

Άρθρο Ανασκόπησης

Κλινικές Επιπτώσεις της Ηχοκαρδιογραφικής Εξέτασης της Λειτουργικότητας της Δεξιάς Κοιλίας κατά τον Επιμήκη Άξονα με τις Νεότερες Τεχνικές

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ¹, ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΡΑΝΙΔΗΣ², ΗΛΙΑΣ ΚΑΡΑΜΠΙΝΟΣ³,
ΧΑΡΗΣ ΓΡΑΣΣΟΣ², ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΜΠΑΜΠΑΛΗΣ¹

¹Καρδιολογική Κλινική Νοσοκομείου Κ.Α.Τ.

²Καρδιολογική Κλινική Νοσοκομείου Δυτικής Αττικής.

³Ευρωκλινική Αθηνών.

Λέξεις ευρετηρίου:
Δεξιά κοιλία,
υπερηχογραφική
μελέτη κατά τον
επιμήκη άξονα.

Ημερ. παραλαβής
εργασίας:
2 Δεκεμβρίου 2008
Ημερ. αποδοχής:
4 Αυγούστου 2009

Διεύθυνση
Επικοινωνίας:
Αθανάσιος Κρανίδης

Θησέως 71, 152 34
Χαλάνδρι, Αθήνα
Ηράκλειο, Κρήτης
e-mail:
tzankranidis@yahoo.gr

Η εκτίμηση της λειτουργικότητας της δεξιάς κοιλίας (ΔΚ) παραμένει δύσκολη παρά τις ταχείες εξελίξεις στην τεχνολογία της ηχοκαρδιογραφίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν περιορισμοί για κάθε μία από τις ηχοκαρδιογραφικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται σήμερα στην κλινική και ακαδημαϊκή πρακτική. Ο υπολογισμός των όγκων και η εκτίμηση του κλάσματος εξώθησης δεν είναι ιδανικά για την κλινική αξιολόγηση της λειτουργίας της ΔΚ. Ωστόσο, η αξιολόγηση της τμηματικής κινητικότητας των μυοκαρδιακών τοιχωμάτων με το M-mode και των ταχυτήτων τους με το ιστικό Doppler είναι μάλλον οι πλέον χρήσιμες μέθοδοι στην κλινική πράξη. Η μονοδιάστατη (1D) και διδιάστατη (2D) παραμόρφωση (strain), η απεικόνιση των ανυσμάτων ταχύτητας (velocity vector imaging) και η τετραδιάστατη (4D) ηχοκαρδιογραφία χρειάζονται περαιτέρω αξιολόγηση προτού θεωρηθούν εξετάσεις ρουτίνας. Πρέπει να δοθεί προσοχή συνολικά σε μια παραμελημένη οντότητα, τη δεξιά κοιλία, η λειτουργική απόδοση της οποίας έχει δείχτει ότι προβλέπει την ανοχή στην

άσκηση και την έκβαση σε αρκετά σύνδρομα.¹

Δυσλειτουργία της δεξιάς κοιλίας

Πίνακας 1 (1) & Πίνακας 2 (1-9)

Πολλές είναι οι αιτίες της δυσλειτουργίας της ΔΚ (Σχήμα 1). Η ηχοκαρδιογραφική εκτίμηση ιδιαίτερα της συστολικής λειτουργίας της δεν είναι εύκολη. Αντίθετα με την αριστερή κοιλία, η χρησιμότητα της υπερηχογραφικής μεθόδου εκτίμησης των διαστάσεων και της συστολικής λειτουργίας της ΔΚ «δια του οφθαλμού» σε ασθενείς με νοσήματα της δεξιάς καρδιάς έχει περιορισμούς, που αφορούν κυρίως την μεταβλητότητα στα συμπεράσματα μεταξύ διαφορετικών υπερηχογραφιστών.² Όμως η εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΔΚ κατά τον επιμήκη της άξονα έδωσε ιδιαίτερες υποσχέσεις, με αποτέλεσμα να έχουν γίνει αρκετές μελέτες από τις οποίες έχουν εξαχθεί αξιόλογα συμπεράσματα. Η μελέτη της λειτουργικότητας της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονά της ξεκίνησε με την τεχνική M-Mode. (Εικόνα 1). Όμως η εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΔΚ

Κ. Τριανταφύλλου και συν.

Πίνακας 1. Λειτουργικές και αιμοδυναμικές πληροφορίες που προκύπτουν από την εξέταση της ΔΚ με TDI κατά τον επιμήκη άξονα.

1.	Συστολική λειτουργία ΔΚ	ΜΣΤΤΔ < 9,5 cm/sec συσχετίζεται με κλάσμα εξώθησης ΔΚ < 40%. ⁴ (δεν είναι όμως χρήσιμο στην εκτίμηση της βαρύτητας της δυσλειτουργίας της ΔΚ).
2.	Διαστολική λειτουργία ΔΚ	E/E' ≥ 4 συσχετίζεται με ΠΔΚ ≥ 10 mmHg με ευαισθησία 88% & ειδικότητα 85% (αλλά όχι μετά καρδιοχειρουργική επέμβαση). ²²
3.	ΠΠΑ	Ο χρόνος ισογκωτικής χάλασης του τριγωνοειδούς δακτυλίου συσχετίζεται ισχυρά (r=0.83) με τη συστολική ΠΠΑ (εναλλακτικά αντί υπολογισμού της συστολικής ΠΠΑ από την ανεπάρκεια τριγλώχινος όταν ο πίδακας παλινδρομησης δεν αναδεικνύεται, αλλά όχι σε ασθενείς με σοβαρή δυσλειτουργία ΔΚ). ²³
4.	ΑΠΒ	Η ΜΣΤΤΔ έχει αντίστροφη συσχέτιση με την επεμβατικά μετρομένη μέση ΠΠΑ. ²⁴ Η ΜΣΤΤΔ έχει αντίστροφη συσχέτιση με την επεμβατικά μετροθείσα ΑΠΒ (ΑΠΒ= 3698 - 1227 x ln ΜΣΤΤΔ). ²⁴

*ΔΚ, δεξιά κοιλία; ΜΣΤΤΔ, μέγιστη συστολική ταχύτητα τριγωνοειδούς δακτυλίου; ΠΔΚ, πίεση δεξιού κόλπου; ΠΠΑ, πίεση πνευμονικής αρτηρίας; ΑΠΒ, αντίσταση πνευμονικής βαλβίδας.

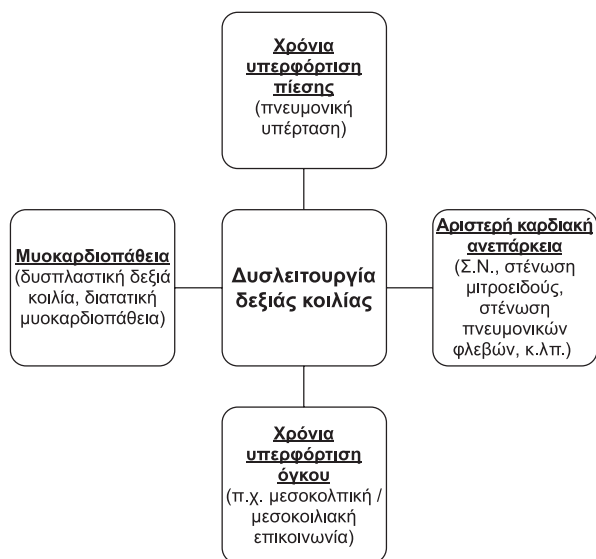
Πίνακας 2. Πληροφορίες για διάφορες παθολογικές καταστάσεις που παρέχονται από την εκτίμηση της λειτουργίας της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα.

	Νόσος	Μέθοδος	Πληροφορία
1.	Μυοκαρδιοπάθεια	TDI	Η δυσλειτουργία της ΔΚ είναι πιο εκσεσημασμένη στην ισχαιμική παρόσητη διατακτική μυοκαρδιοπάθεια. ⁶
2.	ΑΔΔΚ	TDI, strain/strain rate	Η ΑΔΔΚ ανιχνεύεται όταν ΜΣΤΤΔ < 7,5 cm/sec και η μέγιστη παραμόρφωση της ΔΚ < 18%. ⁸
3.	Πνευμονική υπέρταση	TDI, strain/strain rate	-Αυξημένη καθυστέρηση συστολικής ενεργοποίησης της ΔΚ και η παραμόρφωση του πλαγίου τοιχώματος της ΔΚ συσχετίζονται με αιμοδυναμικές παραμέτρους επί φυσιολογικής λειτουργικότητας της ΑΚ. ⁹ -Η παραμόρφωση της κορυφής συσχετίζεται αντίστροφα με την συστολική ΠΠΑ και την αντίσταση της πνευμονικής βαλβίδας. ¹⁰ -Σε σοβαρή πνευμονική υπέρταση ανιχνεύονται με ιστικό Doppler συστολική και διαστολική δυσλειτουργία της ΔΚ καθώς και διαστολική δυσλειτουργία της ΑΚ. ¹¹
4.	Στένωση μιτροειδούς	TDI	Εκτίμηση με ιστικό Doppler προβλέπει την ικανότητα για άσκηση. ¹³
5.	Πνευμονική εμβολή επί ΣΚΑ	TDI	SmLV/SmRV ≤ 1,2 σχετίζεται με πνευμονική εμβολή με 76% ευαισθησία και 93,3% ειδικότητα. ¹⁴ Η μέγιστη συστολική παραμόρφωση στο μέσο τμήμα του ελεύθερου τοιχώματος της ΔΚ ήταν μειωμένη σε ασθενείς με έλλειμμα αιμάτωσης μεγαλύτερο από 25%. ¹⁵
6.	Σακχαρώδης διαβήτης	Strain/strain rate	Ανίχνευση υποκλινικής δυσλειτουργίας της ΔΚ. ¹⁶
7.	β-θαλασσαιμία	TDI	Πρώιμη ανίχνευση δυσλειτουργίας ΔΚ/ΑΚ. ¹⁷
8.	Αμυλοείδωση	M-mode	ΣΜΤΔ < 17 mm δείκτης δυσλειτουργίας της ΔΚ. ¹⁸
9.	Χειρουργηθείσα τετραλογία Fallot	TDI	Παρακολούθηση λειτουργικότητας ΔΚ, ¹⁹ ΜΣΤΤΔ προβλέπει ικανότητα για άσκηση. ²⁰
10.	Καρδιακή ανεπάρκεια	TDI	Η ΜΣΤΤΔ υπερέχει της διδιάστατης ηχοκαρδιογραφικής μελέτης της λειτουργίας της ΔΚ στην πρόβλεψη νέας νοσηλείας για καρδιακή ανεπάρκεια. ²⁶
11.	Θεραπεία επανασυγχρονισμού	TDI	Η αμφικολιακή βηματοδότηση βελτιώνει την λειτουργικότητα της ΔΚ ανεξάρτητα από τη βελτίωση του κλάσματος εξώθησης της ΑΚ. ²⁷
12.	Μετά εγχείρηση Senning ή Mustard για διορθωμένη MMA	TDI	Ανίχνευση δυσσυγχρονισμού της συστηματικής ΔΚ που σχετίζεται με μειωμένη ικανότητα για άσκηση. ²⁸

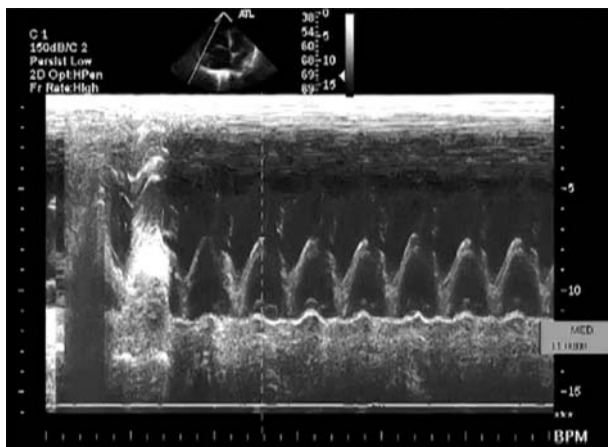
*ΔΚ, δεξιά κοιλία; ΑΔΔΚ, αρρυθμογόνος δυσπλασία δεξιάς κοιλίας; ΜΣΤΤΔ, μέγιστη συστολική ταχύτητα τριγωνοειδούς δακτυλίου; ΑΚ, αριστερή κοιλία; ΠΠΑ, πίεση πνευμονικής αρτηρίας; SmLV, συστολική ταχύτητα του πλαγίου μιτροειδούς δακτυλίου κατά τον επιμήκη άξονα; SmRV, συστολική ταχύτητα του πλαγίου τριγωνοειδούς δακτυλίου κατά τον επιμήκη άξονα; ΣΜΤΔ, συστολική μετατόπιση τριγωνοειδούς δακτυλίου; MMA, μετάθεση μεγάλων αρτηριών.

κατά τον επιμήκη άξονα με το TDI (Εικόνα 2), μια αρκετά νεότερη τεχνική, διαπιστώθηκε ότι υπερέχει σε σχέση με την καταγραφή της μετατόπισης του τριγωνοειδούς δακτυλίου με το M-Mode.³ Από την εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΔΚ με το TDI

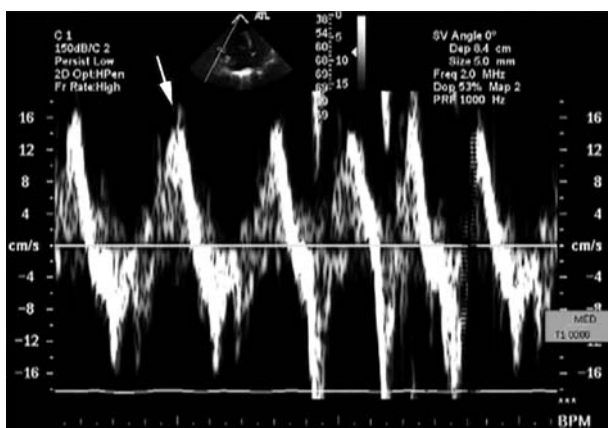
και χρησιμοποιώντας ως δείκτη τη μέγιστη συστολική ταχύτητα τριγωνοειδούς δακτυλίου (ΜΣΤΤΔ), διαπιστώνεται με αξιοπιστία η συστολική δυσλειτουργία της ΔΚ. Ορίζοντας ως δυσλειτουργία της ΔΚ το κλάσμα εξώθησης της ΔΚ < 40%, το όριο 9,5



Σχήμα 1. Πιθανά αίτια δυσλειτουργίας της δεξιάς κοιλίας.



Εικόνα 1. Καταγραφή M – Mode της κίνησης του τριγωνοκινικού δακτυλίου.



Εικόνα 2. Τεχνική ιστικού Doppler (Tissue Doppler Imaging - TDI): Καταγραφή των ταχυτήτων κίνησης του τριγωνοκινικού δακτυλίου. Το βέλος δείχνει τη μέγιστη συστολική ταχύτητα του τριγωνοκινικού δακτυλίου (ΜΣΤΤΔ).

cm/sec για την ΜΣΤΤΔ αποτέλεσε τον καλύτερο συμβιβασμό ευαισθησίας- ειδικότητας, καθώς και θετικής – αρνητικής διαγνωστικής αξίας.⁴ Οι Wang και συν. καθόρισαν ποια ηχοκαρδιογραφική μεταβλητή ή μεταβλητές συσχετίστηκαν καλύτερα με το κλάσμα εξώθησης της ΔΚ, όπως αυτό υπολογίστηκε με μαγνητική τομογραφία καρδιάς.⁵ Μετρήθηκαν η κλασματική μεταβολή της επιφάνειας της ΔΚ, ο δείκτης Tεi, η ισοογκωτική επιτάχυνση, η ΜΣΤΤΔ, η ιστική μετατόπιση, ο ρυθμός συστολικής παραμόρφωσης (strain rate) και η συστολική παραμόρφωση (strain). Η πολυπαραγοντική ανάλυση ανέδειξε μια σταθερά σημαντική σχέση ανάμεσα στην ΜΣΤΤΔ και την κλασματική μεταβολή της επιφάνειας της ΔΚ με το κλάσμα εξώθησης της ΔΚ. Όμως η δυνατότητα εφαρμογής και η συμφωνία ανάμεσα στον ίδιο ή διαφορετικούς παρατηρητές ήταν σημαντικά υποδεέστερες για την κλασματική μεταβολή της επιφάνειας της ΔΚ.⁵ Παρ' όλα αυτά έχει τονισθεί ότι οι τιμές της ΜΣΤΤΔ δεν είναι χρήσιμες για την περαιτέρω εκτίμηση της σοβαρότητας της δυσλειτουργίας της ΔΚ.⁴

Συχνά μειωμένη λειτουργικότητα της ΔΚ απαντάται σε καρδιακή ανεπάρκεια ισχαιμικής αρχής καθώς και σε διατακτική μυοκαρδιοπάθεια. Κατόπιν μελέτης της λειτουργικότητας της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα της με τη μέθοδο TDI, οι Παρχαρίδου και συν. έδειξαν πρόσφατα ότι η δυσλειτουργία της ΔΚ είναι πιο σοβαρή σε ασθενείς με ισχαιμική απ' ότι σε πάσχοντες από διατακτική μυοκαρδιοπάθεια.⁶ Οι ασθενείς με ισχαιμικού τύπου μυοκαρδιοπάθεια είχαν σημαντικά χαμηλότερες συστολικές και διαστολικές ταχύτητες μετατόπισης του μιτροειδικού και τριγωνοκινικού δακτυλίου και υψηλότερο λόγο πρόωμης ταχύτητας πλήρωσης δια της τριγλώχινας προς τη διαστολική ταχύτητα του δακτυλίου της (E/E') σε σύγκριση με ασθενείς με διατακτική μυοκαρδιοπάθεια. Επιπλέον, η μέγιστη συστολική ταχύτητα του τριγωνοκινικού δακτυλίου αποδείχθηκε σημαντικός δείκτης πρόβλεψης της αιτίας της μυοκαρδιοπάθειας, ανεξάρτητος από την ηλικία, το φύλο, την ύπαρξη αποκλεισμού αριστερού σκέλους και άλλες υπερηχογραφικές παραμέτρους.⁶ Μερικές πιθανές εξηγήσεις προτάθηκαν για τα ανωτέρω ευρήματα. Η συνολική απόδοση της ΔΚ δεν εξαρτάται μόνο από το ελεύθερο τοίχωμα της ΔΚ αλλά και από την συσπαστικότητα του μεσοκοιλιακού διαφράγματος, που εκπίπτει μη αναστρέψιμα επί ισχαιμικής μυοκαρδιοπάθειας. Επίσης, οι ασθενείς με ισχαιμική μυοκαρδιοπάθεια είχαν σοβαρότερου βαθμού πνευμονική υπέρταση από εκείνους με διατακτική στη σει-

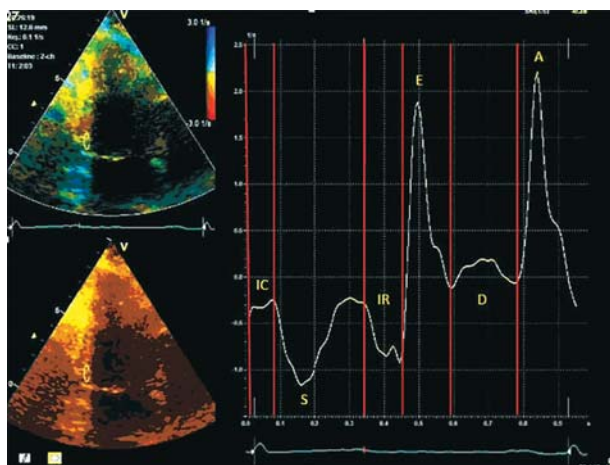
ρά αυτή, κάτι που θα μπορούσε να εξηγήσει τη χειρότερη συστολική και διαστολική απόδοση της ΔΚ στην πρώτη ομάδα. Επιπρόσθετα, η σύσπαση κατά τον επιμήκη άξονα προκαλείται κυρίως από υπενδοκάρδιες ίνες που είναι ευαίσθητες στην ισχαιμία. Συνεπώς οι μετρήσεις ταχυτήτων με το TDI στο ελεύθερο τοίχωμα της ΔΚ επηρεάζονται περισσότερο σε μυοκαρδιοπάθεια ισχαιμικής αιτιολογίας.⁶ Στις παθήσεις αυτές είναι απαραίτητη πολλές φορές η πλαστική του μιτροειδικού δακτυλίου λόγω σοβαρής ανεπάρκειας της μιτροειδούς βαλβίδας. Η προεγχειρητική εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα φαίνεται να είναι εύκολη, χαμηλού κόστους και να παρέχει ακριβείς πληροφορίες για την λειτουργία της ΔΚ.⁷

Έχει αναφερθεί ότι οι μέθοδοι του TDI και του ρυθμού συστολικής παραμόρφωσης (strain rate) καθιστούν δυνατή την ανίχνευση παθήσεων με δυσλειτουργία της ΔΚ, όπως είναι η αρρυθμογόνος δυσπλασία της ΔΚ (ΑΔΔΚ). Το γεγονός αυτό μπορεί να έχει κλινική σημασία καθώς όταν ΜΣΤΤΔ <7,5 cm/s και μέγιστη συστολική παραμόρφωση της ΔΚ <18% αναγνωρίζονται καλύτερα οι ασθενείς με ΑΔΔΚ. Φαίνεται συνεπώς ότι οι μέθοδοι TDI και του strain rate (Εικόνα 3) συμβάλλουν σημαντικά μεταξύ άλλων μεθόδων όπως η μαγνητική τομογραφία καρδιάς στην ενίοτε δύσκολη διάγνωση της ΑΔΔΚ, ακόμα και σε ασθενείς με φαινομενικά φυσιολογική ΔΚ στη συμβατική ηχοκαρδιογραφία.⁸

Είναι γνωστό ότι σε παθολογικές καταστάσεις όπου υπάρχει πνευμονική υπέρταση, η καθυστέρηση

συστολικής ενεργοποίησης του μυοκαρδίου της ΔΚ όπως εκτιμάται με το TDI θα μπορούσε να αποτελέσει μια μοναδική προσέγγιση πρόβλεψης δυσλειτουργίας της ΔΚ.⁹ Η καθυστέρηση συστολικής ενεργοποίησης του μυοκαρδίου της ΔΚ ορίστηκε ως η διαφορά του χρόνου ως τη μέγιστη στο TDI συστολική ταχύτητα μεταξύ του βασικού πλαγίου τοιχώματος της ΔΚ και του βασικού μεσοκοιλιακού διαφράγματος. Σε ασθενείς με πνευμονική υπέρταση έχει δείχτει μια ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της καθυστέρησης συστολικής ενεργοποίησης του μυοκαρδίου της ΔΚ και της κλασματικής μεταβολής της επιφάνειας της ΔΚ.⁹ Σε άλλη μελέτη της λειτουργικότητας του πλαγίου τοιχώματος της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα με την τεχνική του strain rate βρέθηκε ότι η παραμόρφωση της ΔΚ συσχετίζεται σημαντικά με μερικές πνευμονικές αιμοδυναμικές παραμέτρους σε ασθενείς με πνευμονική υπέρταση και φυσιολογική λειτουργία της αριστερής κοιλίας. Να σημειωθεί όμως ότι δεν υπήρχε συσχέτιση με την απόδοση της ΔΚ σε ασθενείς με δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας.¹⁰ Τελευταία μελετήθηκε η τμηματική κατά τον επιμήκη άξονα παραμόρφωση του ελεύθερου τοιχώματος της ΔΚ με τη χρησιμοποίηση απεικόνισης strain rate. Οι παράμετροι παραμόρφωσης ήταν περισσότερο μειωμένες στα κορυφαία τμήμα σε σχέση με το βασικό τμήμα στην ομάδα ασθενών με πνευμονική υπέρταση. Η μείωση της κορυφαίας παραμόρφωσης σχετίστηκε με την βαρύτητα του μεταφορτίου της ΔΚ. Ισχυρές συσχετίσεις βρέθηκαν ανάμεσα στην κορυφαία παραμόρφωση και τις επεμβατικά μετροημένες μέση πίεση πνευμονικής αρτηρίας και πνευμονικές αγγειακές αντιστάσεις.¹¹ Στις πιο πάνω μελέτες διαπιστώθηκε επηρεασμένη λειτουργικότητα της ΔΚ επί πνευμονικής υπέρτασης, όμως σε περιπτώσεις πνευμονικής υπέρτασης η δυσλειτουργία της ΔΚ δεν είναι η μόνη διαταραχή. Έχει βρεθεί ότι η καρδιακή λειτουργία ήταν παθολογική σε ασθενείς με σοβαρή πνευμονική υπέρταση λόγω συνδυασμού μεταβολών σε αμφότερες την συστολική και διαστολική λειτουργία της ΔΚ καθώς και στην διαστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας, διαταραχές που εξετάζονται βέβαια με το TDI. Συνεπώς φαίνεται ότι το TDI είναι μία μέθοδος ιδιαίτερα χρήσιμη για την εκτίμηση των ασθενών με πνευμονική υπέρταση.¹²

Όσον αφορά ασθενείς με σοβαρή στένωση της μιτροειδούς, όπου υπάρχει πνευμονική υπέρταση και λόγω αυτής δυσλειτουργία της ΔΚ, η εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα με την μέθοδο TDI έχει αποδειχτεί να παρέχει



Εικόνα 3. Καμπύλη ρυθμού ιστικής παραμόρφωσης (strain rate) κατά τον επιμήκη άξονα για ένα καρδιακό κύκλο. (IC, ισογκωπτική σύσπαση; S, συστολή; IR, ισογκωπτική χάλαση; E, πρώιμη διαστολική πλήρωση; D, διάσταση; A, όψιμη διαστολική πλήρωση – κολπική συστολή).

σημαντικές πληροφορίες σχετικές με την ικανότητα για άσκηση.¹³

Η πνευμονική εμβολή, μια πάθηση που συνδέεται με την άνοδο της πίεσης στην πνευμονική αρτηρία και συνεπώς με δυσλειτουργία της ΔΚ, φαίνεται να μην είναι ασυνήθης επιπλοκή σε ασθενείς με συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια. Στην ομάδα αυτή ασθενών έχει διαπιστωθεί ότι η μελέτη της λειτουργικότητας της αριστερής και δεξιάς κοιλίας κατά τον επιμήκη άξονα συμβάλλει στη διάγνωση της πνευμονικής εμβολής. Ειδικότερα διαπιστώθηκε από την μέτρηση των συστολικών ταχυτήτων κατά τον επιμήκη άξονα του μιτροειδικού (SmLV) και του τριγλωχινικού (SmRV) δακτυλίου ότι λόγος SmRV/SmLV $\leq 1,2$ μπορεί να διαχωρίσει ασθενείς με πνευμονική εμβολή με ευαισθησία 76% και ειδικότητα 93,3%, όπως προέκυψε από ανάλυση καμπυλών ROC.¹⁴ Όσον αφορά την εκτίμηση της βαρύτητας της πνευμονικής εμβολής, όπου η ποσοτικοποίηση της παίζει μεγάλο ρόλο στην θεραπευτική της αντιμετώπιση, έχει βρεθεί από την εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα με την τεχνική της ιστικής παραμόρφωσης ότι η μέγιστη συστολική παραμόρφωση στο μέσο τμήμα του ελεύθερου τοιχώματος της ΔΚ ήταν μειωμένη σε ασθενείς με έλλειμμα αιμάτωσης μεγαλύτερο από 25%.¹⁵

Έχει αναφερθεί ότι ο σακχαρώδης διαβήτης προκαλεί υποκλινική δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας. Φαίνεται όμως ότι επηρεάζει και την λειτουργικότητα της ΔΚ. Με την τεχνική strain/strain rate διαπιστώθηκε υποκλινική δυσλειτουργία της ΔΚ επί σακχαρώδους διαβήτη.¹⁶

Η υπερφόρτωση με σίδηρο επηρεάζει δυσμενώς τη συστολική και διαστολική λειτουργία αμφοτέρων των κοιλιών σε ασθενείς με β-θαλασαιμία, και μάλιστα τη συστολική λειτουργία ενωρίτερα σε σχέση με τη διαστολική. Η εκτίμηση της λειτουργικότητας των επιμήκως διατεταγμένων ινών σε αμφοτέρες τις κοιλίες με το TDI αποτελεί μια εύχρηστη και αξιόπιστη μέθοδο πρώιμης διαπίστωσης της κοιλιακής δυσλειτουργίας.¹⁷ Μια άλλη διηθητικού τύπου μυοκαρδιοπάθεια, η αμυλοείδωση, συχνά παρουσιάζεται με σημεία συμφορητικής καρδιακής ανεπάρκειας. Όταν η λειτουργία της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα εκτιμάται με M-Mode, συστολική μετατόπιση του τριγλωχινικού δακτυλίου (ΣΜΤΔ) < 17 mm θεωρείται δείκτης δυσλειτουργίας της ΔΚ. Βρέθηκε ότι η δυσλειτουργία της ΔΚ σχετίζεται με σοβαρότερη προσβολή της αριστερής κοιλίας, υψηλότερα επίπεδα NT-proBNP στο πλάσμα και πτωχή πρόγνωση.¹⁸

Συνήθης είναι η δυσλειτουργία της δεξιάς κοιλίας σε συγγενείς καρδιοπάθειες. Σχετικά με την χειρουργηθείσα τετραλογία του Fallot έχει βρεθεί σε μια σειρά ασυμπτωματικών ασθενών που είχαν τη νόσο ότι η χρήση του TDI αλλά και του BNP επέτρεπε τον εύκολο διαχωρισμό τους από υγιείς μάρτυρες. Η ικανότητα του TDI να εκτιμά τη λειτουργικότητα των κοιλιών κατά τον επιμήκη άξονα ακόμα και επί παρουσίας βαλβιδικών βλαβών, όπως σε ασθενείς με χειρουργηθείσα τετραλογία Fallot, το καθιστά πολύτιμο εργαλείο εξέτασης και παρακολούθησης των ασθενών αυτών.¹⁹ Στο τελευταίο συμφωνούν και άλλοι συγγραφείς, οι οποίοι από την μελέτη της λειτουργικότητας της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα διαπίστωσαν ανωμαλίες της συστολικής και διαστολικής λειτουργίας αυτής σε ασθενείς με διορθωμένη τετραλογία Fallot. Επιπλέον διαπίστωσαν ότι η ΜΣΤΤΔ προβλέπει την ικανότητα των ασθενών αυτών για άσκηση.²⁰ Όσον αφορά ασθενείς με παλαιότερη εγχείρηση Senning και συστηματική ΔΚ, ενδιαφέρουσα είναι η πληροφορία που προέκυψε από την μελέτη της συστολικής παραμόρφωσης της, ότι όπως και στη φυσιολογική αριστερή κοιλία υπάρχει εντονότερη κυκλοτερής παρά κατά τον επιμήκη άξονα βράχυνση, σε αντίθεση με τα ευρήματα σε φυσιολογική ΔΚ. Αυτό ίσως αποτελεί απάντηση προσαρμογής στο φορτίο της συστηματικής κυκλοφορίας. Αξίζει όμως να επισημανθεί ότι η συστηματική ΔΚ δεν κάνει κίνηση συστροφής (torsion) όπως διαπιστώνεται σε φυσιολογική αριστερή κοιλία.²¹

Διαστολική δυσλειτουργία της ΔΚ

Πίνακας 1 (2)

Υπάρχουν λίγα δεδομένα για την εκτίμηση της διαστολικής δυσλειτουργίας της ΔΚ και των πιέσεων πλήρωσης της δια της ηχοκαρδιογραφίας. Οι Sade και συν. καθόρισαν εάν ο λόγος της πρώιμης ταχύτητας πλήρωσης δια της τριγλώχινας προς την διαστολική ταχύτητα του δακτυλίου της (E/E') θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί η πίεση πλήρωσης της ΔΚ σε ασθενείς με και χωρίς πρόσφατη καρδιοχειρουργική επέμβαση.²² Βρήκαν ότι το E/E' συσχετιζόταν μέτρια μόνο με την πίεση της πνευμονικής αρτηρίας νωρίς μετά από καρδιοχειρουργική επέμβαση. Επιβεβαίωσαν όμως ότι το E/E' συσχετιζόταν ισχυρά με την πίεση της πνευμονικής αρτηρίας σε ασθενείς χωρίς καρδιοχειρουργική επέμβαση. Η ευαισθησία και η ειδικότητα ενός E/E' ≥ 4 ήταν 88% και 85% για πίεση δεξιού κόλπου ≥ 10 mm Hg σε ασθενείς που δεν είχαν πρόσφατα

υποβληθεί σε καρδιοχειρουργική επέμβαση. Κατέληξαν ότι το E/E' είναι χρήσιμο για την μη επεμβατική εκτίμηση της πίεσης πλήρωσης της ΔΚ και για ανίχνευση διαδοχικών μεταβολών σε ευρύ φάσμα κλινικών καταστάσεων, αλλά ότι συσχετίζεται ασθενώς με την πίεσης πνευμονικής αρτηρίας νωρίς μετά από καρδιοχειρουργική επέμβαση και σε ασθενείς με φυσιολογική λειτουργία ΔΚ.

Συστολική πίεση πνευμονικής αρτηρίας και εκτίμηση πνευμονικών αντιστάσεων

Πίνακας 1 (3, 4)

Σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις ο υπολογισμός της συστολικής πίεσης στην πνευμονική αρτηρία παραδοσιακά γίνεται από την ανεπάρκεια της τριγλώχινας μέσω της εξίσωσης Bernoulli. Πρόσφατα όμως οι Fahmy Elnoamany και Abdelraouf Dawood βρήκαν ότι ο χρόνος ισογκωτικής χάλασης της ΔΚ, όπως υπολογίζεται με το TDI στον τριγλωχινικό δακτύλιο, συσχετίζεται πολύ ισχυρά με την επεμβατικά μετρημένη συστολική πίεση πνευμονικής αρτηρίας.²³ Πρότειναν ότι αυτή η παράμετρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθεί η συστολική πίεση της πνευμονικής αρτηρίας. Μπορεί να θεωρηθεί σαν εναλλακτική της δια της ανεπάρκειας τριγλώχινας εκτιμώμενης συστολικής πίεσης πνευμονικής αρτηρίας όταν δεν μπορεί να καταγραφεί ανεπάρκεια τριγλώχινας. Συνέστησαν όμως ότι θα πρέπει να διατηρούνται επιφυλάξεις όταν εξετάζονται ασθενείς με σημαντική έκπτωση λειτουργικότητας της ΔΚ.

Σχετικά με τον υπολογισμό των πνευμονικών αντιστάσεων με αναίμακτη μέθοδο φαίνεται ότι η μέθοδος TDI δίνει κάποιες λύσεις. Οι Gurudevan και συν. μελέτησαν 50 διαδοχικούς ασθενείς με υποψία χρόνιας πνευμονικής υπέρτασης θρομβοεμβολικής αιτιολογίας.²⁴ Διενεργήθηκε προεγχειρητικό διαθωρακικό ηχοκαρδιογράφημα με μελέτη TDI του τριγλωχινικού δακτυλίου. Όλοι οι ασθενείς υπεβλήθησαν σε καρδιακό καθετηριασμό με επεμβατική μέτρηση της μέσης πίεσης πνευμονικής και των πνευμονικών αγγειακών αντιστάσεων. Οι ερευνητές βρήκαν ότι η ΜΣΤΤΔ είχε αντίστροφη συσχέτιση με την δια καθετηριασμού μετρημένη μέση πίεση πνευμονικής αρτηρίας, με σταθερά συσχέτισης -0,493 (P = 0,0003). Πιο εντυπωσιακή ήταν η αντίστροφη συσχέτιση της ΜΣΤΤΔ με τις δια καθετηριασμού μετρημένες πνευμονικές αντιστάσεις, με σταθερά συσχέτισης -0,710 (P < 0,0001). Βασισμένοι στα δεδομένα υπολόγισαν την ακόλουθη εξίσωση λογαριθμικής

κλής παλινδρόμησης: αντίσταση πνευμονικής βαλβίδας = 3698 - 1227 × ln ΜΣΤΤΔ.

Πρόγνωση δυσλειτουργίας δεξιάς κοιλίας

Πίνακας 2 (10)

Θα ήταν μάλλον ασύνηθες αν η εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΔΚ δεν έπαιξε ρόλο στην πρόγνωση των καρδιακών παθήσεων. Όπως έδειξαν οι Καρατασάκης και συν. η βράχυνση της ΔΚ, μετρημένη ως η διαφορά της τελοδιαστολικής μείον την τελοσυστολική απόσταση ανάμεσα στον τριγλωχινικό δακτύλιο και την κορυφή της ΔΚ, μπορεί να είναι αξιόπιστος δείκτης πρόγνωσης ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια. Για περίοδο παρακολούθησης 14 ± 10 μήνες τιμή >1,25 cm προέβλεπε επιβίωση με ευαισθησία 90%, ειδικότητα 80% και συνολική ακρίβεια πρόβλεψης 83%.²⁵ Πρόσφατα οι Dokainish και συν. έδειξαν εξετάζοντας τη λειτουργικότητα της ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα ότι η εκτιμώμενη με TDI συστολική ταχύτητα της ΔΚ είναι ανεξάρτητος προβλεπτικός δείκτης καρδιακού θανάτου ή επανεισαγωγής ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια και δείχνει να υπερέχει έναντι συμβατικών υπερηχογραφικών παραμέτρων που λαμβάνονται από τη διδιάστατη μελέτη της λειτουργίας της δεξιάς κοιλίας.²⁶

Θεραπεία καρδιακού επανασυγχρονισμού

Πίνακας 2 (11, 12)

Η αμφικοιλιακή βηματοδότηση επηρεάζει θετικά την λειτουργικότητα της αριστερής και δεξιάς κοιλίας. Μετά την εμφύτευση αμφικοιλιακού βηματοδότη σε ασθενείς με δυσσυγχρονισμό αριστερής κοιλίας, από την εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΔΚ με το TDI κατά τον επιμήκη άξονα έχει βρεθεί ότι ο καρδιακός επανασυγχρονισμός έχει επωφελή επίδραση στη λειτουργικότητα της και ότι αυτή η επωφελής επίδραση είναι ανεξάρτητη της βελτίωσης στο κλάσμα εξώθησης της ΑΚ.²⁷ Επιπρόσθετα, πρόσφατα δεδομένα υποδηλώνουν πιθανά οφέλη από τη θεραπεία καρδιακού επανασυγχρονισμού στην αντιμετώπιση της δυσλειτουργίας της ΔΚ επί συγγενών καρδιοπαθειών όπως σε διορθωμένη μετάθεση μεγάλων αγγείων μετά από επεμβάσεις Senning ή Mustard. Στη μελέτη αυτή ο καρδιακός δυσσυγχρονισμός ανιχνεύθηκε με τη χρησιμοποίηση του TDI για τη μελέτη της λειτουργίας της κοιλίας κατά τον επιμήκη άξονα.²⁸ Στους ασθενείς αυτούς το μέγεθος της ενδοκοιλιακής στη ΔΚ και της διακοιλιακής μηχανικής καθυστέρησης συσχετίστηκε με τους μετρημένους όγκους της δε-

ξιάς κοιλίας και το κλάσμα εξώθησης από την μαγνητική τομογραφία, καθώς και με παραμέτρους από δοκιμασία άσκησης σε κυλιόμενο τάπητα. Η ενδοκοιλιακή στη ΔΚ και η διακοιλιακή μηχανική καθυστέρηση συσχετίστηκε αρνητικά με το κλάσμα εξώθησης της ΔΚ και με το ποσοστό επί τοις εκατό της προβλεπόμενης μέγιστης κατανάλωσης οξυγόνου και θετικά με την καμπύλη του λόγου του κατά λεπτό αερισμού προς την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα. Οι ερευνητές συμπέραναν ότι ο δυσυγχρονισμός της ΔΚ είναι συνήθης σε νέους ενήλικες μετά από επεμβάσεις αναδιανομής ροής στο επίπεδο των κόλπων και συσχετίζεται με συστολική δυσλειτουργία της συστηματικής ΔΚ και μειωμένη απόδοση στην άσκηση.²⁸

Συμπεράσματα

Η θέση, η γεωμετρία, η δομή και τα μοναδικά λειτουργικά χαρακτηριστικά της ΔΚ καθιστούν την ηχοκαρδιογραφική της μελέτη ιδιαίτερα δύσκολη. Οι παραδοσιακές ηχοκαρδιογραφικές τεχνικές απέχουν αρκετά από την τελειότητα όταν το ζητούμενο είναι η ακριβής εκτίμηση της λειτουργικότητας της ΔΚ. Οι νεότερες τεχνικές που εξετάζουν τη ΔΚ κατά τον επιμήκη άξονα προσφέρουν επιπρόσθετες χρήσιμες παθοφυσιολογικές και αιμοδυναμικές πληροφορίες οι οποίες ακολούθως μπορούν να ληφθούν υπ' όψιν στην κλινική αντιμετώπιση αρκετών παθολογικών καταστάσεων που επιδρούν στη δεξιά καρδιά.

Βιβλιογραφία

- Lindqvist P, Calcuttea A, Henein M. Echocardiography in the assessment of right heart function. *Eur J Echocardiogr* 2008; 9: 225-234.
- Puchalski MD, Williams RV, Askovich B, Minich LL, Mart C, Tani LY. Assessment of right ventricular size and function: echo versus magnetic resonance imaging. *Congenit Heart Dis* 2007; 2: 27-31.
- Song ZZ. Does tricuspid annular plane systolic excursion or systolic velocity allow a precise determination of right ventricular function after heart transplantation? *J Heart Lung Transplant* 2007;26:868.
- De Castro S, Cavarretta E, Milan A, et al. Usefulness of tricuspid annular velocity in identifying global RV dysfunction in patients with primary pulmonary hypertension: a comparison with 3D echo-derived right ventricular ejection fraction. *Echocardiography* 2008; 25: 289-293.
- Wang J, Prakasa K, Bomma C, et al. Comparison of novel echocardiographic parameters of right ventricular function with ejection fraction by cardiac magnetic resonance. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20: 1058-1064.
- Parcharidou DG, Giannakoulas G, Efthimiadis GK, et al. Right ventricular function in ischemic or idiopathic dilated cardiomyopathy. *Circ J* 2008; 72: 238-244.
- Di Mauro M, Calafiore AM, Penco M, Romano S, Di Giannamarcò G, Gallina S. Mitral valve repair for dilated cardiomyopathy: predictive role of right ventricular dysfunction. *Eur Heart J* 2007; 28: 2510-2516.
- Prakasa KR, Wang J, Tandri H, et al. Utility of tissue Doppler and strain echocardiography in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2007; 100: 507-512.
- You XD, Pu ZX, Peng XJ, Zheng SZ. Tissue Doppler imaging study of right ventricular myocardial systolic activation in subjects with pulmonary arterial hypertension. *Chin Med J (Engl)* 2007; 120: 1172-1175.
- Rajagopalan N, Simon MA, Shah H, Mathier MA, Lopez-Candales A. Utility of right ventricular tissue Doppler imaging: correlation with right heart catheterization. *Echocardiography* 2008; 25: 706-711.
- Huez S, Vachier JL, Unger P, Brimiouille S, Naeije R. Tissue Doppler imaging evaluation of cardiac adaptation to severe pulmonary hypertension. *Am J Cardiol* 2007; 100: 1473-1478.
- Lopez-Candales A, Dohi K, Rajagopalan N, Edelman K, Gulyasy B, Bazaz R. Defining normal variables of right ventricular size and function in pulmonary hypertension: an echocardiographic study. *Postgrad Med J* 2008; 84: 40-45.
- Choi EY, Shim J, Kim SA, et al. Value of echo-Doppler derived pulmonary vascular resistance, net-atrioventricular compliance and tricuspid annular velocity in determining exercise capacity in patients with mitral stenosis. *Circ J* 2007; 71: 1721-1727.
- Gromadzinski L, Targonski R. The role of tissue colour Doppler imaging in diagnosis of segmental pulmonary embolism in congestive heart failure patients. *Kardiol Pol* 2007; 65: 1433-1439; discussion 40-41.
- Kjaergaard J, Schaadt BK, Lund JO, Hassager C. Quantification of right ventricular function in acute pulmonary embolism: relation to extent of pulmonary perfusion defects. *Eur J Echocardiogr* 2008; 9: 641-645.
- Kosmala W, Przewlocka-Kosmala M, Mazurek W. Subclinical right ventricular dysfunction in diabetes mellitus--an ultrasonic strain/strain rate study. *Diabet Med* 2007; 24: 656-663.
- Akpinar O, Acarturk E, Kanadasi M, Unsal C, Baslamisli F. Tissue doppler imaging and NT-proBNP levels show the early impairment of ventricular function in patients with beta-thalassaemia major. *Acta Cardiol* 2007; 62: 225-231.
- Ghio S, Perlini S, Palladini G, et al. Importance of the echocardiographic evaluation of right ventricular function in patients with AL amyloidosis. *Eur J Heart Fail* 2007;9:808-13.
- Brili S, Alexopoulos N, Latsios G, et al. Tissue Doppler imaging and brain natriuretic peptide levels in adults with repaired tetralogy of Fallot. *J Am Soc Echocardiogr* 2005; 18: 1149-1154.
- Salehian O, Burwash IG, Chan KL, Beauchesne LM. Tricuspid annular systolic velocity predicts maximal oxygen consumption during exercise in adult patients with repaired tetralogy of Fallot. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21: 342-346.
- Petterson E, Helle-Valle T, Edvardsen T, et al. Contraction pattern of the systemic right ventricle shift from longitudinal to circumferential shortening and absent global ventricular torsion. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 2450-2456.
- Sade LE, Gulmez O, Eroglu S, Sezgin A, Muderrisoglu H.

- Noninvasive estimation of right ventricular filling pressure by ratio of early tricuspid inflow to annular diastolic velocity in patients with and without recent cardiac surgery. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20: 982-988.
23. Fahmy Elnoamany M, Abdelraouf Dawood A. Right ventricular myocardial isovolumic relaxation time as novel method for evaluation of pulmonary hypertension: correlation with endothelin-1 levels. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20: 462-469.
 24. Gurudevan SV, Malouf PJ, Kahn AM, et al. Noninvasive assessment of pulmonary vascular resistance using Doppler tissue imaging of the tricuspid annulus. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20: 1167-1171.
 25. Karatasakis GT, Karagounis LA, Kalyvas PA, et al. Prognostic significance of echocardiographically estimated right ventricular shortening in advanced heart failure. *Am J Cardiol* 1998; 82: 329-334.
 26. Dokainish H, Sengupta R, Patel R, Lakkis N. Usefulness of right ventricular tissue Doppler imaging to predict outcome in left ventricular heart failure independent of left ventricular diastolic function. *Am J Cardiol* 2007; 99: 961-965.
 27. Rajagopalan N, Suffoletto MS, Tanabe M, et al. Right ventricular function following cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2007; 100: 1434-1436.
 28. Chow PC, Liang XC, Lam WW, Cheung EW, Wong KT, Cheung YF. Mechanical right ventricular dyssynchrony in patients after atrial switch operation for transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 2008; 101: 874-881.