobutamine/ Echo dobu

- n=208 172 effectifs / 36 exclusions
- Echo dobutamine vs IRM dobutamine 1,5T

	DSE	DSMR	<i>P</i>
Sensitivity	74.3%	86.2%	<0.05
Specificity	69.8%	85.7%	<0.05
Positive predicting value	81.0%	91.3%	<0.05
Negative predicting value	61.1%	78.3%	<0.05
Accuracy	72.7%	86.0%	<0.005

1. Patient Exclusion From Dobutamine Stress Cardiography and Dobutamine Stress Magnetic Resonance Tomography

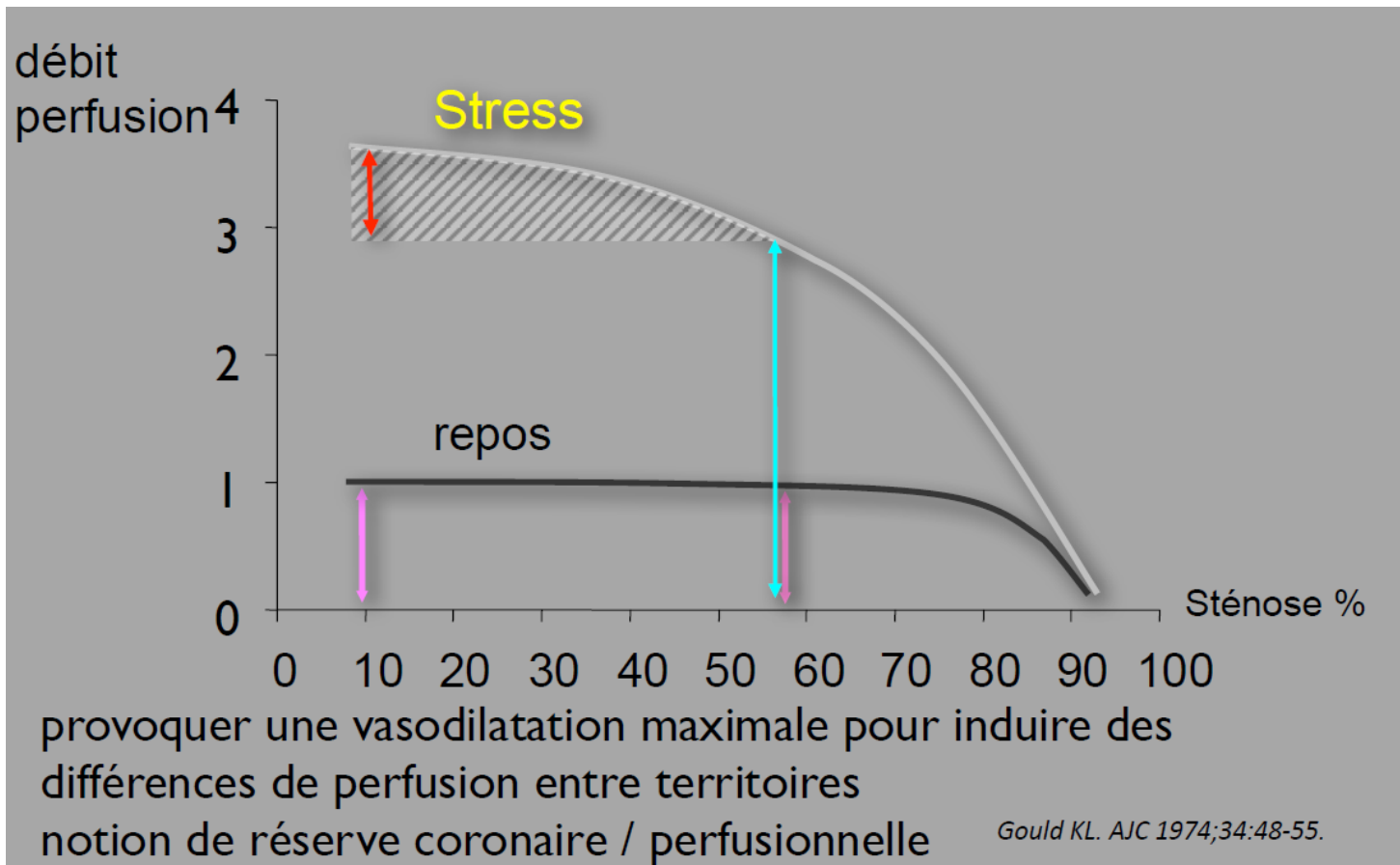
	DSE	DSMR
Insufficient image quality	18 (8.7%)	3 (1.4%)
Inadequate maximal heart rate	4 (1.9%)	2 (1.0%)
Severe obesity	...	5 (2.4%)
Claustrophobia	...	11 (5.3%)
Contraindication (metallic implants)	...	1 (0.5%)
Total	22 (10.6%)	22 (10.6%)

■ IRM stress sous VD

- diminution du débit absolu dans le territoire sténosé par
- vasodilatation et effet de vol coronaire
- d'où une altération de la réserve coronaire
- dérecrutement capillaire au profit des régions saines



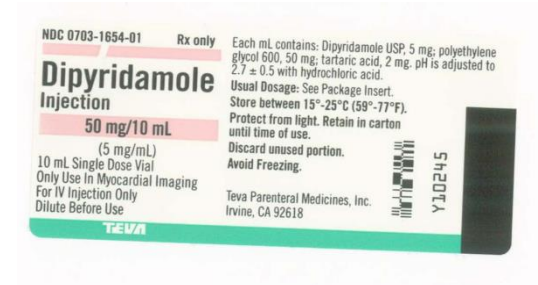
■ Détection de la maladie coronaire



■ IRM stress sous VD



- Effet vasodilatateur direct (inhibe les
■ cellules m lisses de la paroi
vasculaire)
• $\frac{1}{2}$ vie très courte **<3s**
- Protocole: injection continue sur 6
min (140 $\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{min}$)
- • Injection traceur: 2 min avant la fin
de la perf d'adénosine (dans une veine
controlatérale)



- Effet indirect – bloque le
relargage de
l'adénosine
- $\frac{1}{2}$ vie longue: **25 min**
- Protocole: injection
continue sur 4 min (0.56
mg/Kg)
- Injection traceur: 4 min
après la fin de la
perfusion

■ IRM stress sous VD

- Effet vasodilatateur direct
- Effet A2A spécifique
- $\frac{1}{2}$ vie très courte < **2-3 min**
- Protocole: injection en IVD
- -400 microgrammes (5 ml)
- Injection traceur: dans la minute



- Récepteur A1:
 - - Troubles de la conduction
 -
- Récepteur A2A:
 - - Vasodilation coronaire
 - - Stimulation sympathique
 -
- Récepteur A2B et A3:
 - - Bronchoconstriction

■ Pré requis IRM stress sous VD

■ Adenosine ou dipyridamole

- Contre Indications spécifiques
 - BPCO sévère
 - AVC récent
 - Asthme
 - HTAP
- Contre Indications communes aux test de provocation
 - Angor instable
 - BAV 2eme ou 3 eme degré
 - Hypotension severe
 - IC décompensée

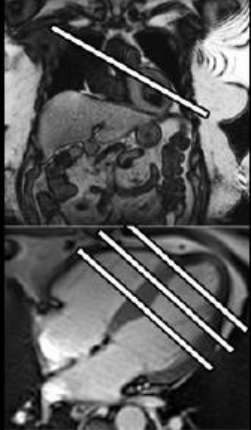
■ Pré requis IRM stress sous VD

- Dans les 12 à 24heures pas de
 - Café, thé, chocolat, coke
 - Antogonistes
 - Faux négatif

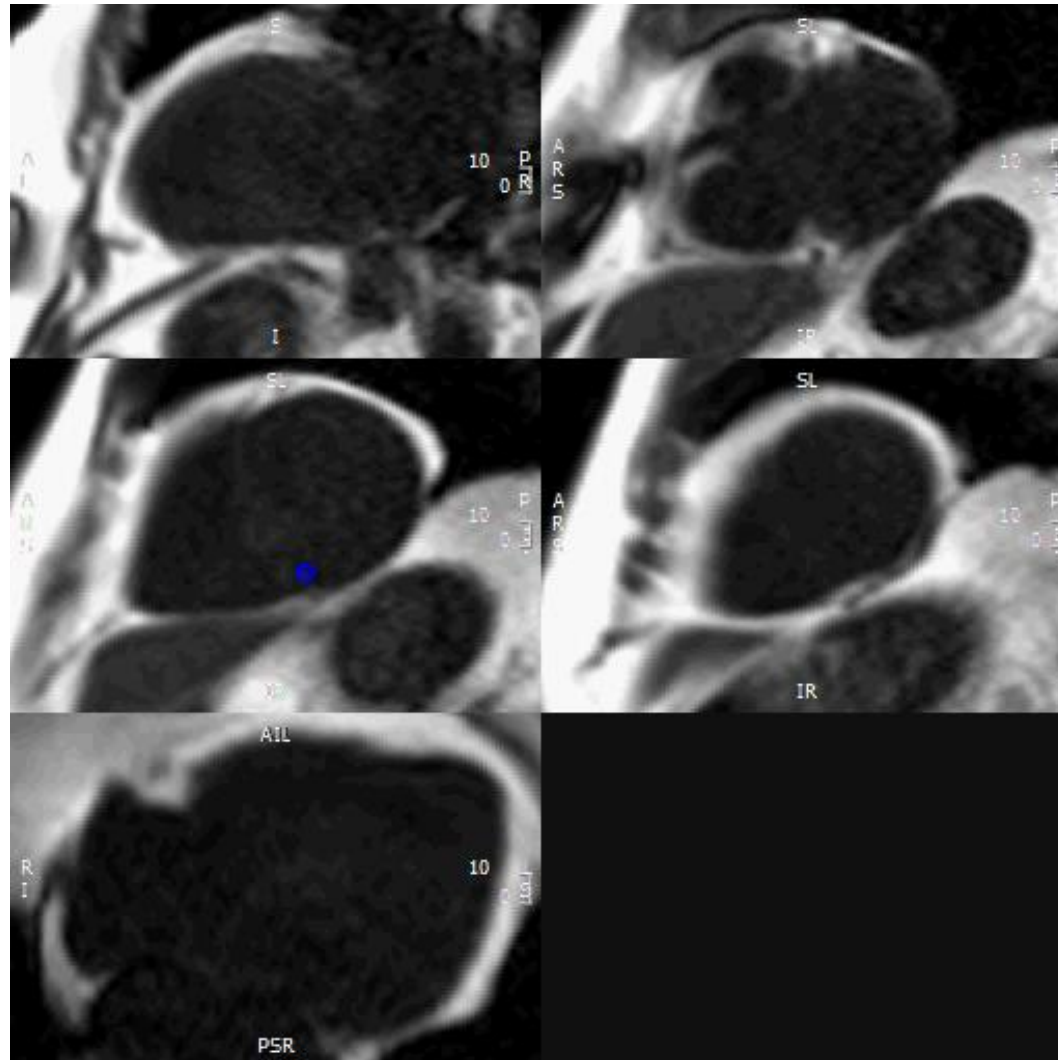


■ IRM stress sous VD

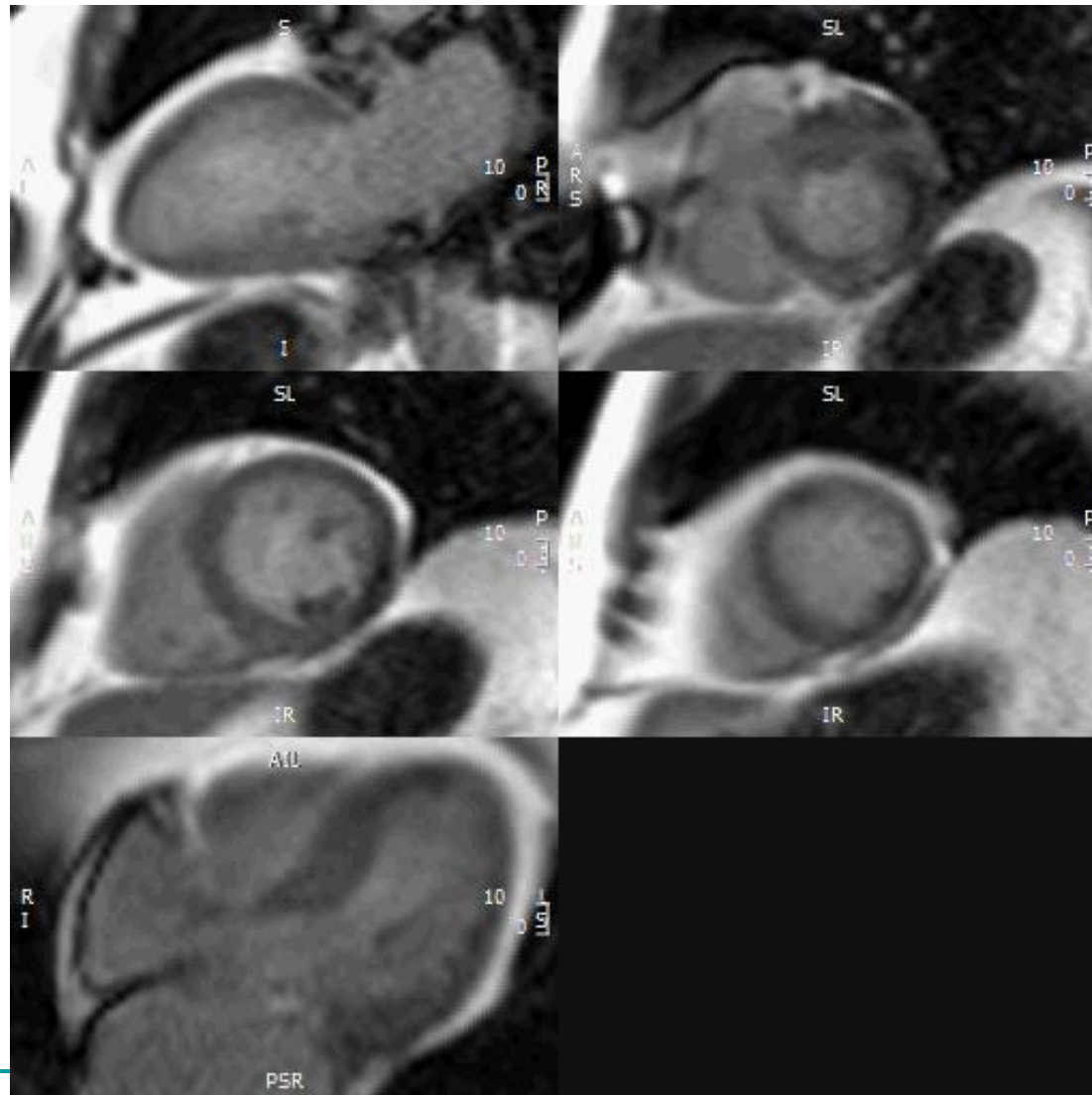
■ Adenosine ou dipyridamole

Cardiac Localization	Stress Myocardial Perfusion Imaging	Ventricular Function	Rest Myocardial Perfusion Imaging	Ventricular Function	Late gadolinium enhancement
	<p>Gd-DTPA (0.03-0.1 mmol/Kg) Bolus injection at 3-5ml/s</p> <p>3-4 short-axis/per RR interval 60 RR intervals</p>	<p>Cine SSFP</p> <p>10-12 short-axis (covering left ventricle)</p>	<p>Gd-DTPA (0.03-0.1 mmol/Kg) Bolus injection at 3-5ml/s</p> <p>3-4 short-axis/per RR interval 60 RR intervals</p>	<p>Cine SSFP</p> <p>3 long-axis</p>	<p>Inversion recovery</p> <p>10-12 short-axis (covering left ventricle)</p> <p>3 long-axis</p>
~3 minutes	<p>During infusion of vasodilator stress</p> <p>~5 minutes</p>	~12-15 minutes	<p>During rest</p> <p>~3 minutes</p>	~2 minutes	~10-15 minutes

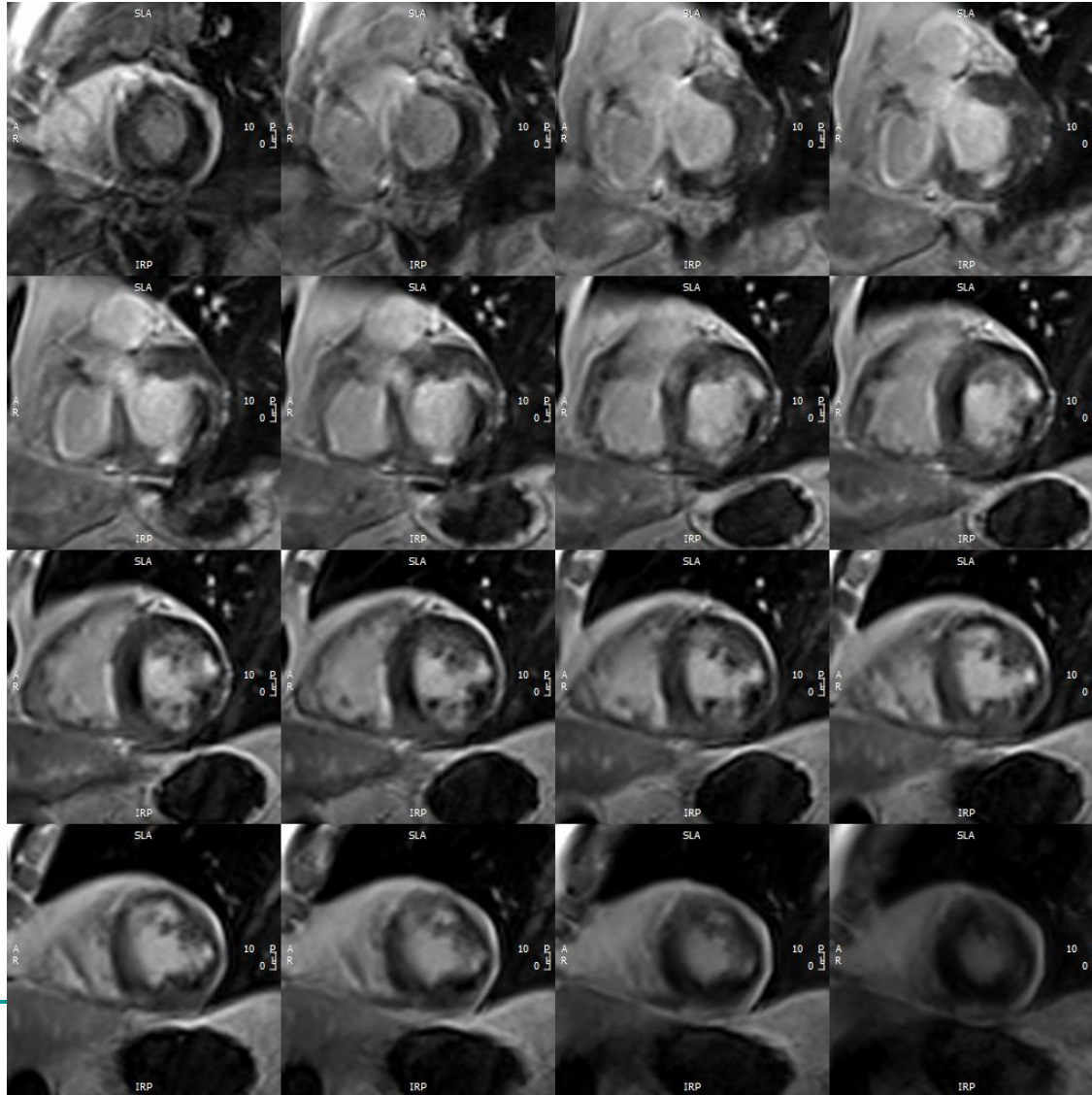
■ Perfusion au 1^{er} passage: stress



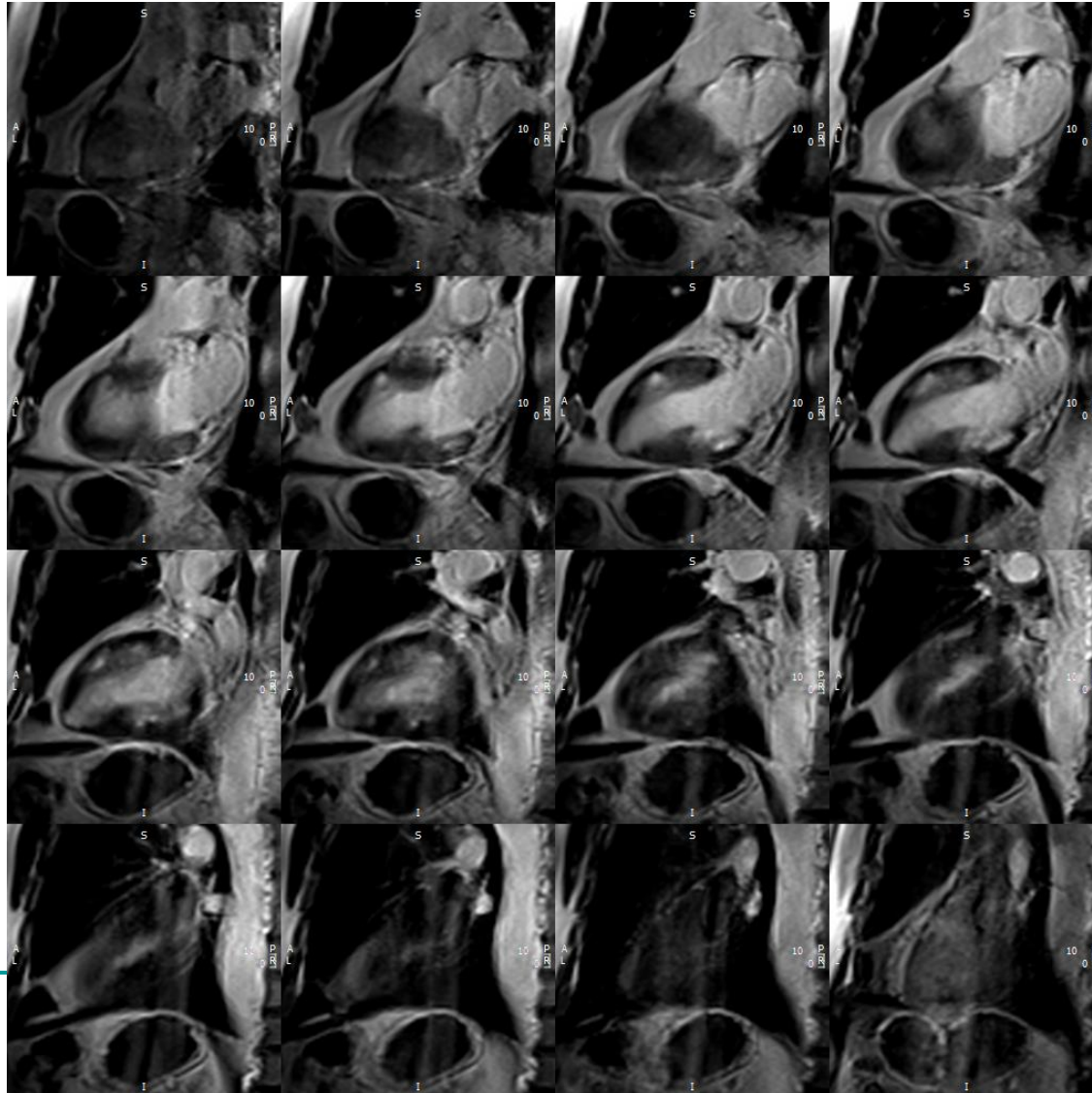
■ Perfusion au 1^{er} passage: repos



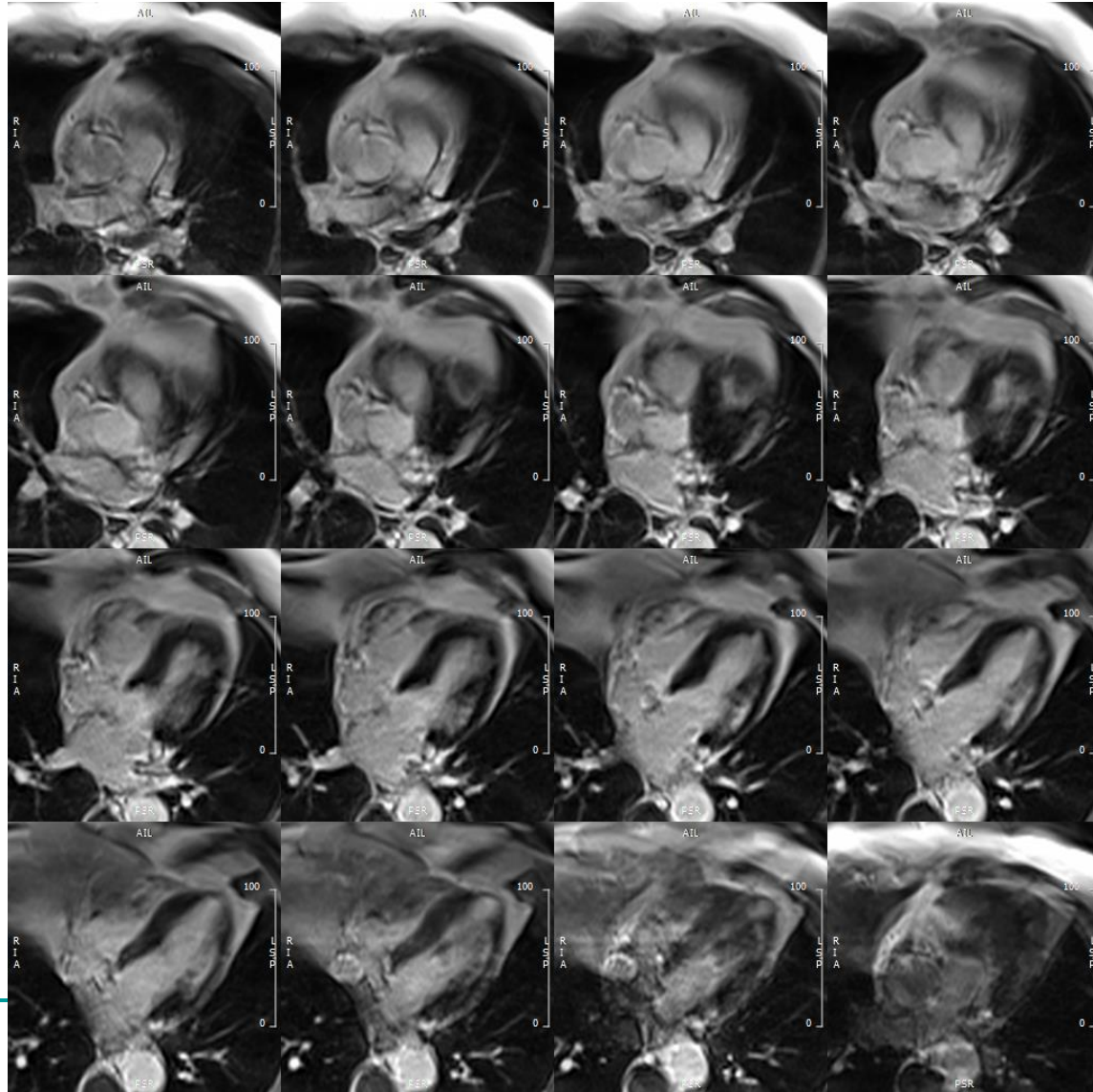
■ Réhaussement tardif



■ Réhaussement tardif



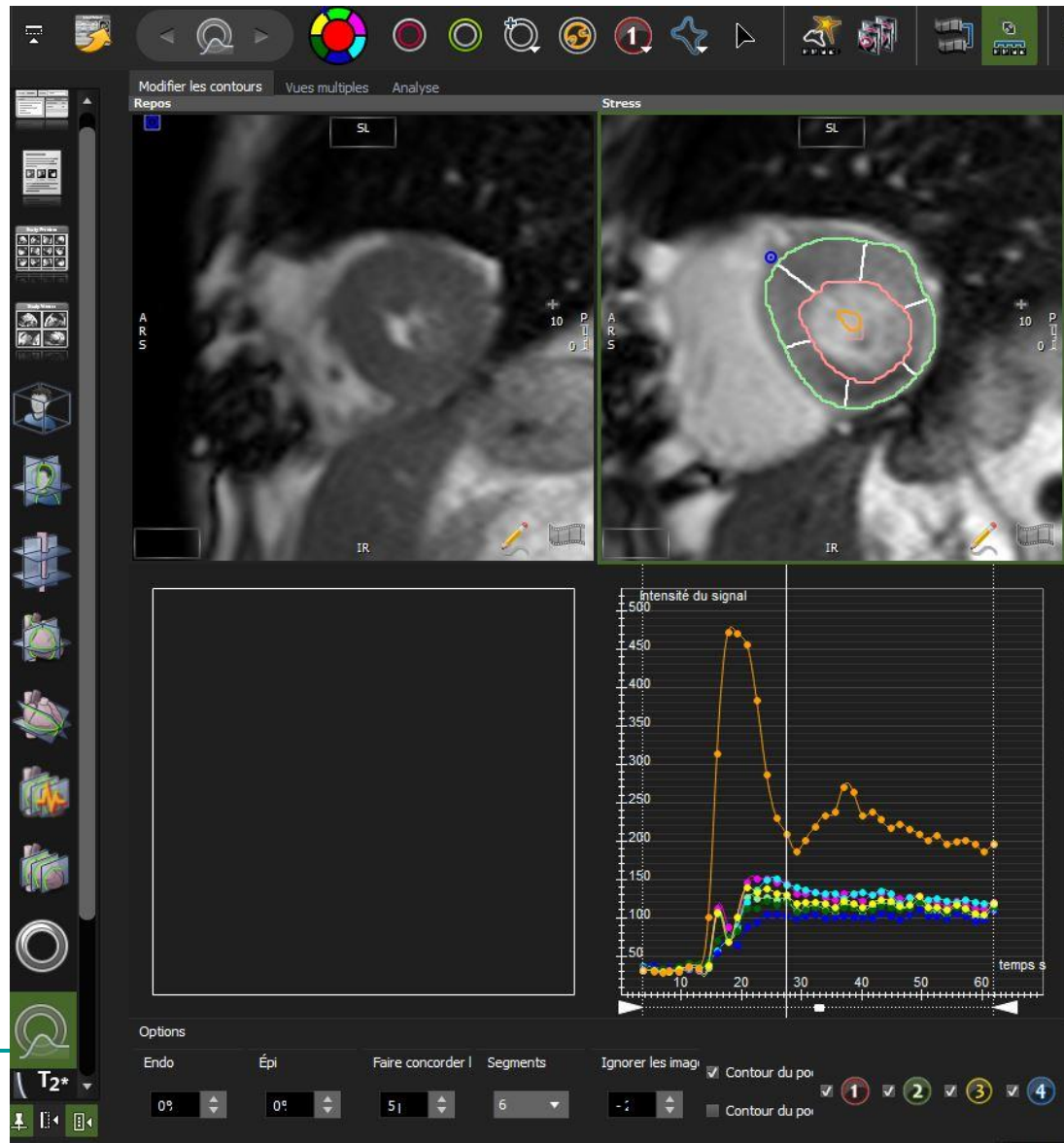
■ Réhaussement tardif



■ Ischémie versus infarctus

	Myocarde ischémique mais viable	Myocarde non viable
Perfusion de stress	défaut perfusion	défaut perfusion
Perfusion de repos	normale	défaut perfusion
Réhaussement tardif	aucun	présence

■ Analyse de l'intensité du signal



■IRM stress : valeur diagnostic

- 103 patients
- • IRM adénosine
- vs FFR (<0.75)
- **excellente corrélation**

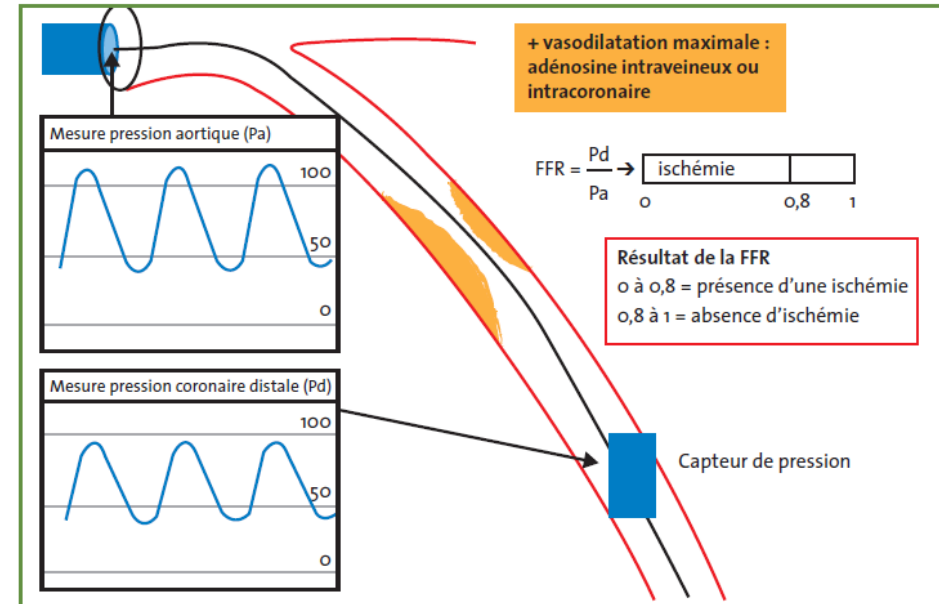


Table 3. Diagnostic Ability of MRMPI

	FFR <0.75	FFR ≤0.8	DS ≥70%
Sensitivity, %	90.9 (84.2–97.6)	81.9 (73.5–90.4)	97.3 (92.8–101.8)
Specificity, %	93.9 (88.9–98.8)	98.1 (95.0–101.2)	78.1 (70.5–85.6)
PPV, %	90.9 (84.3–97.5)	97.5 (94.0–101.0)	59.0 (47.5–70.6)
NPV, %	93.9 (88.9–98.9)	85.5 (78.2–92.8)	98.9 (96.9–100.9)

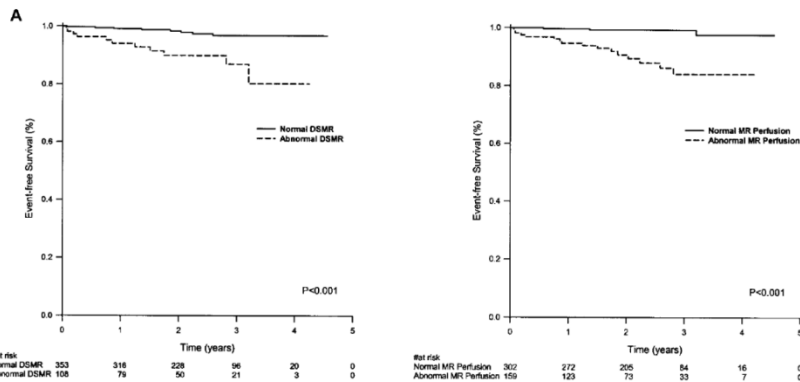
The sensitivity, specificity, and positive and negative predictive values of MRMPI for the detection of significant coronary artery disease using the various methods are also presented. Values in parentheses are 95% confidence intervals.

■ IRM stress : valeur pronostic

■ 513 patients, 2.3 années de suivi

■ Stress adénosine ou Dobu

TABLE 4. Cumulative Event Rate During 3-Year Follow-Up According to the Results of MRP and DSMR Testing

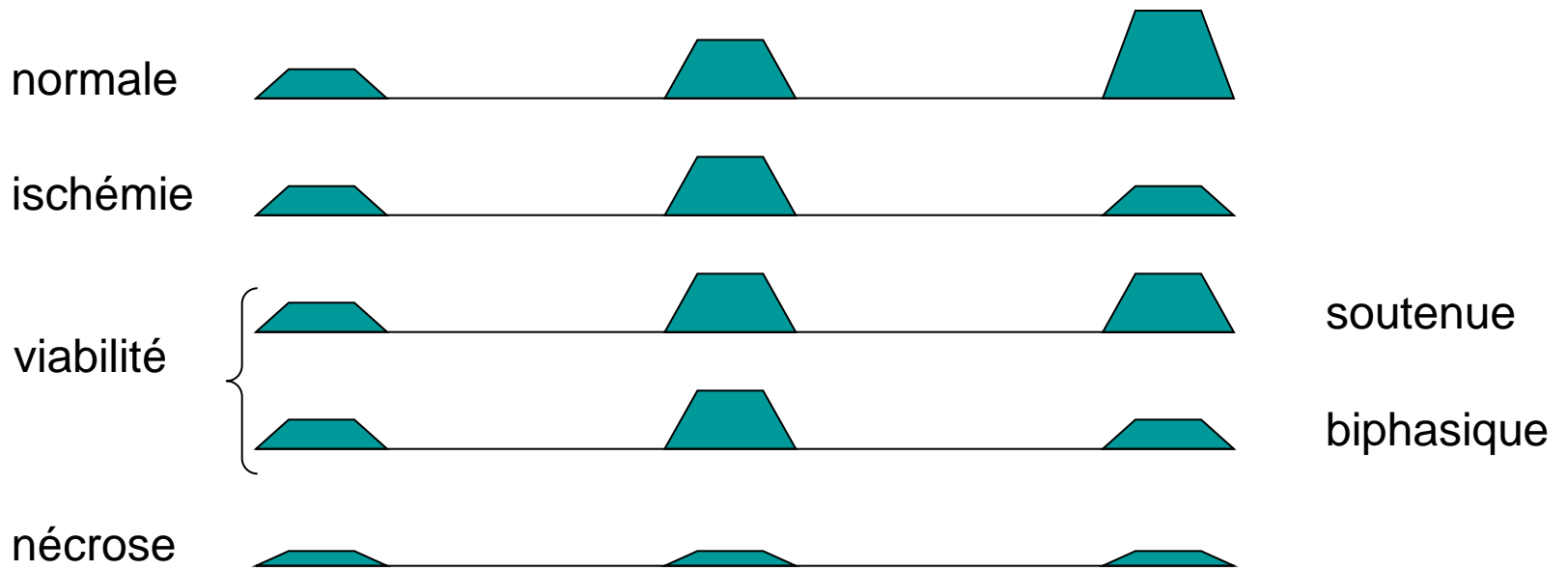


Result of MR Stress Testing	Cumulative Event Rate at Follow-Up Intervals, %		
	1 y	2 y	3 y
Normal DSMR	1.2	2.6	3.3
Abnormal DSMR	7.3	10.3	18.8
Normal MRP	0.7	0.7	2.3
Abnormal MRP	6.2	12.2	16.3
Normal DSMR and MRP	0.8	0.8	0.8
Abnormal DSMR and MRP	9.0	12.8	16.5

Recherche de viabilité

IRM Dobutamine ($\leq 10\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)

Réponse myocardique à la dobutamine

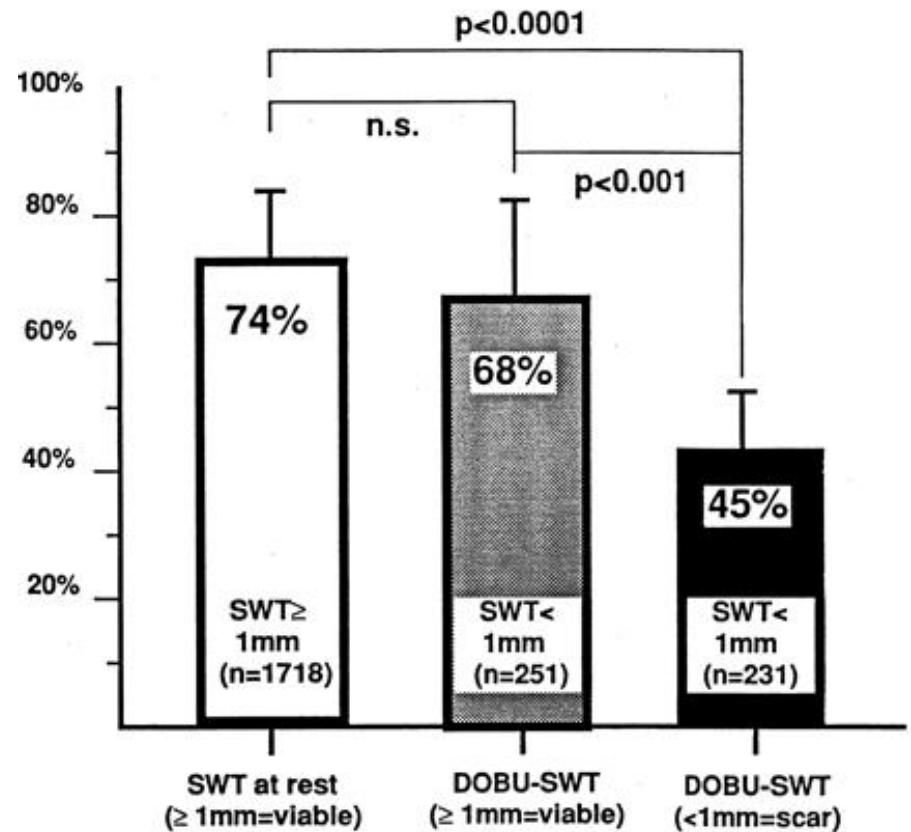


Viabilité en IRM

(hors rehaussement tardif)

■ Baer & al. circulation 1995;91:1006-1015

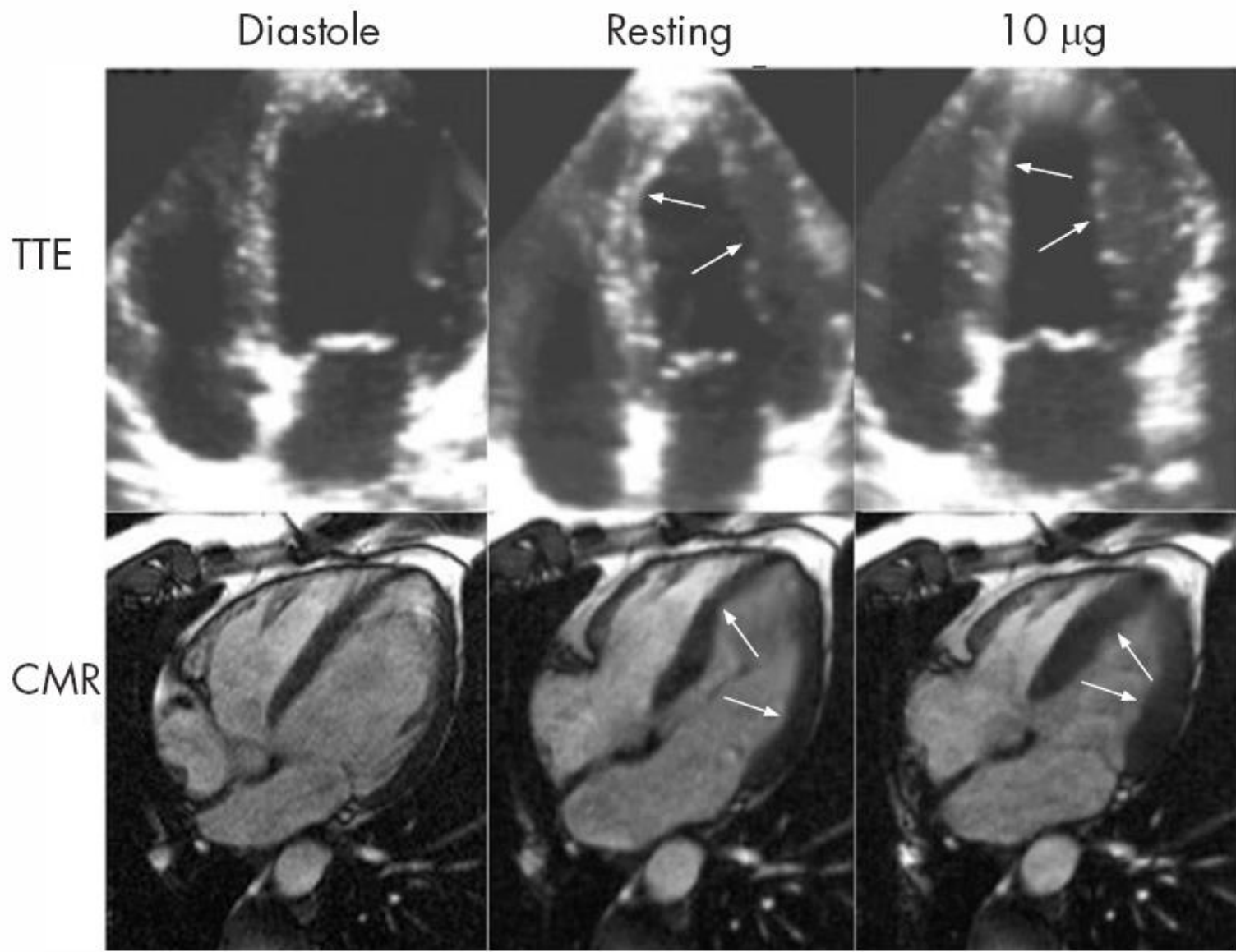
- n=35
- IDM>4 mois, tr cinetique
- Comparaison PET
- Dobutamine 10µg/kg/min



■ Gunning & al. Circulation. 1998;98:1869-1874

- n=30
- Tritronculaires FEVG alterée (FEVG 24%)
- Comparaison SPECT, IRM basse dose / récupération fonctionnelle

	Criterion	Sensitivity, %	Specificity, %	Positive PA, %	Negative PA, %
1	Late rest TI ≥ 2 , and rest motion ≤ 1	76	44	64	58
2	Redistribution TI ≥ 2 , and rest motion ≤ 1	68	49	64	54
3	Rest Tf ≥ 2 , and rest motion ≤ 1	66	51	64	53
4	Late rest TI ≥ 2 , and rest motion ≤ 1 , and late rest TI > early rest TI	18	83	58	44
5	Rest motion ≤ 1 , and stress motion ≥ 2	50	81	77	54
6	Rest thickening ≤ 1 , and stress thickening ≥ 2	45	83	77	54



- **Valeurs diagnostiques**

- **superposables à l'ETT**
- **Avantage / fenêtres acoustiques médiocres**

- **Limites:**

- **Hibernation**
 - **Dysfonction VG sévère avec ischémie myocardique pour bas niveau de stress**
 - **Valeur du rehaussement tardif dans cette situation**
-

Ischémie en IRM

Recherche d'ischémie

Des études déjà anciennes...

auteurs	Se	Sp	référentiel
Baer 1995	81	95	TEP
Baer 1996	81	100	TEP
Dendale 1995	91	69	Rec. Fonct.
Baer 1998	89	94	Rec. Fonct.
Sayad 1998	89	93	Rec. Fonct.

■ Nagel & al. Circulation. 1999;99:763-770

□ n=208 172 effectifs / 36 exclusions

□ Echo dobutamine vs IRM dobutamine 1,5T

	DSE	DSMR	<i>P</i>
Sensitivity	74.3%	86.2%	<0.05
Specificity	69.8%	85.7%	<0.05
Positive predicting value	81.0%	91.3%	<0.05
Negative predicting value	61.1%	78.3%	<0.05
Accuracy	72.7%	86.0%	<0.005

Patient Exclusion From Dobutamine Stress Echocardiography and Dobutamine Stress Magnetic Resonance Tomography

	DSE	DSMR
Insufficient image quality	18 (8.7%)	3 (1.4%)
Inadequate maximal heart rate	4 (1.9%)	2 (1.0%)
Severe obesity	...	5 (2.4%)
Claustrophobia	...	11 (5.3%)
Contraindication (metallic implants)	...	1 (0.5%)
Total	22 (10.6%)	22 (10.6%)

Recherche d'ischémie myocardique

Hundley & al. Circulation 1999

Faisabilité en cas d'échocardiographie impossible: 94%

	IRM dobutamine (n=208)	Echo dobutamine (n=208)
Faisabilité	89%	89%
Sensibilité	86%	74%
Spécificité	86%	70%
VPP	91%	81%
VPN	78%	61%

Valeur pronostique IRM dobutamine (1)

Hundley et al. Circulation 2002

n=209

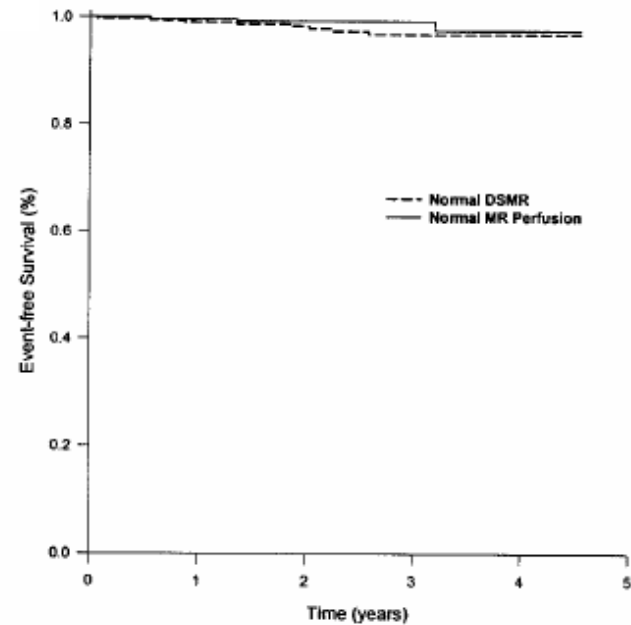
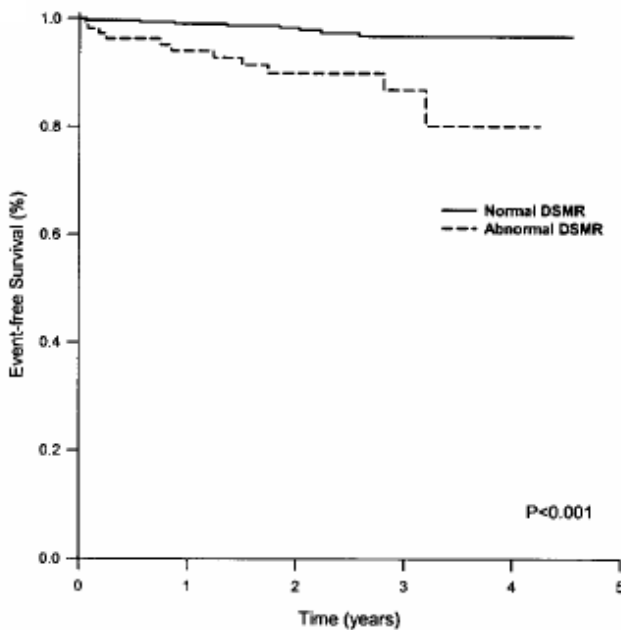
ETT dobutamine impossible

Suivi 20 mois

	Univariate			Multivariate		
	CV Death/MI	All Death	CHF/USA/ Revasc	CV Death/MI	All Deaths	CHF/USA/ Revasc
+ Ischemia by MRI	4.9 (1.8 to 13.0)*	2.9 (1.2–6.9)*	2.0 (1.3–3.2)*	3.3 (1.1–9.7)*	2.8 (1.0–7.5)	1.6 (1.0–2.7)
LVEF <40% by MRI	3.7 (1.4–9.5)*	3.3 (1.3–8.2)*	1.7 (0.9–3.0)	4.2(1.3–13.9)*	4.2 (1.3–13.1)*	1.5 (0.8–2.9)
Age >65 y	2.5 (1.0–6.7)	3.9 (1.4–10.6)*	1.0 (0.6–1.5)	2.7 (1.0–7.6)	4.2 (1.5–11.9)*	1.0 (0.6–1.6)
Sex	0.6 (0.2–1.6)	0.6 (0.3–1.6)	1.1 (0.7–1.7)	1.1 (0.4–3.5)	1.2 (0.4–3.4)	1.2 (0.7–2.0)
Obesity (BMI >27)	1.0 (0.3–2.6)	0.7 (0.3–1.7)	1.2 (0.7–2.1)	1.3 (0.4–4.4)	0.8 (0.3–2.4)	1.1 (0.6–2.0)
Revasc. (before MRI)	2.3 (0.9–5.8)	1.2 (0.5–3.0)	1.9 (1.2–3.0)*	1.5 (0.5–4.3)	0.7 (0.3–2.1)	1.3 (0.8–2.2)
Prior Q-wave MI	1.6 (0.5–5.0)	1.0 (0.3–3.4)	1.1 (0.6–2.0)	0.9 (0.3–3.3)	0.4 (0.1–1.5)	1.0 (0.5–1.8)
Hypercholesterolemia	1.1 (0.4–2.9)	1.6 (0.6–4.4)	1.6 (0.9–2.7)	0.5 (0.2–1.7)	1.5 (0.5–4.9)	1.2 (0.7–2.2)
Hypertension	3.0 (0.7–13.2)	1.4 (0.5–4.2)	1.9 (1.0–3.6)	3.1 (0.6–15.6)	1.1 (0.3–3.8)	1.5 (0.8–2.9)
Diabetes mellitus	1.5 (0.6–3.9)	1.0 (0.4–2.4)	1.7 (1.1–2.7)*	1.3 (0.5–3.9)	0.7 (0.3–2.1)	1.5 (0.9–2.5)
COPD	1.8 (0.7–4.6)	1.8 (0.7–4.4)	1.1 (0.7–1.9)	1.8 (0.6–5.2)	1.9 (0.7–5.3)	1.1 (0.6–1.9)
Smoker	2.7 (0.9–8.1)	1.7 (0.6–4.4)	1.1 (0.7–1.8)	2.2 (0.7–7.1)	1.4 (0.5–4.0)	1.1 (0.7–1.9)

Valeur pronostique IRM dobutamine (2)

- Jahnke & al. *Circulation*. 2007;115:1769-1776
 - n=513
 - Coronarien connus
 - Perfusion sous adénosine et dobutamine



Limites

- Disponibilité
- Contre-indications à l'IRM
 - Objets ferromagnétiques intraoculaires ou intracrâniens, PM, DAI, Pompes injecteurs implantables
 - Claustrophobie
- Impossibilité d'apnée
 - Navigateurs respiratoires
 - séquences « real time »
- Arythmies: FA, ES fréquentes
 - Utilisation de séquences ultrarapides
 - Optimisation de la fenêtre de rejection d'arythmie

Conclusion

- ❑ Quantification très robuste pour le VG
 - ❑ Variabilité importante VD / défaut de méthode consensuelle
Importance de l'expérience de l'opérateur
 - ❑ Post traitement indispensable
 - ❑ Valeur dans l'ischémie:
 - ❑ Diagnostique
 - ❑ pronostique
-