

## Η Συμβολή της Μαγνητικής Τομογραφίας στην Καρδιακή Ανεπάρκεια

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΚΑΡΑΜΗΤΣΟΣ  
ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΖΙΑΤΖΙΟΣ  
ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗ  
ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΚΑΡΒΟΥΝΗΣ

A' Καρδιολογική Κλινική, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ, Θεσσαλονίκη

### Λέξεις Ευρετηρίου:

Καρδιακή ανεπάρκεια, Μαγνητική τομογραφία καρδιάς, Ισχαιμική καρδιακή νόσος, Μυοκαρδιοπάθειες, Ίνωση

### Θεόδωρος Καραμήτσος

Επίκουρος Καθηγητής Καρδιολογίας ΑΠΘ

### Διεύθυνση Επικοινωνίας:

A' Καρδιολογική Κλινική, Νοσ. ΑΧΕΠΑ,  
Στ. Κυριακίδη 1, ΤΚ 54636 Θεσσαλονίκη  
Τηλ: +30 23 10994830,  
Fax: +30 23 10 994673  
E-mail: tkaramitsos@auth.gr

**Η** καρδιακή ανεπάρκεια αποτελεί ένα κλινικό σύνδρομο με μεγάλη νοσηρότητα και θνητότητα. Η έγκαιρη διάγνωση και η αναγνώριση της υποκείμενης νόσου είναι πρωταρχικής σημασίας για την καλύτερη αντιμετώπιση και τη βελτίωση της πρόγνωσης των ασθενών. Ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται με ένα συνδυασμό κλινικής αξιολόγησης, προσδιορισμού βιοδεικτών και απεικονιστικών μεθόδων.<sup>1</sup> Η ηχοκαρδιογραφία αποτελεί εξέταση πρώτης επιλογής για την εκτίμηση της συστολικής και διαστολικής λειτουργίας της αριστερής κοιλίας, παρέχει όμως περιορισμένες πληροφορίες για τη δομή του μυοκαρδίου. Τα τελευταία χρόνια η μαγνητική τομογραφία καρδιάς (CMR) κερδίζει συνεχώς έδαφος στην αξιολόγηση του ευρύτερου πληθυσμού των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια, κι όχι μόνο αυτών που έχουν δύσκολο ακουστικό παράθυρο.<sup>1</sup> Η CMR αποτελεί μέθοδο εκλογής για τον ακριβή προσδιορισμό των όγκων και του κλάσματος εξώθησης της αριστερής και της δεξιάς κοιλίας χωρίς γεωμετρικές παραδοχές, ενώ παρέχει και τη δυνατότητα ιστικού χαρακτηρισμού για την ανίχνευση μυοκαρδιακής φλεγμονής ή ίνωσης. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει σαφής διάκριση μεταξύ ισχαιμικής και μη ισχαιμικής αιτιολογίας της καρδιακής ανεπάρκειας.<sup>2</sup> Η ακρίβεια και η αναπαραγωγιμότητα των μετρήσεων, το ευρύ πεδίο απεικόνισης και η απουσία ιονίζουσας ακτινοβολίας καθιστούν την CMR μία πολύ χρήσιμη εξέταση όχι μόνο για τη διάγνωση της αιτιολογίας και της βαρύτητας της καρδιακής ανεπάρκειας, αλλά και για την πρόγνωση της νόσου, με την παρακολούθηση της πορείας και της ανταπόκρισης στις θεραπευτικές παρεμβάσεις.<sup>3-4</sup>

### Πρωτόκολλο CMR απεικόνισης

Όταν ένας ασθενής με καρδιακή ανεπάρκεια υποβάλλεται σε CMR, το απεικονιστικό πρωτόκολλο περιλαμβάνει λήψη εικόνων ανατομίας, cine εικόνων για την αξιολόγηση της μορφολογίας και της λειτουργικότητας των καρδιακών κοιλοτήτων, εικόνων ροής για ανίχνευση πιθανής βαλβιδοπάθειας και εικόνων καθυστερημένης πρόσληψης γαδολινίου (late gadolinium enhancement – LGE) για τον προσδιορισμό πιθανής εστιακής ίνωσης.<sup>5</sup> Επί συγκεκριμένων ενδείξεων, λαμβάνονται ακολουθίες T2-weighted για την ανίχνευση μυοκαρδιακού οιδήματος, και T2\* για την εναπόθεση σιδήρου στο μυοκάρδιο. Οι νεότερες απεικονιστικές μέθοδοι καρτογραφίας T1 και T2 του μυοκαρδίου χρησιμοποιούνται επίσης επί συγκεκριμένων κλινικών ενδείξεων (πχ. διηθητικά νοσήματα, μυοκαρδιακή φλεγμονή, αποκάλυψη διάχυτης ίνωσης).

### Ισχαιμική καρδιακή νόσος

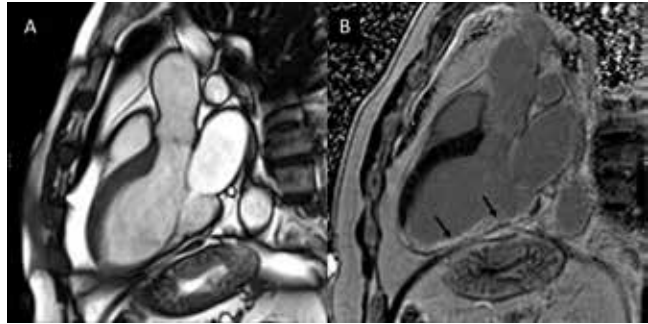
Η ισχαιμική νόσος του μυοκαρδίου αποτελεί τη συχνότερη αιτία καρδιακής ανεπάρκειας.<sup>1,2,5</sup> Η CMR παρέχει πληροφορίες για την ύπαρξη βιώσιμου μυοκαρδίου, μέσω της χορήγησης

γαδολινίου και του προσδιορισμού της διατοικωματικής έκτασης του εμφράγματος (LGE). Επίσης μετά από χορήγηση αγγειοδιασταλτικών παραγόντων όπως η αδενοσίνη, μπορεί να αναδείξει την παρουσία μυοκαρδιακής ισχαιμίας.<sup>5</sup> Περιοχές με μερικό πάχος ουλής (<50% του πάχους του τοιχώματος), έχουν πολύ καλή πιθανότητα λειτουργικής ανάκαμψης μετά από επαναιμάτωση.<sup>5</sup> Αντίθετα, περιοχές με σχεδόν διατοικωματική νέκρωση του μυοκαρδίου θεωρούνται πρακτικά μη βιώσιμες (Εικόνα 1). Με την τεχνική του LGE γίνεται εφικτή η απεικόνιση ακόμη και πολύ μικρών υπενδοκάρδιων εμφραγμάτων που συνήθως διαφεύγουν της διακριτικής ικανότητας άλλων μεθόδων με χαμηλότερη ευκρίνεια, όπως το SPECT.<sup>6</sup> Επιπλέον, μπορούν να προσδιοριστούν και περιοχές με μικροαγγειακή απόφραξη στα πλαίσια οξέος εμφράγματος, όπου δεν παρατηρείται διάχυση του γαδολινίου στον πυρήνα της εμφραγματικής ζώνης (no reflow phenomenon) παρά τη διενέργεια πρωτογενούς αγγειοπλαστικής. Η διαπίστωση μικροαγγειακής απόφραξης σχετίζεται με κακή πρόγνωση.<sup>4,5</sup>

Η CMR συμβάλλει στη διαφορική διάγνωση της οξείας από τη χρόνια ισχαιμική μυοκαρδιακή βλάβη, συνδυάζοντας τις πληροφορίες για την ύπαρξη οιδήματος (T2 εικόνες) με την απεικόνιση του εμφράκτου (LGE τεχνική). Με τον τρόπο αυτό μπορεί να απεικονιστεί η οιδηματώδης περιοχή γύρω από την ουλή και να προσδιοριστεί η έκταση του μυοκαρδίου που βρίσκεται σε κίνδυνο (area at risk) για μη αναστρέψιμη βλάβη αν δε διενεργηθεί επαναιμάτωση.<sup>7</sup> Επίσης, η T2\* ακολουθία επιτρέπει την ανίχνευση ενδομυοκαρδιακής αιμορραγίας στα πλαίσια οξέος εμφράγματος, εύρημα που συνδέεται με δυσμενή πρόγνωση.<sup>8</sup> Νεότερες τεχνικές απεικόνισης όπως η T1 χαρτογράφηση (T1 mapping) μπορούν να προβλέψουν την αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας σε ασθενείς με οξύ έμφραγμα με ανασπάσεις του ST διαστήματος (STEMI).<sup>9</sup> Πολύ γρήγορα μετά την ανακάλυψή τους, οι τεχνικές χαρτογράφησης δείχνουν να έχουν ευρεία εφαρμογή στην κλινική πράξη.

## Μη ισχαιμική καρδιακή νόσος

Η διάγνωση και ο περαιτέρω χαρακτηρισμός των μυοκαρδιοπαθειών μη ισχαιμικής αιτιολογίας αποτελεί μία από τις κυριότερες ενδείξεις διενέργειας CMR.<sup>2</sup> Η CMR μπορεί να ανιχνεύσει την προοδευτική διάταση και τη συστολική δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας, καθώς και την παρουσία εστιακής ίνωσης.<sup>5</sup> Η ίνωση στους ασθενείς με διατακτική μυοκαρδιοπάθεια κλασικά παρουσιάζεται με μεσοτοι-



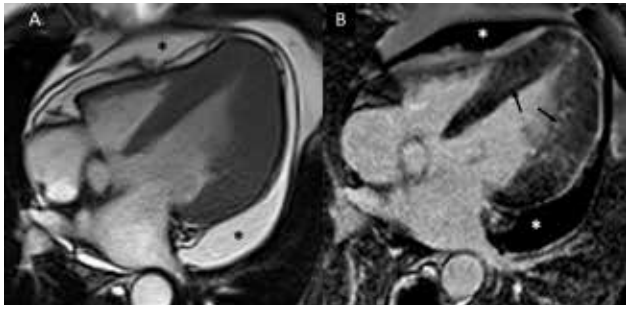
**ΕΙΚΟΝΑ 1.** Ασθενής με έμφραγμα του μυοκαρδίου.

**A.** Τελοδιαστολικό frame από cine ακολουθία στην τομή 3-κοιλοτήτων όπου παρατηρείται λέπτυνση του οπίσθιου τοιχώματος.

**B.** Εικόνα 3-κοιλοτήτων με την τεχνική του late gadolinium enhancement. Παρατηρείται διατοικωματικός εμπλουτισμός στο οπίσθιο τοίχωμα (μαύρα βέλη) αντίστοιχα με τη περιοχή λέπτυνσης στη cine εικόνα (διατοικωματικό έμφραγμα χωρίς υπολειπόμενη βιωσιμότητα).

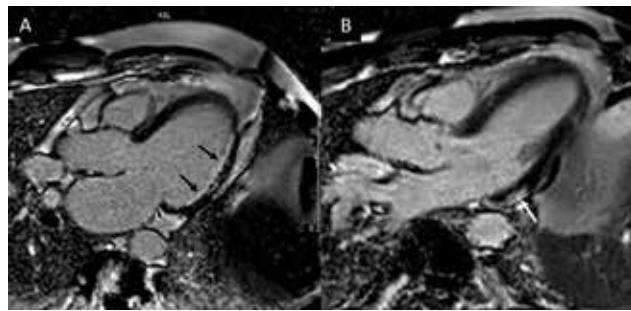
χωματική κατανομή στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα, αλλά και υπεπικαρδιακά σε άλλα τμήματα της αριστερής κοιλίας, φαίνεται δε να επηρεάζει δυσμενώς την πρόγνωση.<sup>10</sup> Συγκεκριμένα, η ίνωση αποτελεί ανεξάρτητο παράγοντα κινδύνου για ελαττωμένη ανταπόκριση στη φαρμακευτική αγωγή, καθώς και παράγοντα κινδύνου για αιφνίδιο θάνατο και κοιλιακές αρρυθμίες.<sup>10</sup> Επιπρόσθετα, η μορφολογία του εμπλουτισμού μπορεί να φανερώσει πιθανή γενετική βάση της μυοκαρδιοπάθειας και να βοηθήσει στη χαρτογράφηση και κατάλυση αρρυθμιολογικών εστιών.<sup>5</sup> Συνεπώς, η CMR ενδείκνυται για τη διαστρωμάτωση του κινδύνου και τη λήψη στοχευμένων αποφάσεων για την αντιμετώπιση αυτής της κατηγορίας ασθενών.<sup>2,5</sup>

Κλινική εικόνα καρδιακής ανεπάρκειας με διατηρημένο κλάσμα εξώθησης μπορεί να υποδυθεί και η υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια, η οποία παρουσιάζει σημαντική φαινοτυπική ποικιλομορφία και μπορεί στα τελικά στάδια να οδηγήσει και σε συστολική δυσλειτουργία (burned-out φάση).<sup>4</sup> Η CMR επιτρέπει την ακριβή ανατομική καταγραφή της υπερτροφίας, με ιδιαίτερο πλεονέκτημα την ευχερή απεικόνιση περιοχών που είναι δύσκολο να εκτιμηθούν ηχοκαρδιογραφικά, όπως η κορυφή, το οπισθοπλάγιο τοίχωμα και οι θηλοειδείς μύες.<sup>4,5</sup> Ο εντοπισμός μικροανευρυσμάτων στην κορυφή αυξάνει τον κίνδυνο ανεπιθύμητων συμβαμάτων.<sup>5</sup> Η μυοκαρδιακή ίνωση στην υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια δεν ακολουθεί κατανομή στεφανιαίου αγγείου, είναι συνήθως εστιακή με σπικτό χαρακτήρα (patchy) και πιο σπάνια διάχυτη, και κατανέμεται συχνότερα στις περιοχές υπερτροφίας, χωρίς όμως να αποκλείονται περιοχές με φυσιολογικό πάχος τοιχώματος.<sup>4,5</sup> Συνήθως, ο εμπλουτισμός είναι μεσοτοιχωματικός (Εικόνα 2), με εξαίρεση τις 'burned-out' περιπτώσεις, όπου καθίσταται διατοικωματικός και γενικευμένος.<sup>5</sup> Σημαντική είναι η συνεισφορά



**ΕΙΚΟΝΑ 2.** Ασθενής με υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια

- A.** Τελοδιαστολικό frame από cine ακολουθία στην τομή 4-κοιλοτήτων όπου παρατηρείται υπερτροφία όλων των τοιχωμάτων, συμπεριλαμβανομένης της κορυφής. Με αστερίσκο σημειώνεται περικαρδιακή συλλογή που συνυπάρχει.
- B.** Εικόνα 4-κοιλοτήτων με την τεχνική του late gadolinium enhancement. Παρατηρείται διάχυτος patchy μεσοτοιχωματικός εμπλουτισμός (ίνωση) στα υπερτροφικά τοιχώματα (μαύρα βέλη). Με αστερίσκο σημειώνεται περικαρδιακή συλλογή που συνυπάρχει.



**ΕΙΚΟΝΑ 3.** Έμφραγμα vs μυοκαρδίτιδα

- A.** Εικόνα 3-κοιλοτήτων με την τεχνική του late gadolinium enhancement. Παρατηρείται υπενδοκάρδιο εμπλουτισμός (έμφραγμα μερικού πάχους) στο οπίσθιο τοίχωμα (μαύρα βέλη).
- B.** Τροποποιημένη λήψη 3-κοιλοτήτων με την τεχνική του late gadolinium enhancement. Παρατηρούνται εστίες υπεπικαρδιακού εμπλουτισμού (ίνωση) στο οπίσθιο τοίχωμα (λευκό βέλος).

της CMR και στη διάκριση από άλλες παθήσεις που προκαλούν μυοκαρδιακή υπερτροφία, όπως η αμυλοείδωση, η σαρκοείδωση, η υπερτασική μυοκαρδιοπάθεια και η νόσος του Fabry.<sup>4</sup>

Η αρρυθμογόνος μυοκαρδιοπάθεια της δεξιάς κοιλίας μπορεί να εκδηλωθεί κλινικά ως καρδιακή ανεπάρκεια, αν δεν προηγηθεί αιφνίδιος θάνατος λόγω κοιλιακών αρρυθμιών.<sup>5</sup> Η ολοκληρωμένη απεικόνιση της δεξιάς κοιλίας δεν είναι εύκολη ηχοκαρδιογραφικά, κι αυτό καθιστά τη CMR πολύτιμο εργαλείο στη διάγνωση της νόσου. Οι τμηματικές υποκινησίες, το ελαττωμένο κλάσμα εξώθησης, ο αυξημένος τελοδιαστολικός όγκος, καθώς και περιοχές λέπτυνσης και μικροανευρυσμάτων της δεξιάς κοιλίας, συμπεριλαμβάνονται στα διαγνωστικά κριτήρια της αρρυθμογόνου μυοκαρδιοπάθειας.<sup>11</sup> Παρέχοντας τη δυνατότητα ιστικού χαρακτηρισμού, η CMR μπορεί να εντοπίσει την αντικατάσταση του

μυοκαρδιακού ιστού από ινολιπώδη ιστό και χρησιμεύει στη διαφορική διάγνωση μεταξύ καταστάσεων οι οποίες μπορούν να μιμηθούν αρρυθμογόνου μυοκαρδιοπάθειας, όπως π.χ. η καρδιακή σαρκοείδωση.<sup>5,11</sup> Τα τελευταία χρόνια, η CMR έχει βοηθήσει στη διαπίστωση μορφών αρρυθμογόνου μυοκαρδιοπάθειας στις οποίες προσβάλλεται και η αριστερή κοιλία, είτε καθ' υπερκοχήν, είτε σε συνδυασμό με τη δεξιά κοιλία, συμβάλλοντας έτσι στην καλύτερη αντιμετώπιση ασθενών στους οποίους ελλοχεύει ο κίνδυνος αιφνιδίου θανάτου.<sup>5</sup>

Η οξεία μυοκαρδίτιδα μπορεί επίσης να εξελιχθεί, οξέως ή σταδιακά, σε μία μορφή διατακτικής μυοκαρδιοπάθειας προκαλώντας έτσι καρδιακή ανεπάρκεια.<sup>4,5</sup> Η CMR μπορεί να ανιχνεύσει ένα ευρύ φάσμα αλλοιώσεων λόγω της μυοκαρδίτιδας, όπως λειτουργικές διαταραχές της αριστερής κοιλίας, εστιακό οίδημα, υπεραϊμία καθώς και νέκρωση του μυοκαρδίου.<sup>5</sup> Τυχόν επιπέμπση της φλεγμονής και στο περικάρδιο (μυοπερικαρδίτιδα) μπορεί επίσης να απεικονιστεί με ακρίβεια.<sup>4</sup> Η μυοκαρδιακή φλεγμονή ανιχνεύεται τόσο με τις κλασσικές T2 ακολουθίες, όσο και με τις νεότερες τεχνικές T1 και T2 χαρτογράφησης (T1 – T2 mapping), οι οποίες παρέχουν επιπλέον και τη δυνατότητα ποσοτικής εκτίμησης της μυοκαρδιακής φλεγμονής.<sup>5</sup> Με την τεχνική του καθυστερημένου εμπλουτισμού γαδολινίου (LGE), ανιχνεύονται περιοχές μυοκαρδιακής νέκρωσης, συνήθως υπεπικαρδιακά ή και μεσοτοιχωματικά στο πλάγιο και οπίσθιο τοίχωμα (Εικόνα 3), αλλά ορισμένες φορές και στο μεσοκοιλιακό διαφραγμα.<sup>4,5</sup>

Σε πιο σπάνιες μυοκαρδιοπάθειες, όπως η σαρκοείδωση, η CMR ανιχνεύει επίσης περιοχές φλεγμονής ή και ίνωσης.<sup>4</sup> Χαρακτηριστικά στη σαρκοείδωση μπορούν να παρατηρηθούν στον ίδιο ασθενή διάφορα πρότυπα καθυστερημένου εμπλουτισμού (υπενδοκάρδια, μεσοτοιχωματική, διατοιχωματική, υπεπικαρδιακή πρόσληψη γαδολινίου). Στην καρδιακή αμυλοείδωση υπάρχει συνήθως σημαντικός εμπλουτισμός γαδολινίου (με κατανομή διάχυτη υπενδοκάρδια ή διατοιχωματική) σε περιοχές οι οποίες έχουν διηθηθεί από το αμυλοειδές, σε συνδυασμό με σκοτεινή αιματική δεξαμενή λόγω της ταχείας απομάκρυνσης του γαδολινίου από την κυκλοφορία. Πρόσφατα, βρέθηκε ότι οι ασθενείς με καρδιακή αμυλοείδωση παρουσιάζουν μεγάλη παράταση του χρόνου T1 (native T1 time), ένα εύρημα που ανοίγει νέους ορίζοντες στη διαγνωστική διερεύνηση τέτοιων περιπτώσεων χωρίς την ανάγκη χορήγησης γαδολινίου.<sup>12</sup> Τέλος, ιδιαίτερα σημαντική είναι η συμβολή της μαγνητικής τομογραφίας στην πρόληψη της καρδιακής ανεπάρκειας και την παρακολούθηση πολυμεταγγιζόμενων ασθενών, καθώς ανιχνεύει και ποσοτικοποιεί την εναπόθεση σιδήρου

στο μυοκάρδιο και το ήπαρ.<sup>4,5</sup>

Η CMR μπορεί να διαγνώσει την καρδιακή ανεπάρκεια με διατηρημένο κλάσμα εξώθησης, που προκαλείται από τη συμπιεστική περικαρδίτιδα, ανιχνεύοντας την πάχυνση του περικαρδίου σε συνδυασμό με την επιπέδωση του μεσοκοιλιακού διαφράγματος κατά την εισπνοή λόγω της αλληλεπίδρασης των κοιλιών.<sup>3,5</sup> Στις βαλβιδοπάθειες, η CMR λειτουργεί συμπληρωματικά της ηχοκαρδιογραφίας, επιτρέποντας την άμεση πλανιμέτρηση στενωμένων βαλβίδων και την ακριβή ποσοτικοποίηση παλινδρομούτων όγκων σε περιπτώσεις βαλβιδικής ανεπάρκειας. Γενικά, η εφαρμογή της CMR στις βαλβιδοπάθειες συνεχώς αυξάνεται, παρέχοντας σημαντικές διαγνωστικές και προγνωστικές πληροφορίες συμπληρωματικά της ηχοκαρδιογραφίας.<sup>3,5</sup>

## Συμπεράσματα

Η CMR αποτελεί εξέταση εκλογής για την ακριβή εκτίμηση του μεγέθους και της λειτουργικότητας των καρδιακών κοιλοτήτων, ενώ παρέχει και τη μοναδική ικανότητα ιστικού χαρακτηρισμού του μυοκαρδίου. Με τις πληροφορίες αυτές μπορεί να γίνει σαφής διάκριση μεταξύ ισχαιμικού και μη ισχαιμικού υποστρώματος της καρδιακής ανεπάρκειας. Η αξία της είναι ανεκτίμητη στους ασθενείς με μυοκαρδιοπάθειες μη ισχαιμικής αιτιολογίας, καθώς παρέχει όχι μόνο διαγνωστικές αλλά και σαφείς προγνωστικές πληροφορίες. Τα επόμενα χρόνια, η CMR αναμένεται να αποκτήσει ακόμη μεγαλύτερη εφαρμογή στον φαινοτυπικό χαρακτηρισμό ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια.

## Βιβλιογραφία

1. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD. et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2016; 37: 2129-2200.
2. Karamitsos TD, Dall'Armellina E, Choudhury RP, Neubauer S. Ischemic heart disease: comprehensive evaluation by cardiovascular magnetic resonance. *Am Heart J*. 2011;162:16-30.
3. Papadopoulos CH, Kyriakides ZS, Maniotis C, Dymarkowski S, Bogaert J. Noninvasive cardiovascular imaging as a guide to cardiac resynchronization therapy. *Hellenic J Cardiol*. 2015;56:72-84.
4. Sado DM, Hasleton JM, Herrey AS, Moon, JC. CMR in Heart Failure. *Cardiol Res Pract*. 2011;2011:739157.
5. Karamitsos TD, Francis JM, Myerson S, Selvanayagam JB, Neubauer S. The role of cardiovascular magnetic resonance imaging in heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54:1407-24.
6. Wagner A, Mahrholdt H, Holly TA. et al. Contrast-enhanced MRI and routine single photon emission computed tomography (SPECT) perfusion imaging for detection of subendocardial myocardial infarcts: an imaging study. *Lancet*. 2003;361:374-379.
7. Aletras AH, Tilak GS, Natanzon A. et al. Retrospective determination of the area at risk for reperfused acute myocardial infarction with T2-weighted cardiac magnetic resonance imaging: histopathological and displacement encoding with stimulated echoes (DENSE) functional validations. *Circulation*. 2006;113:1865-1870.
8. Ganame J, Messalli G, Dymarkowski S. et al. Impact of myocardial haemorrhage on left ventricular function and remodelling in patients with reperfused acute myocardial infarction. *Eur Heart J*. 2009;30:1440-1449.
9. Liu D, Borlotti A, Viliani D. et al. CMR Native T1 Mapping Allows Differentiation of Reversible Versus Irreversible Myocardial Damage in ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction: An OxAMI Study (Oxford Acute Myocardial Infarction). *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017;10(8), e005986.
10. Gulati A, Jabbar A, Ismail TF. et al. Association of fibrosis with mortality and sudden cardiac death in patients with nonischemic dilated cardiomyopathy. *JAMA*. 2013;309:896-908
11. Marcus FI, McKenna WJ, Sherrill D. et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: proposed modification of the Task Force Criteria. *Eur Heart J*. 2010;31:806-814.
12. Karamitsos TD, Piechnik SK, Banypersad SM. et al. Noncontrast T1 mapping for the diagnosis of cardiac amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;6:488-97.

## The role of cardiovascular magnetic resonance in heart failure

Theodoros Karamitsos, Ioannis Tziatzios, Alexandra Arvanitaki, Haralambos Karvounis

1st Department of Cardiology, Aristotle University of Thessaloniki, AHEPA Hospital, Thessaloniki, Greece

Cardiovascular imaging plays a vital role on the diagnosis, prognosis and monitoring of heart failure. Cardiovascular magnetic resonance (CMR) offers a comprehensive assessment of patients with heart failure providing important insights regarding the aetiology of the syndrome. CMR is currently considered the gold standard imaging technique to evaluate regional and global ventricular function and to characterise myocardial tissue. Moreover, the accuracy and low variability of measurements, in conjunction with the lack of ionising radiation, make CMR one of the most appropriate imaging tools for monitoring disease progression and treatment effects. This article summarises the value of CMR in the assessment of patients with heart failure of either ischaemic or non-ischaemic aetiology.

**KEYWORDS:** heart failure, cardiovascular magnetic resonance, ischemic heart disease, non-ischemic cardiomyopathy, fibrosis