

## Ο Ρόλος της Μαγνητικής Τομογραφίας Καρδιάς στη Μυοκαρδίτιδα

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΚΑΡΑΜΗΤΣΟΣ

Α' Καρδιολογική Κλινική ΑΠΘ, Νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ, Θεσσαλονίκη

Ο όρος μυοκαρδίτιδα χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη φλεγμονώδη προσβολή του μυοκαρδίου από διάφορα αίτια όπως λοιμώδεις παράγοντες, συστηματικά νοσήματα, φάρμακα και τοξίνες.<sup>1</sup> Ειδικότερα ιογενείς παράγοντες όπως αδενοϊοί, εντεροϊοί, ο ιός του έρπη 6, ο ιός Epstein-Barr, και οι ιοί της γρίπης αποτελούν σημαντικά αίτια οξείας μυοκαρδίτιδας που ενδημούν και στη χώρα μας. Η διάγνωση της οξείας μυοκαρδίτιδας συχνά τίθεται εξ αποκλεισμού όταν σε έναν ασθενή που παρουσιάζεται με οξύ προκάρδιο άλγος και αυξημένα μυοκαρδιακά ένζυμα διαπιστώνονται φυσιολογικά στεφανιαία αγγεία κατά τον καθετηριασμό. Αρκετά συχνά είναι δυνατό η μυοκαρδίτιδα να διαλάθει της προσοχής του ασθενούς και της ιατρικής διάγνωσης κατά την οξεία φάση ιδίως όταν τα ενοχλήματα λόγω της καρδιολογικής συμμετοχής είναι ήπια και επικαλύπτονται από τα συμπτώματα της ιογενούς λοίμωξης. Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει η πιθανότητα να εμφανιστεί σε μεταγενέστερο χρόνο ο ασθενής με συμπτώματα καρδιακής ανεπάρκειας καθώς η προσβολή του μυοκαρδίου κατά την οξεία φάση είχε ως αποτέλεσμα να μεταπέσει ο ασθενής σε διατακτική μυοκαρδιοπάθεια. Μία άλλη μορφή εμφάνισης της μυοκαρδίτιδας είναι πολύ πιο θορυβώδης με οξεία καρδιακή ανεπάρκεια και αιμοδυναμική κατάρρευση και συνοδεύεται από αυξημένη θνητότητα. Τέλος η μυοκαρδίτιδα μπορεί να εμφανιστεί και με τη μορφή αρρυθμιών, συνήθως με εντόπιση στο κοιλιακό μυοκάρδιο, που συνδέονται με την ύπαρξη ουλής/ίνωσης λόγω της μυοκαρδιτιδικής προσβολής. Ως εκ τούτου γίνεται κατανοητό ότι το κλινικό σύνδρομο της μυοκαρδίτιδας μπορεί να εμφανιστεί με πολλές διαφορετικές εκφάνσεις.

Ο σκοπός του άρθρου αυτού δεν είναι η λεπτομερής ανασκόπηση των αιτιών ή της θεραπείας της μυοκαρδίτιδας αλλά η παρουσίαση των πολύτιμων δυνατοτήτων που προσφέρει στη σύγχρονη Καρδιολογία η μαγνητική τομογραφία καρδιάς για την διάγνωση και παρακολούθηση ασθενών με μυοκαρδίτιδα.

### Τι είναι η μαγνητική τομογραφία καρδιάς;

Η μαγνητική τομογραφία καρδιάς (cardiovascular magnetic resonance - CMR) είναι μία αναίμακτη απεικονιστική εξέταση που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερο στην Καρδιολογία.<sup>2</sup> Δεν χρησιμοποιεί ιονίζουσα ακτινοβολία και το κυριότερο πλεονέκτημα της είναι οι δυνατότητες που προσφέρει για τον χαρακτηρισμό των ιστών. Ο ιστικός χαρακτηρισμός βασίζεται είτε σε εγγενείς διαφορές στο σήμα που λαμβάνεται από τους διάφορους ιστούς χρησιμοποιώντας ειδικές τεχνικές απεικόνισης (T1 ή T2 ακολουθίες) είτε στις μεταβολές που προκύπτουν στην απεικόνιση του μυοκαρδιακού ιστού από τη χρήση σκιαγραφικών παραγόντων που βασίζονται σε παράγωγα του γαδολίνιου. Οι σκιαγραφικοί αυτοί παράγοντες έχουν τη ιδιότητα μετά από την ενδοφλέβια χορήγησή τους να κατανέμονται ταχέως εξωαγγειακά δηλαδή στον διάμεσο χώρο. Κατά συνέπεια περιοχές του μυοκαρδίου που εμφανίζουν έκπτυξη του διάμεσου χώρου λόγω της ύπαρξης ουλώδους ιστού / ίνωσης εμπλουτίζονται από τους σκιαγραφικούς παράγοντες και παρουσιάζουν αυξημένη ένταση σή-

#### Λέξεις Ευρετηρίου:

Καρδιαγγειακή απεικόνιση  
Μυοκαρδιακό οίδημα  
Μυοκαρδιακή φλεγμονή  
Μυοκαρδιακή νέκρωση

#### Θεόδωρος Καραμήτσος

Επίκουρος Καθηγητής Καρδιολογίας

#### Διεύθυνση Επικοινωνίας:

Α' Καρδιολογική Κλινική  
Νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ, Θεσσαλονίκη  
Τηλ. 2310994832  
Fax: 2310994673  
Email: tkaramitsos@auth.gr

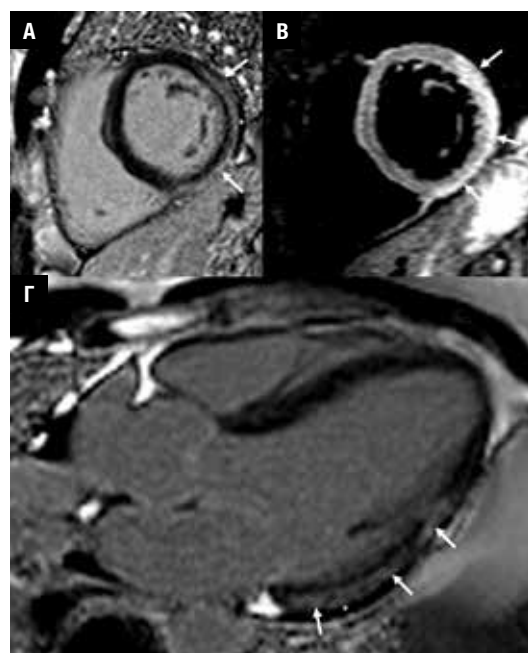
ματος (λευκό χρώμα) σε ειδικές ακολουθίες. Αντίθετα το φυσιολογικό μυοκάρδιο απεικονίζεται «μαύρο» καθώς έχει επιτευχθεί πλήρης καταστολή του σήματος του. Η μορφολογία του εμπλουτισμού (πχ. το αν αφορά την ενδοκάρδια, μεσοκάρδια ή υπεπικάρδια στοιβάδα) αλλά και η εντόπιση του εμπλουτισμού (πχ. αν ακολουθεί κατανομή αιμάτωσης στεφανιαίου κλάδου ή όχι) είναι μερικοί από τους παράγοντες που συνεκτιμώνται ώστε να γίνει κατ' αρχήν η διάκριση μεταξύ ισχαιμικής και μη ισχαιμικής αιτιολογίας ουλής-ίνωσης.<sup>3</sup> Λεπτομερέστερη μελέτη του προτύπου του εμπλουτισμού σε συνεκτίμηση με τα ευρήματα από την υπόλοιπη εξέταση MRI όπως το πάχος, η κινητικότητα του μυοκαρδίου, το μέγεθος της αριστερής και δεξιάς κοιλίας βοηθούν ώστε να καταλήξει ο ειδικός που διαβάζει τις εικόνες της μαγνητικής τομογραφίας για το ποια είναι πιθανότερη υποκείμενη διάγνωση σε περίπτωση μη ισχαιμικής μυοκαρδιοπάθειας. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί ότι απαιτείται ειδική εκπαίδευση για τουλάχιστον 2 έτη και σημαντική εμπειρία για την διενέργεια και ερμηνεία της CMR. Συγκεκριμένες προδιαγραφές εκπαίδευσης αλλά και πιστοποίησης της υποειδίκευσης στην μαγνητική τομογραφία καρδιάς έχουν καθοριστεί από την Ευρωπαϊκή Καρδιολογική Εταιρεία.<sup>4</sup>

## Πώς γίνεται η διάγνωση της μυοκαρδίτιδας με τη μαγνητική τομογραφία;

Η διάγνωση της μυοκαρδίτιδας με τη μαγνητική τομογραφία καρδιάς τίθεται με βάση μία σειρά από κριτήρια (Lake Louise criteria) που εκμεταλλεύονται πολύπλευρα τις δυνατότητες που προσφέρει η CMR στην καρδιαγγειακή απεικόνιση.<sup>5</sup> Πρακτικά χρησιμοποιούνται τρία κριτήρια που αφορούν:

1. την ύπαρξη οιδήματος στο μυοκάρδιο (myocardial oedema) που κλασικά βασίζεται σε πληροφορίες που δίνουν οι ακολουθίες T2
2. την ύπαρξη υπεραιμίας του μυοκαρδίου (myocardial hyperemia) που βασίζεται σε πληροφορίες που δίνουν T1 ακολουθίες πριν και μετά από τη χορήγηση γαδολινίου (early gadolinium enhancement)
3. την ύπαρξη μυοκαρδιακής ουλής/νέκρωσης (myocardial necrosis) που βασίζεται σε πληροφορίες που δίνουν ειδικές T1 ακολουθίες (inversion recovery T1 sequences) με βάση την τεχνική late gadolinium enhancement

Όταν 2 από τα 3 αυτά κριτήρια είναι θετικά, τότε τα ευρήματα της μαγνητικής τομογραφίας θεωρείται ότι είναι συμβατά με οξεία μυοκαρδίτιδα (Εικόνα 1). Σημειώνεται ότι η διαπίστωση διαταραχών τοιχωματικής κινητικότητας (wall motion abnormalities) και η



**Εικόνα:** Ασθενής 21 ετών με προκάρδιο άλγος, αυξημένη τροπονίνη και φυσιολογικά στεφανιαία αγγεία υποβλήθηκε σε μαγνητική τομογραφία καρδιάς για την επιβεβαίωση της διάγνωσης της οξείας μυοκαρδίτιδας. Στην εικόνα A απεικονίζεται η αριστερή κοιλία στο βραχύ άξονα με την τεχνική του late gadolinium enhancement. Με λευκά βέλη υποδεικνύεται η προσβολή του μυοκαρδίου με τη ζώνη του εμπλουτισμού να κατανέμεται χαρακτηριστικά κατά την υπεπικαρδιακή στοιβάδα στο κατώτερο και πλάγιο τοίχωμα. Στην εικόνα B που έχει ληφθεί με την τεχνική T2 απεικονίζεται και πάλι στο βραχύ άξονα, περιοχή αυξημένης έντασης σήματος στο κατώτερο και πλάγιο τοίχωμα (λευκά βέλη) που υποδεικνύει την παρουσία μυοκαρδιακού οιδήματος. Τέλος στην εικόνα Γ απεικονίζεται η αριστερή κοιλία κατά τον επιμήκη άξονα στη θέση των 3-κοιλοπίπτων και φαίνεται η έκταση της υπεπικαρδιακής προσβολής του πλάγιου τοιχώματος. Με αστερίσκο σημειώνεται μικρή περικαρδιακή συλλογή γύρω από το οπίσθιο τοίχωμα.

ύπαρξη περικαρδιακής συλλογής στις ακολουθίες cine CMR παρέχουν κάποιες επιπλέον πληροφορίες αλλά δεν ανήκουν στα απαραίτητα διαγνωστικά κριτήρια.

### ΜΥΟΚΑΡΔΙΑΚΟ ΟΙΔΗΜΑ

Η μαγνητική τομογραφία είναι πρακτικά η μοναδική απεικονιστική μέθοδος που σε κλινικό επίπεδο μπορεί να αναδείξει το οίδημα του μυοκαρδίου δηλαδή μία από τις κλασικές εκφράσεις της οξείας μυοκαρδιακής φλεγμονής.<sup>6</sup> Η παρουσία οιδήματος εν τη απουσία νέκρωσης ή ουλής υποδηλώνει αναστρέψιμη προσβολή του μυοκαρδίου και άρα αυξημένη πιθανότητα λειτουργικής ανάκαμψης. Η απεικόνιση του οιδήματος επιτυγχάνεται με ειδικές T2 ακολουθίες (triple inversion-recovery spin echo protocols) που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην απεικόνιση του ύδατος. Χρειάζεται όμως ιδιαίτερη προσοχή και εμπειρία στην ερμηνεία των εικόνων καθώς ο λόγος του σήματος προς τον θόρυβο (signal to noise ratio) είναι

σχετικά περιορισμένος και η ποιότητα της εικόνας μπορεί να επηρεαστεί από artifacts σε ασθενείς με ταχυκαρδία ή αρρυθμία. Η εκτίμηση των εικόνων τις περισσότερες φορές είναι ποιοτική και βασίζεται στην οπτική σύγκριση της έντασης του σήματος στα διάφορα τμήματα του μυοκαρδίου. Ημιοσοτική ανάλυση με μέτρηση της έντασης του σήματος στο μυοκάρδιο σε σύγκριση με παρακείμενο σκελετικό μυ απαιτείται όταν πιθανολογείται γενικευμένο μυοκαρδιακό οίδημα που δύσκολα διαπιστώνεται στην ποιοτική (visual) ανάλυση. Τιμές του λόγου της έντασης του σήματος στο μυοκάρδιο σε σύγκριση με τον σκελετικό μυ μεγαλύτερες από 1.9, θεωρούνται παθολογικές.<sup>6</sup>

## ΜΥΟΚΑΡΔΙΑΚΗ ΥΠΕΡΑΙΜΙΑ

Μία άλλη έκφανση της φλεγμονής του μυοκαρδίου είναι η υπεραιμία. Τεχνικά για να αναδειχθεί η υπεραιμία χρησιμοποιούνται T1 ακολουθίες (non-breath hold, T1-weighted, black-blood fast spin echo protocols) πριν και μετά από τη χορήγηση παραμαγνητικής σκιαγραφικής ουσίας με βάση το γαδολίνιο. Συγκρίνοντας την ένταση του σήματος σε συγκεκριμένα σημεία του μυοκαρδίου πριν και κατά την διάρκεια των πρώτων λεπτών μετά από τη χορήγηση του σκιαστικού, πιστοποιείται η ύπαρξη υπεραιμίας όταν η ένταση του σήματος μετά το σκιαστικό είναι τουλάχιστον τετραπλάσια της αρχικής τιμής.<sup>7</sup> Η προσωπική άποψη του γράφοντος είναι ότι η τεχνική αυτή είναι λιγότερη αξιόπιστη και επαναλήψιμη συγκριτικά με τις υπόλοιπες δύο μεθόδους απεικόνισης που χρησιμοποιούμε στη μυοκαρδίτιδα (απεικόνιση οιδήματος και νέκρωσης). Ως εκ τούτου η απεικόνιση της υπεραιμίας στην πράξη συχνά παραλείπεται ειδικότερα όταν οι εικόνες οιδήματος με τις T2 ακολουθίες, που ούτως ή άλλως προηγούνται χρονικά στο πρωτόκολλο απεικόνισης, είναι εμφανώς παθολογικές.

## ΜΥΟΚΑΡΔΙΑΚΗ ΝΕΚΡΩΣΗ – ΟΥΛΗ

Η τεχνική late gadolinium enhancement με την οποία απεικονίζεται με μεγάλη ευκρίνεια και λεπτομέρεια η μυοκαρδιακή νέκρωση – ουλή, ανεξάρτητα από το αν είναι ισχαιμικής ή μη ισχαιμικής αιτιολογίας, έφερε επανάσταση στον χώρο της καρδιαγγειακής απεικόνισης και ουσιαστικά είναι αυτή που καθιέρωσε την μαγνητική τομογραφία καρδιάς στην κλινική πράξη.<sup>3</sup> Η μορφολογία του εμπλουτισμού στην μυοκαρδίτιδα περιλαμβάνει την υπεπικάρδια ή μεσομυοκαρδιακή στοιβάδα. Η υπενδοκάρδια στοιβάδα, που κλασικά προσβάλλεται σε περίπτωση εμφράγματος του μυοκαρδίου, συνήθως δεν εμφανίζει εμπλουτισμό στην μυοκαρδίτιδα. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι στην οξεία φάση λόγω της παρουσίας του οιδήματος, ο εμπλουτισμός του μυοκαρδίου είναι πολύ πιο εκσεσημασμένος με αποτέλεσμα συχνά να υπερεκτιμάζεται η έκταση της μυοκαρδιακής νέκρωσης.<sup>8</sup> Επίσης είναι δυνατόν μικρές εστίες εμπλουτισμού που είναι ορα-

τές στην οξεία φάση να "εξαφανιστούν" αν η εξέταση επαναληφθεί μετά από μερικούς μήνες διότι εκτός του ότι υποχωρεί το οίδημα υπάρχει και μία φυσιολογική διαδικασία συρρίκνωσης της μυοκαρδιακής ουλής. Συχνά η νέκρωση είναι πιο μεγάλη σε νέους ασθενείς και ειδικά άνδρες και πιθανολογείται ότι το εύρημα αυτό υποσημαίνει μία πιο εκσεσημασμένη ανοσιακή απάντηση με επακόλουθη μη αναστρέψιμη μυοκαρδιακή προσβολή.<sup>9</sup> Ιδιαίτερα ενδιαφέροντα είναι η παρατήρηση ότι ακόμη κι όταν υπάρχει σημαντικής έκτασης εμπλουτισμός του μυοκαρδίου λόγω της οξείας μυοκαρδίτιδας, η τμηματική κίνηση του μυοκαρδίου ενδέχεται να μην διαταραχθεί. Το αντίθετο βέβαια ισχύει στην περίπτωση του οξέος εμφράγματος του μυοκαρδίου όπου υπάρχει σαφής συσχέτιση μεταξύ της έκτασης του εμπλουτισμού και της σοβαρότητας των διαταραχών τοιχωματικής κινητικότητας.

## Πότε θα πρέπει να παραπέμπεται ένας ασθενής με πιθανή οξεία μυοκαρδίτιδα για μαγνητική τομογραφία;

Η εξέταση με MRI είναι προτιμότερο να διενεργείται την 1<sup>η</sup> ή το πολύ την 2<sup>η</sup> εβδομάδα από την έναρξη των συμπτωμάτων.<sup>10</sup> Μετά την πάροδο 14 ημερών, έχει βρεθεί ότι μικρές σε έκταση μυοκαρδίτιδες που προκαλούν μόνο ήπιο οίδημα στο μυοκάρδιο είναι πιθανό να διαλάθουν της διάγνωσης διότι υποχωρεί η φλεγμονή – οίδημα ενώ και ο εμπλουτισμός με το γαδολίνιο δεν είναι εύκολα ανιχνεύσιμος. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ο ασθενής θα πρέπει να είναι αιμοδυναμικά σταθερός και ικανός να συνεργαστεί στο θέμα των αναπνευστικών οδηγιών (συγκράτηση αναπνοής για ~10 sec για τη λήψη των εικόνων). Επίσης καλό είναι να μην έχει ταχυκαρδία (καρδιακή συχνότητα <90 σφύξεις/μίν) ή αρρυθμία διότι επηρεάζεται κυρίως η ποιότητα των T2 εικόνων για την ανάδειξη του οιδήματος. Οι περισσότεροι ασθενείς με οξεία μυοκαρδίτιδα πληρούν τις προϋποθέσεις αυτές μετά από τις πρώτες 3-4 ημέρες νοσηλείας.

## Προγνωστική σημασία της μαγνητικής τομογραφίας καρδιάς στην οξεία μυοκαρδίτιδα

Πέρα από την αρχική διάγνωση, τα ευρήματα της μαγνητικής τομογραφίας μπορεί να αποβούν χρήσιμα και για τον καθορισμό της πρόγνωσης των ασθενών με μυοκαρδίτιδα. Η παρουσία νέκρωσης και η έκταση που αυτή καταλαμβάνει έχει συσχετισθεί με δυσμενή πρόγνωση. Επιπρόσθετα η διαπίστωση εμπλουτισμού, πέρα από το κατώτερο ή πλάγιο τοίχωμα που κλασικά

προσβάλλονται, στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα αποτελεί ένα ακόμη δυσμενές προγνωστικό σημείο.<sup>8,11</sup> Τέλος η αύξηση του τελοδιαστολικού και τελοσυστολικού όγκου στην οξεία φάση, ακόμη και στην περίπτωση που είναι σε οριακά επίπεδα με τα ανώτερα φυσιολογικά όρια και το κλάσμα εξώθησης είναι διατηρημένο, αποτελεί εύρημα που προειδοποιεί τρόπον τινά για επερχόμενη δυσμενή αναδιαμόρφωση της αριστερής κοιλίας.<sup>12</sup> Σε ό,τι αφορά την καθοδήγηση θεραπευτικών παρεμβάσεων με βάση τα ευρήματα της μαγνητικής τομογραφίας, η αλήθεια είναι ότι δεν υπάρχουν πολλά δεδομένα. Η προσωπική γνώμη του γράφοντος είναι ότι η ανεύρεση εκτεταμένου εμπλουτισμού σε συνδυασμό με αυξημένο ή ακόμη και στα ανώτερα φυσιολογικά όρια τελοδιαστολικό όγκο της αριστερής κοιλίας αποτελεί ένδειξη σημαντικής προσβολής του μυοκαρδίου και άρα σκόπιμο θα ήταν να τεθεί ο ασθενής υπό "προληπτική" αγωγή με β-αναστολείς και ανταγωνιστές του μετατρεπτικού ενζύμου στα πλαίσια τακτικής καρδιολογικής παρακολούθησης. Σε επιλεγμένες περιπτώσεις κρίνεται σκόπιμη η επανάληψη της μαγνητικής τομογραφίας σε 6-12 μήνες από την οξεία φάση ειδικά όταν υπάρχουν ευρήματα οριακής δυσλειτουργίας ή διάτασης της αριστερής κοιλίας στο υπερηχογράφημα. Η στρατηγική αυτή χρησιμεύει στη διαπίστωση της τελικής έκτασης της νέκρωσης και τυχόν αναδιαμόρφωσης (θετικής ή αρνητικής) της αριστερής κοιλίας ώστε να αποφασιστεί αν θα διακοπεί ή συνεχιστεί η αγωγή. Η ολοκλήρωση σχετικών μελετών που βρίσκονται σε εξέλιξη και η δημοσίευση των αποτελεσμάτων κλινικών registries αναμένεται να διαλευκάνουν περαιτέρω τον προγνωστικό ρόλο της μαγνητικής τομογραφίας σε αυτούς τους ασθενείς.

## Νεότερες τεχνικές – Εξελίξεις

Η μαγνητική τομογραφία καρδιάς εξελίσσεται και νεότερες τεχνικές όπως η T1 και T2 χαρτογράφηση του μυοκαρδίου αναμένεται να βελτιώσουν ακόμη περισσότερο τη διαγνωστική ακρίβεια της μεθόδου στην οξεία μυοκαρδίτιδα.<sup>13,14</sup> Οι τεχνικές αυτές δίνουν τη δυνατότητα όχι μόνο ποιοτικής αλλά και ποσοτικής εκτίμησης της έκτασης της μυοκαρδιακής φλεγμονής.<sup>15</sup> Τα ευρήματα των πρώτων κλινικών μελετών είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά και αναμένεται σύντομα να ενσωματωθούν και επίσημα στα διαγνωστικά κριτήρια οι τεχνικές χαρτογράφησης.

## Συμπεράσματα

Η διάγνωση της οξείας μυοκαρδίτιδας μπορεί να τεθεί με υψηλή διαγνωστική ακρίβεια με τη βοήθεια

της μαγνητικής τομογραφίας καρδιάς ιδιαίτερα όταν αυτή διενεργείται εντός 2 εβδομάδων από την εμφάνιση των συμπτωμάτων. Πέρα από τη διάγνωση, υπάρχουν και ορισμένα προγνωστικά δεδομένα με βάση τα ευρήματα της μαγνητικής τα οποία μπορούν να αξιολογηθούν για τη λήψη θεραπευτικών αποφάσεων. Οι νεότερες τεχνικές T1 και T2 χαρτογράφησης του μυοκαρδίου αναμένεται να εδραιώσουν ακόμη περισσότερο το ρόλο της μαγνητικής τομογραφίας σε αυτή την ομάδα ασθενών.

## Βιβλιογραφία

1. Caforio AL, Pankuweit S, Arbustini E, et al. Current state of knowledge on aetiology, diagnosis, management, and therapy of myocarditis: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *Eur Heart J*. 2013;34:2636-48, 48a-48d.
2. Karamitsos TD, Neubauer S. Cardiovascular magnetic resonance: a powerful diagnostic and prognostic tool in modern cardiology. *Prog Cardiovasc Dis*. 2011;54:179-80.
3. 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.
4. Plein S, Schulz-Menger J, Almeida A, et al. Training and accreditation in cardiovascular magnetic resonance in Europe: a position statement of the working group on cardiovascular magnetic resonance of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2011;32:793-8.
5. Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53:1475-87.
6. Abdel-Aty H, Boye P, Zagrosek A, et al. Diagnostic performance of cardiovascular magnetic resonance in patients with suspected acute myocarditis: comparison of different approaches. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:1815-22.
7. Friedrich MG, Strohm O, Schulz-Menger J, et al. Contrast media-enhanced magnetic resonance imaging visualizes myocardial changes in the course of viral myocarditis. *Circulation*. 1998;97:1802-9.
8. Grun S, Schumm J, Greulich S, et al. Long-term follow-up of biopsy-proven viral myocarditis: predictors of mortality and incomplete recovery. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59:1604-15.
9. Cocker MS, Abdel-Aty H, Strohm O, Friedrich MG. Age and gender effects on the extent of myocardial involvement in acute myocarditis: a cardiovascular magnetic resonance study. *Heart*. 2009;95:1925-30.
10. Monney PA, Sekhri N, Burchell T, et al. Acute myocarditis presenting as acute coronary syndrome: role of early cardiac magnetic resonance in its diagnosis. *Heart*. 2011;97:1312-8.
11. Mavrogeni S, Spargias C, Bratis C, et al. Myocarditis as a precipitating factor for heart failure: evaluation and 1-year follow-up using cardiovascular magnetic resonance and endomyocardial biopsy. *Eur J Heart Fail*. 2011;13:830-7.
12. Mahrholdt H, Wagner A, Deluigi CC, et al. Presentation, patterns of myocardial damage, and clinical course of viral myocarditis. *Circulation*. 2006;114:1581-90.
13. Ferreira VM, Piechnik SK, Dall'Armellina E, et al. T(1) mapping for the diagnosis of acute myocarditis using CMR: comparison to T2-weighted and late gadolinium enhanced imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;6:1048-58.
14. Ferreira VM, Piechnik SK, Robson MD, Neubauer S, Karamitsos TD. Myocardial tissue characterization by magnetic resonance imaging: novel applications of T1 and T2 mapping. *J Thorac Imaging*. 2014;29:147-54.
15. Thavendiranathan P, Walls M, Giri S, et al. Improved detection of myocardial involvement in acute inflammatory cardiomyopathies using T2 mapping. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2012;5:102-10.