

## Απεικόνιση της Αορτικής Βαλβίδας με την Τριδιάστατη Ηχοκαρδιογραφία. Είναι Απαραίτητη η Χρήση της;

ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ Π. ΠΑΤΡΙΑΝΑΚΟΣ,  
ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΖΑΧΑΡΑΚΗ

Καρδιολογική Κλινική, Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο  
Ηρακλείου, Κρήτη, Ελλάδα

### Λέξεις Ευρετηρίου:

Τριδιάστατη Ηχοκαρδιογραφία,  
Αορτική Βαλβίδα,  
Χώρος Εξόδου Αριστερής Κοιλίας



**Αλέξανδρος Π. Πατριανάκος**  
Λέκτορας Καρδιολογίας

### Διεύθυνση Επικοινωνίας:

Καρδιολογική Κλινική,  
Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο  
Ηρακλείου Κρήτης  
Τηλ: +30 6974320408  
E-mail: apatrianakos@yahoo.gr

**Η** τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία πέρα από την αποδεδειγμένη συμβολή της στη μελέτη της μιτροειδούς βαλβίδας, φαίνεται ότι μπορεί να κατέχει σημαντική θέση και στη μελέτη της αορτικής βαλβίδας, παρά τις εγγενείς αδυναμίες των ήχων στην απεικόνιση της (απόσταση της από ηχοβολέα, γωνία πρόσπτωσης υπερήχων, διακριτική ικανότητα κτλ).

Η ουσιαστική συνεισφορά της τριδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας βρίσκεται 1) στην μελέτη του σχήματος του χώρου εξόδου της αριστερής κοιλίας (ΧΕΑΚ), 2) στην απεικόνιση της επιφάνειας και των 3 αορτικών πτυχών με θέαση τόσο από την ανιούσα θωρακική αορτή όσο και από τον ΧΕΑΚ, 3) στην εκτίμηση του τρόπου διανοίξεως της βαλβίδας προκειμένου να γίνεται διάκριση της φυσιολογικής τρίπτυχης αορτικής βαλβίδας από συγγενείς παραλλαγές της και 4) στην μέτρηση της απόστασης της αορτικής βαλβίδας από την έκφυση των στεφανιαίων αγγείων.

Στην παρούσα ανασκόπηση θα αναφερθούν στοιχεία για την ανατομία, τον τρόπο λήψης τριδιάστατων εικόνων καθώς και για την χρησιμότητα της 3D ηχοκαρδιογραφίας στη συνολική εκτίμηση της αορτικής βαλβίδας.

### Εισαγωγή

Η διδιάστατη (2D) ηχοκαρδιογραφία, διαθωρακική και δι-οισοφάγειος, αποτελεί τη συνήθη και καταξιωμένη τεχνική για την εκτίμηση τόσο της ανατομίας όσο και της λειτουργικότητας των καρδιακών βαλβίδων που διαθέτει ο καρδιολόγος στην καθημερινή κλινική πράξη.

Ωστόσο η απεικόνιση τριδιάστατων δομών με διδιάστατη τεχνική, απαιτεί την λήψη πολλαπλών υπερηχοκαρδιογραφικών τομών τις οποίες ο εξεταστής θα πρέπει εν συνεχεία ν' ανασυνθέσει νοητικά, προκειμένου να σχηματίσει στο μυαλό του το τριδιάστατο μοντέλο της δομής ενδιαφέροντος και να καταλήξει σε τελικά συμπεράσματα. Επιπλέον στην εκτίμηση της λειτουργικότητας των καρδιακών βαλβίδων είναι απαραίτητη η χρήση του Doppler (παλμικό - συνεχές - έγχρωμο) που όμως έχει το μειονέκτημα ότι στηρίζεται σε πολλές μαθηματικές παραδοχές. Επιπροσθέτως η εκτίμηση τριδιάστατων δομών με διδιάστατες μετρήσεις, όπως π.χ. η μέτρηση του χώρου εξόδου της αριστερής κοιλίας (ΧΕΑΚ) οδηγεί σε σφάλματα, αφού γίνεται με την παραδοχή ότι ο χώρος εξόδου είναι κυκλικός. Στην πραγματικότητα όμως ο ανατομικός αορτικός δακτύλιος δεν είναι κυκλικός αλλά μια τριδιάστατη, σαν στέμμα δομή, που αφενός μεν επηρεάζεται από τις πιέσεις που επικρατούν εντός αυτής και μεταβάλλεται δραματικά κατά την διάρκεια του καρδιακού κύκλου, αφετέρου στους μισούς τουλάχιστον ανθρώπους έχει ελλειπτικό σχήμα.<sup>1,2</sup>

Τα κενά αυτά ήρθε στην κλινική πράξη φιλόδοξα να προσπαθήσει να τα καλύψει η τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία. Η σύγχρονη τριδιάστατη (3D) ηχοκαρδιογραφία

βασίζεται στην μετάδοση και λήψη των ηχητικών κυμάτων σε κάθετους μεταξύ τους άξονες, σχηματίζοντας πυραμιδικά δείγματα όγκων. Αυτό επιτεύχθηκε την τελευταία δεκαετία, με την εισαγωγή των matrix-array ηχοβολέων οι οποίοι διαθέτουν μεγάλο αριθμό (τυπικά > 3000) ταυτόχρονων ενεργών στοιχείων διατεταγμένων σε πλέγμα. Για να συνδεθούν όλα αυτά τα στοιχεία χρειάζεται ένας μεγάλος αριθμός ψηφιακών καναλιών. Με την βοήθεια των σύγχρονων ηχοβολέων, οι οποίοι περιέχουν σε παράταξη πιεζοηλεκτρικά στοιχεία, έγινε εφικτή η σάρωση πυραμιδικών όγκων, και όχι λεπτών τομών, όπως γίνεται στη 2D ηχοκαρδιογραφία, ενώ επιτρέπεται η γρήγορη απόκτηση τριδιάστατων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (RT-3DE) κατά την διάρκεια συγκράτησης μιας μόνο αναπνοής.

Τα πιθανά οφέλη της RT-3DE απεικόνισης έχουν περιγραφεί σε διάφορους τομείς, όπως οι παρακάτω: 1) άμεσες και πραγματικές μετρήσεις του όγκου των καρδιακών κοιλοτήτων 2) άμεση 3D αξιολόγηση των περιοχικών διαταραχών της κινητικότητας της αριστερής κοιλίας κατά την ηρεμία και κατά τη διάρκεια δυναμικών εξετάσεων, με ή χωρίς τη χρήση παραγόντων ηχοαντίθεσης, καθώς και ποσοτικοποίηση του κοιλιακού δυσυγχρονισμού 3) στερεοσκοπικές λήψεις της μιτροειδούς βαλβίδας, η οποία πλέον γίνεται ορατή τόσο από την αριστερή κοιλία όσο και από τον αριστερό κόλπο, όπως την βλέπει ο χειρουργός στο χειρουργικό τραπέζι 4) 3D έγχρωμη απεικόνιση Doppler με ογκομετρική ποσοτικοποίηση των ανεπαρκούντων ροών και των παθολογικών επικοινωνιών και 5) 3D απεικόνιση και ογκομετρική ποσοτικοποίηση της αιμάτωσης του μυοκαρδίου.<sup>1,3</sup>

Η 3D ηχοκαρδιογραφία σήμερα, είναι η μόνη τεχνική απεικόνισης που βασιζόμενη σε ογκομετρική σάρωση, είναι σε θέση να απεικονίσει τη μετακίνηση των δομών στην παλλόμενη καρδιά σε πραγματικό χρόνο, σε αντίθεση με την καρδιακή μαγνητική και αξονική τομογραφία που βασίζονται στην εκ των υστέρων επεξεργασία και 3D ανακατασκευή πολλαπλών τομών. Τα αποκτηθέντα 3D ηχοκαρδιογραφικά δεδομένα μπορούν εν συνεχεία να επεξεργαστούν προκειμένου να απεικονιστεί κάθε καρδιακή δομή ενδιαφέροντος, από οποιαδήποτε επιθυμητή τομή, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό και τη θέση της μέσα στην καρδιά.

Μέχρι σήμερα έχει γίνει αποδεκτή η χρησιμότητα της 3D ηχοκαρδιογραφίας στην απεικόνιση και μέτρηση των καρδιακών όγκων (κυρίως με την διαθωρακική ηχοκαρδιογραφία) και στην εκτίμηση της μιτροειδούς βαλβίδας (κυρίως με την διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία). Εντούτοις δεν ισχύει το ίδιο με την αορτική βαλβίδα, όπου τα πράγματα είναι πιο

περίπλοκα.

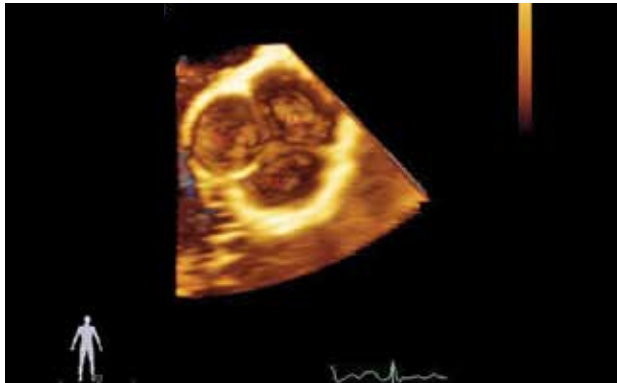
Η αορτική βαλβίδα δεν βρίσκεται σε ιδανική θέση για 3D διαθωρακική και διοισοφάγειο εξέταση λόγω της πρόσθιας ανατομικά και λοξής θέσης της ως προς την γωνία πρόπτωσης της δέσμης των υπερήχων, με αποτέλεσμα μειωμένη πλάγια διακριτική ικανότητα της 3D ηχοκαρδιογραφίας. Επιπροσθέτως οι φυσιολογικές αορτικές πτυχές είναι πολύ λεπτότερες συγκρινόμενες με τις μιτροειδικές γλωχίνες, με αποτέλεσμα μειωμένη χωρική ανάλυση. Γι' αυτό άλλωστε οι πρόσφατα δημοσιευμένες συστάσεις για τη χρήση της 3D ηχοκαρδιογραφίας, από την Ευρωπαϊκή και την Αμερικάνικη εταιρεία υπερήχων, αναφέρουν ότι η 3D ηχοκαρδιογραφία είναι υποσχόμενη τεχνική στην εκτίμηση της ανατομίας και της στένωσης της αορτικής βαλβίδας, ενώ δεν έχει μελετηθεί επαρκώς η αορτική ανεπάρκεια.<sup>1</sup>

Ωστόσο με την αναζωπύρωση της δημοτικότητας της επιδιόρθωσης της αορτικής βαλβίδας και με την ευρεία πλέον χρήση των διαδερμικών τεχνικών τοποθέτησης αορτικών προσθετικών βαλβίδων, έχει γίνει αναγκαία η λεπτομερέστερη ανατομική περιγραφή της αορτικής βαλβίδας για την λήψη σωστότερων αποφάσεων στην τοποθέτηση, την εκτίμηση μετά την τοποθέτηση και την παρακολούθηση αυτών των ασθενών.

Στην παρούσα ανασκόπηση θα αναφερθούν στοιχεία για την ανατομία, τον τρόπο λήψης τριδιάστατων εικόνων καθώς και για την χρησιμότητα της 3D ηχοκαρδιογραφίας στη συνολική εκτίμηση της αορτικής βαλβίδας.

## Το σύμπλεγμα της αορτικής βαλβίδας

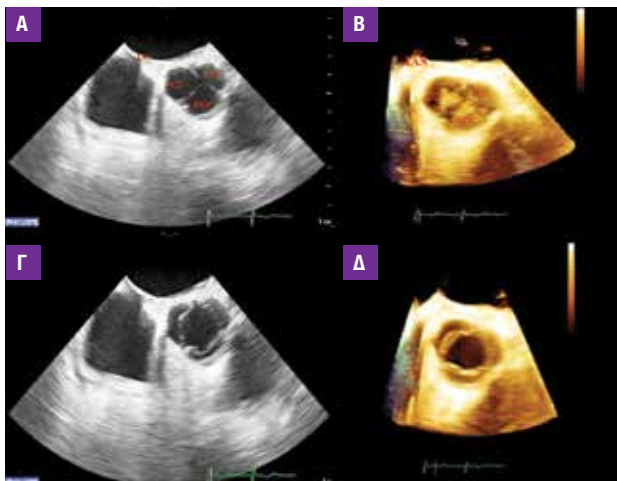
Η αορτική βαλβίδα είναι τμήμα της αορτικής ρίζας, η οποία εξ'ορισμού εκτείνεται από τον αορτικό δακτύλιο έως την αορτική κολποσωληνώδη συμβολή και περιλαμβάνει τις 3 ημισελήνοειδείς αορτικές πτυχές, την έκφυσή τους από το αορτικό τοίχωμα, τους κόλπους του Valsalva, καθώς και το ινώδες ενδοπύχιο τρίγωνο. Η βέλτιστη 3D απεικόνιση της αορτικής βαλβίδας πρέπει να περιλαμβάνει τα παραπάνω στοιχεία της αορτικής ρίζας, τη δυναμική μεταξύ τους σχέση, τον ΧΕΑΚ καθώς και την ανιούσα αορτή.<sup>4</sup> Κάθε ημισελήνοειδής αορτική πτυχή προσκολλάται στο αορτικό τοίχωμα με καμπυλότητα και λαμβάνει το όνομά της από τον αντίστοιχο κόλπο του Valsalva και από το αν εκφύεται ή όχι στεφανιαίο αγγείο από αυτόν, έχοντας έτσι την αριστερή, τη δεξιά και τη μη στεφανιαία πτυχή. Οι κόλποι του Valsalva και το κολποσωληνώδες αορτικό όριο εί-



**ΕΙΚΟΝΑ 1:** Τριδιάστατη απεικόνιση φυσιολογικής αορτικής βαλβίδας όπου απεικονίζεται η επιφάνεια των αορτικών πτυχών κατά την σύγκλειση, δίκην «σήματος Mercedes». **RCC:** δεξιά στεφανιαία πτυχή, **NCC:** μη στεφανιαία πτυχή, **LCC:** αριστερή στεφανιαία πτυχή

να σημαντικά τμήματα του βαλβιδικού μηχανισμού καθώς κάθε διαταραχή της ανατομίας τους πχ διάταση, έχει ως αποτέλεσμα την ανεπάρκεια της βαλβίδας.

Η θέση της αορτικής βαλβίδας από την πλευρά της ανιούσης θωρακικής αορτής, είναι η εικόνα που βλέπει ο χειρουργός όταν κάνει αορτοτομή με τον ασθενή σε ύπια θέση. Σε αυτήν την απεικόνιση



**ΕΙΚΟΝΑ 2:** Δι- και τριδιάστατη απεικόνιση φυσιολογικής αορτικής βαλβίδας κατά την σύγκλειση (A, B) και διάνοιξη (C, D) όπου απεικονίζεται με την χρήση της τριδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας η επιφάνεια των αορτικών πτυχών, σε αντίθεση με την απεικόνισή τους σαν γραμμές με την διδιάστατη ηχοκαρδιογραφία. Στην παρούσα εικόνα, η αορτική βαλβίδα, με θέαση από την ανιούσα αορτή, βρίσκεται στο κέντρο της εικόνας, με την δεξιά στεφανιαία πτυχή να εντοπίζεται στην 6η ώρα και να επεκτείνεται έως την 4η-8η ώρα, η μη στεφανιαία βρίσκεται μεταξύ 8ης - 12ης ώρας και η αριστερή στεφανιαία μεταξύ 12ης - 4ης ώρας. Για την αναγνώριση των πτυχών γνωρίζουμε ότι η μη στεφανιαία πτυχή είναι αυτή που επιρριπύει στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα. **RCC:** δεξιά στεφανιαία πτυχή, **NCC:** μη στεφανιαία πτυχή, **LCC:** αριστερή στεφανιαία πτυχή, **IAS:** μεσοκοιλιακό διάφραγμα.

η αριστερή στεφανιαία πτυχή εκτείνεται από την 12η έως την 4η ώρα, η δεξιά στεφανιαία πτυχή από την 4η έως την 8η ώρα και η μη στεφανιαία από την 8η έως την 12η ώρα. (Εικόνα 1)

Περίπου το 1/3 της σύνδεσης της αορτικής βαλβίδας με το κοιλιακό καρδιακό τοίχωμα συνεχεται με την πρόσθια μιτροειδική γλωχίνα μέσω της αριστερής και της μη στεφανιαίας πτυχής ενώ τα υπόλοιπα 2/3 της περιφέρειάς της είναι μυϊκά και συνδέονται με το μεσοκοιλιακό διάφραγμα.<sup>5</sup>

## Απεικόνιση της αορτικής ανατομίας με την τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία

Επί του παρόντος, υπάρχουν δύο διαφορετικές μέθοδοι για την απόκτηση 3D δεδομένων: Η μέθοδος πραγματικού χρόνου που βασίζεται στην απόκτηση ογκομετρικών πυραμιδικών δεδομένων ανά δευτερόλεπτο σε έναν καρδιακό παλμό και η μέθοδος πολλαπλών συστολών συγχρονιζόμενη με το ηλεκτροκαρδιογράφημα.

Τα περισσότερα συστήματα υπερήχων διαθέτουν διαφορετικούς τρόπους τριδιάστατης απεικόνισης όπως: απεικόνιση πραγματικού χρόνου στενής γωνίας (live 3D mode), απεικόνιση υπό μεγέθυνση (3D zoom mode), απεικόνιση πλήρους όγκου-ευρείας γωνίας (full volume mode) και απεικόνιση με έγχρωμο Doppler (3D color mode).

Αν και η μέθοδος πραγματικού χρόνου υπερνικά τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διαταραχές του ρυθμού ή των αναπνευστικών κινήσεων (Εικόνα 2), περιορίζεται από την πτωχή χρονική (volume rate) και χωρική ανάλυση.

Αντίθετα, η μέθοδος των πολλαπλών συστολών συγχρονιζόμενη με το ΗΚΓ, παρέχει εικόνες με υψηλότερη χρονική ανάλυση. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω πολλαπλών λήψεων δεδομένων στενού όγκου κατά τη διάρκεια αρκετών καρδιακών παλμών (που κυμαίνονται από 2-7 καρδιακούς κύκλους), οι οποίοι στη συνέχεια συρράπτονται μαζί, για την δημιουργία μιας ενιαίας ογκομετρικής εικόνας (Εικόνα 2). Ωστόσο, αυτή η συγχρονιζόμενη με το ΗΚΓ απεικόνιση της καρδιάς είναι εγγενώς επιρρεπής σε παράσιτα απεικόνισης που δημιουργούνται κατά την συρραφή των εικόνων, γνωστά και ως stitch artifacts, και σχετίζονται με τον ακανόνιστο καρδιακό ρυθμό, τις αναπνευστικές κινήσεις, τη μετατόπιση της καρδιάς και τις κινήσεις του ασθενούς.

Ωστόσο θα πρέπει να γνωρίζουμε την αντίστροφη σχέση που έχουν ο ρυθμός επαναληψιμότητας των ογκομετρικών δεδομένων (volume rate) με τις

γραμμές παρατήρησης άρα και με τη χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution).

## Βελτιστοποίηση της λήψης 3D δεδομένων

Είναι σημαντικό πριν την λήψη των 3D δεδομένων να βελτιστοποιήσουμε την ποιότητα της εικόνας. Πρώτα οφείλουμε να ρυθμίσουμε σωστά την ενίσχυση των ανακλώμενων υπερήχων (gain). Χαμηλή ενίσχυση υπερήχων, δηλαδή λίγα gain, προκαλούν απώλεια δεδομένων λόγω έλλειψης ήχων, γνωστό ως φαινόμενο dropout, με αποτέλεσμα την απώλεια απεικόνισης ανατομικών δομών. Επίσης είναι απαραίτητη η σωστή ρύθμιση των gain ανάλογα με το βάθος (time gain compensation) και την ακτίνα σάρωσης (longitudinal gain compensation) κάτι που δεν μπορεί ν' ανακτηθεί στην μετέπειτα επεξεργασία της εικόνας. Αντίθετα, με την αυξημένη ενίσχυση των ανακλώμενων υπερήχων, δηλαδή με υπερβολικά gain, έχουμε μειωμένη διακριτική απεικόνιση και απώλεια της προοπτικής ή του βάθους στα ληφθέντα 3D δεδομένα. Σαν γενικός κανόνας η ρύθμιση των gain και της συμπίεσης (compression) της εικόνας γίνεται περίπου στο μέσο της κλίμακας, ενώ συνιστάται η ελαφρά υψηλότερη ρύθμιση της φωτεινότητας και της χωρικής ρύθμισης της έντασης του σήματος (time gain compensation), ώστε να έχουμε την δυνατότητα της μετέπειτα επεξεργασίας της εικόνας.

Για την απεικόνιση της περιοχής ενδιαφέροντος ξεκινάμε με την βελτιστοποίηση της 2D εικόνας. Εν συνεχεία ενεργοποιούμε την 2 τομών ηχοκαρδιογραφία, επιβεβαιώνουμε τη σωστή λήψη της ζητούμενης δομής, την αποθηκεύουμε, ενεργοποιούμε το 3D και όταν βεβαιωθούμε ότι περικλείεται πλήρως η περιοχή ενδιαφέροντος, αποθηκεύουμε την εικόνα αρχικά ως πλήρους όγκου (full volume) και κατόπιν με τη χρήση της περιοχικής εστίασης (zoom mode). Η επιλογή της λήψης μίας (πλεονέκτημα η απουσία παρασίτων συρραφής – stitch artifacts) ή πολλαπλών συστολών (πλεονέκτημα η υψηλότερη χωρική και χρονική ανάλυση) εξαρτάται από τον καρδιακό ρυθμό καθώς και από την ευχερή συνεργασία του ασθενούς για συγκράτηση της αναπνοής. Τέλος απεικονίζουμε με τη χρήση έγχρωμου Doppler, τα 3D δεδομένα σε κάθε λήψη για τη μετέπειτα εκτίμηση των παθολογικών ροών.

Παρά το ότι ένα από τα θεωρητικά πλεονεκτήματα του 3D είναι η λήψη του συνόλου των δεδομένων όγκου σε μια μόνο προβολή, συνιστάται η λήψη 3D δεδομένων της περιοχής ενδιαφέροντος απ' όλες τις υπερηχογραφικές θέσεις απεικόνισης.

## Τριδιάστατη διαθωρακική απεικόνιση της αορτικής βαλβίδας

Η απεικόνιση της αορτικής βαλβίδας είναι πραγματικά μια ιδιαίτερη πρόκληση τόσο με την διαθωρακική όσο και με την διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία. Τα τελευταία χρόνια, με τις πρωτοποριακές τεχνολογικές εξελίξεις που παρατηρήθηκαν στον τομέα της ηχοκαρδιογραφίας, βελτιώθηκε η ποιότητα της διαθωρακικής τριδιάστατης απεικόνισης και έγινε εφικτή η διαθωρακική μελέτη της αορτικής βαλβίδας σ' ένα μεγάλο αριθμό ασθενών.

Οι κοινές προσεγγίσεις για την απεικόνιση της αορτικής βαλβίδας με τη διαθωρακική 3DE είναι οι παραστερνικές ή / και οι κορυφαίες λήψεις, ιδίως αν είναι ασβεστωμένη η βαλβίδα.

Ως κανόνας, επιλέγεται πάντα το καλύτερο ακουστικό παράθυρο, αφού δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η 3D υπερηχοκαρδιογραφία βασίζεται στην 2D υπερηχοκαρδιογραφία και άρα καλή διδιάστατη εικόνα σημαίνει καλή τριδιάστατη απεικόνιση.

Το μικρότερο μέγεθος της αορτικής βαλβίδας επιτρέπει την επίτευξη υψηλότερης χρονικής ανάλυσης (έως 60 volume rate ανά δευτερόλεπτο, με λήψη στενής γωνίας, κατά την διάρκεια 6 καρδιακών παλμών) σε σύγκριση με την απεικόνιση της μιτροειδούς βαλβίδας. Παρ' όλα αυτά δεν πρέπει να λησμονούνται οι περιορισμοί της μελέτης, όπως η μακρινή απόσταση της αορτικής βαλβίδας από την κορυφαία θέση, η πρόσθια θέση της και οι πολύ λεπτές πτυχές της. Όπως και με την 2D ηχοκαρδιογραφία, απαιτείται βελτιστοποίηση της εικόνας ώστε να έχουμε την καλύτερη πλευρική - αξονική ανάλυση.

Μόλις αποκτηθεί ένα σύνολο 3D δεδομένων, υπάρχουν πολλαπλές επιλογές για να επεξεργαστούν. Από τα αποθηκευμένα δεδομένα που περιέχουν την αορτική ρίζα, μπορούμε ψηφιακά να περικόψουμε (cropping) και να περιστρέψουμε την εικόνα, ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απεικόνιση της αορτικής βαλβίδας, τόσο από την αορτική όσο και από την κοιλιακή επιφάνεια του ΧΕΑΚ. Αντίθετα, με τη διαθωρακική μελέτη, η αορτική βαλβίδα δύναται ν' απεικονισθεί μόνο όπως φαίνεται από τον ΧΕΑΚ. Η απεικόνιση από την ανιούσα αορτή είναι καταλληλότερη για την εκτίμηση της μορφολογίας της βαλβίδας, ενώ η απεικόνιση από τον ΧΕΑΚ ενδείκνυται στην εκτίμηση όγκων, εκβλαστήσεων και άλλων υποβαλβιδικών σχηματισμών.

Η εκτίμηση του τρόπου διανοίξεως της βαλβίδας, κυκλική ή τριγωνική διάνοιξη, είναι σημαντική προκειμένου να γίνεται διάκριση της φυσιολογικής



τρίπτυχης αορτικής βαλβίδας από συγγενείς παραλλαγές της, όπως μονόπτυχη, δίπτυχη και τετράπτυχη.

Ωστόσο η ουσιαστική συνεισφορά της τριδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας βρίσκεται στην μελέτη του σχήματος του ΧΕΑΚ. Με την ταυτόχρονη απεικόνιση 3 κάθετων μεταξύ τους επιπέδων, δίδονται ακριβείς πληροφορίες για το πραγματικό σχήμα του ΧΕΑΚ, σε αντίθεση με την κλασική παραδοχή στην οποία στηρίζεται η διδιάστατη απεικόνιση, ότι ο ΧΕΑΚ είναι κυκλικός.

## Διοισοφάγειος τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία

Η διοισοφάγειος τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία είναι μια πραγματική επανάσταση στον χώρο της απεικόνισης. Παρά τις προαναφερθείσες δυσκολίες που υπάρχουν με την απεικόνιση του συμπλέγματος της αορτικής βαλβίδα, η διοισοφάγειος τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία εξακολουθεί να έχει σημαντική θέση σ' αυτήν.

Καταρχάς είναι σημαντική η ρύθμιση των τεχνικών παραμέτρων προκειμένου να λάβουμε καλής ποιότητας εικόνες όπως γίνεται και με τη διδιάστατη μελέτη. Από την άνω και μέση οισοφαγική θέση, στο βραχύ άξονα περίπου στις 45-60° εστιάζουμε στην αορτική βαλβίδα. Όταν αποκτήσουμε την κατάλληλη διδιάστατη εικόνα επιλέγουμε αρχικά την 2 επιπέδων και εν συνεχεία την 3D απεικόνιση. Ρυθμίζουμε τις παραμέτρους της εικόνας και κατόπιν επιλέγουμε την απεικόνιση πλήρους όγκου (full volume). Περιστρέφουμε κατά 90° ώστε να καταδεικνύεται η αορτική βαλβίδα, όπως φαίνεται από την αορτική επιφάνεια, στο κέντρο της εικόνας με την δεξιά στεφανιαία πτυχή στην 6η ώρα. Για την αναγνώριση των πτυχών γνωρίζουμε ότι η μη στεφανιαία πτυχή είναι αυτή που επιπτεύει στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα. (Εικόνα 2) Αφού αποθηκεύσουμε την εικόνα, προσθέτουμε έγχρωμο Doppler και η μελέτη συνεχίζεται με την απεικόνιση υπό μεγέθυνση (zoom mode) με ή χωρίς τη χρήση Doppler.

Το πλεονέκτημα της διοισοφαγείου τριδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας είναι η απεικόνιση της επιφάνειας του συνόλου των πτυχών με θέαση τόσο από την ανιούσα θωρακική αορτή όσο και από τον ΧΕΑΚ μπορώντας έτσι να διακρίνουμε την ύπαρξη όγκων, εκβλαστήσεων καθώς και την ανατομία της βαλβίδας, όπως αναφέρθηκε ήδη παραπάνω. Επιπροσθέτως ιδιαίτερα σημαντική είναι και η μέτρηση της απόστασης της αορτικής βαλβίδας από την έκφυση των στεφανιαίων αγγείων, μέτρηση απαραίτητη στην διαδερμική τοποθέτηση των αορτικών βαλβίδων και μάλιστα χωρίς έκθεση του ασθενούς στην ακτινοβο-

λία, καθώς μέχρι σήμερα γινόταν αξιόπιστα μόνο με την αξονική τομογραφία.

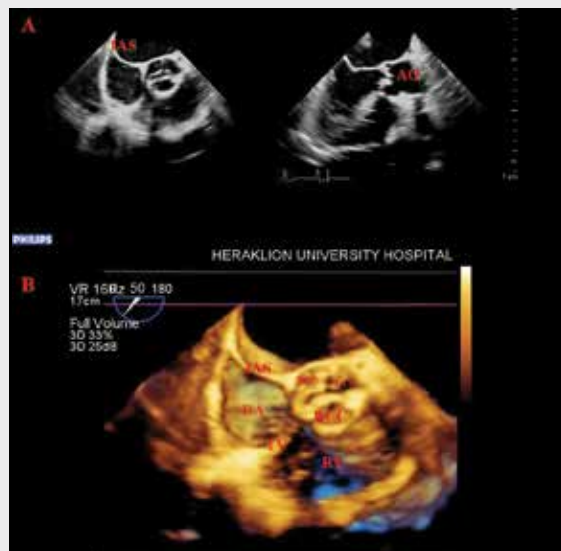
## Κλινικές εφαρμογές της διοισοφαγείου τριδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας στην μελέτη της αορτικής παθολογίας

### A. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ

Για τη σωστή απεικόνιση της βαλβίδας πρέπει να εμφανίζονται με σαφήνεια οι πτυχές, τα άκρα τους, τα σημεία επαφής τους, καθώς και οι γραμμές συνένωσής τους (commissural lines). Έτσι μπορούμε να μελετήσουμε με ακρίβεια τυχόν ανωμαλίες στην μορφολογία της βαλβίδας.

### 1. Διάκριση τρίπτυχης βαλβίδας από συγγενείς ανωμαλίες αυτής

Η δίπτυχη αορτική βαλβίδα θεωρείται η συχνότερη συγγενής καρδιοπάθεια όπου συνήθως έχουμε δύο άνισες πτυχές με τη μεγαλύτερη να έχει μια κεντρική ραφή ως αποτέλεσμα συγκόλλησης των δύο πτυχών. Σπανιότατα οι δύο πτυχές μπορεί να είναι ίσες χωρίς παρουσία ραφής (γνήσια δίπτυχη).<sup>6</sup> Με την περιστροφή και ανάλυση της τριδιάστατης



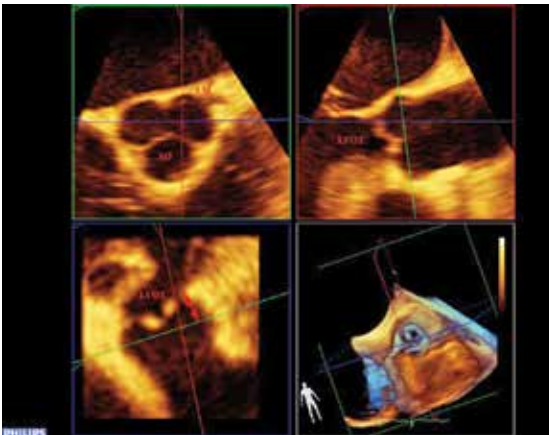
**ΕΙΚΟΝΑ 3:** Απεικόνιση τρίπτυχης στενωτικής αορτικής βαλβίδας λόγω σοβαρής ασβέστωσης των πτυχών της. **A.** ταυτόχρονη απεικόνιση 2 επιπέδων (biplane) της αορτικής βαλβίδας κατά τον βραχύ (αριστερά) και επιμήκη άξονα (δεξιά) όπου διακρίνεται η περιορισμένη διάνοιξη της. **B.** Με την τριδιάστατη κατευθυνόμενη υπερηχοκαρδιογραφία απεικονίζεται η διάνοιξη της βαλβίδας ακριβώς στην μικρότερη επιφάνειά της. **RCC:** δεξιά στεφανιαία πτυχή, **NCC:** μη στεφανιαία πτυχή, **LCC:** αριστερή στεφανιαία πτυχή, **IAS:** μεσοκοιλιακό διάφραγμα, **RA:** δεξιός κόλπος, **TV:** τριγώνια βαλβίδα, **RV:** δεξιά κοιλία

εικόνας μπορούμε με σαφήνεια ν' αναδείξουμε την σαν «στόμα ψαριού» διάνοιξη της δίπτυχης αορτικής βαλβίδας αποφεύγοντας έτσι σφάλματα από μη καλή απεικόνιση της τρίτης πτυχής όπως γίνεται κάποιες φορές με τη διδιάστατη απεικόνιση. Τα υπερηχογραφικά ευρήματα της τριδιάστατης ηχωκαρδιογραφίας βρίσκονται σε πλήρη συμφωνία με χειρουργικά<sup>7</sup> και νεκροτομικά ευρήματα.<sup>8,9</sup>

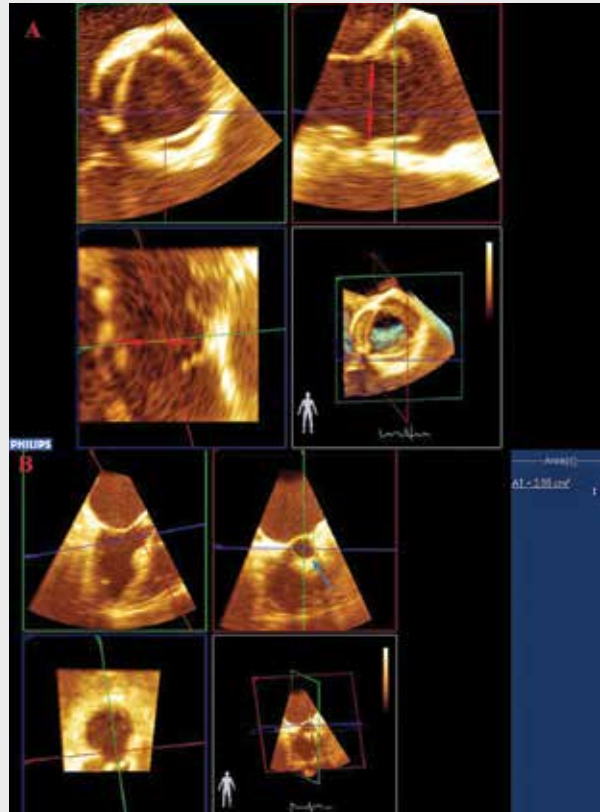
**2. Επίκτητες ανατομικές ανωμαλίες της βαλβίδας**

Με την απεικόνιση της επιφάνειας των πτυχών γίνεται εφικτή η ανάδειξη οπών (perforation), πρόπτωσης των πτυχών, όγκων ή εκβλαστήσεων επ' αυτών. Εδώ βέβαια χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση της ενίσχυσης των ανακλώμενων υπερήχων (gain) της εικόνας.

Ένα πλεονέκτημα της τριδιάστατης διοισοφαγίου ηχωκαρδιογραφίας είναι ότι, καθώς έχουμε την δυνατότητα διατομής της βαλβίδας σε πολλαπλά επίπεδα (MPR mode), μπορούμε να εντοπίσουμε το σημείο της μέγιστης διάνοιξης της και έτσι να πλανι-



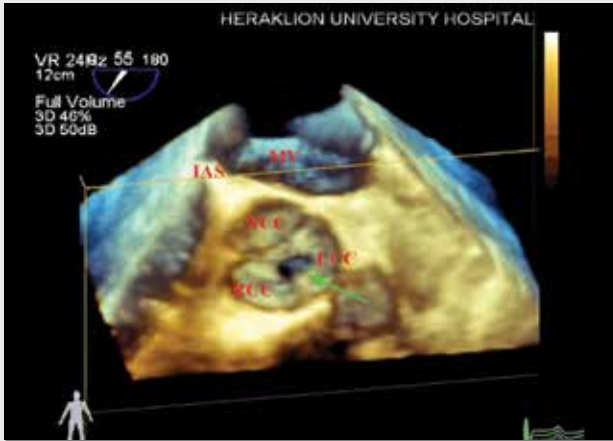
**ΕΙΚΟΝΑ 4:** Τριών επιπέδων λήψη της αορτικής ρίζας με τη βοήθεια της τριδιάστατης ηχωκαρδιογραφίας. Μετά τη λήψη της τριδιάστατης δομής ενδιαφέροντος, που στην παρούσα εικόνα είναι η αορτική ρίζα, μπορούμε ν' απεικονίσουμε ταυτόχρονα τη δομή ενδιαφέροντος σε 3 κάθετα μεταξύ τους επίπεδα. Εν συνεχεία, με την κατάλληλη περιστροφή των 3 επιπέδων, μπορούμε να εστιάσουμε στο σημείο ενδιαφέροντος, που στην παρούσα εικόνα είναι ο χώρος εξόδου της αριστερής κοιλίας και η έκφυση των στεφανιαίων αγγείων. Έτσι, το πράσινο επίπεδο, (άνω δεξιά), έχει τοποθετηθεί άνωθεν των αορτικών πτυχών στο σημείο έκφυσης του αριστερού στελέχους (LM) από την αορτική ρίζα. Το κόκκινο επίπεδο, (άνω αριστερά), είναι περίπου κάθετο προς το πράσινο επίπεδο και απεικονίζει τον χώρο εξόδου της αριστερής κοιλίας (ΧΕΑΚ), τους κόλπους του Valsalva και την ανιούσα αορτή. Το μπλε επίπεδο, (κάτω δεξιά), κάθετο στα προηγούμενα 2 επίπεδα, απεικονίζει τον χώρο εξόδου της αριστερής κοιλίας με θέαση από την αριστερή κοιλία, μια προβολή που λαμβάνεται μόνο με την τριδιάστατη ηχωκαρδιογραφία και μας δίνει τη δυνατότητα στί να μετρήσουμε: 1) Την διάμετρο του ΧΕΑΚ, κάθετα, από την επιμήκη θέση, αποφεύγοντας έτσι ένα από τα βασικότερα σφάλματα κατά την εκτίμηση της αορτικής στένωσης προερχόμενο από την παραδοχή ότι ο ΧΕΑΚ είναι κυκλικός, καθώς αποδείχτηκε ότι ο ΧΕΑΚ δεν είναι κυκλικός, αλλά ελλειπτικός και 2) Την απόσταση της έκφυσης των στεφανιαίων αγγείων από τον αορτικό δακτύλιο, μέτρηση πολύ σημαντική για την επιτυχή διαδερμική τοποθέτηση των προσθετικών αορτικών βαλβίδων.



**ΕΙΚΟΝΑ 5:** Μέτρηση του χώρου εξόδου της ΑΚ (Α, κόκκινα βέλη) με την 3 επιπέδων ηχωκαρδιογραφία. Πλανιμέτρηση (Β, βέλος) του χώρου εξόδου της ΑΚ αφού τοποθετήσουμε τα λαμβανόμενα επίπεδα (κόκκινο-μπλε στην συγκεκριμένη λήψη) κάθετα σε αυτόν.

νιμετρήσουμε με μεγάλη ακρίβεια το άνοιγμα της βαλβίδας καθώς και τη σύγκλεισή της. Έτσι αφενός παρακάμπτονται οι μαθηματικοί περιορισμοί στην περίπτωση πλανιμέτρησης της στενωτικής αορτικής βαλβίδας, αφετέρου εκτιμάται καλύτερα η αιτιολογία της αορτικής ανεπάρκειας. Βέβαια δεν πρέπει να λησμονούμε και τους περιορισμούς της τριδιάστατης διοισοφαγίου ηχωκαρδιογραφίας, όπως η μειωμένη διακριτική ικανότητα σε απομακρυσμένες ανατομικές δομές πχ. αορτική βαλβίδα, καθώς και σε ασβεστωμένες βαλβίδες.

Αυξάνοντας τη χρονική επαναληψιμότητα προκειμένου να βελτιώσουμε την χρονική διακριτική ικανότητα, για την ταχέως κινούμενη αορτική βαλβίδα, μειώνουμε τις γραμμές παρατήρησης και άρα μειώνουμε την πλάγια διακριτική ικανότητα. Γι' αυτό θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί τόσο στην λήψη των 3D δεδομένων όσο και στις μετρήσεις που αφορούν την αορτική βαλβίδα. Παρόλα αυτά έχει αποδειχτεί η ανωτερότητα της τριδιάστατης σε σχέση με την διδιάστατη ηχωκαρδιογραφία όσον αφορά τη μέτρηση του αορτικού στομίου.<sup>10</sup>



**ΕΙΚΟΝΑ 6:** Απεικόνιση της αορτικής βαλβίδας σε ασθενή με αορτική ανεπάρκεια σοβαρού βαθμού, όπου εμφανώς αναδεικνύεται η διάτρηση (παρουσία οπής, πράσινο βέλος) της αριστερής στεφανιαίας πτυχής **RCC**: δεξιά στεφανιαία πτυχή, **NCC**: μη στεφανιαία πτυχή, **LCC**: αριστερή στεφανιαία πτυχή, **IAS**: μεσοκοιλιακό διάφραγμα, **MV**: μιτροειδής βαλβίδα.

## Β. ΑΟΡΤΙΚΗ ΣΤΕΝΩΣΗ

Στη στένωση της αορτικής βαλβίδας πέρα από την προαναφερθείσα απεικόνιση της ακριβούς ανατομίας της βαλβίδας και την εκτίμηση του αορτικού στόμιου (Εικόνα 3) με τη τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία έχουμε δύο ακόμα πλεονεκτήματα:

1. Τα δύο βασικότερα σφάλματα κατά την εκτίμηση της αορτικής στένωσης προέρχονται από την παραδοχή ότι ο ΧΕΑΚ είναι κυκλικός καθώς και ότι έχει τοποθετηθεί το παλμικό Doppler στο σημείο που μετρήθηκε ο ΧΕΑΚ, στην περίπτωση υπολογισμού του όγκου παλμού. Με την 3D διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία και την αξονική τομογραφία πολλών τομών<sup>11,12</sup> αποδείχθηκε ότι ο ΧΕΑΚ δεν είναι κυκλικός αλλά ελλειπτικός. Με την 3D διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία μπορεί με ακρίβεια να πλανιμετρηθεί ο ΧΕΑΚ, γεγονός που οδήγησε στον επαναπροσδιορισμό της βαρύτητας της αορτικής στένωσης σε ποσοστό 25% των ασθενών.<sup>13</sup>

Η πλανιμέτρηση του ΧΕΑΚ αποκτά επιπλέον σημασία επειδή βοηθά στην ορθή επιλογή του μεγέ-

θους της βαλβίδας στην περίπτωση διαδερμικής τοποθέτησής αυτής. Όσον δε αφορά τον υπολογισμό του όγκου παλμού της αριστερής κοιλίας (ΑΚ) δείχτηκε καλύτερη συμφωνία με την MRI καρδιάς μέσω υπολογισμού του τελοδιαστολικού και του τελοσυστολικού της όγκου.<sup>14</sup> Βέβαια δεν πρέπει να παραβλέπονται οι εγγενείς δυσκολίες στην μέτρηση των όγκων της ΑΚ, ειδικά με τη διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία λόγω της μη καλής απεικόνισης της κορυφής της ΑΚ.

2. Όπως αναφέρθηκε ήδη παραπάνω, ιδιαίτερα σημαντική μέτρηση στην διαδερμική τοποθέτηση της αορτικής βαλβίδας είναι ο υπολογισμός της απόστασης της έκφυσης των στεφανιαίων αγγείων από τον αορτικό δακτύλιο και τις αορτικές πτυχές. (Εικόνα 4,5)

## Γ. ΑΟΡΤΙΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

Η επιδιόρθωση της αορτικής βαλβίδας, αν και τεχνικά πιο απαιτητική, προσφέρει τα πλεονεκτήματα της μειωμένης πιθανότητας εμφάνισης ενδοκαρδίτιδας, μειωμένων αιμορραγικών συμβαμάτων (μηχανικές βαλβίδες) και της αποφυγής της πρώιμης δυσλειτουργίας της βαλβίδας (βιοπροσθετικές).

Η ακριβής λοιπόν ανάδειξη της ανατομίας της βαλβίδας και της αιτιολογίας της ανεπάρκειας αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Έχει υποστηριχτεί ότι η τριδιάστατη διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία είναι ανώτερη της τριδιάστατης διοισοφάγειο στην απεικόνιση και καθορισμό της αιτιολογίας της ανεπάρκειας.<sup>15</sup> (Εικόνα 6,7)

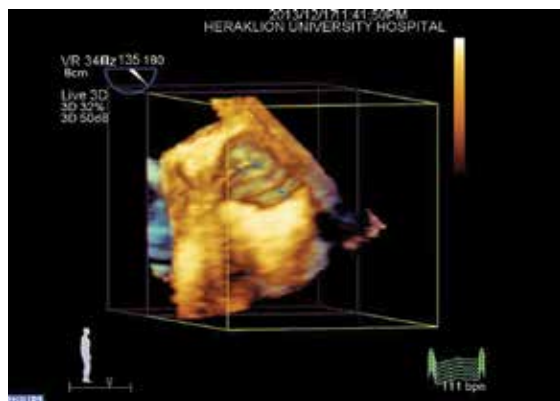
Ένα θεωρητικό πλεονέκτημα της τριδιάστατης διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφίας, είναι ότι με τη χρήση έγχρωμου Doppler και την κατάλληλη περικόπη της εικόνας, γίνεται δυνατή η απεικόνιση του πραγματικού σχήματος της vena contracta, το οποίο έχει δείχθει ότι είναι ασύμμετρο,<sup>16</sup> καθώς και της ημικυκλικής επιφάνειας της PISA του ανεπαρκούς jet.

Από μελέτες έχει αποδειχτεί υψηλότερη συσχέτιση των μετρήσεων της vena contracta, ειδικά



**ΕΙΚΟΝΑ 7:** Απεικόνιση της αορτικής βαλβίδας σε ασθενή με αορτική ανεπάρκεια σοβαρού βαθμού, όπου διακρίνονται πολλαπλές οπές στις αορτικές πτυχές (πράσινα βέλη) λόγω λοιμώδους ενδοκαρδίτιδας καθώς και εκπλαστίσεις (κόκκινο βέλος). Στα δεξιά της εικόνας απεικονίζεται η αορτική βαλβίδα με θέαση από την ανιούσα αορτή ενώ αριστερά απεικονίζεται με θέαση από την κοιλιακή επιφάνεια.





**ΕΙΚΟΝΑ 8:** Απεικόνιση με την τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία προσθητικής αορτικής βαλβίδας με την ανάδειξη των 2 κεκλιμένων δίσκων (μπλε βέλη) σε ανοικτή θέση.

στα έκκετρα jet, με την τριδιάστατη διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία και τη μαγνητική τομογραφία καρδιάς, απ' ό τι με τη διδιάστατη διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία.<sup>17</sup> Επίσης αποδείχτηκε, στα πλαίσια εκτίμησης του ανεπαρκούς αορτικού στομίου, καλύτερη συσχέτιση από την πλανιμέτρηση της vena contracta κατά τη τριδιάστατη διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφική μελέτη, σε σχέση με τη μέτρηση της PISA κατά τη διδιάστατη διοισοφάγειο ηχοκαρδιογραφία, με μέθοδο αναφοράς τη μαγνητική τομογραφία καρδιάς.<sup>18</sup>

Ωστόσο δεν θα πρέπει να λησμονείται η μειωμένη διακριτική ικανότητα της μαγνητικής τομογραφίας καρδιάς (η οποία δεν είναι και πραγματικού χρόνου) και της τριδιάστατης διοισοφαγείου ηχοκαρδιογραφίας όσο και ο χαμηλός ρυθμός επαναληψιμότητας (volume rate) της τελευταίας. Στους περιορισμούς κατά την απεικόνιση του ημισφαιρίου

της εγγύς ισοταχούς επιφάνειας (PISA) θα πρέπει να προστεθεί και η εξάρτηση από τη γωνία πρόπτωσης των ήχων με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτές οι περιφερικές τριδιάστατες μετρήσεις μικρής ζώνης, κάτι που δεν μπορεί να λυθεί με τη τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία.

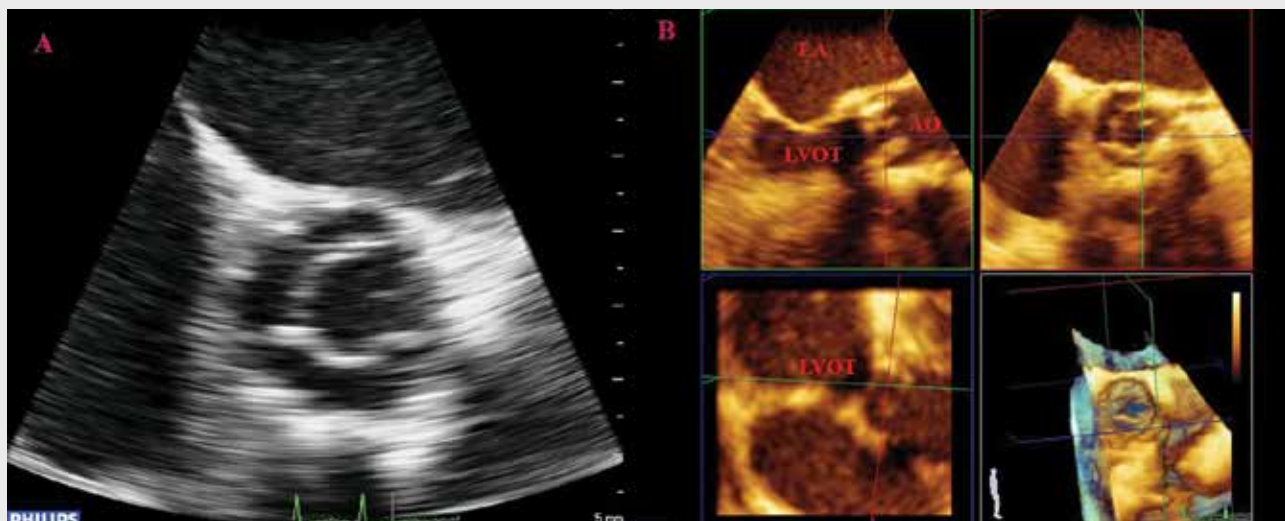
#### Δ. ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΕΣ ΒΑΛΒΙΔΕΣ

Οι ήδη υπάρχουσες δυσκολίες στην απεικόνιση της αορτικής βαλβίδας πολλαπλασιάζονται με την παρουσία προσθετικού δακτυλίου. Ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατή η καλή απεικόνιση της προσθετικής βαλβίδας (εικόνα 8), του προσθετικού δακτυλίου (Εικόνα 9), η παθολογία του αορτικού τοιχώματος (Εικόνα 10), η καταγραφή της διαβαλβιδικής και παραβαλβιδικής ανεπάρκειας καθώς και η απεικόνιση επιπροσθέτων μορφωμάτων.

Η ουσιαστική συμβολή της τριδιάστατης διοισοφαγείου ηχοκαρδιογραφίας στην μελέτη των προσθετικών βαλβίδων προέρχεται από την δυνατότητα, με μια λήψη δεδομένων όγκου, της απεικόνισης της προσθετικής βαλβίδας και του δακτυλίου σε 3 κάθετα μεταξύ τους επίπεδα, καθώς και της περιστροφής και του καθορισμού των επιπέδων ανάλογα με την περιοχική ενδιαφέροντος.

#### Ε. ΑΟΡΤΟΜΙΤΡΟΕΙΔΙΚΟ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ (AORTIC MITRAL COUPLING)

Είναι γνωστό ότι η αορτική και η μιτροειδής βαλβίδα δεν είναι ανατομικά ανεξάρτητες αλλά συνδέονται μεταξύ τους μέσω του ινώδους δακτυλίου. Με τη βοήθεια της τριδιάστατης διοισοφαγείου ηχοκαρδιογραφίας, έγινε για πρώτη φορά δυνατή η ταυ-

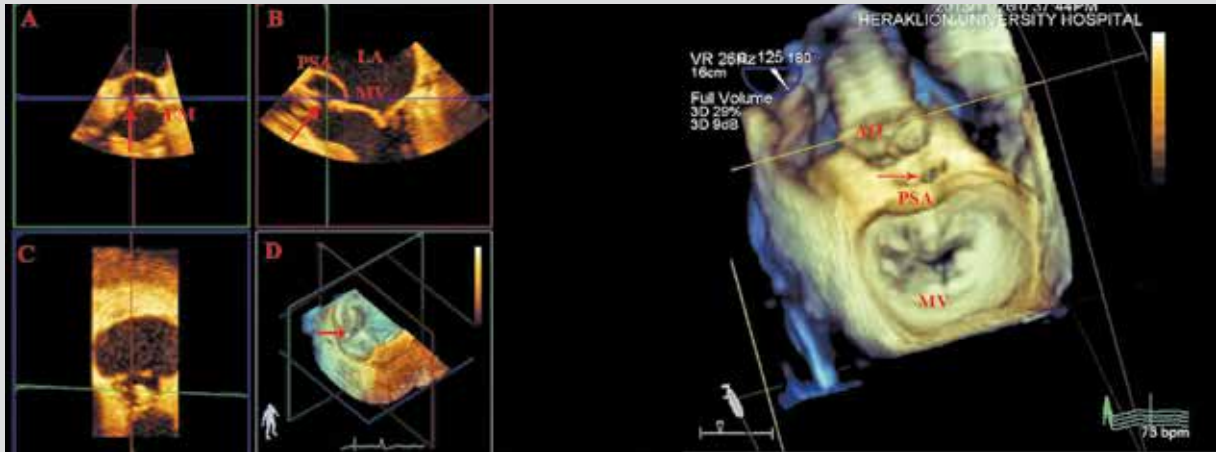


**ΕΙΚΟΝΑ 9:** Απεικόνιση βιοπροσθητικής αορτικής βαλβίδας με την 2 διαστάσεων ηχοκαρδιογραφία (Α) και την 3 επιπέδων τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία (Β). **LA:** αριστερός κόλπος, **LVOT:** χώρος εξόδου αριστερής κοιλίας, **AO:** αορτή



# ΚΑΡΔΙΑΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

**ΕΙΚΟΝΑ 10:** Μετεχειρτηκικές εικόνες σε ασθενή που χειρουργήθηκε λόγω αορτικής αποσπλήματος. Διακοπή της αορτομυροειδικής συνέχειας (A, B, D κόκκινο βέλος) με δημιουργία ψευδοανευρύσματος (B, PSA). Στην εικόνα D απεικονίζεται η συστολική έκπλυση του ψευδοανευρύσματος και μια οπή (κόκκινο βέλος), που ανηπρωσπεύει ρήξη του ψευδοανευρύσματος και επικοινωνία αυτού με τον αριστερό κόλπο. Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται τριδιάστατα, πέραν της αορτής (AO), της μιτροειδούς (MV) και του ψευδοανευρύσματος (PSA) και η διακοπή της αορτομυροειδικής συνέχειας και είσοδος του ψευδοανευρύσματος (βέλος). **PSA:** ψευδοανεύρσμα, **LM:** έκφυση στελέχους της αριστερής στεφανιαίας αρτηρίας, **MV:** μιτροειδής βαλβίδα, **AO:** αορτή, **LA:** αριστερός κόλπος.



τόχρονη μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς και των δύο βαλβίδων, με τη χρήση ειδικού λογισμικού προγράμματος, κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι οι δύο βαλβίδες δεν έχουν μόνο ανατομική σχέση αλλά και λειτουργική, αποτελώντας έτσι ένα ενιαίο βαλβιδικό σύμπλεγμα (aortic mitral coupling). Αποδείχτηκε ότι η αορτική και η μιτροειδής βαλβίδα έχουν συγχρονισμένη και αλληλένδετη λειτουργική συμπεριφορά έτσι ώστε να αλληλοϋποστηρίζεται η καλή λειτουργία και των δύο βαλβίδων. Αντιστρόφως, η δυσλειτουργία της μία βαλβίδας έχει αντίκτυπο στη λειτουργικότητα και της άλλης.<sup>19</sup>

Η ισχυρή αλληλεπίδραση που έχουν, αποδεικνύεται από το γεγονός ότι ακόμα και μετά την επιδιόρθωση της μιτροειδούς ή την τοποθέτηση διαδερμικής αορτικής βαλβίδας, οι δυναμικές ιδιότητες της εναπομένουσας γηγενούς βαλβίδας είναι διαταραγμένες.<sup>20,21</sup>

Οι παραπάνω γνώσεις που πήραμε από την ταυτόχρονη δυναμική μελέτη και των δύο βαλβίδων, βασισμένοι στη χρήση της διοισοφαγίου τριδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας, έχουν μεγάλη σημασία γιατί τροποποιούν την οπτική μας στην εξήγηση των βαλβιδικών δυσλειτουργιών και παρέχουν πληροφορίες για την ανεύρεση και κατασκευή νέων προσθετικών δακτυλίων και ενδεχομένως νέων διαδερμικών βαλβίδων. Τέλος, δίνουν τις πρώτες ενδείξεις, ότι στο μέλλον θα θεωρείται ενιαίος, πλέον, ο αορτομιτροειδικός βαλβιδικός μηχανισμός, γεγονός που καθιστά αναγκαία την ενδελεχή εκτίμηση των λειτουργικών και ανατομικών ιδιοτήτων και των δύο βαλβίδων σαν ολότητα, προεχειρητικά και διεχειρητικά και μετεχειρητικά.<sup>19-21</sup>

## Συμπέρασμα

Με τη τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία δε στοχεύουμε στην καλύτερη απεικόνιση των λεπτών διατομών της διδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας αλλά επιδιώκουμε την απεικόνιση των δομών με διαφορετικό συλλογισμό, όπως όταν μπαίνουμε σ' ένα δωμάτιο και επεξεργαζόμαστε το περιεχόμενό του. Αυτή τη δυνατότητα μας τη δίνει κυρίως η τριδιάστατη διοισοφαγίος ηχοκαρδιογραφία η οποία μπορεί ν' απεικονίσει την πάλλουσα καρδιά σε πραγματικό χρόνο όπως τη βλέπει ένας χειρουργός.

Η τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία πέρα από την αποδεδειγμένη και ευρέως πλέον αποδεχθείσα υπεροχή της στη μελέτη της μιτροειδούς βαλβίδας, φαίνεται ότι κατέχει σημαντική θέση και στη μελέτη της αορτικής βαλβίδας, παρά τις εγγενείς αδυναμίες των ήχων (απόσταση δομής ενδιαφέροντος από ηχοβολέα, γωνία πρόπτωσης, διακριτική ικανότητα κτλ).

Συνοψίζοντας, με τη τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία επιτυγχάνουμε καλύτερη ανάδειξη της ανατομίας των αορτικών πτυχών, όπου πλέον απεικονίζονται σ' όλη τους την επιφάνεια με θέαση τόσο από την ανιούσα θωρακική αορτή, όσο και από το ΧΕΑΚ. Επιπροσθέτως η εμπειριστατωμένη μελέτη της αορτικής ρίζας και του ΧΕΑΚ, είναι ιδιαίτερα σημαντική σήμερα λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος διαδερμικής τοποθέτησης των αορτικών βαλβίδων.

Η βελτίωση στο μέλλον της διεισδυτικότητας και της διακριτικής ικανότητας του τριδιάστατου μετατροπέα, του ρυθμού επαναληψιμότητας, της μείωσης του απαιτούμενου χρόνου για τη λήψη,

ανακατασκευή και επεξεργασία των αποκτηθέντων δεδομένων, θα διορθώσει μερικές από τις σημερινές ατέλειες της τριδιάστατης ηχοκαρδιογραφίας. Η τριδιάστατη ηχοκαρδιογραφία είναι το παρόν και το μέλλον της ηχοκαρδιογραφίας και θα πρέπει να συνοδεύει τη διδιάστατη μελέτη, προκειμένου να έχουμε πληρέστερη μελέτη του αορτικού συμπλέγματος.

## Βιβλιογραφία

1. EAE/ASE Recommendations for Image Acquisition and Display Using Three-Dimensional Echocardiography *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* (2012) 13 (1): 1-46
2. Victor Mor-Avi, Lissa Sugeng, Roberto M. Lang. Real-Time 3-Dimensional Echocardiography: An Integral Component of the Routine Echocardiographic Examination in Adult Patients? *Circulation* 2009; 119: 314-329
3. Roberto M. Lang, Victor Mor-Avi, John M. Dent, Christopher M. Kramer. Three-Dimensional Echocardiography: Is it Ready for Everyday Clinical Use? *J Am Coll Cardiol Img.* 2009;2(1):114-117
4. Anderson RH. Clinical anatomy of the aortic root. *Heart* 2000;84:670-3
5. Piazza N, de Jaegere P, Schultz C, Becker AE, Serruys PW, Anderson RH. Anatomy of the aortic valvar complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv* 2008;1:74-81.
6. Siu SC, Silversides CK. Bicuspid aortic valve disease. *J Am Coll Cardiol* 2010;55:2789-800
7. Sadagopan SN, Veldtman GR, Sivaprakasam MC, Keeton BR, Gnanapragasam JP, Salmon AP et al. Correlations with operative anatomy of real time three dimensional echocardiographic imaging of congenital aortic valvar stenosis. *Cardiol Young* 2006;16:490-4.
8. Espinola-Zavaleta N, Munoz-Castellanos L, Attie F, Hernández-Morales G, Zamora-González C, Duen˜as-Carbajal R et al. Anatomic three-dimensional echocardiographic correlation of bicuspid aortic valve. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:46-53.
9. Espinola-Zavaleta N, Munoz-Castellanos L, Kuri-Nivon M, Keirns C. Aortic obstruction: anatomy and echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound* 2006;4:36.
10. Ge S, Warner JG Jr, Abraham TP, Kon ND, Brooker RF, Nomeir AM et al. Three dimensional surface area of the aortic valve orifice by three-dimensional echocardiography: clinical validation of a novel index for assessment of aortic stenosis. *Am Heart J* 1998;136:1042-50
11. Hamdan A, Guetta V, Konen E, Goitein O, Segev A, Raanani E et al. Deformation dynamics and mechanical properties of the aortic annulus by 4-dimensional computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:119-27,
12. Doddamani S, Bello R, Friedman MA, Banerjee A, Bowers JH Jr, Kim B et al. Demonstration of left ventricular outflow tract eccentricity by real time 3D echocardiography: implications for the determination of aortic valve area. *Echocardiography* 2007;24:860-6
13. Ng AC, Delgado V, van der Kley F, Shanks M, van de Veire NR, Bertini M et al. Comparison of aortic root dimensions and geometries before and after transcatheter aortic valve implantation by 2- and 3-dimensional transesophageal echocardiography and multislice computed tomography. *Circ Cardiovasc Imaging* 2010;3:94-102
14. Gutierrez-Chico JL, Zamorano JL, Prieto-Moriche E, Hernández-Antoli˜n RA, Bravo-Amaro M, Pe˜rez de Isla L et al. Real-time three-dimensional echocardiography in aortic stenosis: a novel, simple, and reliable method to improve accuracy in area calculation. *Eur Heart J* 2008;29:1296-306
15. Vida VL, Hoehn R, Larrazabal LA, Gauvreau K, Marx GR, del Nido PJ. Usefulness of intra-operative epicardial three-dimensional echocardiography to guide aortic valve repair in children. *Am J Cardiol* 2009;103:852-6.
16. Fang L, Hsiung MC, Miller AP, Nanda NC, Yin WH, Young MS, et al. Assessment of aortic regurgitation by live three-dimensional transthoracic echocardiographic measurements of vena contracta area: usefulness and validation. *Echocardiography* 2005;22:775-81.
17. Perez de Isla L, Zamorano J, Fernandez-Golfın C, Ciocarelli S, Corros C, Sanchez T, Ferreirós J, Marcos-Alberca P, Almeria C, Rodrigo JL, Macaya C 3D color Doppler echocardiography and chronic aortic regurgitation: a novel approach for severity assessment. *Int J Cardiol.* 2013 Jul 1;166(3):640-5
18. Ewe SH, Delgado V, van der Geest R, Westenberg JJ, Haecck ML, Witkowski TG, Auger D, Marsan NA, Holman ER, de Roos A, Schalij MJ, Bax JJ, Sieders A, Siebelink HM Accuracy of three-dimensional echocardiography versus two for quantification of aortic regurgitation and validation by three-dimensional three directional velocity-encoded magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol.* 2013 Aug 15;112(4):560-6.
19. Veronesi F, Corsi C, Sugeng L, Mor-Avi V, Caiani EG, Weinert L, Lamberti C, Lang RM. A Study of Functional Anatomy of Aortic-Mitral Valve Coupling Using 3D Matrix Transesophageal Echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2009;2:24-31
20. Veronesi F, Caiani EG, Sugeng L, Fusini L, Tamborini G, Alamanni F, Pepi M, Lang RM. Effect of Mitral Valve Repair on Mitral-Aortic Coupling: A Real-Time Three-Dimensional Transesophageal Echocardiography Study *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:524-31.
21. Tsang W, Meineri M, Hahn RT, Veronesi F, Shah AP, Osten M, Nathan S, Russo M, Lang RM, Horlick EM A three-dimensional echocardiographic study on aortic-mitral coupling in transcatheter aortic valve replacement. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013 Oct;14(10):950-6.