

## Βασική Υπερηχοκαρδιογραφία: Στοιχειώδεις μετρήσεις και φυσιολογικές τιμές

Ζωγόγιαννης Ιωάννης\* MD, Σκούμπας Νικόλαος<sup>#</sup> MD, PhD

### ABSTRACT

#### Basics in echocardiography: Measurements and normal values

Zogogiannis I, Skubas N

Echocardiography has a predominant role in the diagnosis of many clinical questions perioperatively. The techniques for i) measurement of the most important anatomic dimensions and ii) for calculations of the basic normal and functional values are briefly described. The advantages and limitations of each method are also mentioned.

Η υπερηχοκαρδιογραφία αποκτά όλο και περισσότερο, σημαντικό ρόλο στο monitoring του ασθενούς. Η εφαρμογή της διαθωρακικής (κυρίως στο μη χειρουργικό ασθενή), και της διαοισοφάγειας υπερηχοκαρδιογραφίας (στον περιεγχειρητικό ασθενή), χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση των αιτίων και την διακεκομμένη ή συνεχή παρακολούθηση των διαταραχών του κυκλοφορικού συστήματος. Όπως είναι γνωστό, καμία ιατρική διαγνωστική μέθοδος δεν είναι 100% ακριβής, και ο σπουδαστής ή ο χρήστης της υπερηχοκαρδιογραφίας δεν θα πρέπει ποτέ να καταλήγει σε μια διάγνωση χωρίς να ελέγχει τα αποτελέσματα ή τις μετρήσεις μιας συγκεκριμένης μεθόδου. Ειδικά ο χρήστης της υπερηχοκαρδιογραφίας, αναισθησιολόγος ή μη, θα πρέπει να επιδιώκει την κατοχύρωση των ευρημάτων με αντικειμενικά και όχι

υποκειμενικά στοιχεία.

Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των κυριότερων μεθόδων, που χρησιμοποιούνται κατά τη διερεύνηση της συστολικής και διαστολικής λειτουργίας της καρδιάς.

#### Διαστάσεις αριστερής κοιλίας

Οι διαστάσεις της αριστερής κοιλίας περιγράφονται με τον εγκάρσιο (transverse) ή μικρό (minor) και τον επιμήκη ή μεγάλο (long) άξονα. Ο εγκάρσιος άξονας μετράται χρησιμοποιώντας την εγκάρσια διαγαστρική τομή, στο επίπεδο των θηλοειδών μυών (transgastric mid short axis [TG mid SAX]). Η τομή περιλαμβάνει τα σώματα των δύο θηλοειδών μυών μόνο, χωρίς τις τενόντιες χορδές, ούτε τη μιτροειδή βαλβίδα. Ο άξονας του M-mode τοποθετείται έτσι ώστε να διέρχεται από το μέσο του κάτω (inferior) και του πρόσθιου (anterior) τμήματος του μυοκαρδίου της αριστερής κοιλίας. Τρεις καρδιακοί παλμοί αποθηκεύονται στην προσωρινή μνήμη του ηχοκαρδιογράφου για επεξεργασία. Οι ακίδες του διαβήτη τοποθετούνται στο ενδοκάρδιο των παραπάνω τμημάτων κατά

\*Ειδικευόμενος Αναισθησιολόγος, ΓΝ Αθηνών «Γ. ΓΕΝΝΗΜΑΤΑΣ»,

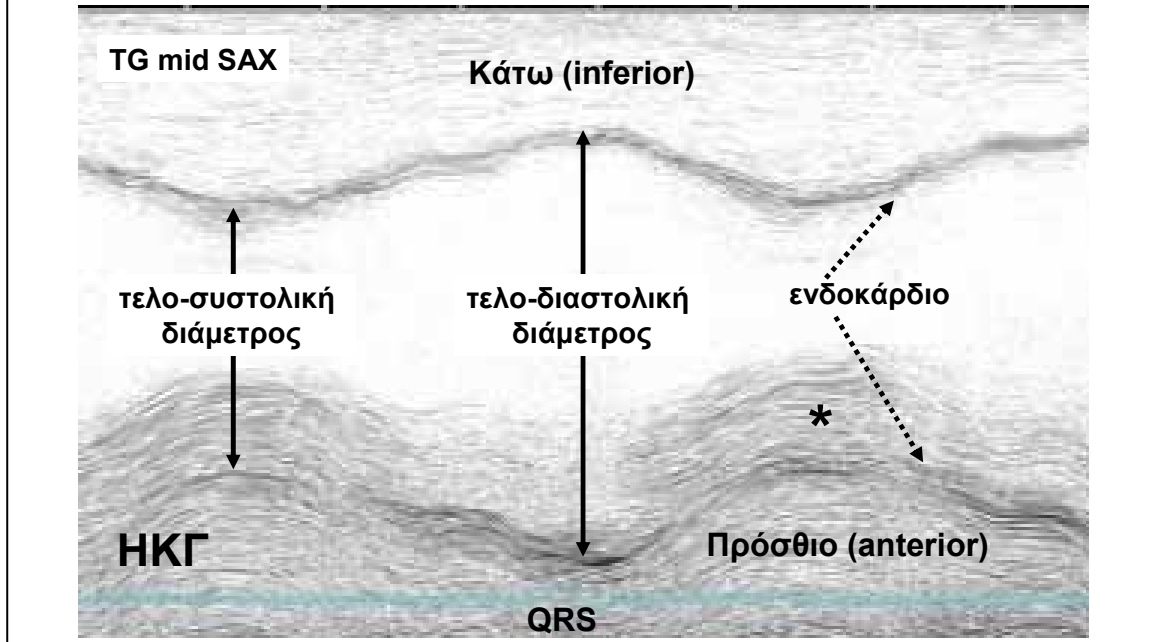
<sup>#</sup>Επίκουρος Καθηγητής Αναισθησιολογίας, NYPresbyterian Hospital, Weill Cornell Medical Center. New York. USA

το τέλος της διαστολής και συστολής και μετρώνται η τελοδιαστολική και η τελο-συστολική αντίστοιχα διάμετρος της αριστερής κοιλίας (εικόνα 1).

επιφάνεια – τελοσυστολική επιφάνεια) ÷ τελοδιαστολική επιφάνεια.

Η τομή που χρησιμοποιείται είναι η TG mid SAX της αριστεράς κοιλίας. Χρησιμοποιώντας

**Εικόνα 1.** Καταγραφή M-mode του κάτω (inferior) και προσθίου (anterior) τοιχώματος της αριστερής κοιλίας χρησιμοποιώντας την εγκάρσια διαγαστρική τομή, στο επίπεδο των θηλοειδών μυών (TG mid SAX). Το σώμα του προσθιοπλάγιου θηλοειδή μυ δείχνεται με τον αστερίσκο.



Οι φυσιολογικές τιμές είναι: τελοδιαστολική διάμετρος 4,7 cm, και τελοσυστολική διάμετρος 3,1 cm. Η αριστερή κοιλία θεωρείται διατεταμένη (μεγαλοκαρδία), όταν η τελοδιαστολική διάμετρος είναι >7 cm και η τελοσυστολική >4,5 cm.

Οι εσφαλμένες μετρήσεις οφείλονται στο ότι ο άξονας του M-mode δεν διέρχεται από το μέσο των τμημάτων της αριστερής κοιλίας (έκκεντροι διάμετροι) ή όταν το σώμα των θηλοειδών μυών περιλαμβάνεται στη μέτρηση με αποτέλεσμα την εσφαλμένη ελάττωση κυρίως της τελοσυστολικής διαμέτρου.

### Ποσοστιαία μεταβολή της επιφάνειας της αριστερής κοιλίας (Fractional Area Change, FAC%)

FAC είναι η ποσοστιαία μεταβολή της επιφάνειας της αριστεράς κοιλίας κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού παλμού σε σχέση με την τελοδιαστολική επιφάνεια: (τελοδιαστολική

το πάγμα της οθόνης και την εναλλαγή/ολίσθηση του trackball, αναγνωρίζονται οι τελοδιαστολική και τελοσυστολική επιφάνειες της αριστεράς κοιλίας. Το ενδοκάρδιο ιχνηλατείται, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι θηλοειδείς μύες (σαν να μην υπάρχουν οι θηλοειδείς μύες), και ο υπερηχοκαρδιογράφος υπολογίζει την επιφάνεια και την περιφέρεια (εικόνα 2).

Φυσιολογικές τιμές: 36-64%

Περιορισμοί: Το διαφραγματικό (septal) και το πλάγιο (lateral) τμήμα της αριστεράς κοιλίας βρίσκονται παράλληλα με το μέτωπο του υπερήχου και δίνουν ασθενείς ανακλάσεις. Για το λόγο αυτό, το ενδοκάρδιο δεν απεικονίζεται εξ' ολοκλήρου. Η μέθοδος FAC δεν λαμβάνει υπόψη την λειτουργία της βάσης και της κορυφής της αριστεράς κοιλίας, και για αυτό, δεν θα πρέπει να υποκαθιστά το κλάσμα εξώθησης αριστεράς κοιλίας.

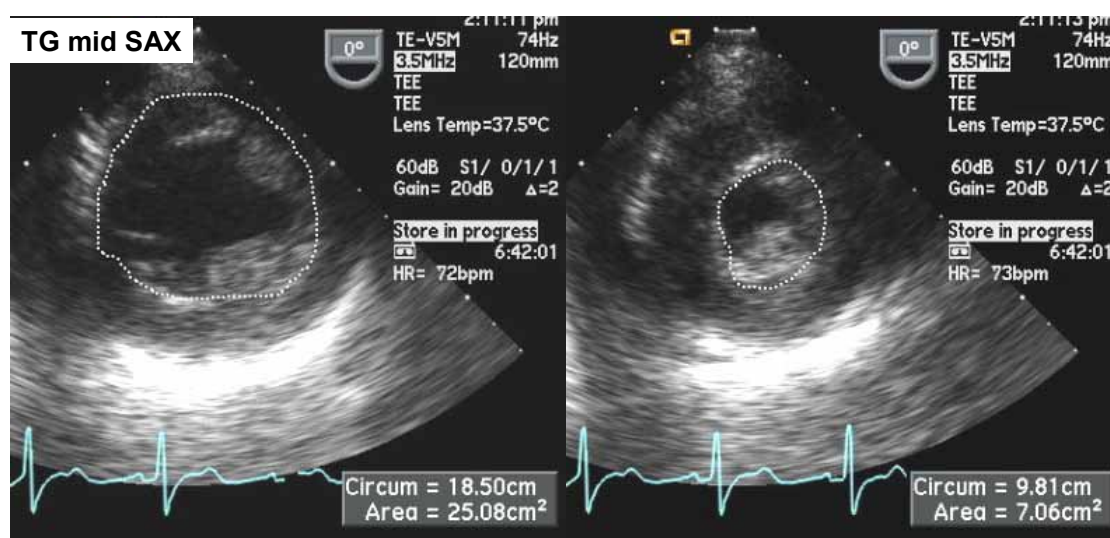
### Όγκος αριστερής κοιλίας

Ο όγκος παλμού της αριστεράς κοιλίας υπολογίζεται από τη διαφορά μεταξύ τελο-διαστολικού και τελοσυστολικού όγκου. Η μέτρηση των όγκων της αριστεράς κοιλίας

παρακάτω μέθοδοι θεωρούνται οι ακριβέστερες.

Μέθοδος επιφάνειας-μήκους (Area-Length method): Ο υπερηχοκαρδιογράφος δείχνει έναν

**Εικόνα 2.** Η ποσοστιαία μεταβολή της επιφάνειας της αριστεράς κοιλίας υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εγκάρσια διαγαστρική τομή, στο επίπεδο των θηλοειδών μυών (TG mid SAX). Η τελο-διαστολική επιφάνεια και η τελο-συστολική επιφάνεια, κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού παλμού, υπολογίζονται από την ιχνηλάτηση του ενδοκαρδίου, χωρίς να περιλαμβάνονται τα σώματα των θηλοειδών μυών. Η ποσοστιαία μεταβολή της επιφάνειας της αριστεράς κοιλίας ισούται με (τελο-διαστολική επιφάνεια – τελο-συστολική επιφάνεια) ÷ τελο-διαστολική επιφάνεια.



Τελο-διαστολική επιφάνεια = 25 cm<sup>2</sup>

Τελο-συστολική επιφάνεια = 7 cm<sup>2</sup>

**Ποσοστιαία μεταβολή επιφάνειας της αριστεράς κοιλίας  
(Fractional Area Change, FAC%)**

$$(25 \text{ cm}^2 - 7 \text{ cm}^2) \div 25 \text{ cm}^2 = 72\%$$

γίνεται χρησιμοποιώντας τη μεσο-οισοφάγειο τομή 4 και 2 κοιλοτήτων (mid-esophageal 4 chamber [ME 4C], mid-esophageal 2 chamber [ME2C]) της ΑΚ. Ο χρονικός προσδιορισμός του τελοδιαστολικού και τελοσυστολικού όγκου αναγνωρίζονται όπως παραπάνω. Εναλλακτικά, ως τελοδιαστολή ορίζεται η τελευταία φάση πριν οι γλωχίνες της μιτροειδούς βαλβίδας αρχίσουν να κινούνται προς τη βάση της αριστεράς κοιλίας για να κλείσουν, και ως τελοσυστολή η φάση πριν οι γλωχίνες της μιτροειδούς αρχίσουν να κινούνται προς την κοιλότητα της αριστεράς κοιλίας. Το ενδοκάρδιο ιχνηλατείται αρχίζοντας από τη μία πλευρά του μιτροειδικού δακτυλίου και τελειώνοντας στην αντίπλευρη (εικόνα 3). Οι

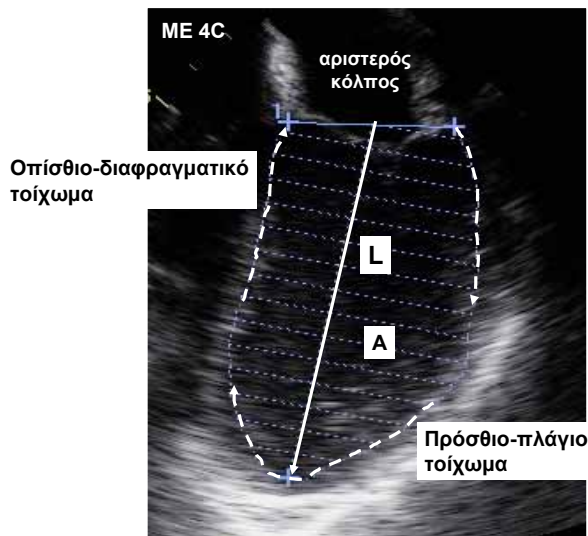
επιμήκη άξονα που ξεκινά από τη βάση της αριστεράς κοιλίας και καταλήγει στην υποτιθέμενη κορυφή της. Ο χρήστης μπορεί να διορθώσει τον άξονα, αν δεν διέρχεται από την πραγματική κορυφή της αριστεράς κοιλίας. Ο όγκος υπολογίζεται από την εξίσωση:  $[8 \times A^2] \div 3\pi L$ , όπου A είναι η επιφάνεια και L το μήκος του επιμήκη άξονα (εικόνα 3). Η διαφορά όγκου μεταξύ διαστολής και συστολής είναι ο όγκος παλμού (SV, stroke volume) και το πηλίκο ΟΠ / τελοδιαστολικός όγκος είναι το υπολογιζόμενο κλάσμα εξωθήσεως (EF, ejection fraction).

Φυσιολογικές τιμές: (για μετρήσεις που γίνονται στην ME 4C) 57±13 (37-94) ml/m<sup>2</sup>

(για μετρήσεις που γίνονται στην ME 2C)  $63 \pm 13$  (37-101) ml/m<sup>2</sup>.

**Περιορισμοί:** Από τη στιγμή που ο επιμήκης άξονας παίζει κυρίαρχο ρόλο στην παραπάνω εξίσωση, η οποιαδήποτε βράχυνση της αριστερής κοιλίας, όταν δηλαδή η κορυφή της αριστεράς κοιλίας απεικονίζεται εγγύτερα προς τη βάση, υπερεκτιμά το κλάσμα εξώθησης. Για το λόγο αυτό, η μέθοδος επιφάνειας-μήκους εφαρμόζεται στην ME 2C τομή.

**Εικόνα 3.** Ογκομέτρηση της αριστερής κοιλίας, χρησιμοποιώντας τη μεσο-οισοφαγιο τομή 4 κοιλοτήτων (mid-esophageal 4 chamber [ME 4C]). Το ενδοκάρδιο ιχνηλατείται αρχίζοντας από τη μία πλευρά του μιτροειδικού δακτυλίου και τελειώνοντας στην αντίπλευρη. Η επιφάνεια (A) και το μήκος του επιμήκη άξονα (L) χρησιμοποιούνται στην ογκομετρική μέθοδο επιφάνειας-μήκους, και ο όγκος των επιμέρους δίσκων στη μέθοδο των δίσκων.



**Μέθοδος δίσκων (Simpson's method):** Η μέθοδος εφαρμόζεται στις ME 4C και ME 2C τομές, και χρησιμοποιεί ένα μαθηματικό μοντέλο που υποθέτει ότι η αριστεράς κοιλίας αποτελείται από μια στοιβία 20 νομισμάτων, ίσου πάχους και με διάμετρο που ορίζεται από τα όρια του ενδοκαρδίου. Ο όγκος κάθε δίσκου υπολογίζεται από την διατομή του και το πάχος του, και ο όγκος της αριστεράς κοιλίας είναι το άθροισμα των όγκων των

επιμέρους δίσκων. Ο ΟΠ και το ΚΕ υπολογίζονται όπως παραπάνω.

**Φυσιολογικές τιμές:**  $55 \pm 10$  (36-82) ml/m<sup>2</sup>.

**Περιορισμοί:** Είναι σύνηθες να «κατασκευάζεται» το ίχνος του ενδοκαρδίου σε υπόηχες περιοχές. Η κορυφή της αριστεράς κοιλίας δεν πρέπει να βραχύνεται πρώιμα (δες παραπάνω). Η μέθοδος είναι χρονοβόρα (απαιτεί τέσσερις διαφορετικές μετρήσεις) για άμεσο, γρήγορο υπολογισμό του ΟΠ και ΚΕ.

**Εικόνα 4.** Μέτρηση της διαμέτρου του αριστερού κόλπου χρησιμοποιώντας την προβολή της αορτικής βαλβίδας (AV) κατά το βραχύ άξονα (ME AV SAX). ΑΣ: αριστερή γλωχίνα, ΔΣ: δεξιά γλωχίνα, ΜΣ: μη στεφανιαία γλωχίνα της αορτικής βαλβίδας.

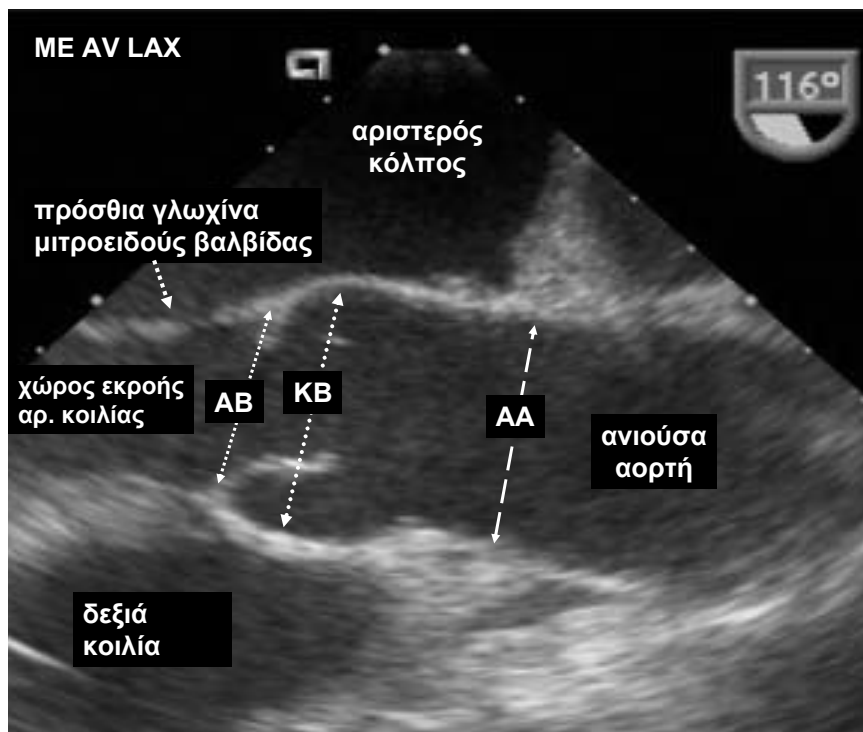


#### Διάμετρος αριστερού κόλπου

Οι διαστάσεις του αριστερού κόλπου μετρούνται κατά τη συστολή, όταν το μέγεθός του είναι το μεγαλύτερο. Κατά τη διοισοφαγιο υπερηχοκαρδιογραφία, η μεγαλύτερη διάμετρος του αριστερού κόλπου απεικονίζεται στη μέση οισοφαγιο τομή κατά το βραχύ άξονα της αορτικής βαλβίδας (ME AV SAX) στις 30°-60°.



**Εικόνα 5.** Ο χώρος εκροής αριστερής κοιλίας και η ανιούσα αορτή απεικονίζονται στη επιμήκη μεσο-οισοφάγειο τομή της αορτικής βαλβίδας (ME AV LAX), και μετριοούνται οι διάμετροι των παρακάτω ανατομικών δομών: AB = δακτύλιος αορτικής βαλβίδας, KB = κόλποι του Valsalva, AA = ανιούσα αορτή.



Η εικόνα πρέπει να περιλαμβάνει την αορτική βαλβίδα και το τοίχωμα του αριστερού κόλπου πρέπει να είναι εμφανές στην κορυφή της εικόνας. Η μέτρηση της διαμέτρου γίνεται από την κορυφή της εικόνας μέχρι τον δακτύλιο της αορτικής βαλβίδας (εικόνα 4).

**Φυσιολογική τιμή:** Η διάμετρος του αριστερού κόλπου είναι μικρότερη των 4cm.

**Περιορισμοί:** Η πλήρης απεικόνιση του αριστερού κόλπου είναι δύσκολη με το διοισοφάγειο υπερηχοκαρδιογράφημα εξαιτίας της αδυναμίας να περιλάβει ολόκληρο τον αριστερό κόλπο στην εικόνα. Η διοισοφάγειος υπερηχοκαρδιογραφία υποεκτιμά την διάσταση του αριστερού κόλπου κατά 9% σε σχέση με τη διαθωρακική υπερηχοκαρδιογραφία.

### Αορτική βαλβίδα

Η δισδιάστατη προβολή της αορτικής βαλβίδας (AV, aortic valve) κατά το βραχύ άξονα απεικονίζεται στη ME AV SAX 30°-60° τομή, έτσι ώστε οι τρεις γλωχίνες της να

εμφανίζονται συμμετρικά. Εάν η τομή είναι ιδανική, τα ελεύθερα άκρα και των τριών γλωχίνων απεικονίζονται κατά τη συστολή. Η επιφάνεια της αορτικής βαλβίδας υπολογίζεται ιχνηλατώντας το ελεύθερο χείλος των τριών γλωχίνων, όταν το στόμιο είναι μεγαλύτερο (μέσον της συστολής). Συνήθως λαμβάνεται η μέση τιμή τριών μετρήσεων. Η διάμετρος του δακτυλίου της αορτικής βαλβίδας μετράται στο μέσο της συστολής στα σημεία σύνδεσης των γλωχίνων με τον αορτικό δακτύλιο.

**Φυσιολογικές τιμές:** Η επιφάνεια της αορτικής βαλβίδας είναι  $>2.5\text{cm}^2$  (3-4 $\text{cm}^2$ ). Χρησιμοποιώντας M-mode, οι γλωχίνες της αορτικής βαλβίδας πρέπει να διαχωρίζονται πάνω από 2cm κατά την συστολή. Ο διάμετρος του δακτυλίου της αορτικής βαλβίδας είναι 1.8-2.5 cm.

**Περιορισμοί:** Η πλανιμετρία της αορτικής βαλβίδας, το Doppler (εξίσωση συνεχείας – δεξ παρακάτω) και οι μετρήσεις με καθετήρες δεν συμφωνούν πάντα μεταξύ τους.

## Χώρος εκροής αριστερής κοιλίας, ανιούσα αορτή (LVOT), μετρήσεις

Ο χώρος εκροής αριστερής κοιλίας και η ανιούσα αορτή απεικονίζονται στη επιμήκη μεσο-οισοφάγειο τομή της αορτικής βαλβίδας (ME AV LAX). Ξεκινώντας από την ME AV SAX και διατηρώντας την αορτική βαλβίδα στο κέντρο της οθόνης, η κεφαλή του διοισοφάγειου περιστρέφεται στις 120-160°, έως ότου εμφανίζονται ο χώρος εκροής της αριστεράς κοιλίας (left ventricular outflow tract [LVOT]), η αορτική βαλβίδα και η εγγύς ανιούσα αορτή. Ο χώρος εκροής αριστερής κοιλίας βρίσκεται στο αριστερό τμήμα της οθόνης και η εγγύς ανιούσα αορτή στο δεξιό. Ο ηχοβολέας ρυθμίζεται ώστε να μεγιστοποιηθεί η εσωτερική διάμετρος των δομών. Η διάμετρος της αορτικής βαλβίδας μετρείται κατά την συστολή στα σημεία επαφής των γλωχίνων με το δακτύλιο (φυσιολογική τιμή 1.8-2.5 cm). Η αορτική ρίζα μετράται στο σημείο μετάπτωσης της διατεταμένης περιοχής των κόλπων του Valsalva στην κυλινδρική ανιούσα αορτή (εικόνα 5). Για κάθε μέτρηση, οι δείκτες τοποθετούνται στο εσω-

τερικό ίχνος των δομών. Η διάμετρος του χώρου εκροής της αριστερής κοιλίας μπορεί να μετρηθεί και στην βαθιά διαγαστρική προβολή (βλέπε παρακάτω: υπολογισμός όγκου παλμού με Doppler).

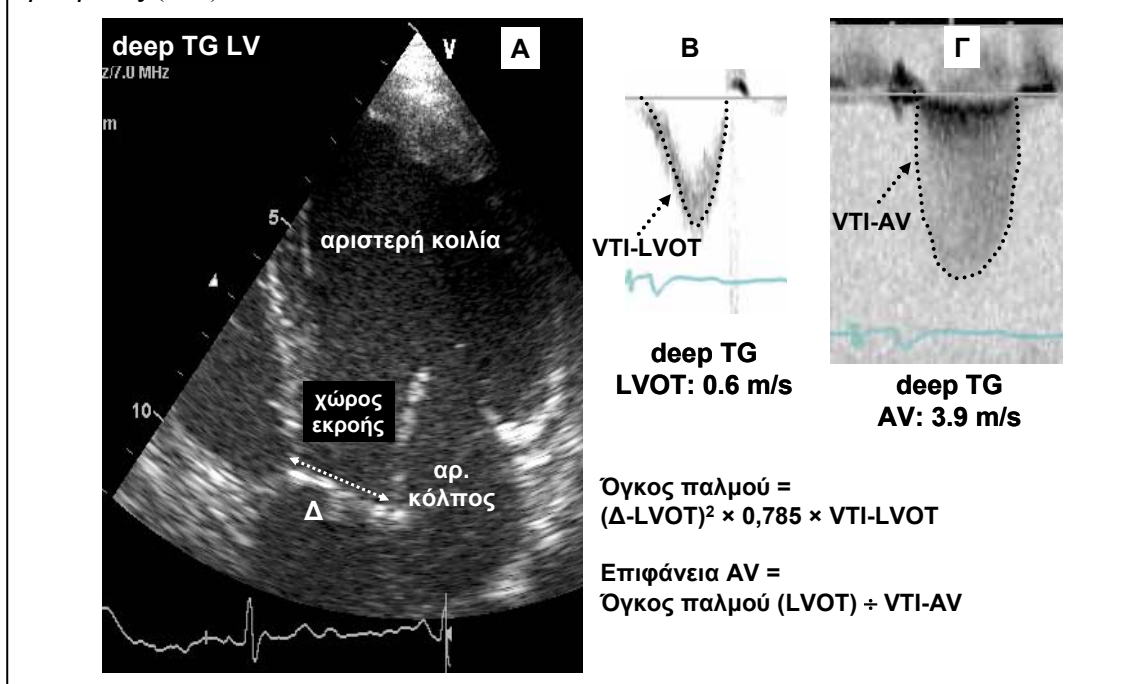
Φυσιολογικές τιμές: η φυσιολογική διάμετρος του χώρου εκροής της αριστερής κοιλίας είναι 2cm, η φυσιολογική διάμετρος της αορτικής ρίζας είναι 32±3 mm (άντρες) και 28±3 mm (γυναίκες). Η αορτή θεωρείται διατεταμένη εάν η διάμετρος είναι > 4cm.

Περιορισμοί: Για ακριβείς μετρήσεις, το επίπεδο της τομής πρέπει να περνά από το κέντρο της αορτής και όλες οι μετρήσεις να γίνονται στην ίδια φάση του καρδιακού κύκλου.

## Μικρή εισαγωγή στην Doppler υπερηχοκαρδιογραφία: παλμικό (PW), συνεχές (CW) και έγχρωμο Doppler

Το παλμικό (PW) Doppler μπορεί να κάνει δειγματοληψία ταχυτήτων από μια συγκεκριμένη περιοχή (5-7mm). Η φασματική απεικόνιση της ταχύτητας είναι γραμμική

**Εικόνα 6.** Α. Βαθιά διαγαστρική προβολή (deep TG) της αριστερής κοιλίας. Β. Φασματική καταγραφή με παλμικό Doppler της ταχύτητας δια του χώρου εκροής της αριστερής κοιλίας (LVOT). VTI = ολοκλήρωμα της ταχύτητας προς το χρόνο. Γ. Φασματική καταγραφή με Doppler συνεχούς κύματος της ταχύτητας δια της αορτικής βαλβίδας (AV).



(περίγραμμα τριγώνου ή τετράεδρου, χωρίς το εσωτερικό), επειδή ο ανακλώμενος υπέρηχος περιέχει το περιορισμένο εύρος ταχυτήτων από τη συγκεκριμένη περιοχή. Η φασματική απεικόνιση μπορεί να απεικονίσει ένα μέγιστο όριο ταχύτητας (1,5 m/sec), που ονομάζεται όριο Nyquist. Εάν η διερευνούμενη περιοχή περιέχει ταχύτητα εκτός ορίου, η ταχύτητα θα «τυλιχτεί γύρω» και θα εμφανιστεί εσφαλμένα αλλού, συνήθως με αναστροφή της διεύθυνσης (aliasing). Κατά τις μετρήσεις με παλμικό Doppler, ιχνηλατείται το φωτεινότερο μέρος του φακέλου (η «modal» ταχύτητα).

Το συνεχές (CW) Doppler καταγράφει ήχους που ανακλώνται από όλο το μήκος της δέσμης του υπερήχου, και η απεικόνιση περιέχει ταχύτητες από 0m/sec μέχρι τη μέγιστη. Το CW Doppler, σε αντίθεση με το PW Doppler, μπορεί να απεικονίσει υψηλότερες ταχύτητες χωρίς αναστροφή της διεύθυνσης. Οι πληροφορίες σχετικά με την προέλευση αυτών των ταχυτήτων φαίνονται σε μια μικρότερη διαστάση εικόνα πάνω από τη φασματική οθόνη.

Το Doppler έγχρωμης ροής απεικονίζει την κατεύθυνση και τις αναταράξεις των μέσων ταχυτήτων από μια συγκεκριμένη περιοχή. Το αριστερό ήμισυ της έγχρωμης κλίμακας αποτελείται από εύρος μπλε (κάτω από τη βάση, μακριά από τον ηχομετατροπέα) μέχρι κόκκινο (πάνω από τη βάση, προς την κορυφή, προς τον ηχομετατροπέα - μνημοτεχνικά BART: Blue-Away - Red-Towards). Το δεξί μέρος της έγχρωμης κλίμακας δείχνει το βαθμό της ανατάραξης (αυξανόμενες σκιάσεις κίτρινου και πράσινου πάνω σε μπλέ και κόκκινο). Εικόνες με μεγάλη ανατάραξη αντιπροσωπεύουν περιοχές με περίπλοκη, στροβιλώδη ροή. Το Doppler έγχρωμης ροής απεικονίζει τη μέση ταχύτητα μόνον.

### Υπολογισμός του όγκου παλμού με Doppler

Εάν υποθέσουμε ότι η ροή στα μεγάλα αγγεία και δια φυσιολογικών καρδιακών βαλβίδων είναι γραμμική και με επίπεδο μέτωπο, η μέση συστολική ροή (Qmean) που διέρχεται από μια δομή (πχ: αορτική βαλβίδα)

αντιπροσωπεύει τον όγκο παλμού της αριστερής κοιλίας. Κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού παλμού, η Qmean είναι το γινόμενο της επιφάνειας διατομής (CSA, cross-sectional area) της συγκεκριμένης δομής και του ολοκληρώματος της ταχύτητας χρόνου (VTI, velocity time integral) του (παλμικού ή συνεχούς) σήματος Doppler:  $Q_{mean} = CSA \times VTI$ . Για τον υπολογισμό του ΟΠ διεγχειρητικά, μετράται συνήθως η ροή Qmean δια του χώρου εκροής της αριστερής κοιλίας (LVOT). Χρησιμοποιώντας τη βαθιά διαγαστρική τομή (deep trans-gastric [TG]), μετρείται η διάμετρος LVOT ακριβώς κάτω από τις γλωχίνες της αορτής κατά τη συστολή (από την συμβολή των αορτικών γλωχίνων με το μεσοκοιλιακό ενδοκάρδιο ως την μιτροειδή βαλβίδα) και χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη τιμή από 3-5 μετρήσεις (εικόνα 6-A). Η CSA-LVOT υπολογίζεται ως  $(\text{διάμετρος-LVOT} \div 2)^2 \times \pi$  ή  $(\text{διάμετρος-LVOT})^2 \times 0,785$ . Κατόπιν, η δέσμη του PW Doppler κατευθύνεται παράλληλα με τη ροή δια της αορτικής βαλβίδας και η λήψη του PW Doppler λαμβάνεται περίπου 5 mm κάτω από την αορτική βαλβίδα. Εάν η δειγματοληψία γίνεται σωστά, πρέπει να φαίνεται το σήμα της σύγκλισης της αορτικής βαλβίδας. Το VTI της ταχύτητας ροής ιχνηλατείται (εικόνα 6-B). Ο όγκος παλμού υπολογίζεται από την εξίσωση:  $ΟΠ = CSA-LVOT \times VTI-LVOT$ , και η καρδιακή παροχή:  $ΚΠ = ΟΠ \times \text{καρδιακή συχνότητα} = (\text{διάμετρος-LVOT})^2 \times 0,785 \times VTI-LVOT \times \text{καρδιακή συχνότητα}$ . Η ΚΠ που υπολογίζεται με την μέθοδο της θερμοαραιώσεως συσχετίζεται αρκετά καλά με τη μέτρηση από την διοισοφάγειο υπερηχογραφία, όταν η τελευταία γίνεται στο χώρο εκροής της αριστερής κοιλίας (με τη χρήση PW Doppler) ή στην αορτική βαλβίδα (με CW Doppler).

Περιορισμοί: Συχνά, η βαθειά διαγαστρική τομή είναι δύσκολη, και οι δομές βρίσκονται στο άνω πεδίο της εικόνας. Αν η διάμετρος-LVOT δεν μετρηθεί σωστά, ο όγκος παλμού θα είναι λανθασμένος.

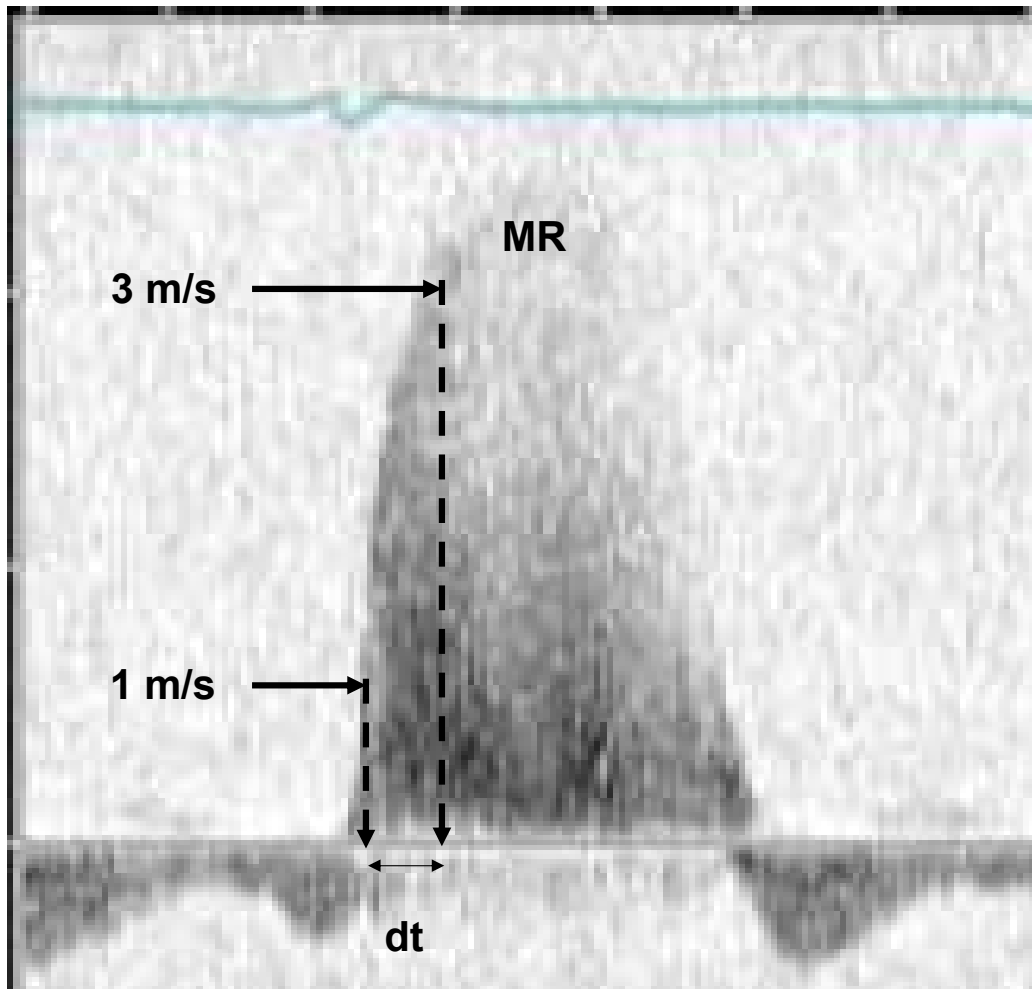
### Εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας της αριστερής κοιλίας από τη μεταβολή

### πίεσης/χρόνου σε ανεπάρκεια μιτροειδούς βαλβίδας

Ο ρυθμός ανόδου της συστολικής πίεσης (dP/dt) της αριστερής κοιλίας μπορεί να

της μιτροειδικής ανεπάρκειας μεταβλήθηκε από 1m/sec (που αντιστοιχεί σε μια κλίση πίεσης μεταξύ αριστερής κοιλίας και αριστερού κόλπου  $4 \times (1 \text{ m/sec})^2 = 4 \text{ mmHg}$ ), σε 3 m/sec

**Εικόνα 7.** Φασματική καταγραφή με Doppler συνεχούς κύματος του πίδακα μιτροειδικής ανεπάρκειας (MR). Εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας της αριστερής κοιλίας από τη μεταβολή πίεσης/χρόνου (dP/dt) χρησιμοποιώντας τον πίδακα ανεπάρκεια μιτροειδούς βαλβίδας. dt = μεταβολή χρόνου.



υπολογιστεί από την απεικόνιση του πίδακα (jet) της ανεπάρκειας μιτροειδούς βαλβίδας με CW Doppler (εικόνα 7). Από τις μέσες οισοφάγιες προβολές (ME 4C, ME 2C, ME LAX), χρησιμοποιείται αυτή, που δείχνει το καλύτερο σήμα ανεπάρκειας μιτροειδούς. Επί της περιφέρειας του σήματος της ανεπάρκειας μιτροειδούς τοποθετούνται ίχνη, που αντιστοιχούν σε ταχύτητα 1m/sec και 3m/sec. Η χρονική διαφορά μεταξύ των δυο ιχνών ορίζεται dt. Σύμφωνα με την τροποποιημένη εξίσωση Bernoulli, το πρηνές (κλίση) πίεσης (PG) υπολογίζεται ως:  $PG = 4 \times \text{ταχύτητα}^2$ . Κατά τη διάρκεια dt, η ταχύτητα του πίδακα

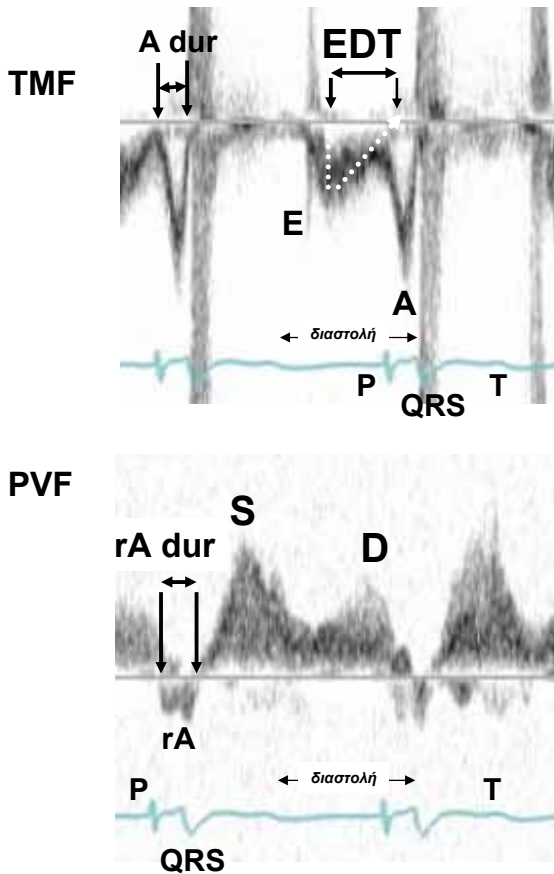
(που αντιστοιχεί σε μια κλίση πίεσης  $4 \times (3 \text{ m/sec})^2 = 36 \text{ mmHg}$ ). Επομένως, η κλίση πίεσης δια της μιτροειδικής ανεπάρκειας κατά το διάστημα dt ισούται με  $36 \text{ mmHg} - 4 \text{ mmHg} = 32 \text{ mmHg}$ . Η dP/dt τότε υπολογίζεται ως  $32/dt \text{ (mmHg/s)}$  (εικόνα 7).

Φυσιολογικές τιμές:  $>1200 \text{ mmHg/s}$ . Εάν η dP/dt είναι  $<800 \text{ mmHg/s}$ , η συστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας είναι παθολογικά ελαττωμένη.

Περιορισμοί: Ο υπολογισμός dP/dt απαιτεί την ύπαρξη ανεπάρκειας μιτροειδούς και ικανοποιητική απεικόνιση του πίδακα ανεπάρκειας.



**Εικόνα 8.** Διαστολική λειτουργία αριστερής κοιλίας με παλμικό Doppler. Η διαμυτροειδική ροή (TMF) αποτελείται από μια πρώιμη διαστολική (E) και μια τελο-διαστολική ταχύτητα (A). Η ροή δια των πνευμονικών φλεβών (PVF) αποτελείται από συστολική (S), διαστολική (D) και ανάστροφη τελο-διαστολική (rA) ταχύτητα. dur = διάρκεια, EDT = χρόνος επιβράδυνσης του κύματος E.



### Διαστολική λειτουργία της Αρ. Κοιλίας με τη χρήση παλμικού Doppler

Διαμυτροειδική ροή (TMF, Trans-mitral flow)

Οι παράμετροι που σχετίζονται με τη διαστολική διαμυτροειδική κλίση πίεσης μετρούνται καλύτερα στις άκρες των γλωχίνων της μυτροειδούς βαλβίδας (MV) σε μια από τις μέσες οισοφάγειες προβολές (ME 4C, ME 2C, ME LAX). Από τη φασματική απεικόνιση της TMF, οι ακόλουθες πληροφορίες μπορούν να εξαχθούν: ο χρόνος ισοογκομετρικής χάλασης (IRT, isovolumic

relaxation time, φυσ. τιμή <math><100\text{ms}</math>), που είναι η χρονική διάρκεια από το κλείσιμο της αορτικής βαλβίδας μέχρι την αρχή της πρώιμης ροής (E), οι μέγιστες ταχύτητες της πρώιμης διαστολικής ροής E (φυσ. εύρος

### Ροή δια των πνευμονικών φλεβών (PVF, pulmonary vein flow)

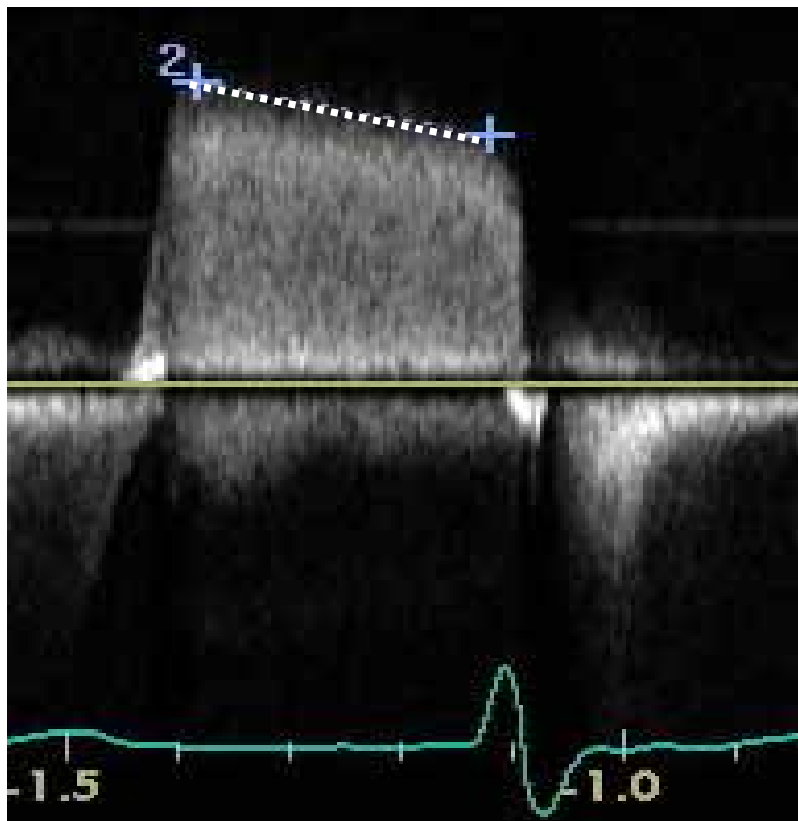
Οι ταχύτητες των πνευμονικών φλεβών μετριοούνται με PW Doppler 0,5-1cm πριν από την εκβολή τους στον αριστερό κόλπο. Η ροή του αίματος από τις πνευμονικές φλέβες (PV) στον αριστερό κόλπο (LA) συμβαίνει κατά τη συστολή (η χάλαση του αριστερού κόλπου και η καταφερής κίνηση του μυτρεϊδικού δακτυλίου/βάσης της καρδιάς παράγουν μια συστολική [S, systolic] ταχύτητα με φυσιολογικό εύρος  $\sim 60\pm 10\text{ cm/s}</math>), και τη διαστολή (ταχύτητα D [diastolic] με φυσ. εύρος  $\sim 40\pm 8\text{ cm/s}</math>), ενώ κατά τη διάρκεια της κολπικής συστολής υπάρχει μια ανάστροφη (rA, retrograde A) ταχύτητα (φυσ. εύρος  $23\pm 4\text{ cm/s}</math>) (εικόνα 8). Όταν η πίεση του αριστερού κόλπου είναι φυσιολογική, η πλήρωση του γίνεται κυρίως κατά τη συστολή ( $S/D > 1</math>), ενώ καθώς αυξάνεται η πίεση του αριστερού κόλπου, η πλήρωση συμβαίνει κυρίως κατά τη διαστολή ( $S/D < 1</math>).$$$$$

Και οι δυο παράμετροι TMF και PVF εξαρτώνται από τον όγκο και ακολουθούν παραβολική καμπύλη. Σύγκριση μεταξύ των TMF (A) και PVR (rA) κατά τη διάρκεια της κολπικής συστολής παρέχει πρόσθετες πληροφορίες: η πίεση του αριστερού κόλπου είναι  $>15\text{mmHg}</math> (μέτρια και σοβαρή διαστολική δυσλειτουργία) εάν:  $rA > 35\text{ cm/s}</math>, διάρκεια  $rA > 30\text{ ms}</math> ή διάρκεια  $rA >> \text{διάρκεια A}</math>.$$$$

## Ταχύτητες αριστερού ωτίου

Το ωτίο του αριστερού κόλπου απεικονίζεται στη μέση οισοφάγεια προβολή 4 κοιλοτήτων (ME 4C) στις 20° ή στην μέση οισοφάγεια προβολή 2 κοιλοτήτων (ME 2C) στις 90°, και ο όγκος δείγματος του PW Doppler τοποθετείται 1cm μέσα στην κοιλότητα του ωτίου. Η καταγραφή δείχνει μια μικρή, ανωφερή ταχύτητα (που συμβαίνει ταυτόχρονα με το TMF-E κύμα) και μια σχεδόν συμμετρική ανωφερή και κατωφερή ταχύτητα, που συμβαίνει ταυτόχρονα με το κύμα P του ΗΚΓ (φυσιολογική ταχύτητα ~50 cm/s). Αυτό το κύμα ελαττώνεται σημαντικά στην κολπική μαρμαρυγή και εμφανίζεται μετά το QRS του ΗΚΓ σε περίπτωση κομβικού ρυθμού.

**Εικόνα 9.** Χρόνος ημίσειας πίεσης (pressure half-time,  $P_{1/2}$ ). Φασματική καταγραφή με Doppler συνεχούς κύματος δια της στενωμένης μιτροειδούς βαλβίδας. Η στικτή γραμμή ιχνηλατεί την επιβράδυνση της διαστολικής ταχύτητας αίματος.



## Ανεπάρκεια μιτροειδούς (MR, mitral regurgitation) με CW Doppler

Η ανεπάρκεια της μιτροειδούς απεικονίζεται σε όλες τις μέσες οισοφάγειες προβολές (ME

4C, ME 2C, ME LAX) με έγχρωμο Doppler. Ο άξονας του CW Doppler τοποθετείται στο σώμα του πίδακα (jet) της ανεπάρκειας και η φασματική εικόνα του Doppler δείχνει ένα συστολικό σήμα, ενδεικτικό για σοβαρή ανεπάρκεια εάν είναι πλήρες (γεμάτο) και όμοιας έντασης με τη διαστολική TMF (εικόνα 7). Ένα συστολικό σήμα που είναι πλήρες αλλά λιγότερο έντονο από το διαστολικό σήμα δείχνει μέτρια, ενώ ένα ατελές συστολικό σήμα δείχνει ήπια ανεπάρκεια. Η ταχύτητα του πίδακα της ανεπάρκειας καθορίζεται από το πρηνές πύεσων αριστερής κοιλίας και αριστερού κόλπου και όχι αναγκαστικά από το μέγεθος του συστολικού χάσματος της μιτροειδούς. Η συνήθης κλίση πίεσης είναι φυσιολογικά >5m/sec, αλλά χαμηλότερη ταχύτητα πίδακα ανεπάρκειας μιτροειδούς μπορεί να συσχετίζεται με πιο προχωρημένη νόσο (υψηλότερη πίεση στον αριστερό κόλπο), ή ελαττωμένη συστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας.

## Υπολογισμός πίεσης αριστερού κόλπου χρησιμοποιώντας την ανεπάρκεια μιτροειδούς

Αν είναι γνωστή η συστηματική συστολική πίεση (ΣΑΠ), η μέση πίεση του αριστερού κόλπου κατά τη συστολή είναι ίση με τη διαφορά ΣΑΠ – διαμιτροειδική πίεση ανεπάρκειας. Η τελευταία μπορεί να υπολογιστεί από την τροποποιημένη εξίσωση Bernoulli (διαμιτροειδική πίεση ανεπάρκειας =  $4 \times (\text{ταχύτητα MR})^2$ ).

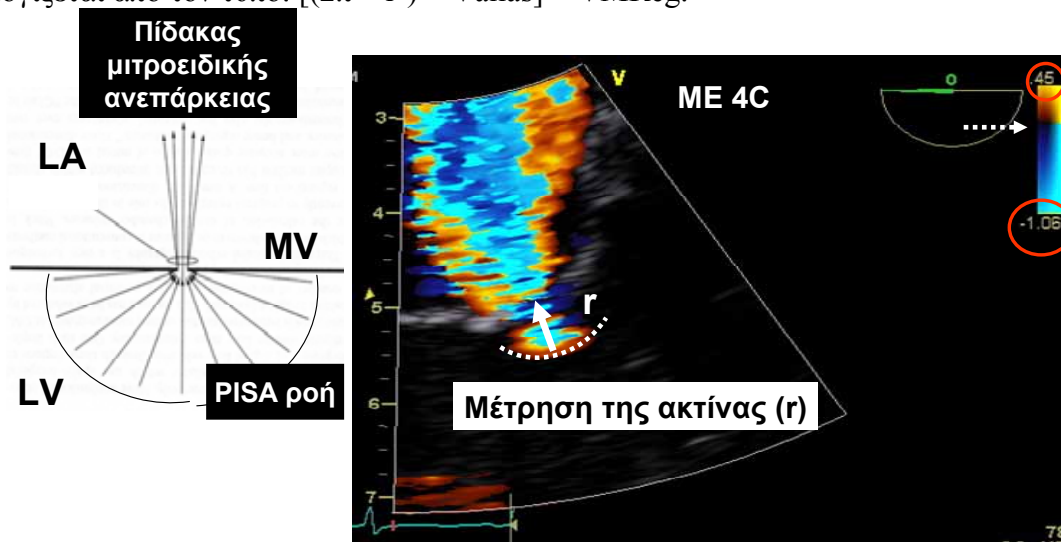
## Υπολογισμός της επιφάνειας της αορτικής βαλβίδας με την εξίσωση συνέχειας

Η εξίσωση συνέχειας (continuity equation) χρησιμοποιεί τη θεωρία της διατήρησης της ροής, ή «ό,τι εισέρχεται ( $Q_1$ ), πρέπει να εξέρχεται ( $Q_2$ ):  $Q_1 = Q_2$ ». Ο όγκος που διέρχεται μέσω μιας τομής είναι το γινόμενο

της επιφάνειας διατομής (A) και του ολοκληρώματος της ταχύτητας στο χρόνο (VTI):  $Q = A \times VTI$ . Η εξίσωση συνεχείας χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η επιφάνεια της (στενωμένης) αορτικής βαλβίδας (AV), σύμφωνα με το παρακάτω σκεπτικό: εάν  $A_1$  είναι η διάμετρος του χώρου εκροής της

το VTI μπορεί να αντικατασταθεί με ταχύτητα (vel): επιφάνεια-AV = (επιφάνεια-LVOT  $\times$  vel - LVOT)  $\div$  vel-AV. Εάν το πηλίκο vel-AV / vel-LVOT είναι  $>4$ , τότε η επιφάνεια AV είναι μικρότερη του  $1\text{cm}^2$  (υποθέτοντας διάμετρο-LVOT  $\sim 2\text{cm}$ ).

**Εικόνα 10.** Εγγύς επιφάνεια ίσων ταχυτήτων (PISA, Proximal Isovelocity Surface Area). Καθώς το αίμα διέρχεται από την ανεπαρκή μιτροειδή βαλβίδα (MV), σχηματίζει από την πλευρά της αριστερής κοιλίας (LV) επιφάνειες σε σχήμα τόξου. Η ταχύτητα (Valias) αυτών των επιφανειών απεικονίζεται με έγχρωμο Doppler, μετακινώντας τη βάση της χρωματικής κλίμακας προς τα επάνω (προς την κατεύθυνση της ροής του αίματος). Το διακεκομμένο άσπρο βέλος δείχνει τη μετακίνηση της κλίμακας έτσι ώστε, η προς τα άνω ταχύτητα να είναι περίπου  $40\text{cm/s}$ . Η ακτίνα r της εγγύτερης προς τη μιτροειδή βαλβίδα επιφάνειας μετράται (άσπρο βέλος), και ο υπολογισμός της ροής του αίματος γίνεται από τον τύπο: Ροή PISA =  $(2\pi \times r^2) \times \text{Valias}$  ( $\text{cm}^3/\text{s}$ ). Εάν η ταχύτητα του πίδακα της μιτροειδικής ανεπάρκειας (VMReg) είναι γνωστή, η λειτουργική επιφάνεια του ανεπαρκούς μιτροειδικού στομίου υπολογίζεται από τον τύπο:  $[(2\pi \times r^2) \times \text{Valias}] \div \text{VMReg}$ .



$$\text{Ροή PISA} = (2\pi \times r^2) \times \text{Valias} \text{ (cm}^3/\text{s)}$$

$$\text{EROA} = (2\pi \times r^2) \times \text{Valias} \div \text{VMReg} \text{ (cm}^2\text{)}$$

αριστερής κοιλίας (LVOT) και  $VTI_1$  το ολοκλήρωμα της ταχύτητας του αίματος δια του LVOT, και  $A_2$  η επιφάνεια της αορτικής βαλβίδας και  $VTI_2$  το ολοκλήρωμα της ταχύτητας του αίματος δια της AV, τότε  $Q_1 = A_1 \times VTI_1 = \text{επιφάνεια-LVOT} \times VTI\text{-LVOT}$  και  $Q_2 = A_2 \times VTI_2 = \text{επιφάνεια-AV} \times VTI\text{-AV}$ . Σύμφωνα με την εξίσωση συνεχείας  $Q_1 = Q_2$ , και  $\text{επιφάνεια-LVOT} \times VTI\text{-LVOT} = \text{επιφάνεια-AV} \times VTI\text{-AV}$ . Επομένως, η επιφάνεια-AV ισούται με  $(\text{επιφάνεια-LVOT} \times VTI\text{-LVOT}) \div VTI\text{-AV}$ . Επειδή η διάρκεια ροής δια του LVOT και της AV είναι η ίδια,

Οι μετρήσεις γίνονται στη βαθιά διαγαστρική τομή: ο όγκος δείγματος το PW Doppler τοποθετείται  $1\text{cm}$  κάτω από την AV για την καταγραφή της ταχύτητας-LVOT (εικόνα 6), και ακολούθως μετακινείται ο όγκος δείγματος προς την AV (προς τη βάση της εικόνας) μέχρι να καταγραφεί αύξηση της ταχύτητας και διεύρυνση του φάσματος. Στη συνέχεια, ο όγκος δείγματος μετακινείται προς την AV μέχρι να προκύψει μια στενή δέσμη ταχυτήτων (εικόνα 6-Γ). Στο σημείο αυτό καταγράφεται η μέγιστη ταχύτητα του αίματος δια της στενωμένης αορτικής βαλβίδας, ευθυγραμμ-

μίζοντας τη δέσμη του CW Doppler όσο το δυνατόν παράλληλα με τον άξονα του πίδακα της στένωσης.

Περιορισμοί: Όπως παραπάνω στον υπολογισμό του όγκου παλμού με Doppler.

### Χρόνος ημίσειας πίεσης

Ο χρόνος ημίσειας πίεσης (pressure half-time,  $P_{1/2}$ ) αναπαριστά το χρόνο, που χρειάζεται το μέγιστο πρηνές πίεσης, για να ελαττωθεί κατά το ήμισυ. Αν εκφραστεί σε όρους ταχύτητας, αυτός ο χρόνος είναι ισοδύναμος με το χρόνο που η μέγιστη ταχύτητα στένωσης θέλει για να ελαττωθεί κατά 30%.

*Επιφάνεια μιτροειδούς βαλβίδος σε στένωση μιτροειδούς*

Ο εμπειρικός τύπος για τη στένωση μιτροειδούς είναι επιφάνεια =  $220 \div P_{1/2}$  (εικόνα 9). Σε οποιαδήποτε από τις μέσες οισοφάγιες προβολές (ME 4C, ME 2C, ME LAX), ο όγκος δείγματος του PW Doppler τοποθετείται ανάμεσα στα άκρα των γλοχίνων της μιτροειδούς βαλβίδος. Η φασματική καταγραφή δείχνει συνήθως έναν πλήρη φάκελο, και εάν η μέγιστη ταχύτητα υπερβαίνει το 1,5m/sec, χρησιμοποιείται το CW Doppler. Το πρώτο ίχνος τοποθετείται στην μέγιστη πρώιμη ταχύτητα και η καμπύλη επιβράδυνσης της ταχύτητας ιχνηλατείται μέχρι τη βάση. Για τη μέτρηση της διαστολικής μέσης κλίσης πίεσης μεταξύ του αριστερού κόλπου και της αριστερής κοιλίας, ιχνηλατείται ολόκληρος ο φάκελος της διαστολικής ταχύτητας, συμπεριλαμβανομένων των ταχυτήτων E και (αν υπάρχει) A.

Παρατεταμένο  $P_{1/2}$  (> 220 ms) δείχνει σοβαρή στένωση μιτροειδούς.

Περιορισμοί: Εάν η κλίση δεν είναι γραμμική, ο χρόνος ημίσειας πίεσης καθορίζεται από την κλίση με τη μεγαλύτερη διάρκεια. Σε περίπτωση αρρυθμίας, χρησιμοποιείται η μέση τιμή πέντε τουλάχιστον μετρήσεων.

*Ανεπάρκεια αορτικής βαλβίδος*

Ο πίδακας της ανεπάρκειας της αορτικής βαλβίδας φαίνεται σε μία από τις μέσες οισοφάγιες προβολές της βαλβίδας κατά το

βραχύ ή τον μακρύ άξονα (ME AV SAX, ME AV LAX) με έγχρωμο Doppler. Στη βαθιά διαγαστρική προβολή, η γραμμή του άξονα τοποθετείται όσο το δυνατόν πιο παράλληλα στον πίδακα της ανεπάρκειας, και η ταχύτητα καταγράφεται με CW Doppler. Αν καταγράφεται πλήρης φάκελος με μέγιστη ταχύτητα >4m/s, η μέθοδος του χρόνου ημίσειας πίεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της σοβαρότητας της αορτικής ανεπάρκειας.

Ένας βραδύς χρόνος ημίσειας πίεσης (>500 ms) δείχνει ήπια ανεπάρκεια, ενώ ένας ταχύς (<200 ms) σοβαρή ανεπάρκεια αορτικής βαλβίδος.

### Εγγύς επιφάνεια ίσων ταχυτήτων (PISA, Proximal Isovelocity Surface Area)

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή διατήρησης της ορμής, σύμφωνα με την οποία: ροή = ταχύτητα × επιφάνεια. Καθώς η ροή πλησιάζει ένα στόμιο, σχηματίζει συγκεντρικά τόξα ελαττούμενης επιφάνειας και αυξανόμενης ταχύτητας. Το έγχρωμο Doppler μπορεί να απεικονίσει αυτά τα τόξα. Η ροή που αντιστοιχεί σε ένα τέτοιο τόξο (ροή PISA) ισούται με την επιφάνεια του τόξου ( $2\pi r^2$ , r: η ακτίνα του τόξου) × ταχύτητα της επιφάνειας του τόξου. Η λειτουργική επιφάνεια (EROA, effective regurgitant orifice area) του ανεπαρκούντος στομίου της μιτροειδικής βαλβίδας ισούται με ροή PISA ÷ μέγιστη ταχύτητα του πίδακα της μιτροειδικής ανεπάρκειας. Ο πίδακας αναγνωρίζεται με έγχρωμο Doppler, η γραμμή του άξονα τοποθετείται όσο πιο παράλληλα γίνεται σε αυτόν, και η βάση της έγχρωμης κλίμακας Doppler μετατοπίζεται προς τα πάνω, έως ότου το άνω όριο είναι περίπου 40cm/s (εικόνα 10). Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται το μέγεθος του εγγύτερου προς τη μιτροειδή βαλβίδα τόξου ίσων ταχυτήτων. Το M-mode ενεργοποιείται χρησιμοποιώντας την ίδια γραμμή για να εξακριβωθεί εάν το τόξο να είναι παρόν σε όλη τη διάρκεια της συστολής. Χρησιμοποιώντας διαβήτη, μετράται η ακτίνα του τόξου (r, cm).  $EROA = [2\pi r^2 \times 40 \text{ cm/s}] \div \text{μέγιστη ταχύτητα μιτροειδικής ανεπάρκειας (cm/s)}$ .



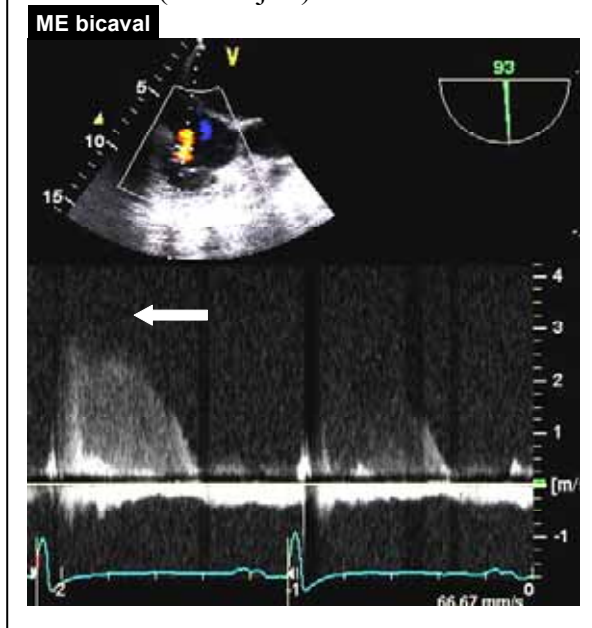
## Όγκος ανεπάρκειας και υπολογισμός κλάσματος ανεπάρκειας

Όταν υπάρχει ανεπάρκεια μιας βαλβίδας, η ροή μέσα από τη βαλβίδα είναι μεγαλύτερη από τη ροή στις άλλες, υγιείς βαλβίδες: στην ανεπάρκεια μιτροειδούς, περισσότερος όγκος περνά από την μιτροειδή κατά τη διαστολή από ότι εξέρχεται από την αορτική βαλβίδα κατά τη συστολή. Η διαφορά μεταξύ των δύο είναι ο όγκος ανεπάρκειας. Ο όγκος για καθεμιά από τις βαλβίδες υπολογίζεται με Doppler (δες παραπάνω, υπολογισμός του όγκου παλμού). Το πηλίκο του ανεπαρκούντος όγκου διά της ορθόδρομης ροής είναι το κλάσμα της ανεπάρκειας.

## Υπολογισμός των πιέσεων δεξιών κοιλοτήτων

Όταν υπάρχει ανεπάρκεια τριγλώχινος, η εφαρμογή της εξίσωσης Bernoulli  $4 \times v^2$ , όπου  $v$  η μέγιστη ταχύτητα δια της τριγλώ-

**Εικόνα 11.** Ο πίδακας (βέλος) της ανεπάρκειας της τριγλώχινος βαλβίδας (TR) απεικονίζεται με συνεχές Doppler στη μεσο-οισοφάγιο προβολή των κοίλων φλεβών. Η συστολική πίεση της δεξιάς κοιλίας υπολογίζεται από την εξίσωση: πίεση δεξιάς κοιλίας = πίεση δεξιού κόλπου +  $(4 \times TRjet^2)$



χινος κατά τη συστολή, δίνει μια καλή

εκτίμηση του μέγιστου πρηνούς πίεσης μεταξύ δεξιού κόλπου και δεξιάς κοιλίας. Η συστολική πίεση της δεξιάς κοιλίας μπορεί να υπολογιστεί προσθέτοντας την κατ' εκτίμηση μέση πίεση του δεξιού κόλπου στην παραπάνω κλίση πίεσης. Σε απουσία στένωσης πνευμονικής βαλβίδας, η μέγιστη πίεση της δεξιάς κοιλίας ισούται με τη συστολική πίεση της πνευμονικής αρτηρίας. Η ακρίβεια αυτών των υπολογισμών εξαρτάται από την ευκρίνεια του φακέλου ταχυτήτων της ανεπάρκειας τριγλώχινος. Η ανεπάρκεια της τριγλώχινος απεικονίζεται με το CW Doppler χρησιμοποιώντας τη μέση οισοφάγιο προβολή 4 κοιλοτήτων (ME 4C) ή τη μέση οισοφάγιο προβολή των κοίλων φλεβών (ME bicaval) (εικόνα 11). Αν το σήμα είναι ατελές, θα συμβεί σημαντική υποεκτίμηση της μέγιστης ταχύτητας της TR.

## Βιβλιογραφία

- ✓ Schiller NB, Shah PM, Crawford M, et al. Recommendations for quantification of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; 2:358-67
- ✓ Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, et al. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American Society of Echocardiography Council for intraoperative echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists task force for certification in perioperative transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12:884-900
- ✓ Quiñones MA, Otto CM, Stoddard M, et al. Recommendations for quantification of Doppler echocardiography. A report from the Doppler quantification task force of the nomenclature and standards committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2002; 15:167-84
- ✓ Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E, et al. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography.

- graphy. J Am Soc Echocardiogr 2003; 16:777-802
- ✓ Sidebotham D, Legget AMM; Practical perioperative transesophageal echocardiography. Edinburgh, Butterworth Heinemann, 2003
- ✓ Oh JK, Seward JB, Tajik AJ: The Echo Manual. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins, 1999

---

#### ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ:

**Σκούμπας Νικόλαος:** Επίκουρος Καθηγητής Αναισθησιολογίας, Τμήμα Καρδιοθωρακικής Αναισθησιολογίας

Διεύθυνση: NYPresbyterian Hospital, Weill Cornell Medical Center, 525 East 68th Street, Room M-302C, New York, NY 10021, USA

τηλ. +212 746 2755

e-mail: [njs2002@med.cornell.edu](mailto:njs2002@med.cornell.edu)

**Λέξεις κλειδιά:** ultrasound, echocardiography, Doppler