

Προβληματισμοί και μυστικές πληροφορίες για την ηχοκαρδιογραφική αποκρυπτογράφηση της διαστολικής λειτουργίας της αριστερής κοιλίας

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΣΤΕΦΑΝΙΔΗΣ¹,
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΤΣΙΑΒΟΣ¹, ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΚΑΤΣΙΛΗ¹,
ΒΑΝΕΣΑ ΑΝΤΩΝΙΑΔΟΥ², ΟΛΓΑ ΚΟΥΡΤΗ²,
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΘΩΜΟΠΟΥΛΟΣ²

¹ Α' Καρδιολογικό Τμήμα, Γενικό Κρατικό Νοσοκομείο Νίκαιας

² Καρδιολογική Κλινική, Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών Λαϊκό

Λέξεις ευρετηρίου

Υπέρχος καρδιάς, διαστολική λειτουργία, doppler

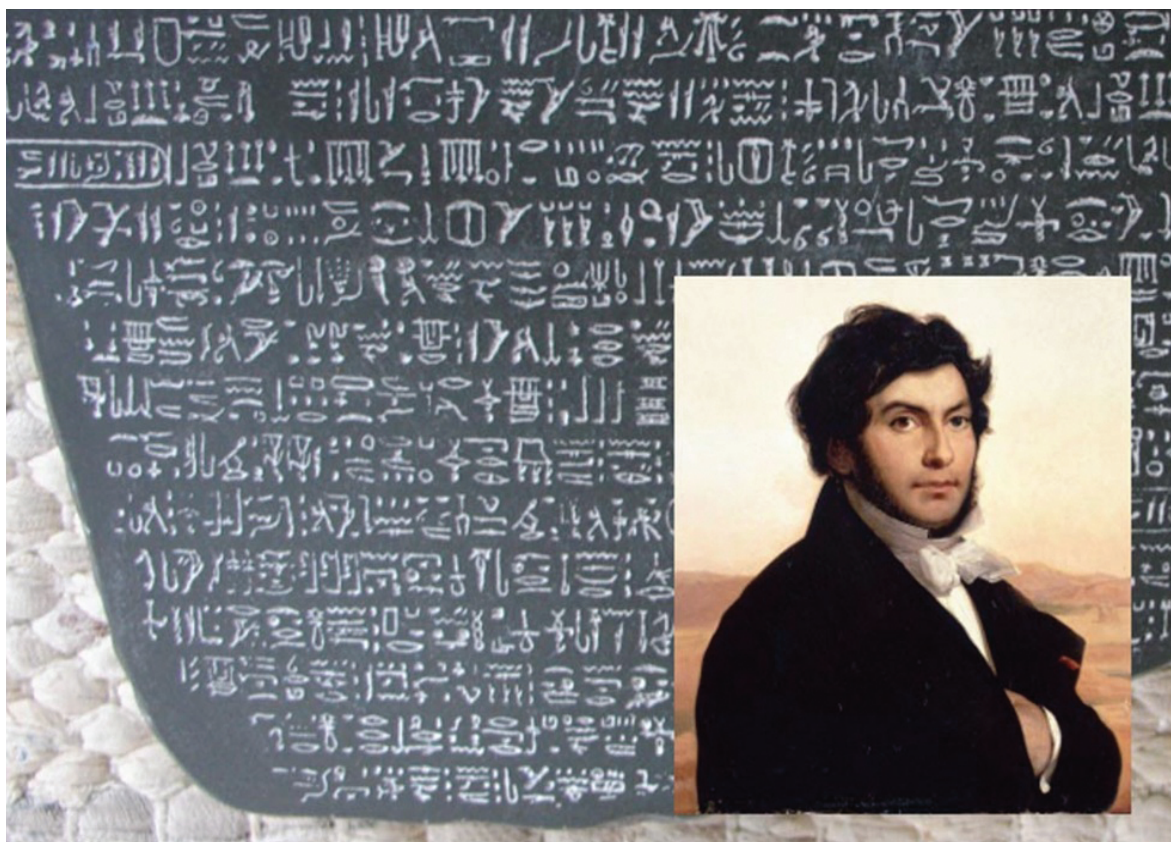
Επικοινωνία

Αλέξανδρος Στεφανίδης
Διευθυντής Α' Καρδιολογικού
Τμήματος, Γ.Ν. Νίκαιας
Email: plato203@yahoo.com

Εχουν περάσει σχεδόν 30 χρόνια από τη δημοσίευση του μνημειώδους άρθρου των Nishimura και Tajik από τη Mayo Clinic, που επιδίωξε να αποκρυπτογραφήσει μόνο με το φασματικό Doppler τη διαστολική λειτουργία της καρδιάς. Ο ιδιότυπος τίτλος του *‘η Doppler ηχοκαρδιογραφία είναι η πέτρα της Ροζέτας του κλινικού γιατρού’*¹ δήλωνε πως η κατανόηση της φυσιολογίας της διαστολής της καρδιάς μπορεί να ‘αποκρυπτογραφηθεί’ την εν γένει λειτουργία της, από την επαναρρόφηση των ελεύθερων ιόντων ασβεστίου στο σαρκοπλασματικό δίκτυο μέχρι και την ερμηνεία των καρδιακών τόνων. Σ’ αυτό το σημείο θα ήταν σκόπιμο να αναφερθεί πως η προσφορά του Γάλλου λόγιου και πατέρα της Αιγυπτιολογίας Champollion στην αποκρυπτογράφηση της ιερογλυφικής γραφής αναγνωρίστηκε 64 χρόνια μετά το θάνατό του, αποδεικνύοντας πως η αποδοχή μίας νέας επιστημονικής θέσης δεν είναι πάντα εύκολη (**Εικόνα 1**).

Την αρχική δημοσίευση της Mayo clinic ακολούθησε μία αναθεωρημένη έκδοση από το ίδιο κέντρο 10 χρόνια μετά (με περισσότερες ερμηνευτικές υπερηχογραφικές μεταβλητές),² ενώ έναν χρόνο αργότερα προέκυψαν και οι πρώτες κατευθυντήριες οδηγίες από την Αμερικάνικη Εταιρεία Ηχοκαρδιογραφίας³ οι οποίες ανανεώθηκαν το 2016.⁴ Αξίζει ωστόσο ιδιαίτερης μνείας η πρόσφατη δημοσίευση νέων οδηγιών από την Βρετανική Εταιρεία Ηχοκαρδιογραφίας (British Society of Echocardiography - BSE), που πρωτοτύπησε εισάγοντας στους αλγόριθμους την παραμόρφωση (strain) του κοιλιακού μυοκαρδίου.⁵

Το παρόν άρθρο επιδιώκει να υπενθυμίσει πως παρά την έλευση νέων τεχνικών βελτιώσεων στη σύγχρονη ηχοκαρδιογραφία γίνονται ακόμα καθημερινά αποπήματα στη χρήση της. Στόχος είναι η συνοπτική αναφορά γενικών κατευθύνσεων και όχι μια εμπεριστατωμένη ανάλυση τους, κυρίως επειδή ο όγκος της υπάρχουσας βιβλιογραφίας καθιστά αδύνατη τη συνολική κάλυψη του θέματος σε λίγες σελίδες.



Εικόνα 1. Jean François Champollion (1790-1832).

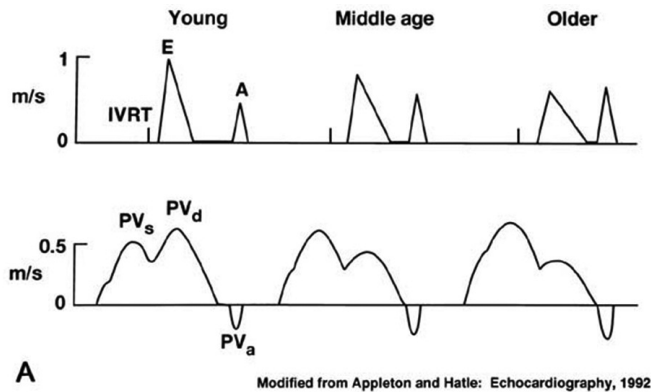
Το φασματικό Doppler εξακολουθεί να είναι θεμελιώδες

Η εξέλιξη της διαμπτροειδικής ροής και της αντίστοιχης των πνευμονικών φλεβών από την υγιή κατάσταση στην ασθένεια φαίνεται στην **Εικόνα 2**. Πρέπει να επισημανθούν τα εξής: α) η σχέση των κυμάτων E και A ποτέ δεν είναι παθολογική για τον προσδιορισμό του σταδίου της διαστολικής δυσλειτουργίας, αλλά είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της διερεύνησής της. Ειδικότερα, $E < A$ μπορεί να έχει ένα υγιές άτομο λόγω αυξημένης καρδιακής συχνότητας, ενώ αντίθετα $E > A$ ένας ασθενής στα αρχικά στάδια τεκμηριωμένης μυοκαρδιακής παθολογίας που ακόμα δεν έχει ικανή έκταση ώστε να επηρεάσει τη συνολική διαστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας, β) η αύξηση του χρόνου ισοογκωτικής χάλασης (IVRT) πάντα δηλώνει παθολογία, όχι όμως και μία φυ-

σιολογική τιμή η οποία 'ψευδοφυσιολογικοποιείται' σε βαρύτερες καταστάσεις και γ) το φασματικό Doppler ως εργαλείο εκτίμησης της διαστολικής λειτουργίας επηρεάζεται όχι μόνο από τις ιδιότητες του μυοκαρδίου, αλλά και από το μεταφόρτιο και προφόρτιο. Μία υπερτασική κρίση σε ασθενή με φυσιολογικό μυοκάρδιο θα δημιουργήσει αυξημένο κύμα A και αύξηση του χρόνου ισοογκωτικής χάλασης, που θα αναστραφούν μετά τη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης.

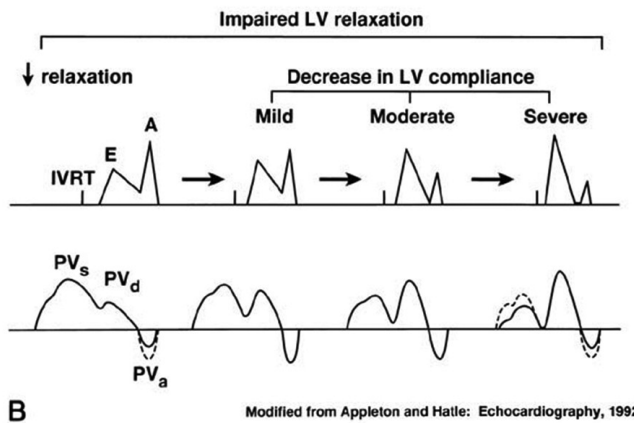
Το ιστικό Doppler είναι χρήσιμο, αλλά...

Η έλευση του ιστικού Doppler τη δεκαετία του 90 δημιούργησε προσδοκίες πως η χρήση του θα αποκάλυπτε πρωϊμότερα τη μυοκαρδιακή παθολογία (**Εικόνα 3**). Ωστόσο, ενέχει περιορισμούς. Η διερεύνηση της κάθετης κίνησης του δακτυλίου



A

Modified from Appleton and Hatle: Echocardiography, 1992

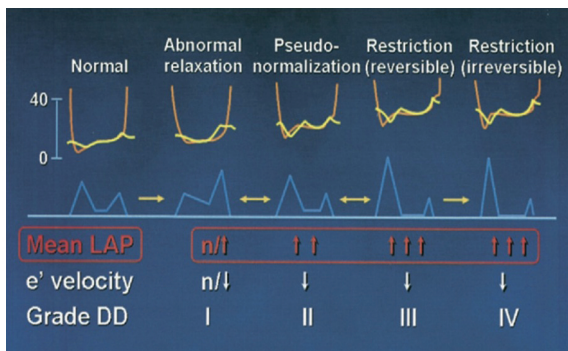


B

Modified from Appleton and Hatle: Echocardiography, 1992

Εικόνα 2.

της μιτροειδούς είναι περιορισμένης αξίας σε ασβέστωσή του, όπως σε παθήσεις του περικαρδίου, σε ισχαιμική καρδιοπάθεια με τμηματική μυοκαρδιακή προσβολή, αλλά και σε σοβαρή ανεπάρκεια μιτροειδούς, η οποία αυξάνει τις ταχύτητες παθητικά. Το πηλίκο των ταχυτήτων του



Εικόνα 3.

κύματος E διά του e' είναι μία σημαντική παράμετρος στην κατηγοριοποίηση του σταδίου της διαστολικής δυσλειτουργίας, αν και πάντα παραμένει μία 'γκρίζα' ζώνη που απαιτεί την επιπρόσθετη χρήση άλλων μεταβλητών (υπερηχογραφικών ή βιοχημικών) για την τελική εκτίμηση.

Η ταχύτητα της ανεπάρκειας της τριγλώχινας βαλβίδας

Η χρήση της αποφασίστηκε στο επικαιροποιημένο άρθρο του 2008 από τη Mayo clinic, αλλά η επίσημη είσοδός της στους αλγόριθμους διερεύνησης διαστολικής δυσλειτουργίας έγινε με την έλευση των πρώτων οδηγιών (και σε όλες τις αναθεωρήσεις τους). Η ταχύτητα $>2,8$ m/s είναι το όριο που θεωρείται κριτήριο παθολογίας και συνυπολογίζεται ανεξαρτήτως κλάσματος εξώθησης, ύπαρξης ή όχι μυο-

καρδιοπάθειας ή κολπικής μαρμαρυγής. Δεν είναι χρήσιμη φυσικά όταν άλλες νόσοι προκαλούν την εμφάνισή της (π.χ. βαλβιδοπάθεια), σε περίπτωση υπερκινητικής κυκλοφορίας ή μειωμένης γλοιότητας αίματος. Να τονιστεί επίσης η περίπτωση υποεκτίμησης της ανόδου των πνευμονικών πιέσεων όταν η βαρύτητα της ανεπάρκειας είναι πολύ μεγάλη γεγονός που καταργεί τη γραμμική σχέση ταχύτητας ανεπάρκειας τριγλώχινας και συστολικής πίεσης της πνευμονικής αρτηρίας.

Τι κάνουμε όταν έχουμε στένωση μιτροειδούς;

Η στένωση της μιτροειδούς βαλβίδας, ιδιαίτερα η μέτρια ή σοβαρή αποτελεί μία συνθήκη πρακτικής αδυναμίας ακριβούς εκτίμησης της διαστολικής δυσλειτουργίας της αριστερής κοιλίας, δεδομένου ότι το διαμιτροειδικό κύμα E επηρεά-

ζεται περισσότερο από τη μειωμένη διάνοιξη της βαλβίδας και λιγότερο από τις διαστολικές ιδιότητες της 'προστατευμένης' αριστερής κοιλίας. Οι συγγραφείς των τελευταίων οδηγιών της BSE καταλήγουν στο συμπέρασμα πως σε ένα τέτοιο σενάριο υπάρχουν μεταβλητές που εξακολουθούν να είναι χρήσιμες, όπως το e' ή και το GLS, για να πάρουμε έμμεσες ενδείξεις μίας δυσλειτουργικής αριστερής κοιλίας. Ένας ακόμα δείκτης (που ωστόσο σπάνια χρησιμοποιείται), συγκεκριμένα το $\text{πηλίκο IVRT}/\Delta T E-e' < 4.2$ δηλώνει με αρκετή αξιοπιστία τη διαστολική δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας και σε στένωση μιτροειδούς (όπου $\Delta T E-e'$ είναι η χρονική διαφορά της εμφάνισης του φασματικού E κύματος με το ιστικό e').

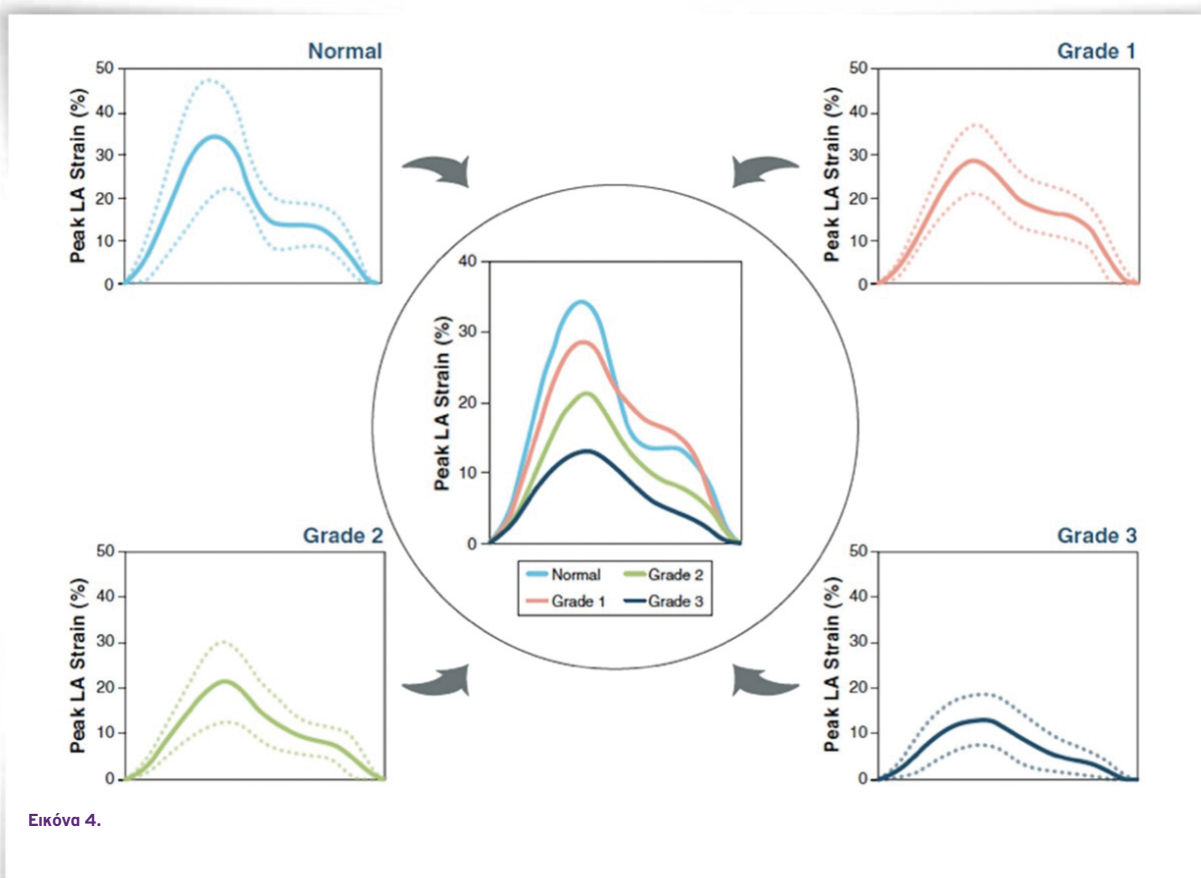
Παραμόρφωση (strain) κολπικού τοιχώματος

Το strain του κολπικού τοιχώματος είναι μία από τις νεότερες απεικονιστικές τεχνικές της σύγχρονης ηχωκαρδιογραφίας αλλά μέχρι σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί σε μικρές σχετικά μελέτες ερμη-

νείας διάφορων παθολογικών καταστάσεων και περισσότερο για ερευνητικούς σκοπούς. Οι Βρετανικές οδηγίες είναι οι πρώτες που εντάσσουν μεθοδικά στον αλγόριθμο τη συνεισφορά του για τη σταδιοποίηση της διαστολικής λειτουργίας. Συγκεκριμένα από τις 3 φάσεις (αποθηκευτική φάση, φάση αγωγού και φάση σύσπασης κόλπου) διερευνώνται μόνο το strain της φάσης αποθήκευσης και της σύσπασης του αριστερού κόλπου. Αυτό που καθιστά τη νέα αυτή μεταβλητή ενδιαφέρουσα είναι η προοδευτική επιβάρυνση του με την εξέλιξη της διαστολικής δυσλειτουργίας και η μη ύπαρξη ψευδοφυσιολογικοποίησης (Εικόνα 4).

Καρδιακός ασυγχρονισμός και διαστολική λειτουργία

Οι ασθενείς με αριστερό σκελικό αποκλεισμό εμφανίζουν ποικίλες εκφάνσεις της ασυγχρονίας τους που δεν αφορούν μόνο τη συστολή της καρδιάς αλλά και τη διαστολή. Η κατάσταση αυτή δεν επιτρέπει τη γρήγορη πτώση των διαστολικών πιέσεων της αριστερής κοιλίας, η οποία δεν επηρεά-



Εικόνα 4.

ζεται μόνο από την παθολογική τμηματική χάλαση (relaxation) των επί μέρους μυοκαρδιακών τμημάτων, αλλά και από την καθυστερημένη χρονικά σύσπαση και ακολούθως χάλασή τους (λόγω της καθυστερημένης διάδοσης της καρδιακής ώσης) όταν η αορτική βαλβίδα έχει ήδη κλείσει. Τα ανωτέρω φαινόμενα αποτελούν τις δύο κυρίαρχες παθοφυσιολογικές συνιστώσες που επιφέρουν την επιδείνωση της συμπτωματολογίας των ασθενών αυτών. Σε υποανάλυση της πολυκεντρικής μελέτης PROSPECT που προσπάθησε να αναδείξει το υποσύνολο των ασθενών που θα ωφεληθούν από την εμφύτευση αμφικοιλιακού βηματοδότη, εκτός

των βασικών της συμπερασμάτων ότι ωφελούνται συχνότερα ασθενείς με διατακτική μυοκαρδιοπάθεια ή αξιόλογο ενδοκοιλιακό ασυγχρονισμό, ο πολύ μικρός χρόνος πλήρωσης της αριστερής κοιλίας σχετιζόταν και αυτός οριακά με κλινική βελτίωση μετά την εμφύτευση της συσκευής⁶ (Πίνακας 1). Αν και τα καταληκτικά συμπεράσματα της μελέτης δεν ανέδειξαν κάποια υπερηχογραφική μεταβλητή με σημαντική προγνωστική αξία σε ό,τι αφορά τη χρησιμότητά της προ της εμφύτευσης, σ' αυτό το σημείο υπάρχει αρκετός χώρος μελλοντικών ερευνητικών προσεγγίσεων.⁷

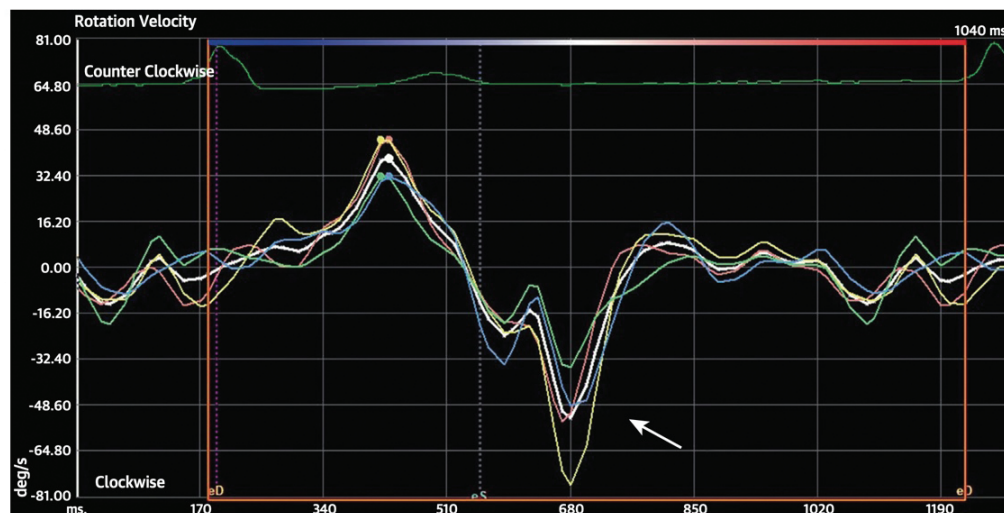
	SUPER (n = 108)	RESP (n = 53)	NON (n = 67)	NEG (n = 58)	P-value
Age, years	68 ± 10	67 ± 10	68 ± 11	66 ± 13	0.37
Gender, male, n (%)	63 (58)	43 (81)	49 (73)	47 (81)	0.0026
NYHA class IV, n (%)	1 (1)	2 (4)	3 (4)	5 (9)	0.016
Non-ischaemic aetiology, n (%)	60 (56)	25 (47)	27 (40)	23 (40)	0.023
Diabetes, n (%)	27 (25)	16 (30)	22 (33)	16 (28)	0.52
History of AF, n (%)	21 (19)	11 (21)	10 (15)	11 (19)	0.71
History of VT, n (%)	19 (18)	13 (25)	25 (37)	23 (40)	0.0005
QRS duration, ms	166 ± 20	168 ± 26	163 ± 23	158 ± 24	0.033
LVEF, %	30 ± 9	27 ± 8	29 ± 11	29 ± 10	0.73
LVESV, mL	161 ± 88	196 ± 81	168 ± 90	167 ± 89	0.77
LVEDV, mL	223 ± 102	261 ± 93	230 ± 97	229 ± 100	0.83
LVFT/RR, %	43 ± 9	43 ± 8	46 ± 8	45 ± 10	0.051
IVMD, ms	50 ± 35	47 ± 34	44 ± 38	25 ± 39	0.0002
Ts-(lateral-septal), ms	68 ± 44	50 ± 38	49 ± 38	44 ± 35	0.0022

Πίνακας 1. Τροποποιημένος πίνακας από Bommel R et al.⁶ Με πράσινο πλαίσιο οι υπερηχογραφικές μεταβλητές που συνδέονταν με την ανταπόκριση στην εμφύτευση αμφικοιλιακού βηματοδότη.

Στροφή και αποσυστροφή της καρδιάς

Αν και η ελικοειδής ανατομία των μυοκαρδιακών ινών είχε ήδη περιγραφεί από την αρχαιότητα και πιο αναλυτικά τις αρχές του 17ου αιώνα,⁸ η αναλυτική διερεύνηση της συστολικής αλλά και διαστολικής τους λειτουργικότητας έχει ουσιαστικά ξεκινήσει τις δύο τελευταίες δεκαετίες μετά την έλευση της ηχοκαρδιογραφίας ιστικών σημάτων (speckle tracking echocardiography). Χωρίς να έχει αποδειχτεί αναντίρρηση ποια είναι η πρωιμότερη παράμετρος που επηρεάζεται κατά την έναρξη της διαστολικής δυσλειτουργίας, φαίνεται πως η

ταχύτητα αποσυστροφής της κορυφής της αριστερής κοιλίας ακόμα και ασυμπτωματικών απόμων βελτιώνει περαιτέρω το προγνωστικό μοντέλο εγκατάστασης μελλοντικής καρδιακής ανεπάρκειας ή καρδιακού θανάτου (Εικόνα 5).⁹ Να επισημανθεί επίσης πως η διερεύνηση της διαστολικής λειτουργίας με ιστική ηχοκαρδιογραφία επιβάλλει χρονική ανάλυση (temporal resolution) εικόνας τουλάχιστον 100 Hz, ενώ για τη διερεύνηση συστολικών φαινομένων 50 Hz αρκούν.



Εικόνα 5. Ταχύτητα συστροφής και αποσυστροφής (βέλος) μυοκαρδίου κορυφαίου τμήματος αριστερής κοιλίας (deg/s). Τιμές αποσυστροφής κατώτερες των 34 deg/s δηλώνουν κακή πρόγνωση.

Συμπεράσματα

Οι ανωτέρω πληροφορίες προσπάθησαν να εκθέσουν συνοπτικά τις βασικές μεθόδους ελέγχου της διαστολικής λειτουργίας της καρδιάς, αλλά και τους περιορισμούς τους. Πρέπει να γίνει αντιληπτό πως παρά την προοδευτική ανακάλυψη νέων απεικονιστικών τεχνικών διερεύνησης της καρδιακής λειτουργίας, ο ορίζοντας του κάθε γνωστικού αντικείμενου διαρκώς μετακινείται επιβάλλοντας νέες ερευνητικές προσπάθειες. Η διαχρονική προσέγγιση της αναζήτησης της γνώσης πρέπει να στηρίζεται σε δύο πυλώνες: κατ' αρχήν στον Ηρακλείτειο λόγο 'Η φύσις κρύπτεσθαι φιλεί', αλλά και στη θεώρηση του ατομικού φυσικού Werner Heisenberg που στις διαλέξεις του υπενθύμιζε 'ότι αυτό που παρατηρούμε δεν είναι φύση καθ' αυτή, αλλά η φύση σύμφωνα με το αποτέλεσμα μίας έρευνας'.¹⁰

Βιβλιογραφία

1. Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health and disease: Doppler echocardiography is the clinician's Rosetta stone. Nishimura RA, Tajik AJ. J Am Coll Cardiol 1997;30 (1): 8-19.
2. Lester SJ, Tajik AJ, Nishimura RA, Oh JK, Khandheria BK, Seward JB. Unlocking the Mysteries of Diastolic Function. Deciphering the Rosetta Stone 10 Years Later. Journal of the American College of Cardiology. 2008;51:679-89.
3. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2009;22(2):107-133.
4. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. J Am Soc Echocardiogr. 2016;29(4):277-314.
5. Robinson S, Ring L, Oxborough D, et al. The assessment of left ventricular diastolic function: guidance and recommendations from the British Society of Echocardiography. Echo research and practice 2024;3 (11):16.
6. Bommel R, Bax J, Abraham W, et al. Characteristics of heart failure patients associated with good and poor response to cardiac resynchronization therapy: a PROSPECT (predictors of response to CRT) sub-analysis. Eur Heart J 2009;30(20):2470-77.
7. Stefanidis A, Korlou P, Margos P, et al. The implementation of speckle tracking echocardiography for cardiac resynchronization therapy optimization. A rotational myocardial mechanics interpretation. Echo research and practice 2024;11 (1):28.
8. Buckberg G. The helix and the heart. J Thorac Cardiovasc Surg 2002;124(5):863-83.
9. Przewlocka-Kosmala M, Marwick T, Yang H, et al. Association of reduced apical untwisting with incident HF in asymptomatic patients with HF risk factors. J Am Coll Cardiol Img 2020;13:187-94.
10. Heisenberg, Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science (New York: Harper and Row, 1958). Lectures delivered at University of St. Andrews, Scotland, Winter 1955-56.