

Η τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία στην σύγχρονη κλινική πρακτική

ΕΙΡΗΝΗ ΒΕΛΕΓΡΑΚΗ¹, ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗΣ²,
ΑΛΚΗΣΤΙΣ - ΕΛΕΝΗ ΚΑΛΕΣΗ³

¹ King's College Hospital, London

² Τμήμα υπερηχογραφίας Ιατρικό Κέντρο Αθηνών

³ Κέντρο Εκπαίδευσης Ηχοκαρδιογραφίας Τζανείου
«Δ. Μπελντέκος»

Λέξεις ευρετηρίου

Τρισδιάστατη απεικόνιση, διαθωρακική ηχοκαρδιογραφία, διοισοφάγιος ηχοκαρδιογραφία

Επικοινωνία

Ειρήνη Βελεγράκη,

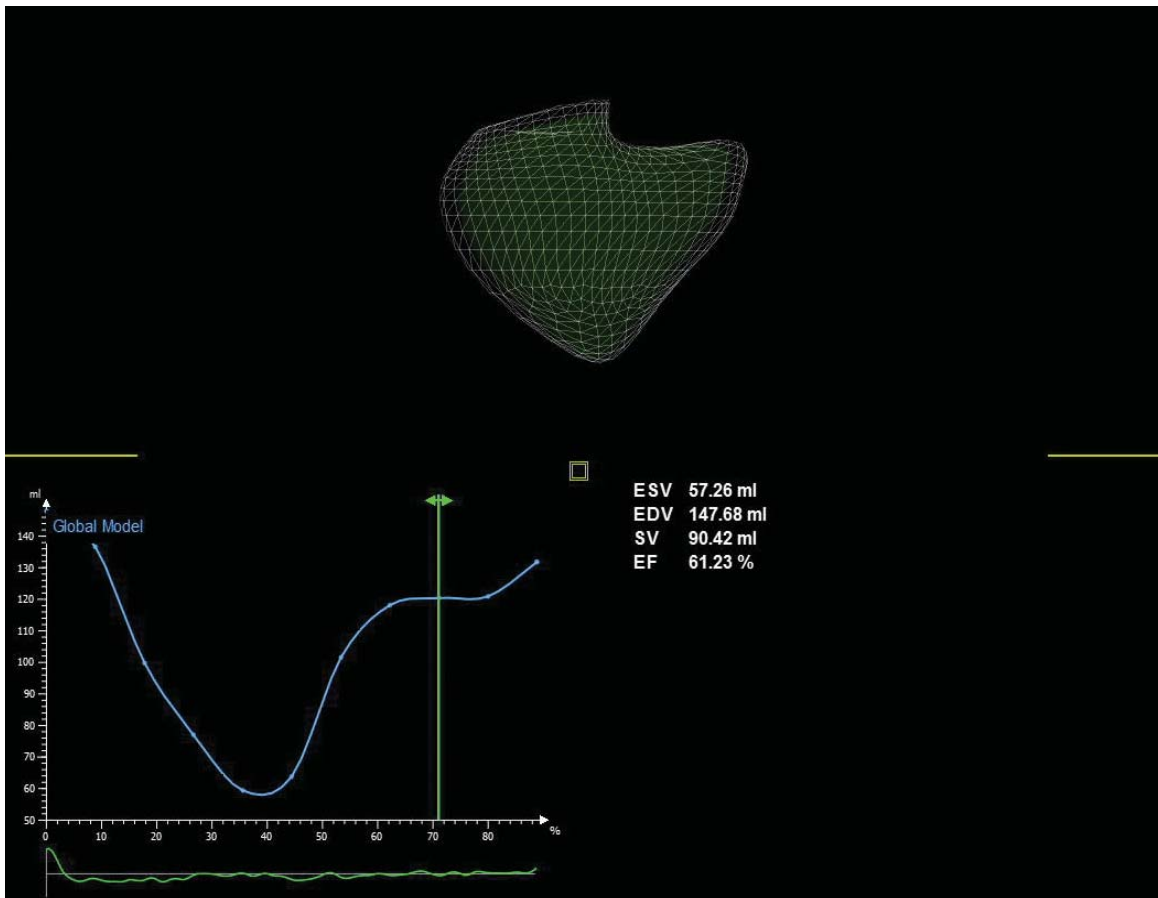
Καρδιολόγος

Email: eirini_vel@hotmail.com

Η καρδιά είναι ένα όργανο με σύμπλοκη γεωμετρία και περίπλοκη λειτουργία κατά την διάρκεια του καρδιακού κύκλου. Η τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία (ΤΗ) αναπτύχθηκε τις τελευταίες δεκαετίες με σκοπό να καλύψει τα κενά που προκύπτουν από τα δεδομένα που λαμβάνουμε με την χρήση μόνο της δισδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας καθώς αυτή βασίζεται σε αρκετές γεωμετρικές παραδοχές.¹

Στην ΤΗ χρησιμοποιούνται μορφομετατροπείς που αποτελούνται περίπου από 3.000 πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους των οποίων η σύνδεση και διάταξη επιτρέπει τη δημιουργία τρισδιάστατων εικόνων. Η συχνότητα των μορφομετατροπέων κυμαίνεται από 2 έως 4 MHz και από 5 έως 7 MHz για τη διαθωρακική και διοισοφάγιο απεικόνιση αντίστοιχα και εκπέμπουν με τη βοήθεια μικροκυκλωμάτων ηχοκαρδιογραφικές δέσμες σε τρεις άξονες με αποτέλεσμα τη δημιουργία πυραμιδικού όγκου δεδομένων. Η λήψη της τρισδιάστατης εικόνας μπορεί να γίνει σε πραγματικό χρόνο (real-time/ live 3D) όπου βασίζεται στην απόκτηση πολλαπλών δεδομένων σε έναν καρδιακό παλμό αλλά και μετά από ανασύνθεση υποόγκων σε πολλαπλούς διαδοχικούς καρδιακούς κύκλους (multi-beat 3D). Η τρισδιάστατη απεικόνιση δύναται να γίνει υπό μεγέθυνση (3D zoom), υπό πλήρη όγκο ευρείας γωνίας (full-volume) και με έγχρωμο Doppler (color doppler).

Για την απόκτηση βέλτιστης εικόνας, σκόπιμη είναι η γνώση της χρήσης βασικών τεχνικών προδιαγραφών του υπερήχου. Αυξάνοντας το εύρος απεικόνισης (sector) μειώνεται η χρονική και η χωρική ανάλυση. Η χωρική ανάλυση μπορεί να βελτιωθεί με την μείωση του μεγέθους του όγκου απεικόνισης ή με την αύξηση των σειρών απεικόνισης ανά όγκο (γραμμική πυκνότητα). Μετά τη λήψη του τρισδιάστατου όγκου δεδομένων ακολουθεί η επεξεργασία της εικόνας. Η τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία προσφέρει τη δυνατό-



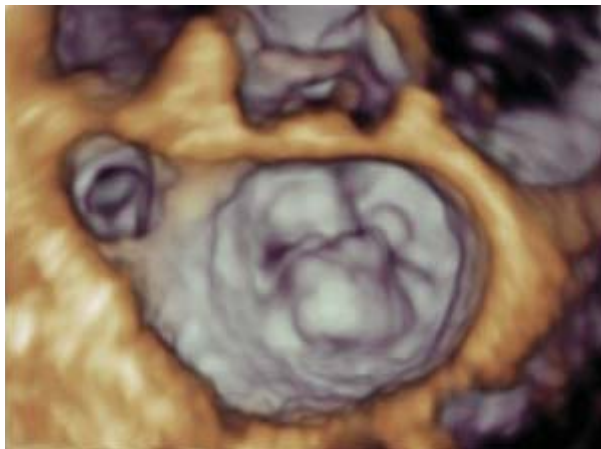
Εικόνα 1. Υπολογισμός όγκων και κλάσματος εξωθήσεως δεξιάς κοιλίας με τρισδιάστατο διαθωρακικό ηχοκαρδιογράφημα σε ασθενή με σοβαρού βαθμού πνευμονική υπέρταση και σημαντική διάταση των δεξιών κοιλοτήτων (περιστατικό από Α' Καρδιολογική Κλινική ΓΝ ΝΙΚΑΙΑΣ).

τητα κατάτμησης-αφαίρεσης τμήματος του πυραμιδικού όγκου προκειμένου να απεικονιστούν ευκρινώς οι ενδοκαρδιακές δομές που θέλουμε να μελετήσουμε.^{2,3}

Η τρισδιάστατη διαθωρακική ηχοκαρδιογραφία αποτελεί ένα εργαλείο με αυξανόμενη κλινική εφαρμογή. Βασική ένδειξη χρήσης της είναι η εκτίμηση των όγκων και του κλάσματος εξώθησης της αριστερής κοιλίας (ΚΕΑΚ). Παρόλο που μέθοδος εκλογής για τον υπολογισμό τους είναι η μαγνητική τομογραφία καρδιάς, η δισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία είναι η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος στις μέρες μας για την εκτίμηση τους. Είναι γνωστό, όμως ότι αυτή βασίζεται σε γεωμετρικές παραδοχές, γεγονός που καθιστά τα αποτελέσματα των μετρήσεων επισφαλή, ιδιαίτερα σε ασθενείς με παθολογική γε-

ωμετρία της αριστερής κοιλίας.⁴ Η τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού των όγκων και του ΚΕΑΚ με μεγάλη ακρίβεια και επαναληψιμότητα. Επιπλέον, φαίνεται ότι υπάρχει πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ των μετρήσεων που προκύπτουν από την τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία και από την μαγνητική τομογραφία καρδιάς.⁵⁻⁸

Τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα μετά την ένταξη στις ευρωπαϊκές κατευθυντήριες οδηγίες των βαλβιδοπαθειών της σύστασης για διαδερμική παρέμβαση σε συμπτωματικούς ασθενείς με σοβαρή λειτουργική ανεπάρκεια τριγώνιας βαλβίδας, με κατάλληλη ανατομία των γλωχίνων, οι οποίοι δεν είναι κατάλληλοι χειρουργικοί υποψήφιοι⁹ έχει αυξηθεί σημαντικά το ενδιαφέρον για την εκτίμηση των δεξιών καρδιακών κοιλοτή-



Εικόνα 2. Διοισοφάγειος μελέτη- 3D Zoom της μιτροειδούς βαλβίδας. Απεικονίζεται κυματίζουσα οπίσθια γλωχίνα (φρεστόνιο P2) που οφείλεται σε ρήξη τε- νόντιας χορδής σε ασθενή με εκφυλιστική νόσο της μιτροειδούς βαλβίδας (περιστατικό από Α' Καρδιολογική Κλινική ΓΝ ΝΙΚΑΙΑΣ).

των.¹⁰ Το ιδιαίτερο, ημισελινοειδές της σχήμα της δεξιάς κοιλίας με τρεις διακριτούς χώρους, καθιστά την εκτίμησή της με τη δισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία δυσχερή.¹¹ Η μαγνητική τομογραφία καρδιάς αποτελεί την εξέταση εκλογής στην εκτίμηση των όγκων και του κλάσματος εξωθήσεως της δεξιάς κοιλίας (ΚΕΔΚ). Ωστόσο, το υπολογιζόμενο με τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία ΚΕΔΚ φαίνεται να παρουσιάζει ανεξάρτητη συσχέτιση με την εμφάνιση καρδιαγγειακών συμβάντων σε ασθενείς με διαφορετικό υπόστρωμα, αποτελώντας ένα χρήσιμο δείκτη για την πρόβλεψη μελλοντικών καρδιαγγειακών συμβαμάτων.¹² Ακόμη, η εκτίμηση των όγκων και του ΚΕΔΚ με τη βοήθεια της τρισδιάστατης απεικόνισης αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για την εν σειρά παρακολούθηση ασθενών σε πλήθος κλινικών παθήσεων (**Εικόνα 1**). Η αξιόπιστη εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας της δεξιάς κοιλίας είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ασθενείς που θα υποβληθούν σε διαδερμική παρέμβαση στην τριγλώχινα βαλβίδα (ΔΠΤΒ) και μπορεί να προβλέψει ποιοι ασθενείς είναι καταλληλότεροι για αυτήν.¹³ Μελέτες έδειξαν ότι ΚΕΔΚ $\geq 45\%$ εκτιμώμενο με τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία πριν από ΔΠΤΒ σχετίζεται με μείωση της θνητότητας όλων των αιτίων στον έναν χρόνο παρακολούθησης των ασθενών.¹⁴

Η τρισδιάστατη διοισοφάγειος ηχοκαρδιο-

γραφία (ΤΔΗ) είναι ένα πολύτιμο εργαλείο στην εκτίμηση των καρδιακών δομών και στην καθοδήγηση επεμβατικών πράξεων στο αιμοδυναμικό εργαστήριο.¹⁵ Αποτελεί ένα μέσο επικοινωνίας μεταξύ όσων εργάζονται σε αυτό. Συνοπτικά, βοηθά στις ακόλουθες επεμβατικές πράξεις: εμφύτευση συσκευών (βαλβίδες, κλιπ) στην μιτροειδή και την τριγλώχινα βαλβίδα, σύγκλιση μεσοκοιλιακής επικοινωνίας, ανοικτού ωοειδούς τρήματος, σύγκλιση ωτίου του αριστερού κόλπου και τοποθέτηση συσκευής για σύγκλιση παραβαλβιδικής ανεπάρκειας προσθετικών βαλβίδων.

Η επιλογή των κατάλληλων υποψηφίων για διαδερμική παρέμβαση στην μιτροειδή βαλβίδα με κλιπ και ο σχεδιασμός της διαδικασίας απαιτούν λεπτομερή ανάλυση των δεδομένων που προκύπτουν από τη δισδιάστατη και τρισδιάστατη ηχοκαρδιογραφία. Από την τελευταία, μπορούμε να αποκομίσουμε σημαντικά στοιχεία της ανατομίας της μιτροειδούς βαλβίδας, του υποβαλβιδικού μηχανισμού και των παρακείμενων δομών. Σημαντικές παράμετροι εκτίμησης αποτελούν η πρόσθια-οπίσθια διάμετρος του μιτροειδικού δακτυλίου, το μήκος των γλωχίνων, η αορτομιτροειδική γωνία και η περιοχή του δακτυλίου.¹ Η ΤΔΗ υπερτερεί στον εντοπισμό σχισμών, κενών και διατρήσεων των γλωχίνων, σε σχέση με τη δισδιάστατη (**Εικόνα 2**).¹⁶ Ακόμη, φάνηκε ότι η συνδυασμένη χρήση τους συσχετίστηκε με μικρότερο χρόνο εμφύτευσης πρώτου κλιπ και μικρότερο συνολικό επεμβατικό χρόνο.¹⁷

Η ΤΔΗ είναι χρήσιμη στην αξιολόγηση του σχήματος και των διαστάσεων ελλείμματος μεσοκοιλιακού διαφράγματος σε πραγματικό χρόνο¹⁵ και συμβάλλει στην καθοδήγηση της διαδερμικής τους σύγκλιση. Η συνδυασμένη χρήση του τρισδιάστατου διαθωρακικού και διοισοφάγειου ηχοκαρδιογραφήματος βοηθά στην ακριβή εκτίμηση του αριθμού και του μεγέθους των γλωχίνων της τριγλώχινας βαλβίδας (ΤΒ) και στην μέτρηση των διαστάσεων του χάσματος σύγκλισης μεταξύ αυτών στις περιπτώσεις λειτουργικής ανεπάρκειας της ΤΒ.^{10,18} Οι διαγαστρικές τομές που λαμβάνονται με το διοισοφάγειο υπερηχογράφημα κατά την ΔΠΤΒ είναι πολύ σημαντικές για την επιτυχία της διαδικασίας.

Συνοπτικά, η τρισδιάστατη απεικόνιση έχει τροποποιήσει την κλινική πρακτική. Η τεχνολογική

πρόοδος που σημειώθηκε τα τελευταία 30 χρόνια οδήγησε σε ακριβέστερα και πιο αναπαραγώγιμα αποτελέσματα. Έχει αποδειχθεί, ότι πλεονεκτεί στην οπτικοποίηση των πολύπλοκων καρδιακών δομών, στην ποσοτικοποίηση των όγκων και συστολικής λειτουργίας των κοιλιών, και στην αξιολόγηση των βαλβιδοπαθειών. Είναι ένα σημαντικό εργαλείο επικοινωνίας μεταξύ καρδιολόγων που έχουν εξειδικευτεί στην απεικόνιση, επεμβατικών καρδιολόγων και καρδιοχειρουργών.¹⁹ Ενώ οι προκλήσεις στην χρήση της στην καθημερινή κλινική πρακτική παραμένουν, είναι στα χέρια του προσωπικού που ηγείται των ηχοκαρδιογραφικών εργαστηρίων να εκμεταλλευτεί όλα τα οφέλη που προκύπτουν από την χρήση της.

Βιβλιογραφία

- Hur DJ, Sugeng L. Integration of three-dimensional echocardiography into the modern-day echo laboratory. Vol. 39, *Echocardiography*. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 985–1000.
- Παπαδόπουλος Κ. Παρασκευαΐδης Ι. Καρδιαγγειακή απεικόνιση. Έκδοση 2019
- Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. EAE/ASE Recommendations for Image Acquisition and Display Using Three-Dimensional Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2012 Jan;25(1):3–46.
- Shiota T. Clinical Application of 3-Dimensional Echocardiography in the USA. *Circulation Journal*. 2015;79(11):2287–98.
- Shiota T, McCarthy PM, White RD, Qin JX, Greenberg NL, Flamm SD, et al. Initial clinical experience of real-time three-dimensional echocardiography in patients with ischemic and idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 1999 Nov;84(9):1068–73.
- Corsi C, Lang RM, Veronesi F, Weinert L, Caiani EG, MacEneaney P, et al. Volumetric Quantification of Global and Regional Left Ventricular Function From Real-Time Three-Dimensional Echocardiographic Images. *Circulation*. 2005 Aug 23;112(8):1161–70.
- Jenkins C, Leano R, Chan J, Marwick TH. Reconstructed Versus Real-time 3-Dimensional Echocardiography: Comparison with Magnetic Resonance Imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2007 Jul;20(7):862–8.
- Sugeng L, Mor-Avi V, Weinert L, Niel J, Ebner C, Steringer-Mascherbauer R, et al. Quantitative Assessment of Left Ventricular Size and Function. *Circulation*. 2006 Aug 15;114(7):654–61.
- Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022 Feb 12;43(7):561–632.
- Muraru D. 22nd Annual Feigenbaum Lecture: Right Heart, Right Now: The Role of Three-Dimensional Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2022 Sep;35(9):893–909.
- Schneider M, Binder T. Echocardiographic evaluation of the right heart. *Wien Klin Wochenschr*. 2018 Jul 19;130(13–14):413–20.
- Nagata Y, Wu VCC, Kado Y, Otani K, Lin FC, Otsuji Y, et al. Prognostic Value of Right Ventricular Ejection Fraction Assessed by Transthoracic 3D Echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017 Feb;10(2).
- Kresoja KP, Rommel KP, Lücke C, Unterhuber M, Besler C, von Roeder M, et al. Right Ventricular Contraction Patterns in Patients Undergoing Transcatheter Tricuspid Valve Repair for Severe Tricuspid Regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021 Jul;14(14):1551–61.
- Orban M, Wolff S, Braun D, Stolz L, Higuchi S, Stark K, et al. Right Ventricular Function in Transcatheter Edge-to-Edge Tricuspid Valve Repair. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021 Dec;14(12):2477–9.
- Poon J, Leung JT, Leung DY. 3D Echo in Routine Clinical Practice – State of the Art in 2019. Vol. 28, *Heart Lung and Circulation*. Elsevier Ltd; 2019. p. 1400–10.
- Loardi CM, Nagata Y, Thiene G. 3D echocardiography in mitral valve prolapse.
- Biner S, Perk G, Kar S, Rafique AM, Slater J, Shiota T, et al. Utility of Combined Two-Dimensional and Three-Dimensional Transesophageal Imaging for Catheter-Based Mitral Valve Clip Repair of Mitral Regurgitation. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2011 Jun;24(6):611–7.
- Hahn RT, Weckbach LT, Noack T, Hamid N, Kitamura M, Bae R, et al. Proposal for a Standard Echocardiographic Tricuspid Valve Nomenclature. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021 Jul;14(7):1299–305.
- Tanabe K, Yamaguchi K. Incorporating three-dimensional echocardiography into clinical practice. *J Echocardiogr*. 2019 Dec 11;17(4):169–76.