

Communication brève

# Quantification automatisée de la transmuralité de l'infarctus du myocarde sur des images de rehaussement tardif en IRM

*An automated quantification of the transmural myocardial infarct extent using cardiac DE-MR images*

R. El Berbari<sup>a,\*,b,c</sup>, I. Bloch<sup>c</sup>, N. Kachenoura<sup>a,b</sup>,  
E. Mousseaux<sup>a,d</sup>, A. Herment<sup>a,b</sup>, F. Frouin<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Inserm U678, UPMC, CHU Pitié-Salpêtrière, 91, boulevard de l'Hôpital, 75013 Paris, France

<sup>b</sup> Université Pierre-et-Marie-Curie, 75013 Paris, France

<sup>c</sup> Département TSI, CNRS UMR 5141, Telecom Paris-Tech, 75013 Paris, France

<sup>d</sup> Département de radiologie cardiovasculaire, HEGP, AP-HP, 75015 Paris, France

Reçu le 14 avril 2009 ; accepté le 26 juin 2009

Disponible sur Internet le 3 août 2009

---

## Résumé

L'IRM devient un examen primordial pour le bilan post-infarctus, permettant ainsi d'étudier la fonction contractile et la viabilité myocardique. Cette étude a pour objectif de segmenter automatiquement les images de rehaussement tardif (RT) avant de quantifier la transmuralité de l'extension de l'infarctus du myocarde (IDM). La segmentation du myocarde se fait sur les images de contraction (ciné) avant d'être reportée sur les images de RT, en corrigeant les éventuels décalages entre les deux acquisitions. Ensuite, un algorithme de classification par *k*-moyennes floues est appliqué pour calculer un score segmentaire de la transmuralité de l'infarctus suivant cinq classes. Les résultats sur neuf patients avec IDM montrent une concordance absolue de 80 % et une concordance relative de 97 % en comparant les scores visuels fournis par un expert aux scores obtenus par la méthode proposée.

© 2009 Publié par Elsevier Masson SAS.

*Mots clés* : Recherche clinique diagnostique ; Cardiovasculaire ; Imagerie par résonance magnétique ; Rehaussement tardif ; Segmentation ; Quantification

## Abstract

MRI is an important technique to follow up myocardial infarction, allowing studying in only one examination the contraction and the viability through delayed enhancement (DE). This study proposes to automate the segmentation of the myocardium on images prior to the estimation of the extent of infarcted tissue. Indeed the segmentation of the myocardium was performed using cine contraction images which present a high contrast between cavity and myocardium before reporting resulting segmentation on DE images. After the segmentation, the segmental transmurality is estimated on a conventional five point scale, using the fuzzy *k*-mean classification algorithm. A head-to-head comparison was performed between visual and quantitative analysis of the infarct transmural extent on DE-MR imaging. Results on nine patients showed an absolute agreement of 80% and a relative agreement (with one point difference) of 97%.

© 2009 Published by Elsevier Masson SAS.

*Keywords*: Clinical research; Cardiovascular; Magnetic resonance imaging; Delayed enhancement; Segmentation; Quantification

---

## 1. Introduction

L'évaluation de la taille et de la transmuralité de l'infarctus du myocarde (IDM) est très importante pour optimiser la décision thérapeutique. L'IRM, par sa bonne résolution spatiale, présente un avantage décisif par rapport aux autres modalités d'imagerie

---

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [relberba@imed.jussieu.fr](mailto:relberba@imed.jussieu.fr) (R. El Berbari).

cardiaque dans ce domaine. Les acquisitions de rehaussement tardif (RT) sont considérées comme la méthode de choix pour l'évaluation du volume infarcté. La segmentation de la cavité sur ce type d'images présente une difficulté majeure due au fait que le sang et la zone infarctée ont presque les mêmes niveaux de gris. Dans la plupart des études [1,2], les contours du myocarde sont tracés manuellement pour distinguer ensuite entre myocarde rehaussé et non rehaussé.

Dans cette étude, nous proposons de segmenter le myocarde sur les images de contraction (ciné) et de les reporter sur les images de RT pour quantifier ensuite la transmuralité de l'IDM.

## 2. Matériels et méthodes

La base de données sélectionnée pour cette étude comporte les images de neuf patients avec, d'une part, des séquences ciné acquises suivant un protocole classique (séquences Fiesta) et, d'autre part, des acquisitions de RT, réalisées sur un imageur

*general electric* (GE) de 1,5 Tesla. La méthode consiste d'abord à recalcr temporellement le volume ciné par rapport au volume de RT en moyennant, pour chaque niveau de coupe, les images ciné acquises pendant la durée d'acquisition de l'image de RT correspondante. Ensuite, un recalage rigide et une mise à l'échelle du volume RT par rapport au volume ciné sont faits en utilisant des paramètres de positionnement extraits du format Dicom d'enregistrement des données, permettant ainsi une mise en correspondance spatiale des deux volumes. Les données étant recalées temporellement et spatialement, l'endocarde est détecté automatiquement sur les images ciné en utilisant une méthode combinant des modèles déformables de type « GVF *snake* » et les filtres connectés [3]. Pour l'épicarde, l'initialisation du *snake* est obtenue en estimant une ellipse à partir de huit points cliqués dans le myocarde, deux points pour chacune des parois : antérieure, latérale, inférieure et septale. Finalement, les contours obtenus sur les images ciné sont superposés sur les images de RT en effectuant un dernier recalage rigide dans le

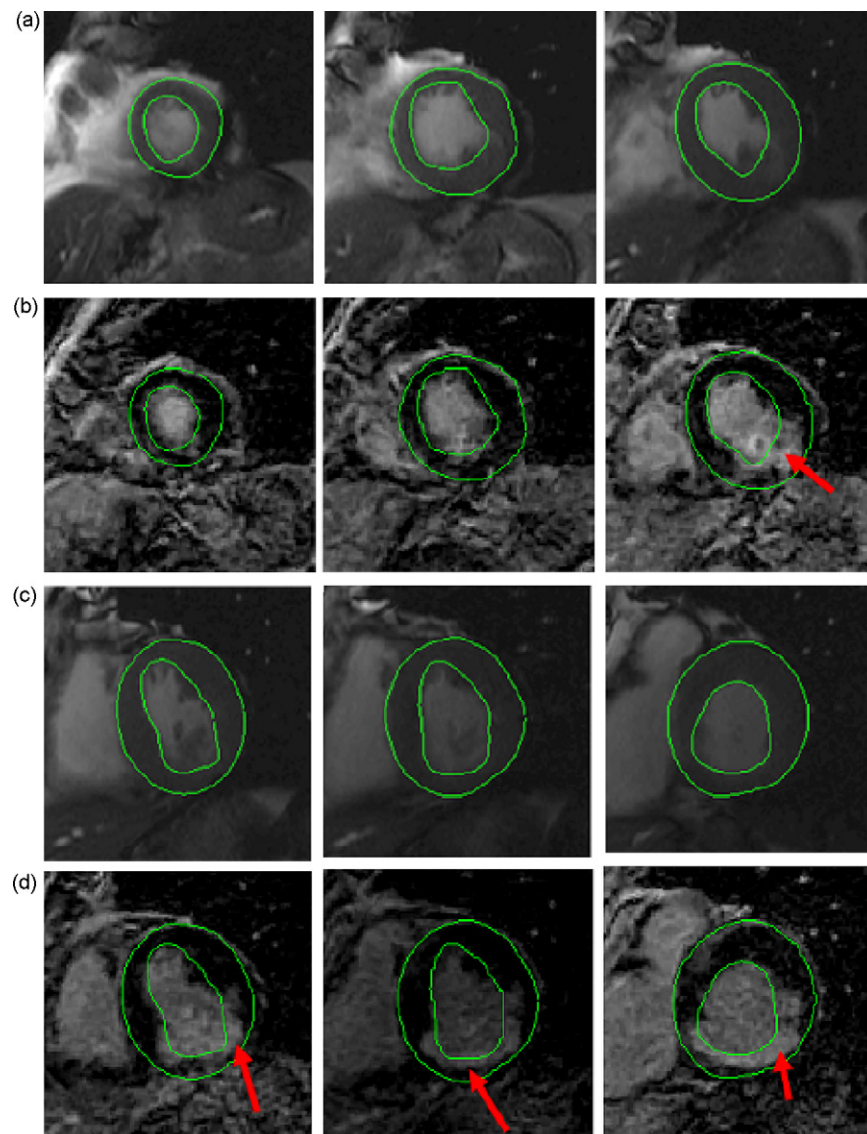


Fig. 1. Résultats de la segmentation du myocarde sur les images ciné (a et c) et les images de RT correspondants (b et d) après recalage, sur six niveaux de coupe d'un patient présentant un infarctus inférieur désigné par les flèches sur les quatre dernières coupes.

plan de coupe, qui maximise un indice de superposition entre les contours et les gradients des images de RT. Sur la région délimitée par l'épicaarde, une classification par  $k$ -moyennes floues est faite pour distinguer entre myocarde rehaussé et cavité, d'une part, myocarde non rehaussé, d'autre part [4]. Chaque coupe est divisée en 18 segments angulaires à partir du centre du ventricule gauche et du point d'insertion supérieur avec le ventricule droit. Un indice reflétant l'extension de la transmuralité de l'infarctus et utilisant l'hypothèse d'une extension de l'infarctus de l'endocarde vers l'épicaarde est calculé pour chaque secteur.

### 3. Résultats

La Fig. 1 illustre la segmentation automatisée du myocarde sur les images ciné (a et c) et sur les images RT correspondantes (b et d), après le processus de recalage.

Pour chaque niveau de coupe petit-axe, 18 secteurs angulaires ont été analysés visuellement par un expert et une cotation de l'extension transmurale de l'infarctus a été faite en cinq classes :

- 0, pas de rehaussement ;
- 1, rehaussement inférieur à 25 % de l'épaisseur totale du myocarde ;
- 2, rehaussement entre 26 et 50 % ;
- 3, rehaussement entre 51 et 75 % ;
- 4, rehaussement entre 76 et 100 %.

Au total 921 secteurs ont été analysés, 15 secteurs ont été exclus de l'analyse visuelle à cause de la présence d'une plaque fibreuse. Les scores de ces secteurs obtenus par l'analyse automatisée ont été comparés avec ceux donnés par l'expert après son analyse visuelle. Le tableau de contingence (Tableau 1) montre une concordance absolue de 80 % et des concordances relatives, tolérant, respectivement, un et deux grades de différence, de 97 et 99 %. Le coefficient kappa pondéré linéairement est égal à 0,815, ce qui prouve une excellente concordance entre les deux approches.

Pour chaque approche, une analyse globale a été effectuée en estimant un score global d'extension transmurale pour chaque patient, en moyennant les indices obtenus par l'approche quantitative et les indices proposés par l'expert. Cette approche globale permet de vérifier que la méthode de quantification n'est pas trop biaisée.

La Fig. 2 présente le graphe Bland-Altman qui permet la comparaison entre les scores globaux obtenus par la lecture visuelle et l'approche quantitative.

Tableau 1  
Comparaison des scores d'extension transmurale obtenus visuellement et quantitativement.

Quantitatif	Visuel				
	0	1	2	3	4
0	584	13	9	2	1
1	40	24	12		1
2	4	12	47	35	6
3	2		7	13	40
4				2	67

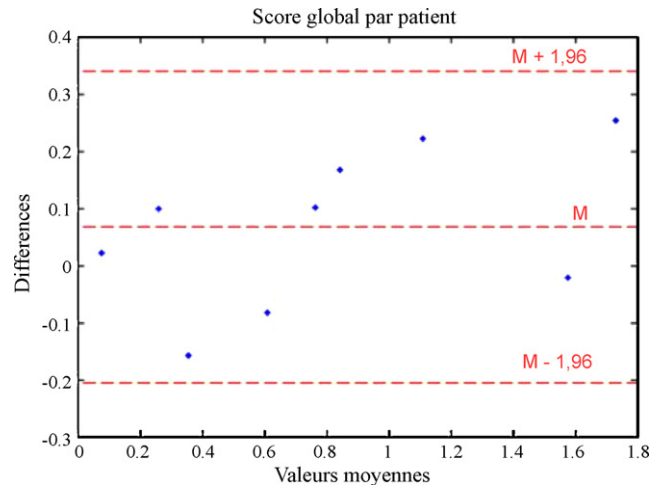


Fig. 2. Représentation par graphe Bland-Altman pour comparer les scores globaux obtenus par la lecture visuelle et l'approche quantitative. M : moyenne ; EC : écart-type.

### 4. Discussion – conclusion

Parmi les secteurs analysés dans cette étude, nous avons examiné les quelques cas extrêmes qui présentent une différence supérieure à 2 entre les scores visuels et les scores quantitatifs. Trois cas de figure sont à l'origine de telles discordances :

- la présence d'un artefact dans l'image (vérifiée ensuite avec l'expert) peut entraîner une mauvaise classification par la méthode quantitative ; cela a concerné deux secteurs ;
- plusieurs cas sont dus à la non homogénéité du secteur, il s'agit de secteurs présentant, par exemple une petite portion angulaire avec rehaussement sur toute l'épaisseur du myocarde tandis que le reste du secteur est non atteint, l'expert a tendance à coter 4 un tel secteur tandis que l'algorithme établit un compromis ;
- il existe aussi deux secteurs avec un infarctus transmural mais présentant des bandes noires.

Dans de tels cas, l'algorithme affecte un score égal à 0 ou 1 alors que l'expert affecte souvent un score élevé de 4. Les résultats obtenus par cette étude sont très encourageants comparés aux résultats obtenus par l'étude antérieure [4] qui concernait 14 patients avec trois niveaux de coupes chacun, et pour lesquels la segmentation de l'endocarde et de l'épicaarde avait été réalisée manuellement par un opérateur expert. En résumé, la méthode proposée permet de segmenter le myocarde sur des images de RT à partir des images ciné et de quantifier automatiquement la transmuralité de l'infarctus.

Cette méthode largement automatisée devrait permettre d'envisager un suivi quantitatif pour l'évaluation de la viabilité avant et après revascularisation.

### Références

- [1] Rosendahl L, Blomstrand P, Heiberg E, Ohlsson J, Björklund P, Ahlander B, et al. Computer-assisted calculation of myocardial infarct size shortens

- the evaluation time of contrast-enhanced cardiac MRI. *Clin Physiol Funct Imaging* 2008;28:1–7.
- [2] Kolipaka A, Chatzimavroudis G, White R, O'Donnell T, Setser R. Segmentation of non-viable myocardium in delayed enhancement magnetic resonance images. *Int J Cardiovasc Imaging* 2005;21:303–11.
- [3] El Berbari R, Frouin F, Redheuil A, Angelini E, Mousseaux E, Bloch I, et al. Développement et évaluation d'une méthode de segmentation automatique de l'endocarde sur des images acquises par résonance magnétique. *ITBM-RBM* 2007;28:117–23.
- [4] Kachenoura N, Redheuil A, Herment A, Mousseaux E, Frouin F. Robust assessment of the transmural extent of myocardial infarction in late gadolinium-enhanced MRI studies using appropriate angular and circumferential subdivision of the myocardium. *Eur Radiol* 2008;18:2140–7.