

# 1

## Εισαγωγή στις αρχές της ηχοκαρδιογραφίας

Jose A. Madrazo και Suzanne V. Arnold

### ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- Το Doppler παλμικού κύματος είναι ειδικό ως προς το εναλλασσόμενο ΕΥΡΟΣ, αλλά περιορίζεται ως προς τη μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να μετρήσει.
- Το Doppler συνεχούς κύματος μπορεί να μετρήσει ΥΨΗΛΕΣ ταχύτητες, αλλά δεν μπορεί να εντοπίσει την προέλευση κατά μήκος της δέσμης του.
- Η M-mode ηχοκαρδιογραφία έχει υψηλή ΧΡΟΝΙΚΗ διακριτικότητα, αλλά περιορίζεται από την πλάγια απεικόνιση των δομών ενδιαφέροντος.

### ΤΥΠΟΙ-ΚΛΕΙΔΙΑ

- **Τροποποιημένη εξίσωση Bernoulli:**  $\Delta P(mmHg) = 4 \times V^2$  ( $V=m/sec$ )
- Εμβαδόν LVOT =  $\pi \times (\text{διάμετρος LVOT σε cm}/2)^2$
- Όγκος παλμού = (εμβαδόν LVOT)  $\times$  (TVI LVOT)
- QP/QS = (εμβαδόν RVOT)  $\times$  (TVI RVOT)/(εμβαδόν LVOT)  $\times$  (TVI LVOT)
- **Η αρχή της συνέχειας για την επιφάνεια της αορτικής βαλβίδας = (εμβαδόν LVOT)  $\times$  (VTI LVOT)/(VTI AoV)**
- **Η ηχοκαρδιογραφία χρησιμοποιεί ηχητικά κύματα για να δημιουργεί εικόνες της καρδιάς και των άλλων δομών.**
  - Τα ηχητικά κύματα είναι μηχανικές δονήσεις περιγραφόμενες σε περιόδους συχνότητας ή Hertz (Hz) = ο αριθμός των κύκλων ανά δευτερόλεπτο.
  - Η συχνότητα χρησιμοποιείται από τον ηχομετατροπέα υπερήχων επηρεάζοντας τη διακριτικότητα των εικόνων και την ιστική διείσδυση.
    - Υψηλή συχνότητα = υψηλή διακριτικότητα εικόνας, χαμηλή ιστική διείσδυση.
    - Χαμηλή συχνότητα = χαμηλή διακριτικότητα εικόνας, υψηλή ιστική διείσδυση.
  - Οι υπέρηχοι αφορούν ηχητικά κύματα συχνότητας 20 kHz ή μεγαλύτερης.
    - Η ηχοκαρδιογραφία ενηλίκων τυπικά χρησιμοποιεί συχνότητες μεταξύ 2 και 7 MHz.
  - Η διαθωρακική ηχοκαρδιογραφία χρησιμοποιεί χαμηλής συχνότητας ηχομετατροπείς (2-4 MHz), οι οποίοι επιτρέπουν βαθύτερη διείσδυση μέσω του θωρακικού τοιχώματος, αλλά με κόστος τη μειωμένη διακριτικότητα.

• **Σημείο-Κλειδί:** Μερικές φορές είναι χρήσιμο να ελαττώνεται η συχνότητα του ηχομετατροπέα σε παχύσαρκους ασθενείς, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας της εικόνας.

- Η διοισοφάγεια ηχοκαρδιογραφία δεν απαιτεί βαθιά ιστική διείσδυση και μπορεί να χρησιμοποιεί υψηλότερης συχνότητας ηχομετατροπείς (3,5-7 MHz) για να παράγει υψηλότερης διακριτικότητας εικόνες.
- Τα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία είναι κρύσταλλοι που μετατρέπουν την ηλεκτρική

ενέργεια σε μηχανικά ηχητικά κύματα και αντιστρόφως. Αυτοί οι κρύσταλλοι είναι ενσωματωμένοι στον ηχομετατροπέα και οι ιδιότητες, ο αριθμός και η κινητικότητα τους καθορίζουν τα χαρακτηριστικά των καταγραφόμενων εικόνων.

- **Απεικόνιση μέσω αρμονικών:** Οι ιστοί και οι φυσαλίδες αντίθεσης όχι μόνο ανακλούν τους υπέρηχους στη μεταδιδόμενη συχνότητα, αλλά επίσης απηχούν σε πολλαπλάσιες αυτής συχνότητες (αρμονικές συχνότητες). Η απεικόνιση μέσω αρμονικών αναφέρεται στον ηχομετατροπέα που λαμβάνει συχνότητες πολλαπλάσιες της εκπεμπόμενης συχνότητας (π.χ. μετάδοση στα 3 MHz και λήψη στα 6 MHz, η δεύτερη αρμονική). Η απεικόνιση μέσω αρμονικών βελτιώνει την αναλογία σήματος/θορύβου και το περίγραμμα των ορίων του ενδοκαρδίου.
- **Μηχανικός δείκτης (MI):** Μία μέτρηση της μηχανικής πίεσεως που εφαρμόζεται στους ιστούς από τα υπερηχητικά κύματα. Είναι σημαντική η μείωση του MI κατά τη διάρκεια της ηχοκαρδιογραφίας αντίθεσης, έτσι ώστε να μη διασπώνται γρήγορα οι φυσαλίδες αντίθεσης.
- **Ρυθμός εικόνων (Frame rate):** Ο αριθμός των ακίνητων εικόνων που εμφανίζονται διαδοχικά ανά μονάδα χρόνου. Πολλαπλές ακίνητες εικόνες που εμφανίζονται διαδοχικά οδηγούν στην κατανόηση της κίνησης, έτσι ώστε υψηλότερος ρυθμός εικόνων να οδηγεί σε καλύτερη χρονική διακριτικότητα. Αυτό όμως μπορεί να θυσιάζει την ποιότητα της εικόνας και αντιστρόφως.

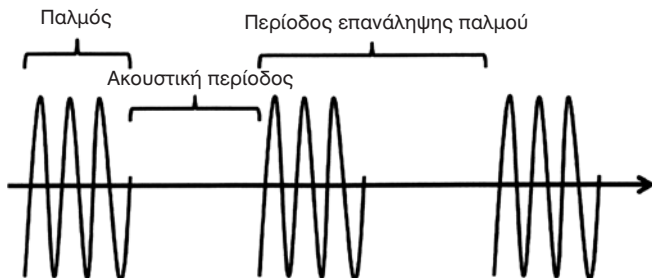
• **Σημείο-Κλειδί:** Ρηχότερη απεικόνιση και στενότερος τομέας απεικόνισης μπορεί να ρυθμίζεται εύκολα ώστε να επιτρέπει υψηλότερους ρυθμούς εικόνων και καλύτερη χρονική διακριτικότητα.

- **Περίοδος επανάληψης παλμού:** Ένας παλμός υπέρηχου μιας δοθείσας συχνότητας στέλνεται από τον ηχομετατροπέα ακολουθούμενος από μια προεπιλεγμένη «ακουστική περίοδο» πριν ο ηχομετατροπέας αισθανθεί κύματα από την ίδια συχνότητα και παράγει μια εικόνα. Η διάρκεια του παλμού και ο χρόνος που δαπανάται για την «ακουστική περίοδο» αναφέρεται ως περίοδος επανάληψης παλμού. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η περίοδος, τόσο μεγαλύτερου βάθους είναι οι ανακτώμενες εικόνες (Εικ. 1-1).

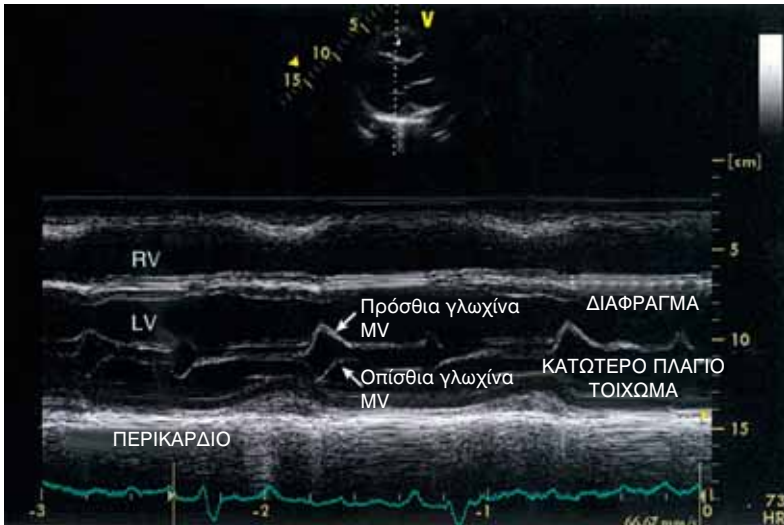
### Βασικοί τρόποι απεικόνισης:

#### • M-mode ηχοκαρδιογραφία:

- Η M-mode ηχοκαρδιογραφία απεικονίζει τις δομές κατά την κατεύθυνση μιας μονής γραμμής της υπερηχογραφικής δέσμης. Η ακίνητη εικόνα αυτών των δομών διαρκώς ανανεώνεται στη διάρκεια του χρόνου στον άξονα των «χ». Έτσι, οι δομές κατά μήκος της γραμμής της υπερηχογραφικής δέσμης απεικονίζονται καθώς μεταβάλλονται με το χρόνο (Εικ. 1-2).



**Εικόνα 1-1.** Περιγραφή των υπερηχητικών κυμάτων με τη χρήση προτυποποιημένης ονοματολογίας.

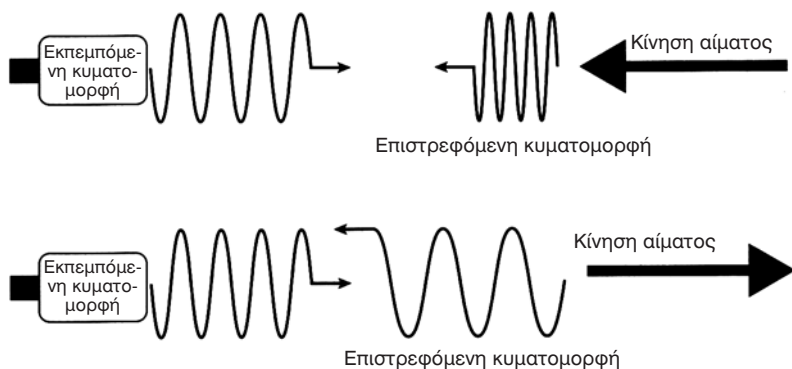


**Εικόνα 1-2.** Η M-mode ηχοκαρδιογραφία παρέχει μια εικόνα «κορυφής παγόβουνου» των μεταβολών στις καρδιακές δομές που φαίνονται στην παραστερνική τομή κατά τον επιμήκη άξονα κατά τη διάρκεια του χρόνου. RV: δεξιά κοιλία, LV: αριστερή κοιλία, MV: μιτροειδής βαλβίδα.

- **Σημείο-Κλειδί:** Μπορεί να είναι χρήσιμο να φανταστούμε τον M-mode ηχομετατροπέα ουσιαστικά σαν έναν παγοθραύστη με τις δομές κατά μήκος της πορείας του να απεικονίζονται στην οθόνη και να ανανεώνονται οριζοντίως στη διάρκεια του χρόνου.
- Εξαιτίας της υψηλής δειγματοληπτικής συχνότητας (πάνω από 1000 παλμούς το δευτερόλεπτο), η M-mode ηχοκαρδιογραφία έχει εξαιρετική αξιωματική διακριτική ικανότητα και είναι χρήσιμη στην αναγνώριση της σχετικής τοποθεσίας των δομών και τη μέτρηση του εύρους της κίνησης.
- Η M-mode ηχοκαρδιογραφία έχει επίσης καλύτερη χρονική διακριτικότητα από τη δύο διαστάσεων (2D) απεικόνιση και έτσι λεπτές ανωμαλίες στην κίνηση και στο συγχρονισμό μπορεί να είναι καλύτερα αναγνωρίσιμες με την M-mode ηχοκαρδιογραφία. Για παράδειγμα η συστολική πρόσθια κίνηση της μιτροειδούς βαλβίδας στην υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια και στη δεξιά κοιλιακή διαστολική κάμψη στον καρδιακό επιποματισμό μπορεί να είναι καλύτερα αναγνωρίσιμη με την M-mode ηχοκαρδιογραφία.
- **Δύο διαστάσεων ηχοκαρδιογραφία:**

  - Οι καρδιακές δομές σε επίπεδη επιφάνεια καθορίζονται από τη θέση του ηχομετατροπέα απεικονίζονται σε δύο διαστάσεις στην οθόνη, και η εικόνα ανανεώνεται συνεχώς (βλέπε ρυθμό εικόνων παραπάνω), και έτσι παράγεται μια «κίνηση».
  - Στην ηχοκαρδιογραφία των ενηλίκων, οι δομές που βρίσκονται πλησιέστερα στον ηχομετατροπέα εμφανίζονται στην κορυφή της οθόνης και η πλευρά του υπερηχογραφικού επιπέδου που αντιστοιχεί στη θέση του ηχομετατροπέα βρίσκεται στη δεξιά πλευρά της οθόνης.

- **Σημείο-Κλειδί:** Μπορεί να είναι αρχικά χρήσιμο να φανταστούμε τον ηχομετατροπέα στην ουσία σαν μια λεπίδα με το επίπεδό της στον ίδιο προσανατολισμό με τη θέση του ηχομετατροπέα. Η θέση, η περιστροφή και η κλίση αυτής της «λεπίδας» μπορεί να οριοθετήσουν το σημείο τομής της καρδιάς και τελικά την ανακτώμενη εικόνα.



**Εικόνα 1-3.** Διάγραμμα, που απεικονίζει πώς η κατεύθυνση και η ταχύτητα της κίνησης ενός αντικειμένου μεταβάλλει τη συχνότητα του ανακλώμενου ηχητικού κύματος (μεταβολή Doppler).

- Η απεικόνιση της καρδιάς σε πολλαπλά επίπεδα δύο διαστάσεων (2D) επιτρέπει την ανασύνθεση και την οπτική απεικόνιση όλων των τμημάτων μιας τριών διαστάσεων (3D) δομής.
- **Τριών διαστάσεων ηχοκαρδιογραφία:**
  - Πολλαπλά 2D επίπεδα μπορούν να συνδυαστούν με σκοπό την ανασύνθεση μιας 3D δομής. Σύγχρονοι 3D υπερηχογραφικοί ηχομετατροπέες την ολοκληρώνουν με την απεικόνιση κατά μήκος μιας πυραμοειδούς υπερηχογραφικής δέσμης (αντί για ένα μαχαίρι, η δέσμη είναι ένας ανεστραμμένος κώνος με την κορυφή προς το μέρος του ηχομετατροπέα).

### Αρχές υπερηχογραφήματος Doppler και εφαρμογές:

- **Φαινόμενο Doppler:**
  - Προτάθηκε το 1842 από τον Αυστριακό φυσικό Christian Doppler ότι είναι μια μεταβολή στη συχνότητα ενός κύματος που λαμβάνεται από έναν παρατηρητή (ανακλώμενη συχνότητα) σε σχέση με την πηγή του κύματος (συχνότητα εκπομπής).
  - Όταν ο ήχος που εκπέμπεται από την πηγή με μια συγκεκριμένη συχνότητα ανακλάται από μια στατική πηγή, το κύμα επιστρέφει με την ίδια συχνότητα με την οποία εκπέμφθηκε.
  - Εντούτοις, όταν ο ήχος ανακλάται από μια κινούμενη πηγή, η συχνότητα με την οποία λαμβάνεται μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα της πηγής.
    - Αν το αντικείμενο κινείται προς τον ηχομετατροπέα, η επακόλουθη συχνότητα είναι υψηλότερη από την αρχική και υπάρχει «θετική μεταβολή του Doppler».
    - Αν το αντικείμενο κινείται μακριά από τον ηχομετατροπέα, η επακόλουθη συχνότητα είναι χαμηλότερη από την αρχική και υπάρχει «αρνητική μεταβολή του Doppler».
  - Η γωνία υπό την οποία το αντικείμενο μετακινείται ως προς τον παρατηρητή επηρεάζει το μέγεθος της μεταβολής του Doppler - αυτό γιατί η μετρούμενη ταχύτητα του αίματος είναι ανάλογη της αληθούς ταχύτητας του αίματος και της γωνίας υπό την οποία αυτή μετράται.
    - Από μαθηματικής πλευράς, η μεταβολή του Doppler είναι ανάλογη του συνημίτονου της γωνίας μεταξύ του εκπεμπόμενου ήχου και του κινούμενου αντικειμένου: ταχύτητα <sub>μετρούμενη</sub> = συνημίτονο της γωνίας (Θ) × ταχύτητα <sub>αληθής</sub> (Εικ. 1-4).

Γωνία ( $\theta$ )	0	30	45	60	90
Συνημίτονο της $\theta$	1	0.87	0.7	0.5	0
Μετρούμενη ταχύτητα	5 m/s	4.35 m/s	3.5 m/s	2.5 m/s	0 m/s

**Εικόνα 1-4.** Το αποτέλεσμα της γωνίας έκθεσης σε υπερηχητικά κύματα στη μέτρηση ενός πίδακα με αληθή ταχύτητα 5 m/s με την Doppler ηχοκαρδιογραφία.

- Σημείο-Κλειδί:** Για να μην υποεκτιμήσουμε την ταχύτητα ενός πίδακα, είναι σημαντικό η υπερηχογραφική δέσμη να είναι όσο το δυνατόν παράλληλη ως προς την κατεύθυνση της ροής του αίματος (π.χ. το συνημίτονο των 0 μοιρών είναι 1, γεγονός που σημαίνει ότι η μετρούμενη ταχύτητα είναι ίση με την αληθή ταχύτητα). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση πολλαπλών εικόνων από μη-απεικονιστικούς ηχομετατροπείς (π.χ. Pedoff) και με καθοδήγηση από έγχρωμο Doppler.

#### • Doppler παλμικού κύματος

- Στο Doppler παλμικού κύματος (PW), ο ηχομετατροπέας στέλνει υπερηχογραφικούς παλμούς με συγκεκριμένη συχνότητα και εξετάζει τη μεταβολή του Doppler σε μια ειδική περιοχή που καθορίζεται από μια 2D εικόνα (**δείγμα όγκου**).
- Η **συχνότητα επανάληψης παλμού (PRF)** αναφέρεται στον αριθμό των παλμών σε ένα δευτερόλεπτο, και επιπλέον είναι αντιστρόφως ανάλογη της περιόδου επανάληψης παλμού. Μια **χαμηλή PRF χρησιμοποιείται για να απεικονίσει βαθύτερες δομές**.
- Η PRF καθορίζει το βάθος στο οποίο η μεταβολή του Doppler μπορεί να υπολογιστεί.
  - Χαμηλότερη PRF επιτρέπει μεγαλύτερο «ακουστικό χρόνο» ανάμεσα στους παλμούς και επιπλέον εξετάζει σε ένα βαθύτερο επίπεδο και αντιστρόφα.
- Όριο Nyquist:** Πήρε το όνομά του από τον Σουηδο-Αμερικανό μηχανικό Harry Nyquist, ο οποίος ανακάλυψε ότι ο αριθμός των παλμών στη μονάδα του χρόνου περιορίζεται στο διπλάσιο της κλίμακας του πλάτους του καναλιού. Με πρακτικούς όρους, το όριο Nyquist = 1,5 PRF.
  - Αν η ταχύτητα της ροής του αίματος ξεπεράσει το όριο Nyquist, η κατεύθυνση και η ταχύτητα εμφανίζονται ανακρίβεις και παρουσιάζεται μεταβολή κατεύθυνσης, φαινόμενο που καλείται **αναστροφή του φάσματος ταχυτήτων** (aliasing).
- Το PW Doppler περιορίζεται από τη μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να μετρηθεί, καθώς ο επόμενος παλμός δεν μπορεί να σταλεί πριν επιστρέψει το σήμα. Η υψηλότερη ταχύτητα που μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια είναι το όριο Nyquist. Ταχύτερες μεγαλύτερες από το όριο Nyquist εμφανίζονται από την αντίθετη πλευρά της κλίμακας ως aliasing (Εικ. 1-5).

- Σημείο-Κλειδί:** Το PW Doppler υπολογίζει την ταχύτητα ροής σε μια συγκεκριμένη περιοχή (δείγμα όγκου), αλλά περιορίζεται στη μέτρηση μόνο χαμηλότερων ταχυτήτων εξαιτίας του aliasing.

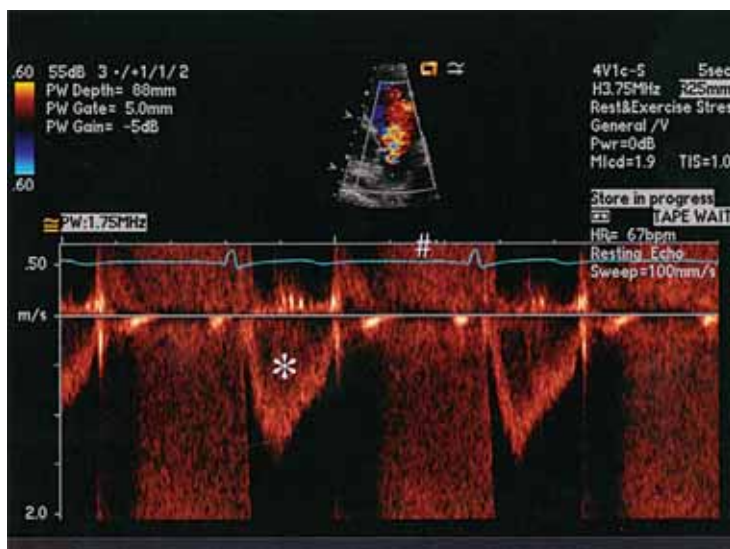
- **Σημείο-Κλειδί:** Απεικόνιση βαθύτερων δομών απαιτεί τη χρήση υψηλότερων PRF και επιπλέον υψηλότερου ορίου Nyquist. Χρησιμοποιήστε προβολές που ελαχιστοποιούν την απόσταση του πίδακα που σας ενδιαφέρει, αν το aliasing είναι ένα πρόβλημα.

- **Doppler συνεχούς κύματος:**

- Στο Doppler συνεχούς κύματος (CW), ο ηχομετατροπέας έχει μερικούς κρυστάλλους οι οποίοι εκπέμπουν συνεχώς υπερήχους, ενώ άλλοι κρυστάλλοι «ακούνε» τη μεταβολή στη συχνότητα.
- Επειδή η υπερηχητική δέσμη είναι συνεχής, το CW Doppler δεν περιορίζεται από την PRF στις ταχύτητες που ανιχνεύει (δηλαδή, δεν υπάρχει aliasing). Ως εκ τούτου, **το CW Doppler μπορεί να εξετάζει ροές υψηλής ταχύτητας.**
- Από τις μεταβολές που συμβαίνουν οπουδήποτε κατά μήκος της διαδρομής της δέσμης, **το CW Doppler δεν μπορεί να εντοπίσει τη θέση κατά μήκος της δέσμης όπου υπάρχει η υψηλότερη ταχύτητα** (Πίνακας 1-1).

- **Σημείο-Κλειδί:** Το CW Doppler επιτρέπει τον καθορισμό της υψηλότερης ταχύτητας οπουδήποτε κατά μήκος της υπερηχητικής δέσμης, αλλά δεν μπορεί να εντοπίσει το σημείο της μέγιστης ταχύτητας.

- Μια συσκευή *Pedoff* είναι ένας ειδικός μη απεικονιστικός CW ηχομετατροπέας που περιέχει δύο στοιχεία – ένα στοιχείο που πάντοτε εκπέμπει και ένα άλλο που πάντοτε λαμβάνει. Αυτή παρέχει πολύ ακριβή πληροφορία CW Doppler και εξαιτίας του πολύ μικρού της μεγέθους είναι χρήσιμη για την εκτίμηση των μέγιστων ταχυτήτων από υψηλές παραστερνικές και υπερστερνικές λήψεις και σε ασθενείς με δύσκολη σωματική διάπλαση.
- **Υψηλής συχνότητας επανάληψη παλμού (HPRF) Doppler παλμικού κύματος:**
  - Εφαρμόζεται για την υπέρβαση των περιορισμών του CW Doppler σε ασαφές βάθος και του PW Doppler στο aliasing.



**Εικόνα 1-5.** Μια φασματική παρουσίαση από το Doppler παλμικού κύματος στο χώρο εξόδου της αριστερής κοιλίας (LVOT), που δείχνει την αναστροφή του φάσματος ταχυτήτων (aliasing) του υψηλής ταχύτητας πίδακα αορτικής ανεπάρκειας (#). Χαμηλότερη ταχύτητα ροής δεν προκαλεί αναστροφή (alias)(\*).

# 2

## Η διαθωρακική ηχοκαρδιογραφική εξέταση

Pei-Hsiu Huang

### ΞΕΚΙΝΩΝΤΑΣ

Μια ποιοτική ηχοκαρδιογραφική μελέτη ξεκινά με την τακτοποίηση (Εικ. 2-1).

#### Θέση ασθενούς

Η χαμηλής ενέργειας υπερηχογραφική δέσμη δεν μπορεί να απεικονίσει ολόκληρη την καρδιά ευκρινώς στη φυσική της θέση πίσω από το στέρνο.

*Χρήσιμες συμβουλές:*

- Χρησιμοποιήστε την αριστερή πλάγια κατακεκλιμένη θέση για να θέσετε την καρδιά πλάγια.
- Τοποθετήστε μια σφήνα ή ένα μαξιλάρι για τη στήριξη του στο αριστερό πλάγιο.
- Ανυψώστε το αριστερό χέρι πάνω από το κεφάλι για τη διευρυνση των μεσοπλευρίων διαστημάτων.

**Κλειδί είναι η άνεση του ασθενούς!**

#### Θέση υπερηχογραφήστη

Διασφαλίστε τήν άνεση για να αποφύγετε συχνές διακοπές ή μια βεβιασμένη εξέταση. Η εξέταση μπορεί να πραγματοποιηθεί και από τις 2 πλευρές του ασθενούς.

*Χρήσιμες συμβουλές:*

- Το ύψος του εξεταστικού κρεβατιού πρέπει να επιτρέπει στον αγκώνα του υπερηχογραφήστη να στηρίζεται άνετα με μια μικρή κλίση του χεριού.
- Τοποθετήστε τον ασθενή έτσι ώστε η εξέταση να πραγματοποιηθεί χωρίς να σκύβετε.

#### Χειρισμός του ηχομετατροπέα

*Χρήσιμες συμβουλές:*

- Ο ηχομετατροπέας πρέπει να τοποθετείται ανάμεσα στον αντίχειρα, το δείκτη και το μέσο δάκτυλο (όπως πετάμε ένα βελάκι).
- Κινήστε τα δάκτυλα στην κορυφή του ηχομετατροπέα.
- Σταθεροποιήστε τον ηχομετατροπέα πάνω στο στήθος του ασθενούς χρησιμοποιώντας το μικρό δάκτυλο.
- Σημειώστε τη θέση του ηχομετατροπέα για να προσανατολιστείτε στις καρδιακές εικόνες.

#### Διάταξη μηχανήματος

Μετακινήστε το μηχάνημα πέρα από την κεφαλή του εξεταστικού κρεβατιού, αφήνοντας διάστημα για να καθίσετε στο επίπεδο του στήθους του ασθενούς. Σιγουρευτείτε ότι καταγράψατε τις ακόλουθες πληροφορίες σε κάθε εξέταση:

*Στοιχεία ασθενούς*

**Πλήρες όνομα**  
**Ημερομηνία γεννήσεως**  
**Αναγνωριστικός αριθμός**



**Εικόνα 2-1.** Διάταξη ηχοκαρδιογραφήματος.

#### *Ζωτικά σημεία*

**Ύψος/Βάρος** (χρησιμοποιούνται για την κατηγοριοποίηση των μετρήσεων)

**Πίεση αίματος** (εκτίμηση αιμοδυναμικής σοβαρότητας)

#### **Επιπρόσθετοι παράγοντες απεικόνισης**

##### **Ακουστικά παράθυρα**

Το βέλτιστο ακουστικό παράθυρο επιτρέπει την απόκτηση φωτεινών και καθαρών εικόνων. Φτωχή ποιότητα απεικόνισης θα έχει επίδραση στην ακρίβεια των μετρήσεων δύο διαστάσεων και στην ποιότητα του Doppler.

- Αποκτήστε πρώτα «μεγάλη εικόνα»
- Μετακινήστε τον ηχομετατροπέα κατά μήκος και μεταξύ των μεσοπλευρίων διαστημάτων
- **Κάντε μικρές κινήσεις με τον ηχομετατροπέα**

##### **Αναπνοή**

Η θέση της καρδιάς μεταβάλλεται με την αναπνοή

- Αποκτήστε κυρίως **παραστερνικές** και **κορυφαίες** εικόνες με συγκράτηση της αναπνοής στο τέλος της **εκπνοής**
- Αποκτήστε την **κορυφαία λήψη δύο κοιλοτήτων** και την **υποξιοφειδική** λήψη με συγκράτηση της αναπνοής **στο τέλος της εισπνοής**

##### **Πίεση ηχομετατροπέα**

Σταθερή πίεση είναι αναγκαία για την καλή επαφή του ηχομετατροπέα. Εντούτοις, εφαρμογή πολύ μεγάλης πίεσεως, ειδικά σε ευαίσθητες οστικές επιφάνειες, θα προκαλέσει τον πόνο του ασθενούς!

- Όταν η απεικόνιση γίνεται μέσω περιοχών με αυξημένο υποδόριο ιστό (π.χ. λιπώδης ιστός ή κάτω από τους μαστούς), η **εφαρμογή αυξημένης πίεσεως** συχνά βελτιώνει την ποιότητα της εικόνας
- Ελαφρά μείωση της πίεσεως, όταν ανακτηθεί μια καλή ποιότητα εικόνας
- Χαλαρώστε την πίεση του ηχομετατροπέα όταν αλλάζετε μεσοπλευρία διαστήματα

##### **Γέλη υπερήχων**

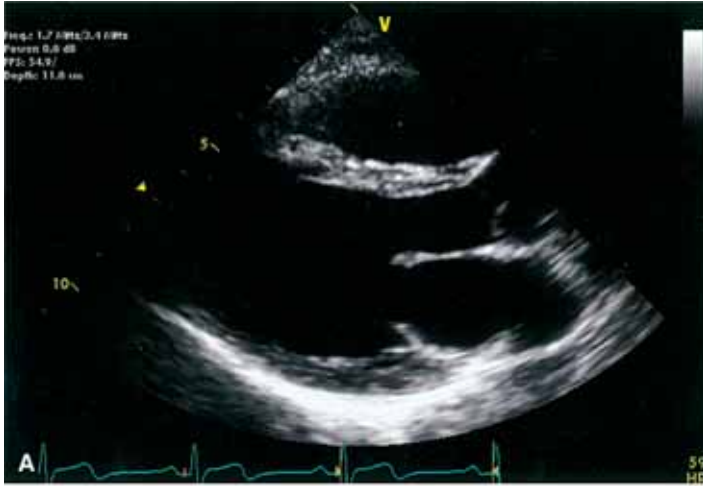
Μέσον που χρησιμοποιείται για την αγωγή των ηχητικών κυμάτων μεταξύ του ασθενούς και του ηχομετατροπέα των υπερήχων

- Χρησιμοποιήστε άφθονη γέλη!
- Προσθέστε ξανά γέλη όταν αυτή έχει απλωθεί στον ασθενή σε ένα λεπτό στρώμα.

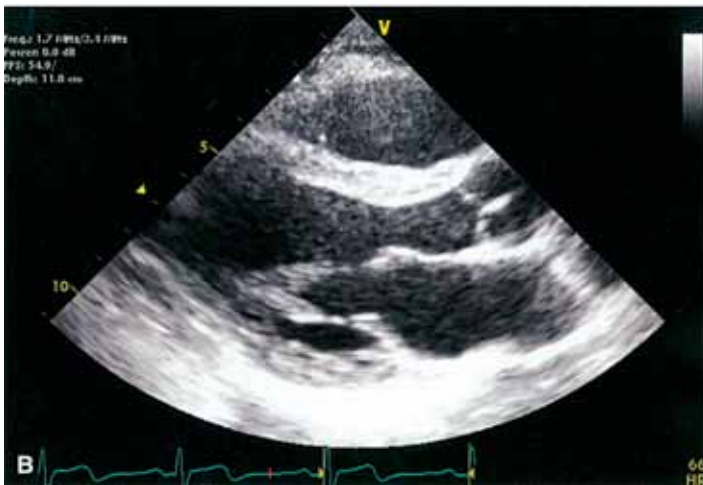
## ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

### Ενίσχυση ηχοκαρδιογραφήματος δύο διαστάσεων

Η ενδοκαρδιακή δεξαμενή αίματος πρέπει να είναι όσο το δυνατόν σκοτεινή χωρίς να χάνεται η ευκρίνεια των καρδιακών δομών.



Εικόνα 2-2Α. Ιδανική ενίσχυση.



Εικόνα 2-2Β. Υπερενισχυμένη λήψη.

## ΒΑΘΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Το βάθος πρέπει να ρυθμίζεται ώστε να επεκτείνεται κατά προσέγγιση 1 με 2 cm πέρα από το καρδιακό όριο, με περισσότερη απόσταση από τον ηχομετατροπέα για να διασφαλιστεί ότι καμιά από τις δομές δεν θα αποκοπεί.



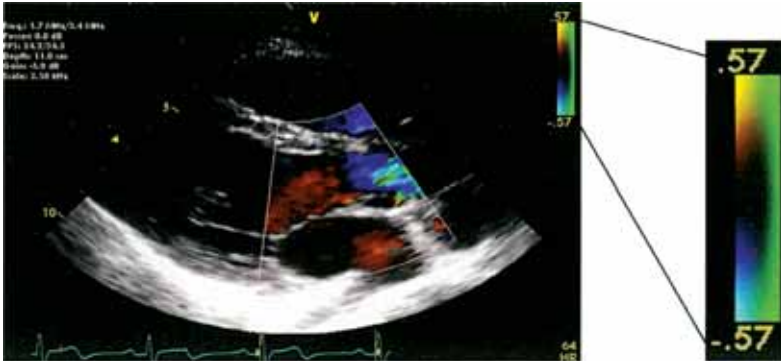
**Εικόνα 2-3A.** Ιδανικό βάθος.



**Εικόνα 2-3B.** Λήψη σε μεγάλο βάθος.

**Σημείωση:** Μερικά εργαστήρια χρησιμοποιούν προτυποποιημένα (default) βάθη, ώστε να διευκολύνεται η σύγκριση σε σειρές εξετάσεων. Σε αυτή την περίπτωση, αποκτούμε εικόνες τόσο σε προτυποποιημένο βάθος, όσο και στο κατάλληλο βάθος.

## Έγχρωμο Doppler



**Εικόνα 2-4.** Έγχρωμο Doppler δειγματοληπτικής περιοχής με το όριο Nyquist (ένθετο).

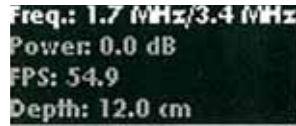
Ρυθμίστε την περιοχή δειγματοληψίας του έγχρωμου Doppler ώστε να περιλαμβάνει μόνο τις δομές ενδιαφέροντος προκειμένου να αποφευχθούν μειώσεις στη χρονική διακριτικότητα και την ποιότητα χρώματος. Διατηρήστε την προεπιλογή ορίου Nyquist στα 50-60 cm/s (Εικ. 2-4).

## Έγχρωμη ενίσχυση

Αυτή μπορεί να ρυθμιστεί μετακινώντας το πλαίσιο χρωμάτων στον εξωκαρδιακό χώρο και αυξάνοντας την ενίσχυση του Doppler μέχρι να υπάρξει ορατός ήχος. Σταδιακά μειώνουμε την ένταση μέχρι ο πρώτος ήχος να εξαφανιστεί.

## Συχνότητα

Ξεκινήστε την απεικόνιση με τον ηχομετατροπέα ρυθμισμένο στα 1,7/3,4 MHz (εκπομπή/λήψη, απεικόνιση δεύτερης αρμονικής) (Εικ. 2-5). Επιλέξτε μια υψηλότερη (για κοντινό πεδίο απεικόνισης) ή χαμηλότερη (για βαθύτερη διείσδυση) συχνότητα με σκοπό τη βελτιστοποίηση της ποιότητας της εικόνας.



**Εικόνα 2-5.** Ρύθμιση ηχομετατροπέα.

## Εστίαση

Δοκιμάστε να ρυθμίσετε την εστίαση των υπερήχων, αν συναντήσετε μια ασαφή εικόνα ή τεχνικά σφάλματα (artifacts) (Εικ. 2-6).



**Εικόνα 2-6.** Η εστίαση της υπερηχητικής δέσμης παρουσιάζεται από το βέλος (ένθετο).

### Μεγέθη δείγματος όγκου Doppler παλμικού κύματος

Εισροή/εκροή: 3 έως 4 mm

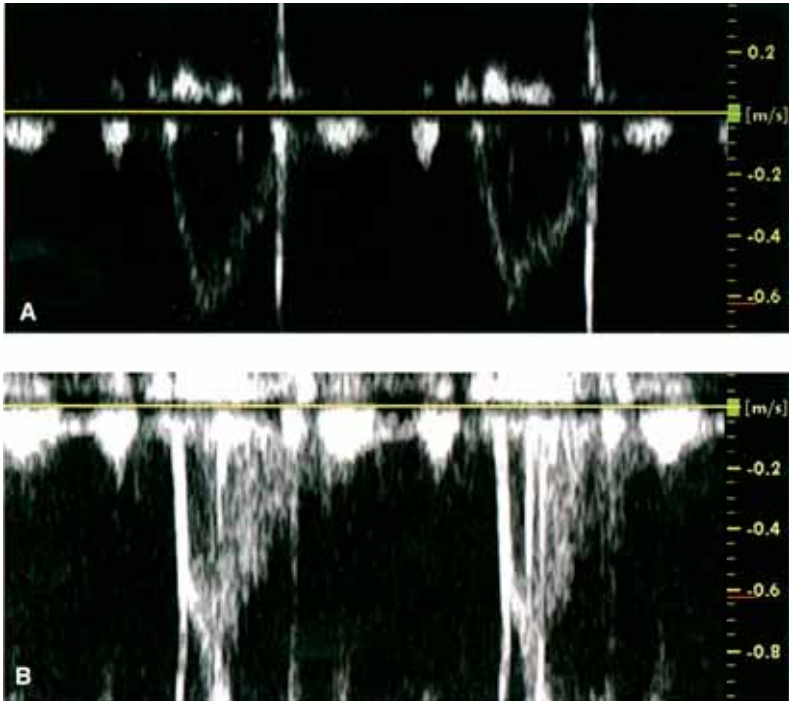
Φλεβική ροή: 5 έως 7 mm

Ιστικές ταχύτητες ή ταχύτητες δακτυλίου: 5 έως 7 mm

Ένα ακατάλληλο μέγεθος του δείγματος μπορεί να μολύνει την απεικόνιση Doppler και να ακυρώσει το μεγαλύτερο πλεονέκτημα του φασματικού Doppler, δηλαδή τον ακριβή εντοπισμό του σημείου της μέγιστης ταχύτητας.

### Φασματική ενίσχυση

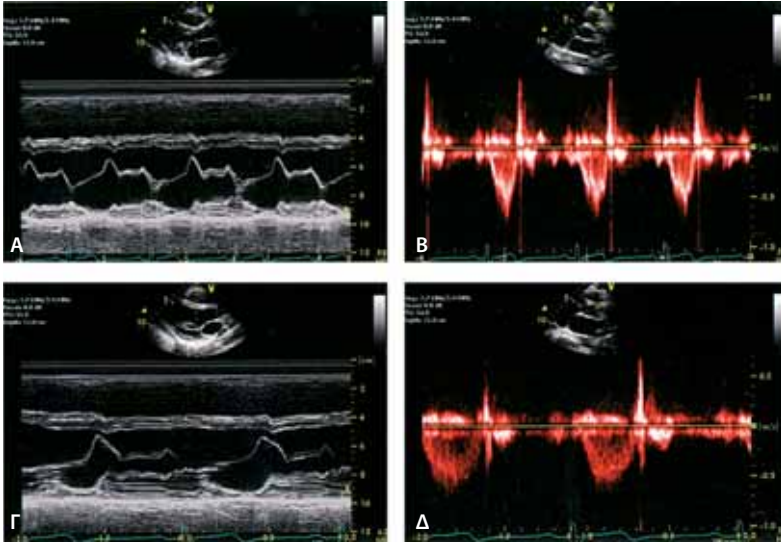
Το φόντο θα πρέπει να είναι σκοτεινό και το σήμα φωτεινό για να διασφαλίσουμε ότι δεν είναι υποτονικό. Υπερενισχυμένες εικόνες μπορεί να οδηγήσουν σε υπερεκτίμηση των ταχυτήτων ροής του αίματος. Οι μετρήσεις θα πρέπει να λαμβάνονται από τις τροποποιημένες ταχύτητες (φωτεινός φάκελος) και όχι από τη φασματική διεύρυνση ("feathery spray") που παρατηρείται ειδικά σε υπερενισχυμένο ή κακής ποιότητας Doppler (Εικ. 2-7).



**Εικόνα 2-7.** (Α) Doppler παλμικού κύματος με κατάλληλη ενίσχυση και (Β) υπερενισχυμένο.

### Ταχύτητα σάρωσης

Γενικά ρυθμίζεται στα 50 mm/s για την M-mode υπερηχογραφία και το φασματικό Doppler με κανονικό καρδιακό ρυθμό. Ρυθμίστε την ταχύτητα σάρωσης στα 100 mm/s για να πάρετε μετρήσεις με υψηλή χρονική διακριτικότητα (Εικ. 2-8).



**Εικόνα 2-8.** Παραστερνική τομή κατά του επιμήκη άξονα (PLAX) με M-mode υπερηχογραφία διαμέσου των γλωχίνων της μιτροειδούς βαλβίδας, και παραστερνική τομή κατά τον βραχύ άξονα (PSAX) με φασματικό Doppler στον χώρο εξόδου της δεξιάς κοιλίας (RVOT) με ταχύτητα σάρωσης 50 mm/s (Α,Β) και 100 mm/s (Γ,Δ).

## ΟΙ ΤΟΜΕΣ

### ΠΑΡΑΣΤΕΡΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΚΑΤΑ ΤΟΝ ΕΠΙΜΗ-ΚΗ ΑΞΟΝΑ (PLAX)

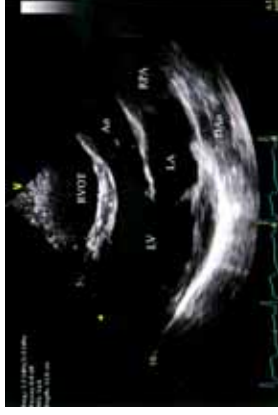
(Βλέπε Εικόνα 2-9)

*Η λήψη της εικόνας:*

- Στο τρίτο ή τέταρτο μεσοπλευρίο διάστημα, στοχεύετε το επίπεδο προς τον δεξιό ώμο του ασθενούς.
- Κρατήστε τον ηχομετατροπέα κοντά αλλά όχι πάνω στο στήρνο.
- Μετακινήστε τον ηχομετατροπέα προς τα πάνω (υψηλή PLAX) για να μετρήσετε τις διαστάσεις της σαρτικής ρίζας.



**Εικόνα 2-9.** Παραστερνική τομή κατά τον επιμήκη άξονα (PLAX). Ν: θέση ηχομετατροπέα, RVOT: χώρος εξόδου δεξιάς κοιλίας, Ao: αορτή, LV: αριστερή κοιλία, LA: αριστερός κόλπος, RPA: δεξιά πνευμονική αρτηρία, DAo: κατιούσα αορτή.



### Εξέταση Δύο Διαστάσεων (2D)

*Δομές*

- *Κοιλότητες:* LA, LV, LVOT, RVOT, Αορτή (Ao), κατιούσα αορτή (DAo), RPA
- *Βαλβίδες:* MV, AoV

*Κύρια χαρακτηριστικά*

- Σύγκλιση της πρόσθιας και της οπίσθιας γλωφίνιας της MV.
- Σύγκλιση της AoV. Η δεξιά στεφανιαία πτυχή είναι πλησιέστερη στον RVOT και απέναντι βρίσκεται η μη στεφανιαία ή η αριστερή πτυχή.
- Η κοιλότητα της LV μεγιστοποιείται (απεικόνιση μεταξύ των θηλοειδών μυών).

### Εξέταση Doppler

*Έγχρωμο Doppler*

- MV και AoV: Το πλαίσιο χρωμάτων θα πρέπει να περιλαμβάνει το IVS, την AoV και την MV
- Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η απεικόνιση αυτή στην αναγνωριση έκεντρων παλινδρομών ροών, ελλειμμάτων του κοιλιακού διαφράγματος, καθώς και για την εκτίμηση της σοβαρότητας της σαρτικής ανεπάρκειας.

### Εξέταση M-mode υπερηχογραφίας

*Κοιλότητες*

- Το μέσον της κοιλίας να περιλαμβάνει το πρόσθιο-διαφραγματικό και το κατώτερο-πλάγιο τοίχωμα

*Βαλβίδες*

- Δομή της MV και AoV καθώς και κίνηση των γλωφίνων

# 5

## Λειτουργικότητα της δεξιάς κοιλίας και αιμοδυναμική των πνευμόνων

Suzanne V. Arnold

### ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ

- *Το μέγεθος της δεξιάς κοιλίας πρέπει να είναι << από το μέγεθος της αριστερής κοιλίας (LV)*
- *Δυσλειτουργία RV – μειωμένη κινητικότητα του δακτυλίου της τριγλώχινιας βαλβίδας (TV), χρόνος εξώθησης RV << χρόνος ανεπάρκειας τριγλώχινιας*
- *Υπερφόρτιση πίεσης RV – συστολική επιπέδωση του μεσοκοιλιακού διαφράγματος, υψηλή ταχύτητα πίδακα ανεπάρκειας της TV, βραχύς χρόνος επιτάχυνσης χώρου εξόδου δεξιάς κοιλίας (RVOT), εντύπωμα RVOT*
- *Υπερφόρτιση όγκου RV – διαστολική επιπέδωση μεσοκοιλιακού διαφράγματος, σοβαρή ανεπάρκεια της πνευμονικής βαλβίδας (PR)*
- *Αύξηση πίεσης του δεξιού κόλπου (RA) – διεσταλμένη κάτω κοίλη φλέβα (IVC), κλίση του μεσοκοιλιακού διαφράγματος προς τα αριστερά*

### ΤΟΜΕΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

- *Παραστερνική τομή κατά τον επιμήκη άξονα και τομή στον χώρο εισόδου της RV – αρχικά εξέταση μεγέθους RA/RV και πίδακα ανεπάρκειας της TV*
- *Παραστερνική τομή κατά τον βραχύ άξονα – εκτίμηση της επιπέδωσης του μεσοκοιλιακού διαφράγματος, του πίδακα της ανεπάρκειας της TV, του προτύπου εκροής από τον RVOT και του πίδακα της ανεπάρκειας της PV*
- *Κορυφαία τομή τεσσάρων καρδιακών κοιλοτήτων – η καλύτερη απεικόνιση για το μέγεθος RA/RV, την ποιοτική λειτουργικότητα της RV, την τριγλώχινια βαλβίδα (TV), την κίνηση του δακτυλίου, τον πίδακα της ανεπάρκειας της TV και το μεσοκοιλιακό διάφραγμα*
- *Υποξιφοειδική τομή – εκτίμηση της υπερτροφίας της RV και της IVC*

### ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΔΕΞΙΑΣ ΚΟΙΛΙΑΣ

- Η RV είναι θεμελιωδώς διαφορετική από την LV τόσο στη δομή, όσο και στη λειτουργικότητα, έτσι ώστε οι μέθοδοι που τυπικά χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της LV να μην μπορούν να εφαρμοστούν για την RV.
- Η RV είναι μια **πυραμοειδής δομή με λεπτό τοίχωμα**, που «τυλίγεται» γύρω από την LV. Η RV είναι διαιρεμένη σε δύο τμήματα: εισόδου (TV, θηλοειδείς μύες, τενόντιες χορδές, μυοκάρδιο) και εξόδου (κόνος ή χοάνη και πνευμονική βαλβίδα [PV]). Επιπλέον δομές που βρίσκονται μόνο στην RV είναι οι εξής: υπερκοιλιακή ακρολοφία, ευμεγέθεις δοκιδώσεις, ρυθμιστική μυϊκή δεσμίδα (moderator band).
- Σε αντίθεση με την LV, η RV είναι **υψηλής ενδοτικότητας και ενεργητικώς αποτελεσματική**, σχεδιασμένη να αντλεί αίμα προς τη **χαμηλής αντίστασης και υψηλής χωρητικότητας πνευμονική κυκλοφορία**. Η RV είναι λιγότερο ικανή να διατηρήσει τον όγκο παλμού σε περίπτωση οξείας αύξησης του μεταφορτίου.
- Η RV συστέλλεται με τρεις ξεχωριστούς μηχανισμούς: Προς τα μέσα κίνηση του ελεύθερου τοιχώματος προς το μεσοκοιλιακό διάφραγμα (δηλαδή, κίνηση «φυσερού»:

αυτό επιτρέπει μια μεγάλη μετατόπιση όγκου με μικρή εγκάρσια κίνηση), συστολή των επιμήκων ινών και έλξη στο ελεύθερο τοίχωμα λόγω της σύσπασης της LV. Αυτή η μέθοδος της συστολής είναι θεμελιωδώς διαφορετική από εκείνη της LV. Η κύρια κινητήρια δύναμη της LV προέρχεται από ένα στρώμα κυκλοτερών σφιγκτήρων ινών που δρουν με σκοπό τη μείωση της κοιλιακής διαμέτρου. Η RV στερείται αυτών των ινών και έτσι πρέπει να βασίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό στην επιμήκη βράχυνση σε σύγκριση με την LV. Επιπλέον, αν και η RV υφίσταται στρέψη (torsion), αυτό δεν συμβάλλει ουσιαστικά στη συστολή της RV.

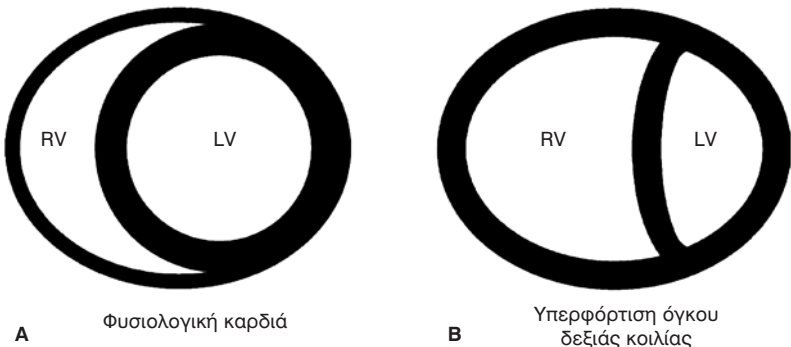
- Η RV και η LA είναι αλληλεξαρτώμενες, με κοινές κυκλοτερείς μυϊκές ίνες, ένα κοινό μεσοκοιλιακό διάφραγμα, και το περικάρδιο. Εκτιμάται ότι ~65% της πίεσης της RV και του όγκου παλμού δημιουργούνται από την LV.

## ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ RV

### Εκτίμηση με δισδιάστατη απεικόνιση

- Σημαντική για την εκτίμηση ασθενών με πνευμονική εμβολή, πνευμονική υπέρταση, έμφραγμα RV, συσκευές υποβοήθησης της LV, συγγενή καρδιακή νόσο.
- Η RV είναι μια σύνθετη τρισδιάστατη δομή και σε αντίθεση με την LV είναι δύσκολο να αποτυπωθεί σε μία απλή ηχοκαρδιογραφική δισδιάστατη απεικόνιση. Ως εκ τούτου θα πρέπει να αξιολογηθούν **πολλαπλές** τομές πριν καθοριστεί η ύπαρξη διατεταμένης RV.
- **Ποιοτική εκτίμηση:** Μία τυπική κορυφαία τομή τεσσάρων καρδιακών κοιλοτήτων είναι καλύτερη για την εκτίμηση του μεγέθους της RV σε σύγκριση με την LV.
  - Ελαφρώς διατεταμένη: η RV μεγεθύνεται αλλά  $< LV$
  - Μέτρια διατεταμένη:  $RV \approx LV$
  - Σοβαρά διατεταμένη:  $RV > LV$ . Η κορυφή της καρδιάς αποτελείται από την RV
- **Ποσοτική εκτίμηση:**
  - Εγγύς διάμετρος RVOT στην PLAX  $> 3,3$  cm
  - Άπω διάμετρος RVOT στην PSAX  $> 2,7$  cm
  - Βασική διάμετρος της RV κατά τη διαστολή στην κορυφαία τομή τεσσάρων καρδιακών κοιλοτήτων  $> 4,2$  cm
- Καθώς μεγεθύνεται η RV, σχηματίζεται περισσότερο σαν μια σφαιρική δομή, γεγονός που μπορεί να διαταράξει τη λειτουργικότητα της LV (Εικ. 5-1).

- **Σημείο-Κλειδί:** Είναι σημαντικό η ποιοτική εκτίμηση του μεγέθους της RV να γίνεται σε προτυποποιημένες θέσεις του ηχομετατροπέα. Αν ο ηχομετατροπέας τοποθετείται αρκετά κοντά προς τη μέση γραμμή στην κορυφαία τομή των τεσσάρων καρδιακών κοιλοτήτων, η RV πάντα θα απεικονίζεται μεγαλύτερη.



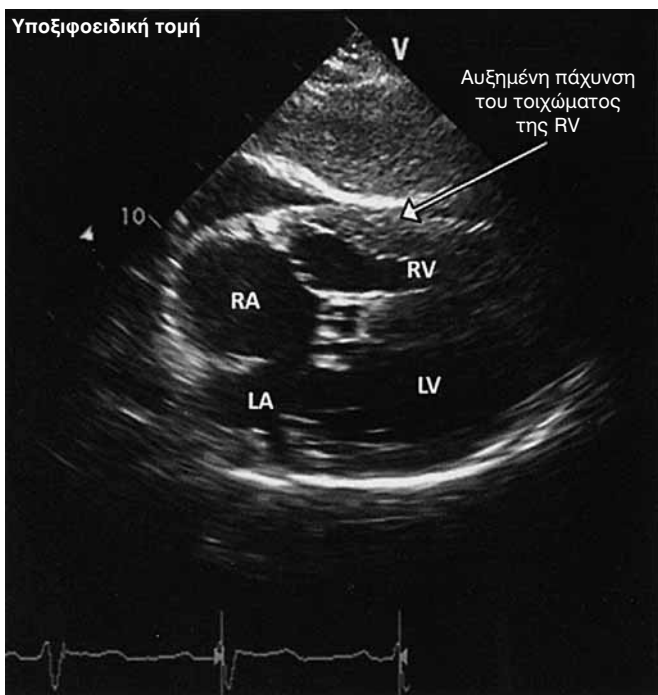
**Εικόνα 5-1.** Μεταβολές στο φυσιολογικό σχήμα της αριστερής κοιλίας (LV) και της δεξιάς κοιλίας (RV) (A) λόγω υπερφόρτισης όγκου της RV (B).

### Εκτίμηση με M-mode ηχοκαρδιογραφία

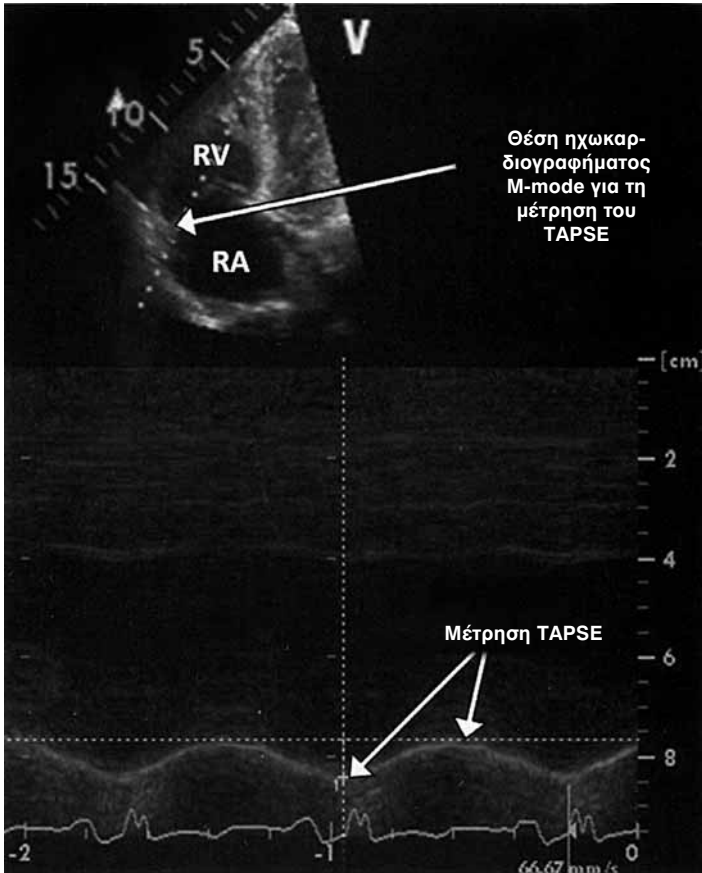
- Το πάχος του τοιχώματος της RV μετράται στην κορυφή του κύματος R στο ηλεκτροκαρδιογράφημα, στο επίπεδο των χορδών της TV στην υποξιφοειδική τομή (φυσιολογική τιμή  $\leq 5$  mm) (Εικ. 5-2).
- Καθώς η συστολική λειτουργία της RV βασίζεται κυρίως στην επιμήκη μυοκαρδιακή βράχυνση, η μέτρηση της συστολικής μετατόπισης του δακτυλίου της τριγλώχινας (TAPSE) μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Στην κορυφαία τομή τεσσάρων καρδιακών κοιλοτήτων, ο κέρσορας του M-mode είναι προσανατολισμένος προς τη διασταύρωση του επιπέδου της TV με το ελεύθερο τοίχωμα της RV. Η TAPSE είναι η διαφορά στη μετατόπιση της βάσης της RV κατά τη διάρκεια της διαστολής και της συστολής. **Μη φυσιολογική μετατόπιση  $< 1,7$  cm** (χαμηλή ευαισθησία αλλά υψηλή ειδικότητα) (Σχήμα 5-3).

### Εκτίμηση με Doppler

- Η λειτουργικότητα της RV μπορεί να αξιολογηθεί από τον δείκτη μυοκαρδιακής απόδοσης (MPI) ή **δείκτη Tει**, ο οποίος είναι ο λόγος του ισοογκωτικού χρονικού διαστήματος δια του χρόνου κοιλιακής εξώθησης. Είναι μια μέτρηση **τόσο της συστολικής όσο και διαστολικής λειτουργίας**. Για αυτή τη μέτρηση καταγράφεται η διάρκεια του πίδακα της ανεπάρκειας της τριγλώχινας (CW Doppler) αλλά και η διάρκεια του πίδακα στο RVOT (PW Doppler). Δεδομένου ότι η ανεπάρκεια της τριγλώχινας



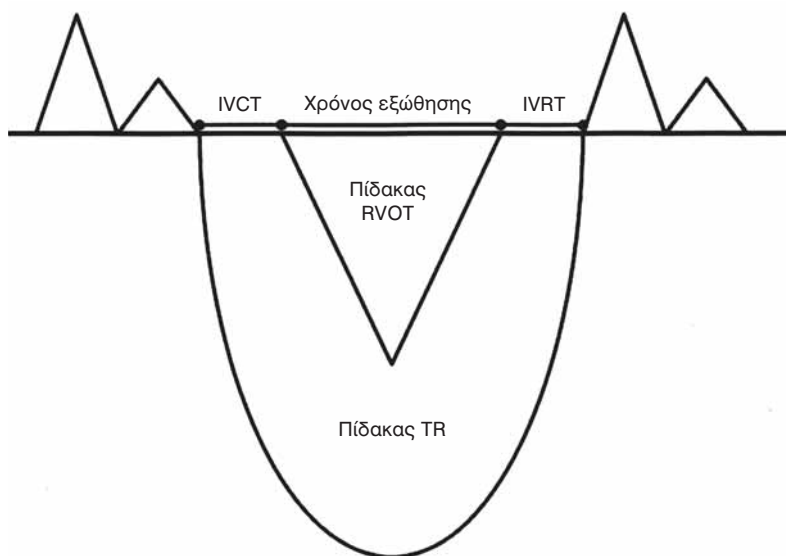
**Εικόνα 5-2.** Μια υποξιφοειδική εικόνα, που παρουσιάζει με ευκρίνεια το περίγραμμα των ορίων του υπερτροφικού τοιχώματος της δεξιάς κοιλίας (RV). Για ακριβή μέτρηση απαιτείται μια εστιασμένη δισδιάστατη απεικόνιση ή ηχοκαρδιογράφημα M-mode. RA: δεξιός κόλπος, LA: αριστερός κόλπος, LV: αριστερή κοιλία.



**Εικόνα 5-3.** Χρήση M-mode ηχοκαρδιογραφίας, που είναι τοποθετημένη στην κορυφή της δεξιάς κοιλίας (RV) και διαμέσου του ελεύθερου τοιχώματος της RV και της διασταύρωσης του τριγωνικού δακτυλίου, με σκοπό τη μέτρηση της συστολικής μετατόπισης του τριγωνικού δακτυλίου (TAPSE). RA: δεξιός κόλπος.

συμβαίνει από μια κοιλότητα υψηλής πίεσης προς μια κοιλότητα χαμηλής πίεσης (δηλαδή, RV → RA), η ροή είναι **ολοσυστολική** – συμπεριλαμβανομένου του χρόνου ισοογκωτικής συστολής και χάλασης. Συνεπώς, για τον καθορισμό του ισοογκωτικού χρόνου, αφαιρούμε το χρόνο εξώθησης από τη διάρκεια ανεπάρκειας της τριγλώχινας (Εικ. 5-4).

- $MPI = (\text{χρόνος ισοογκωτικής συστολής [IVCT]} + \text{χρόνος ισοογκωτικής χάλασης [IVRT]}) / \text{χρόνος εξώθησης} = \text{χρόνος ανεπάρκειας τριγλώχινας} - \text{χρόνος εξώθησης RVOT}$ .
- $MPI = (\text{χρόνος ανεπάρκειας τριγλώχινας} - \text{χρόνος εξώθησης RVOT}) / \text{χρόνος εξώθησης RVOT}$
- **Φυσιολογική τιμή < 0,4.** Η τιμή αυξάνεται σε συστολική και διαστολική δυσλειτουργία της RV.



**Εικόνα 5-4.** Ένα γράφημα που περιλαμβάνει τους πίδακες του RVOT και της ανεπάρκειας της τριγλώχινας (TR), όπως καταγράφονται στο Doppler, με σκοπό να προσδιορίσει τα μετρούμενα διαστήματα για τον υπολογισμό του δείκτη μυοκαρδιακής λειτουργίας (MPI) της δεξιάς κοιλίας (RV). RVOT: χώρος εξόδου δεξιάς κοιλίας, IVCT: χρόνος ισοογκωτικής συστολής, IVRT: χρόνος ισοογκωτικής χάλυσης.

Η απεικόνιση με το ιστικό Doppler μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ποσοτική εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας της RV. **Συστολικό σήμα ιστικού Doppler στον πλάγιο δακτύλιο της TV (Sa) <10 cm/s υποδεικνύει δυσλειτουργία της RV** (Εικ. 5-5).

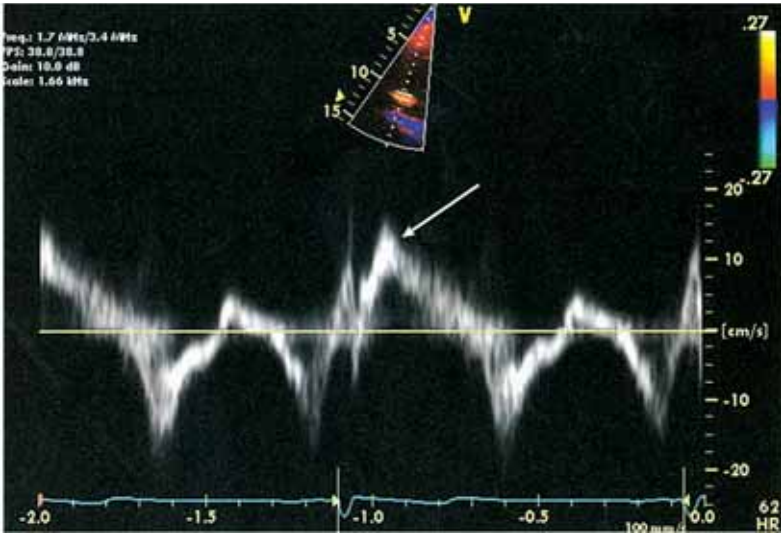
## ΠΑΘΟΛΟΓΙΑ RV

### Υπερφόρτιση όγκου RV

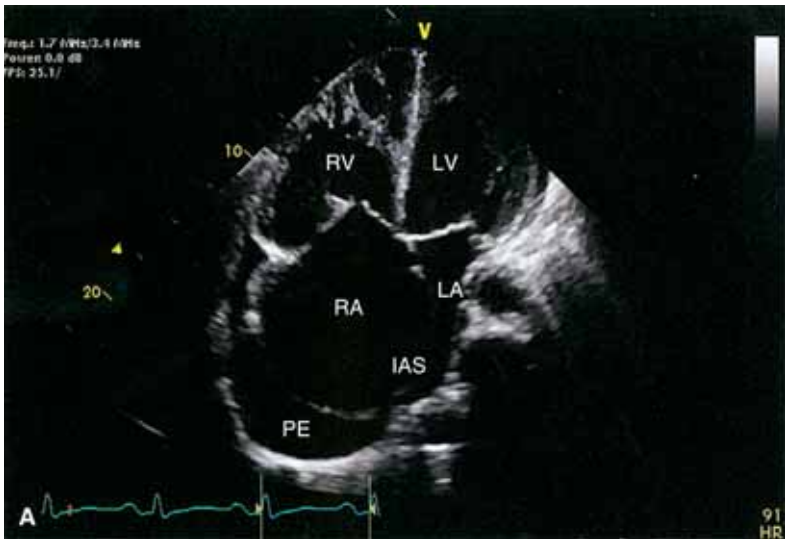
- Τυπικά αποτυπώνεται ως αποτέλεσμα της **L → R διαφυγής** (έλλειμμα μεσοκοιλιακού διαφράγματος [ASD], ανώμαλη πνευμονική φλεβική επιστροφή, αρτηριοφλεβώδη δυσπλασία) ή σοβαρής ανεπάρκειας της πνευμονικής βαλβίδας (Εικ. 5-6).

• **Σημείο-Κλειδί:** Σε αντίθεση με ένα ASD, οι ασθενείς με έλλειμμα του μεσοκοιλιακού διαφράγματος (VSD) αρχικά αναπτύσσουν υπερφόρτιση του όγκου της LV (όχι της RV) καθώς το αίμα κινείται προς την πνευμονική κυκλοφορία και έτσι η RV δεν «βλέπει» τον επιπλέον όγκο.

- Κλασικά ευρήματα είναι μια διατεταμένη RV με **διαστολική επιπέδωση του μεσοκοιλιακού διαφράγματος** (Εικ. 5-6). Στο ASD, η ροή φαίνεται καλύτερα στην υποξίφωϊδική τομή μειώνοντας το όριο Nyquist και όταν η εξέταση Doppler είναι παράλληλη προς τη ροή. Αυτό είναι τυπικά χαμηλής ταχύτητας (~2 m/s) με το φάκελο Doppler να παρουσιάζει μια ευρεία κορυφή στο τέλος της συστολής και της πρώιμης διαστολής και μια μικρή τελική κορυφή με την κολπική συστολή. Με ουσιαστική L → R διαφυγή, θα υπάρξει αύξηση των ροών σε όλες τις βαλβίδες που βρίσκονται περιφερικά της διαφυγής (δηλαδή, αύξηση των ροών στην TV και την PV).
- Σημεία επακόλουθης **αύξησης της πίεσης στη δεξιά καρδιά** μπορεί επίσης να παρατηρηθούν.



**Εικόνα 5-5.** Ιστικό Doppler του πλαγίου τριγωνικού δακτυλίου που καταγράφει τη φυσιολογική μέγιστη συστολική ταχύτητα ~ 11,5 cm/s (βέλος).



**Εικόνα 5-6.** Ασθενής με αρτηριοφλεβώδη δυσπλασία (η δεξιά οσφυϊκή αρτηρία εκβάλλει στην IVC) και σημαντική υπερφόρτιση όγκου της δεξιάς κοιλίας (RV). (Α) Κορυφαία τομή τεσσάρων καρδιακών κοιλοτήτων με μεγάλη διάταση του δεξιού κόλπου (RA) και της RV και κλίση του μεσοκοιλιακού διαφράγματος (IAS) προς τον αριστερό κόλπο (LA). Παρατηρείται μικρή, μεσο-πρόσθια περικαρδιακή συλλογή (PE). LV: αριστερή κοιλία, IVC: κάτω κοίλη φλέβα (συνεχίζεται)