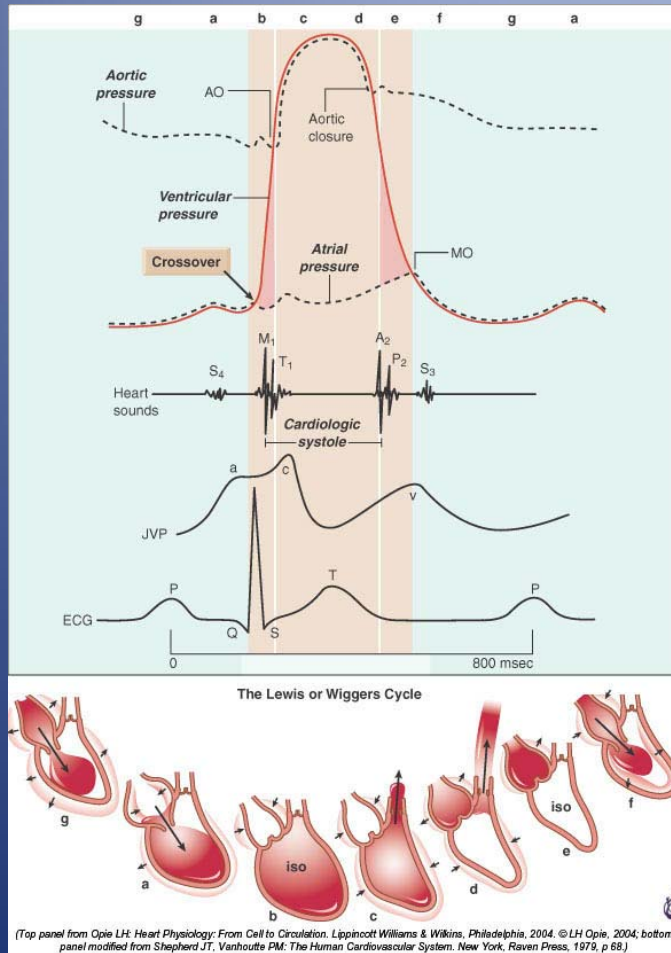


Αδυναμίες στην εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας της αριστερής κοιλίας

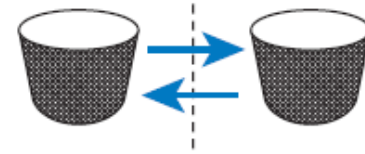
Μανώλης Φουκαράκης
Βενιζέλειο Γ. Ν. Ηρακλείου-Κρήτης

Η εκτίμηση της
συστολικής λειτουργίας
είναι η κυριώτερη εφαρμογή
της ηχοκαρδιογραφίας

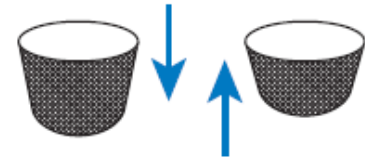
ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΣΥΣΤΟΛΗ



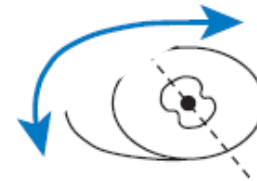
T_{ranslation}



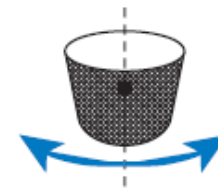
A_{ccordian}



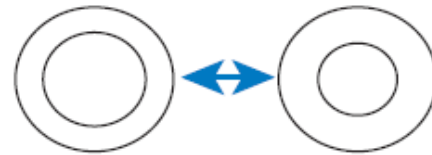
R_{otation}

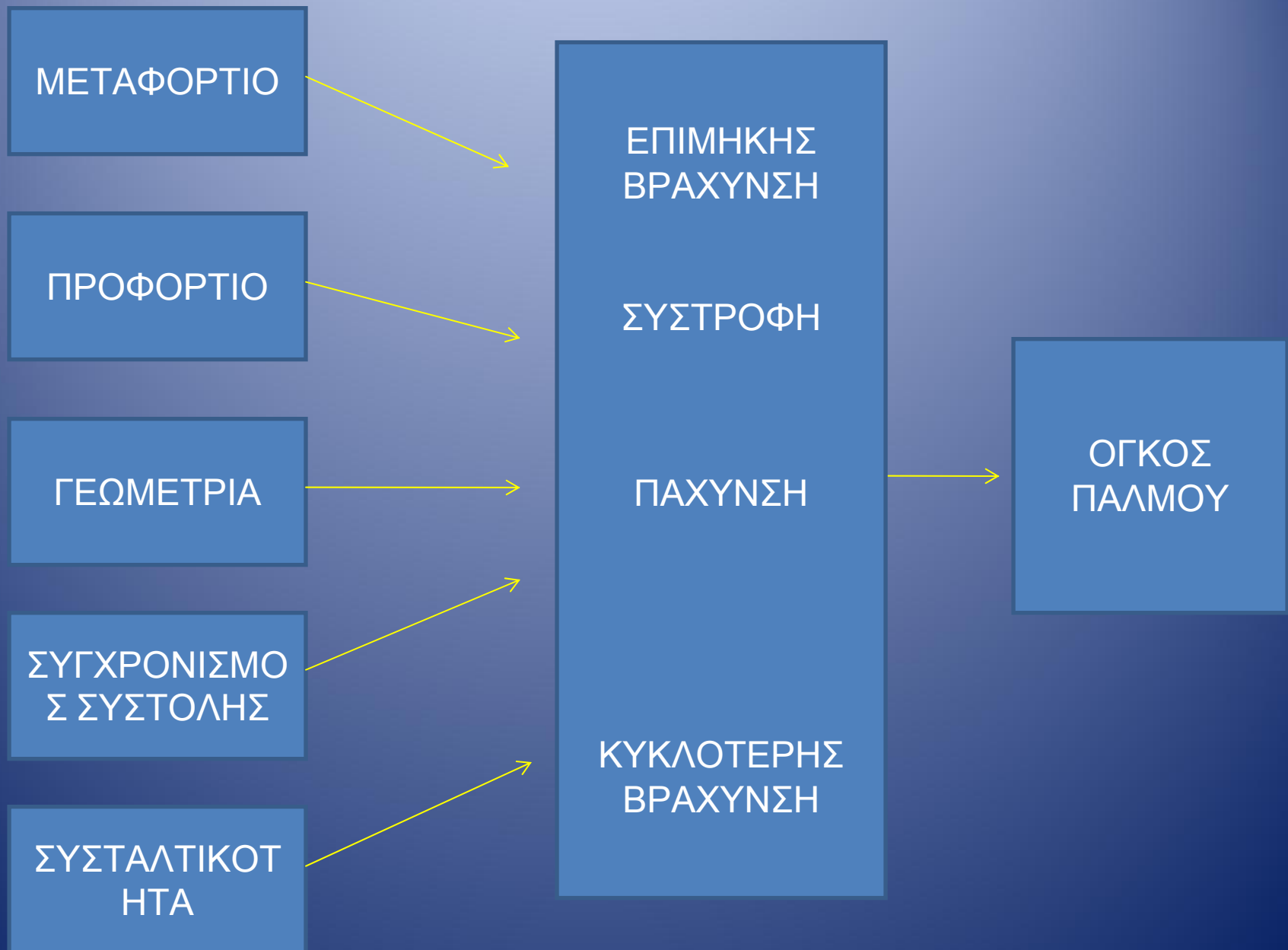


T_{ilt}



T_{hicken}





ΣΥΣΤΑΛΤΙΚΟΤΗΤΑ

- *Συσταλτικότητα*
 - *σύμφυτη ικανότητα του μυοκαρδίου να συσπάται ανεξαρτήτως των μεταβολών στο προφορτίο ή μεταφορτίο.*
- *Απουσία αναίμακτου δείκτη*
 - *λόγω αδυναμίας διάκρισης των κυτταρικών μηχανισμών μεταβολής της συσταλτικότητας από εκείνους του φορτίου και της καρδιακής συχνότητας.*

ΣΥΣΤΟΛΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

- Συστολική λειτουργία της αριστερής κοιλίας
 - προσδιορισμού καρδιακής απόδοσης, η οποία με τη σειρά της καθορίζεται από το προφόρτιο, το μεταφόρτιο, τη μυοκαρδιακή συσταλτικότητα (ικανότητα συστολής) και τον καρδιακό ρυθμό
- Υπάρχουν πολλοί τρόποι να εκτιμηθεί η συστολική λειτουργία της αρ κοιλίας
- Δεν υπάρχει μια μέθοδος ικανή να περιγράψει πλήρως την λειτουργική της κατάσταση.

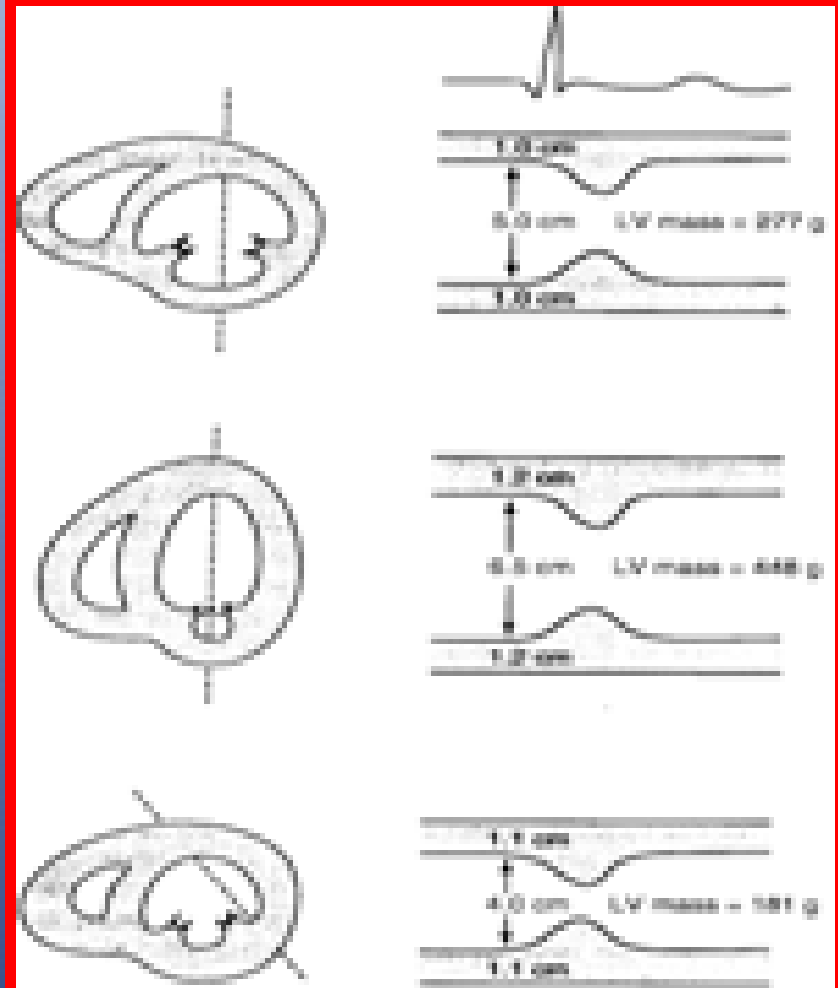
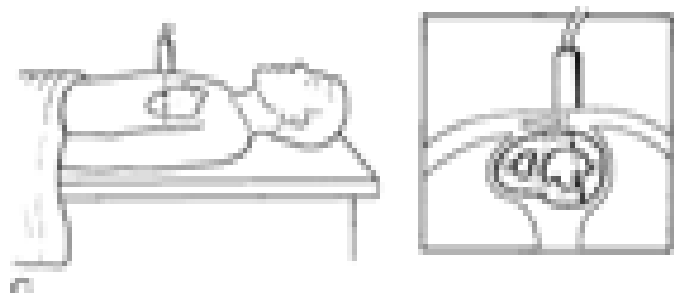
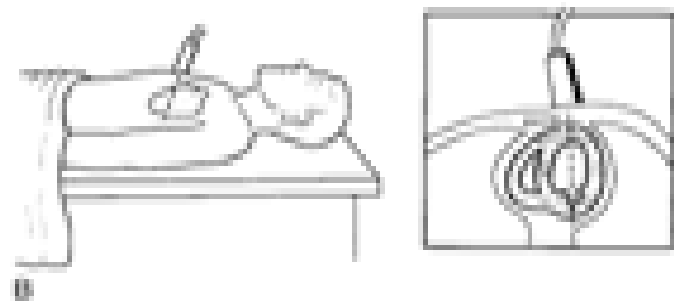
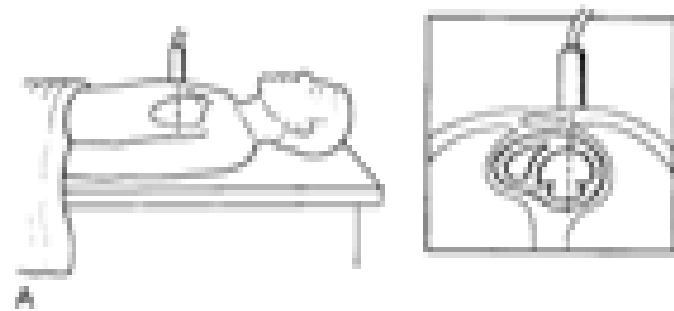
Κλάσμα Εξώθησης

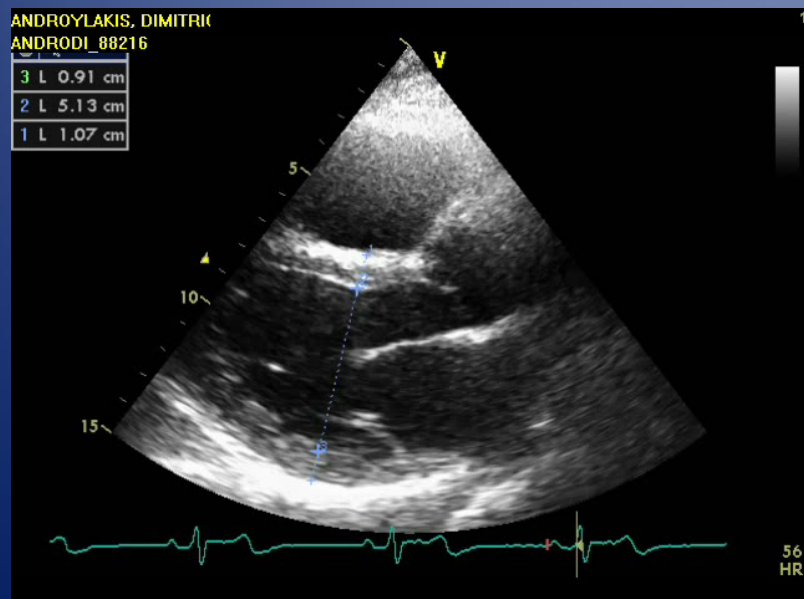
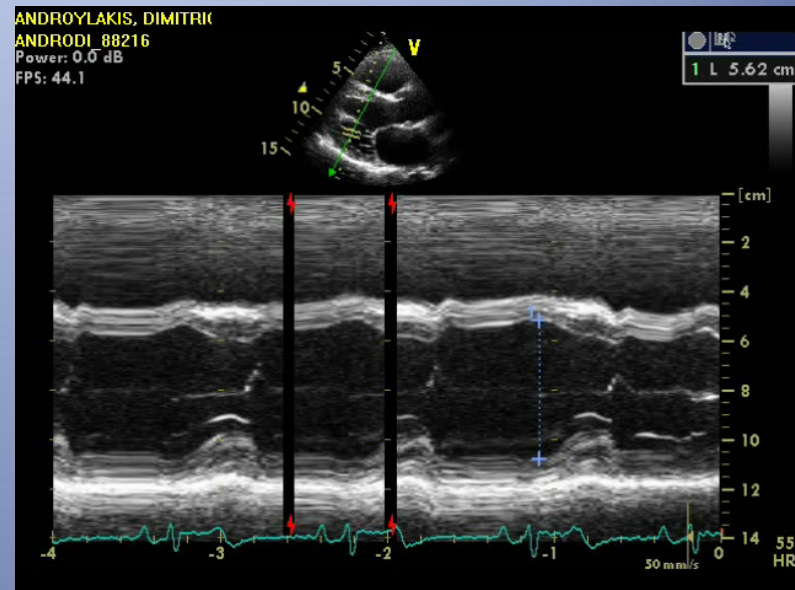
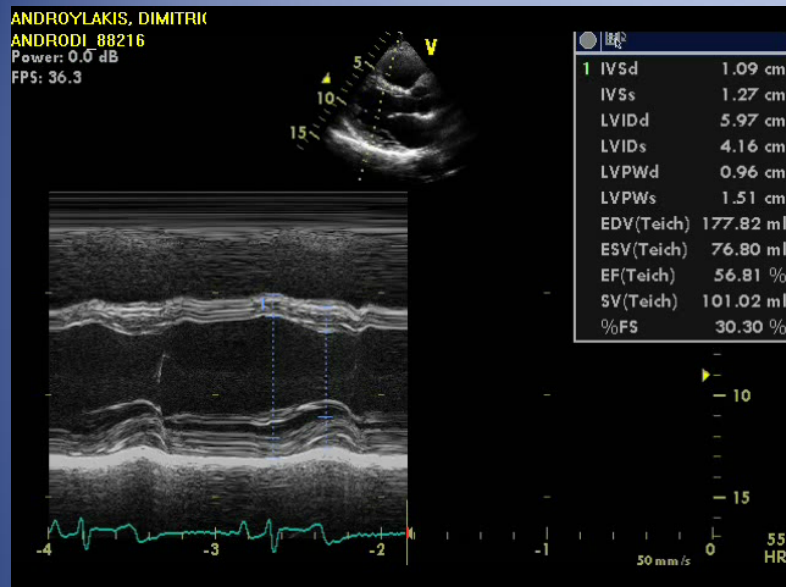
- Ο πιο συνηθισμένος δείκτης
- Η διαδεδομένη χρήση του κλάσματος εξώθησης
 - εύκολη κατανόηση της έννοιας του όρου
 - εύκολος και επαναλήψιμος υπολογισμός του
 - ποικιλία μεθόδων απεικόνισης
 - εκτεταμένη τεκμηρίωση της κλινικής χρησιμότητάς του
 - υψηλή προγνωστική αξία, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα
 - αποτελεσματικότητα εφαρμογής θεραπειών
- Περιορίζεται όμως από το γεγονός ότι
 - εξαρτάται, εκτός από τη συσταλτικότητα του μυοκαρδίου, και από το προφόρτιο και το μεταφόρτιο, καθώς και από τον καρδιακό ρυθμό και τον συγχρονισμό της συστολής
 - δεν σχετίζεται με συμπτώματα απαραίτητα
 - δεν σχετίζεται πάντα με την υπαρκτή ή μη μυοκαρδιακή βλάβη

Γραμμικές μέθοδοι MMODE

- Κλάσμα βράχυνσης
 - $FS(\%) = ([LVEDD - LVESD]) / LVEDD \times 100$
- Ταχύτητα βράχυνσης
 - $Vcf = FS / ET$
- Κλάσμα εξώθησης
 - $EF(\%) = ([LVED \text{ volume} - LVES \text{ volume}] / LVED \text{ volume}) \times 100$
 - $\text{Volume (teicholz)} = (7 / [2,4 + D]) \times D^3$

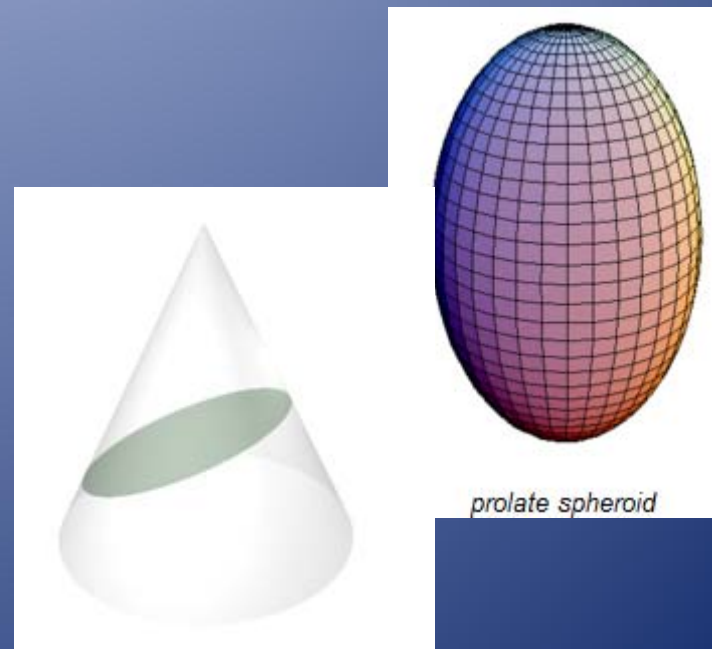
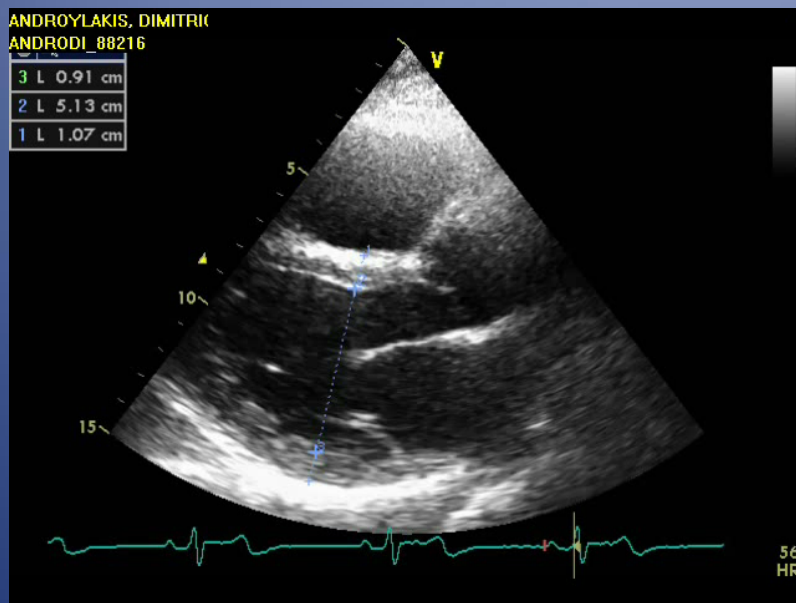
- Προσανατολισμός δέσμης-καθοδήγηση από 2D
- Αδυναμία σωστών μετρήσεων σε αναδιαμόρφωση αρ κοιλίας
 - λόγω διάτασης
 - λόγω τμηματικών ισχαιμικών διαταραχών
 - σε παράδοξη κινητικότητα (LBBB, WPW, VC, συμπιεστική περικαρδίτιδα, υπερφόρτιση RV)
- Γεωμετρικές παραδοχές
- Συνολική κίνηση καρδιάς (translation) και η συστροφή της καρδιάς (torsion) –διαφορετικά επίπεδα μέτρησης σε συστολή και διαστολή



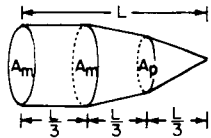
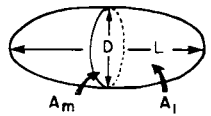
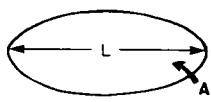
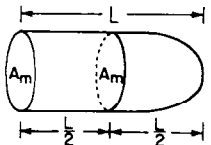
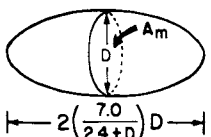


Γραμμικές Μέθοδοι -2D

- Όχι προβλήματα προσανατολισμού επιπέδου μέτρησης



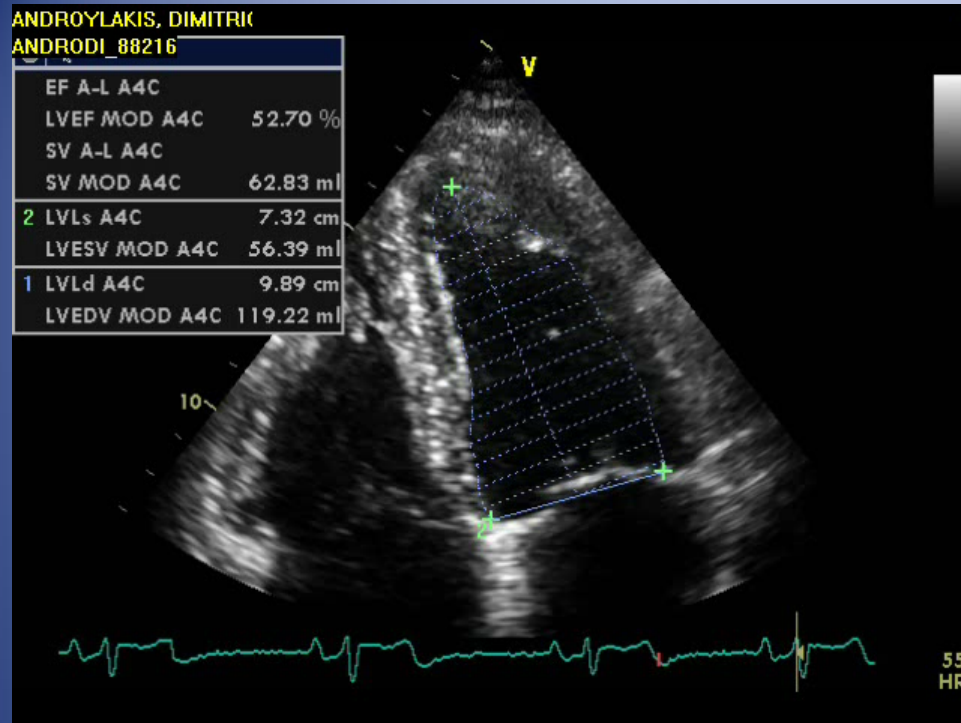
Ογκομετρικές μέθοδοι υπολογισμού-2D

<u>Algorithm</u>	<u>Formulation</u>	<u>Geometric Model</u>
Simpson's Rule	$V = (A_m) \frac{L}{3} + \left(\frac{A_m + A_p}{2} \right) \frac{L}{3} + \frac{1}{3} (A_p) \frac{L}{3}$	
Ellipsoid – Biplane	$V = \frac{\pi}{6} L \left(\frac{4A_m}{\pi D} \right) \left(\frac{4A_l}{\pi L} \right)$	
Ellipsoid – Single Plane	$V = \frac{8(A_l)^2}{3\pi L}$	
Hemisphere – Cylinder	$V = (A_m) \frac{L}{2} + \frac{2}{3} (A_m) \frac{L}{2}$	
Modified Ellipsoid	$V = \left(\frac{7.0}{2.4 + D} \right) D^3$	

ANDROYLAKIS, DIMITRIK

ANDRODI_88216

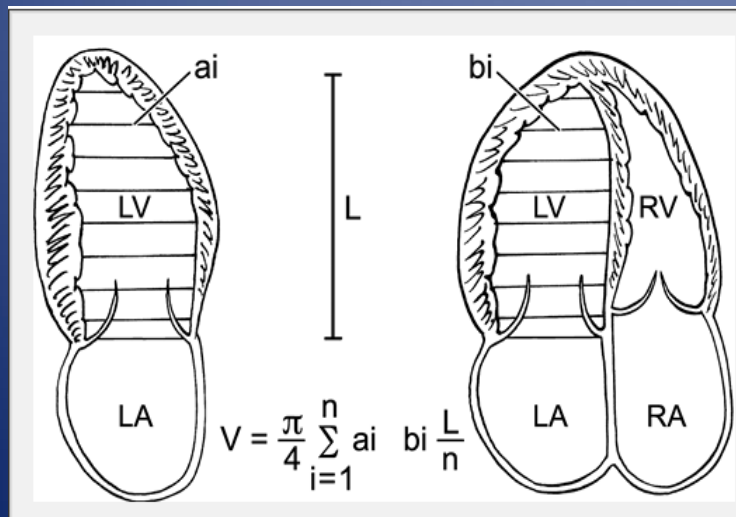
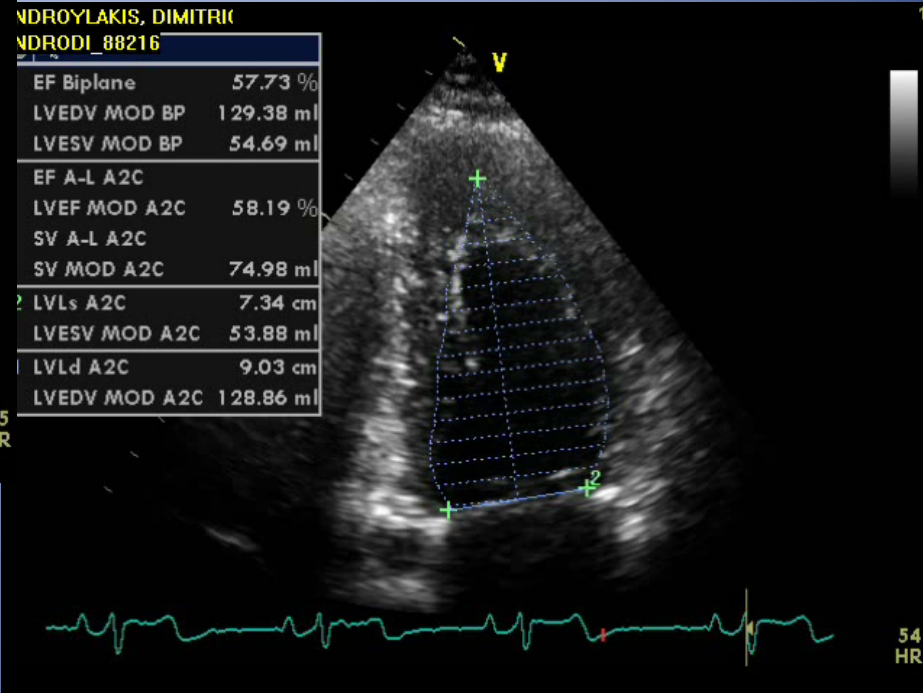
EF A-L A4C	
LVEF MOD A4C	52.70 %
SV A-L A4C	
SV MOD A4C	62.83 ml
2 LVLs A4C	7.32 cm
LVESV MOD A4C	56.39 ml
1 LVLd A4C	9.89 cm
LVEDV MOD A4C	119.22 ml



ANDROYLAKIS, DIMITRIK

ANDRODI_88216

EF Biplane	57.73 %
LVEDV MOD BP	129.38 ml
LVESV MOD BP	54.69 ml
EF A-L A2C	
LVEF MOD A2C	58.19 %
SV A-L A2C	
SV MOD A2C	74.98 ml
2 LVLs A2C	7.34 cm
LVESV MOD A2C	53.88 ml
LVLd A2C	9.03 cm
LVEDV MOD A2C	128.86 ml



Προβλήματα εικόνας

- Θέση εξεταζόμενου
- Αναπνευστικές κινήσεις
- Σωστή χρήση μορφομετατροπέα
- Σωστές ρυθμίσεις Gain, κλίμακας γκρί, εστίασης
- Οι μετρήσεις από τον ίδιο που πραγματοποιεί εξέταση
- Προβλήματα πλάγιας διακριτικής ικανότητας στις κορυφαίες λήψεις
- Artifact –near field

Προβλήματα υπολογισμού

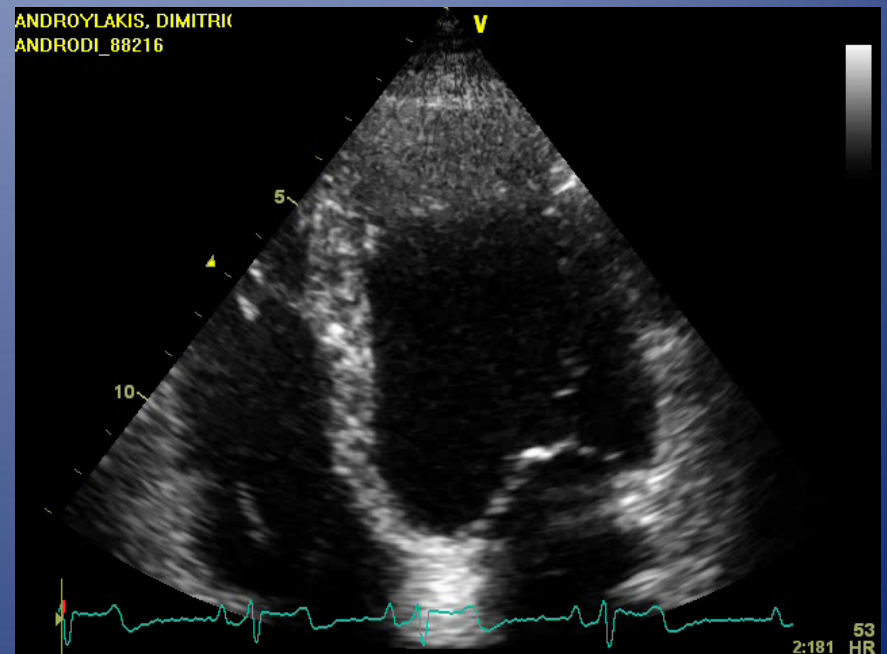
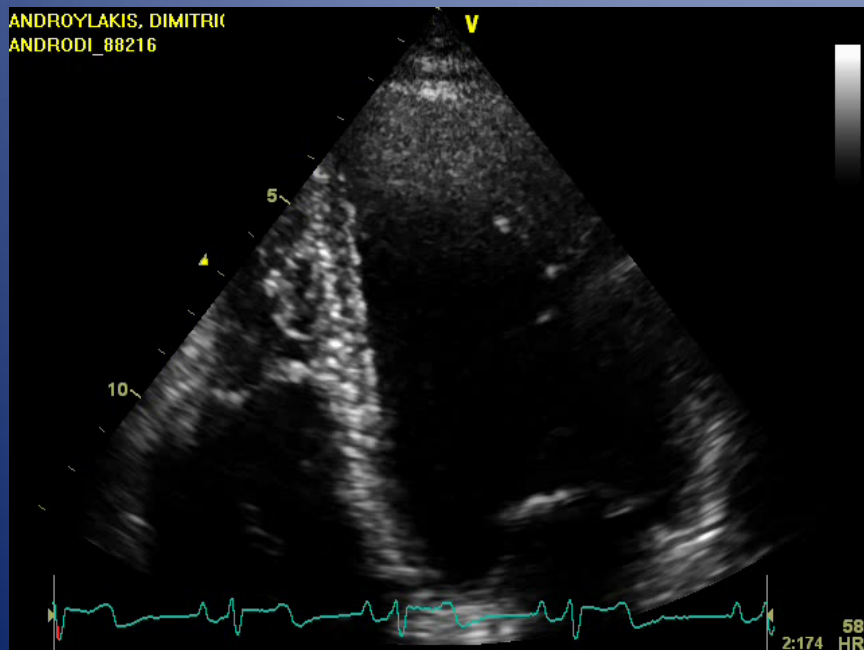
- Γεωμετρικές παραδοχές
 - Area length method-Bullet method
 - Μόνο συμμετρικές ομαλές κοιλότητες
 - Simpson
 - Ενός επιπέδου γεωμετρική παραδοχή ότι οι δίσκοι κυκλικοί
 - Δύο επιπέδων γεωμετρική παραδοχή ότι τα επίπεδα ορθογώνια

Προβλήματα υπολογισμού

- Λανθασμένες τομές
 - Foreshortening
 - Όχι ορθογώνια επίπεδα
 - Δοκιδώσεις κορυφής (true apex)

Foreshortening

Μη επιτρεπτή >20% διαφορά μεταξύ των δυο κορυφαίων τομών
σε ότι αφορά τον επιμήκη άξονα



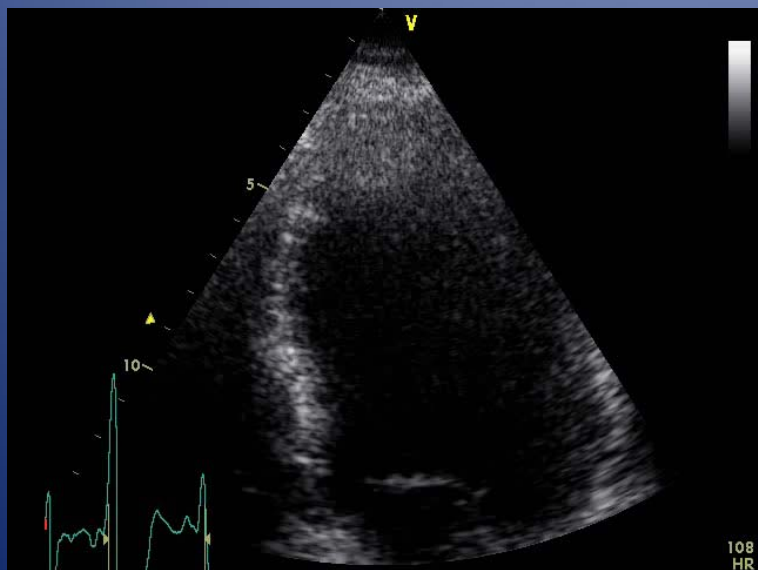
Οπτική εκτίμηση συστολικής λειτουργίας αρ κοιλίας

Πλεονεκτήματα

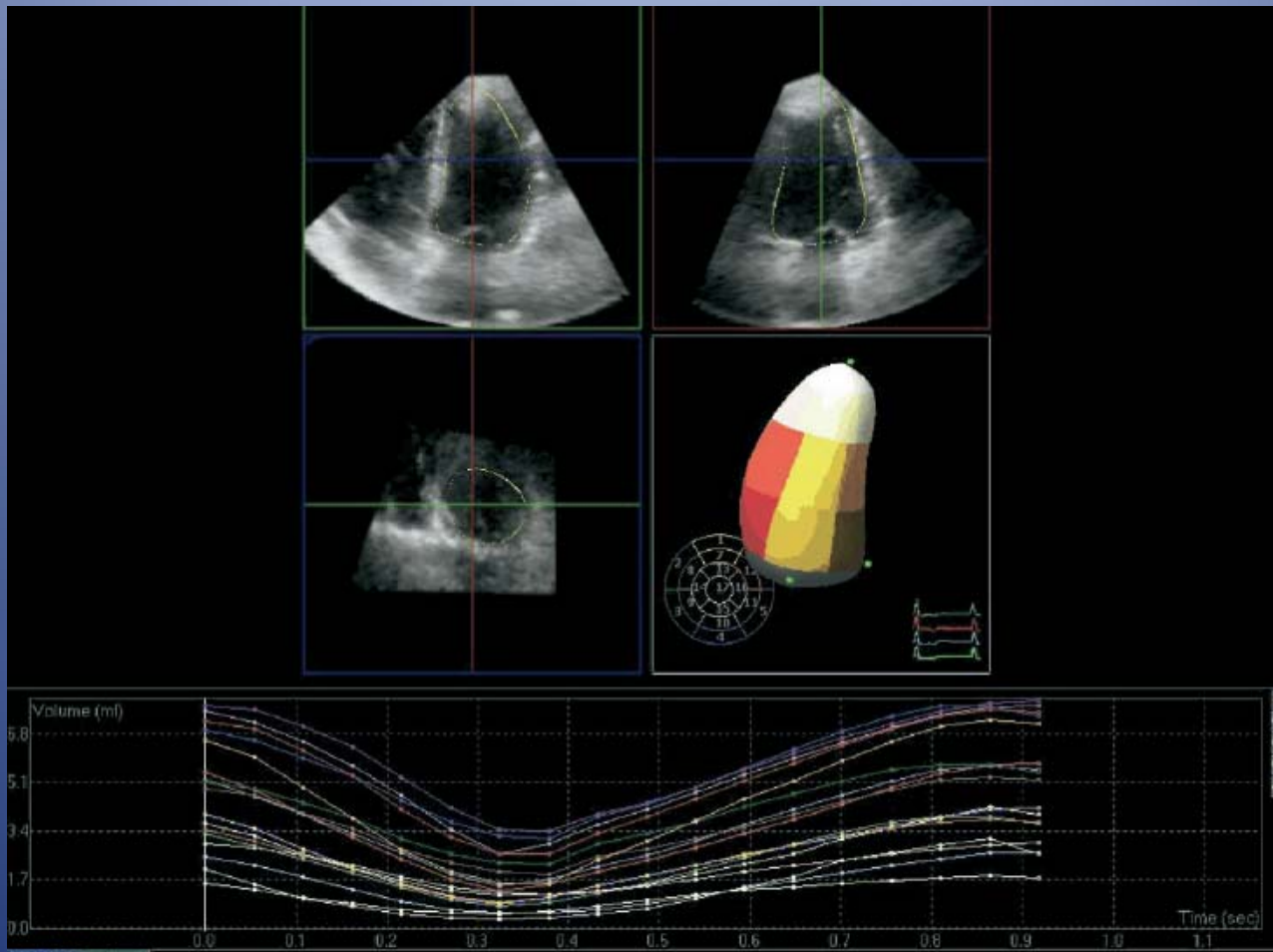
- Γρήγορη
- Εύκολη
- Σχετικά ακριβής
- Επιβεβαιώνεται από μέτρηση ΚΕ με Simpson's

Μειονεκτήματα

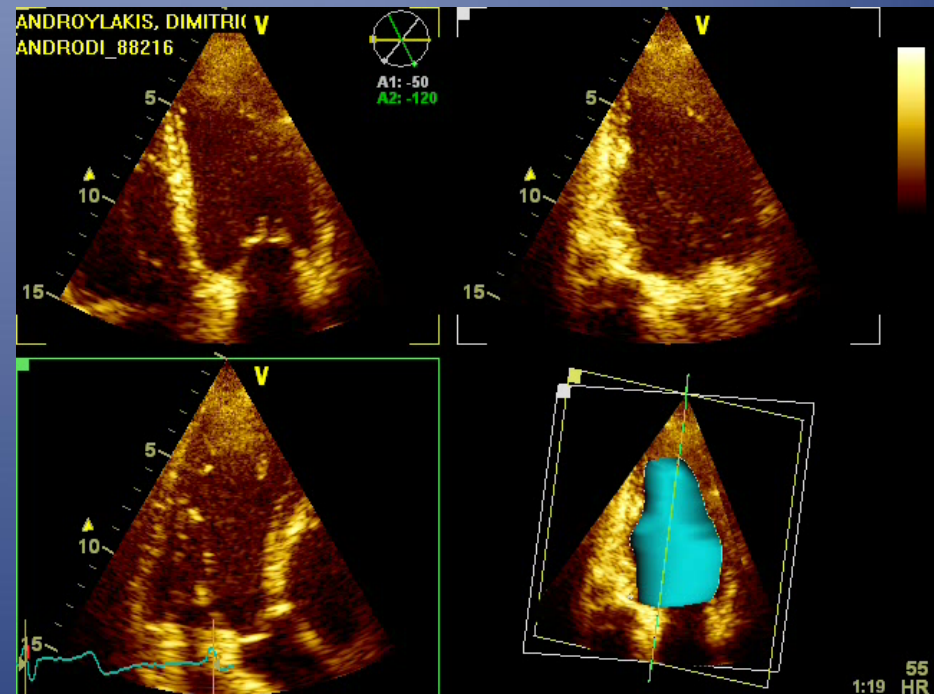
- Υποκειμενική
- Σχετίζεται με εμπειρία εξεταστή
- Δεν διακρίνει μικρές διαφορές σε επόμενες μελέτες
- Πρόβλημα
 - Διαταραχές ρυθμού
 - Ταχυκαρδία
 - Ακραία μεγέθη κοιλοτήτων
 - Παράδοξη κινητικότητα



3D Μέθοδοι

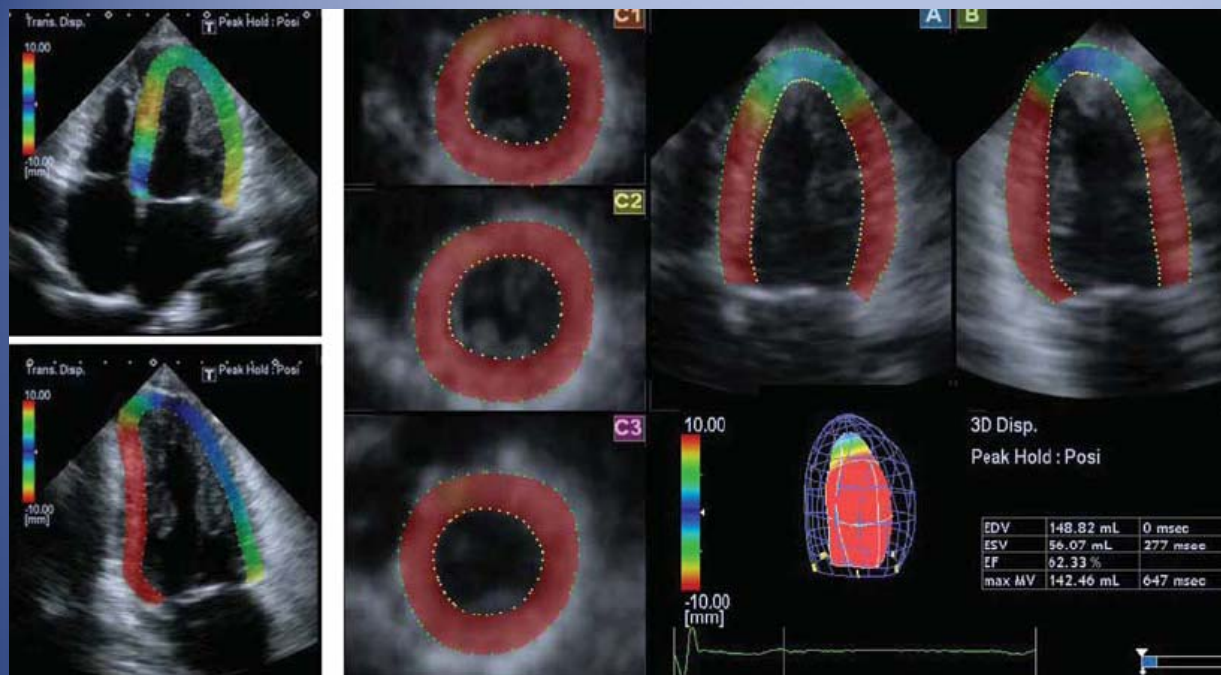


- Χωρίς γεωμετρικές παραδοχές
- Χωρίς πρόβλημα foreshortening
- Αληθώς ορθογώνια επίπεδα
- Η καλύτερη συσχέτιση με MRI



Προβλήματα

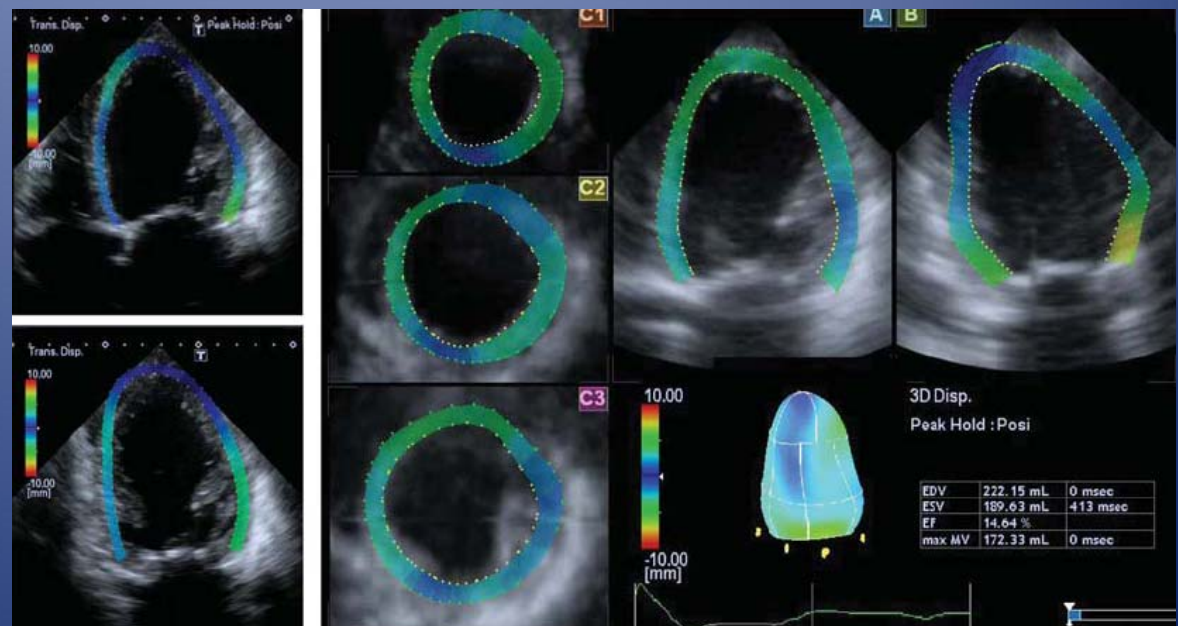
- Χαμηλή ποιότητα εικόνα
- Παρά τη συσχέτιση όγκων με MRI (EDV: $r = 0.91$; ESV: $r = 0.93$), οι όγκοι είναι μικρότεροι (Αδυναμία διάκρισης αληθούς ενδοκαρδίου σε σχέση με MRI λόγω των δοκιδώσεων).
JACC Cardiovascular Imaging July 2008



Quantification of left ventricular volumes using **three-dimensional echocardiographic speckle**

tracking: comparison with MRI

European Heart Journal
(2009) 30, 1565–1573



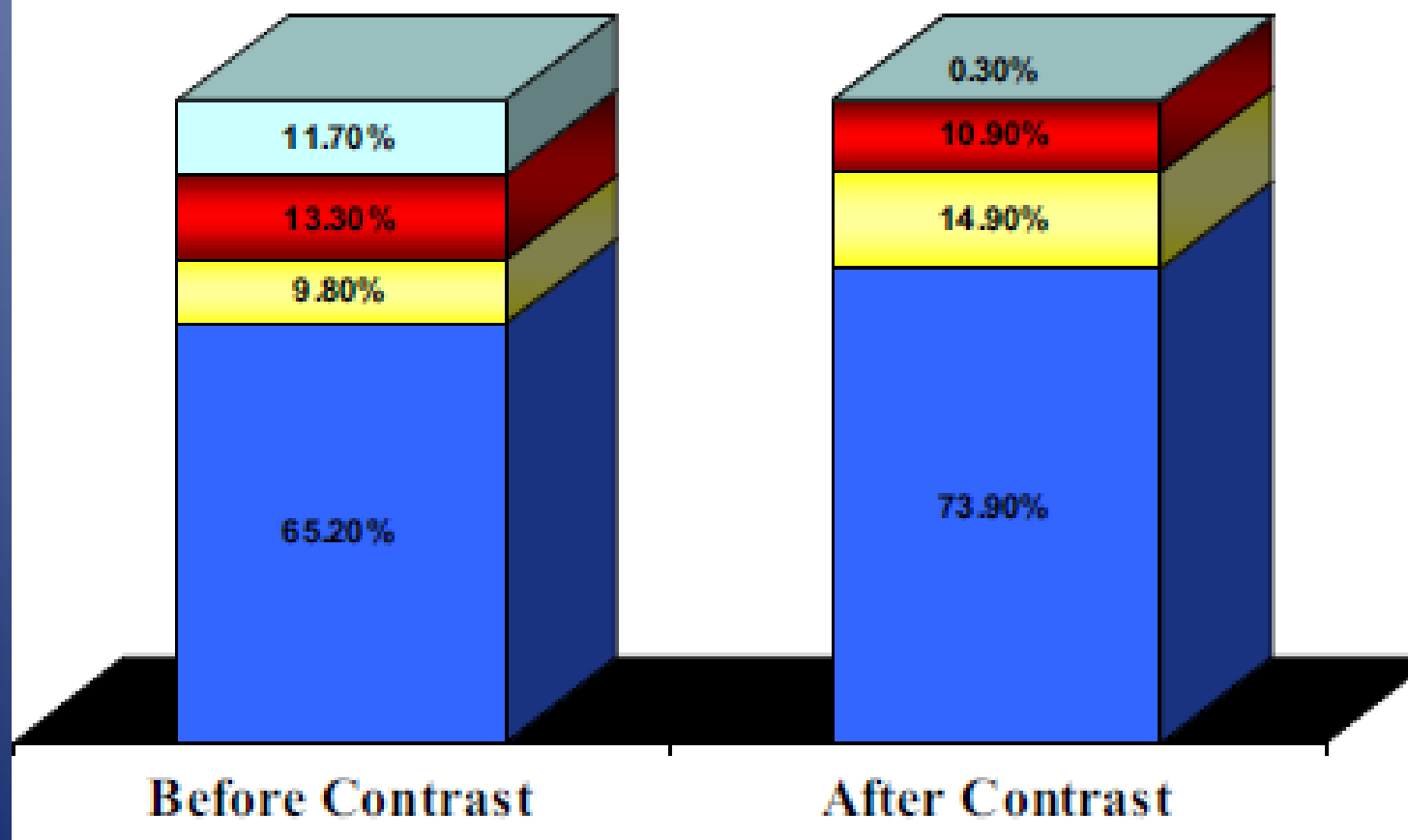
Contrast

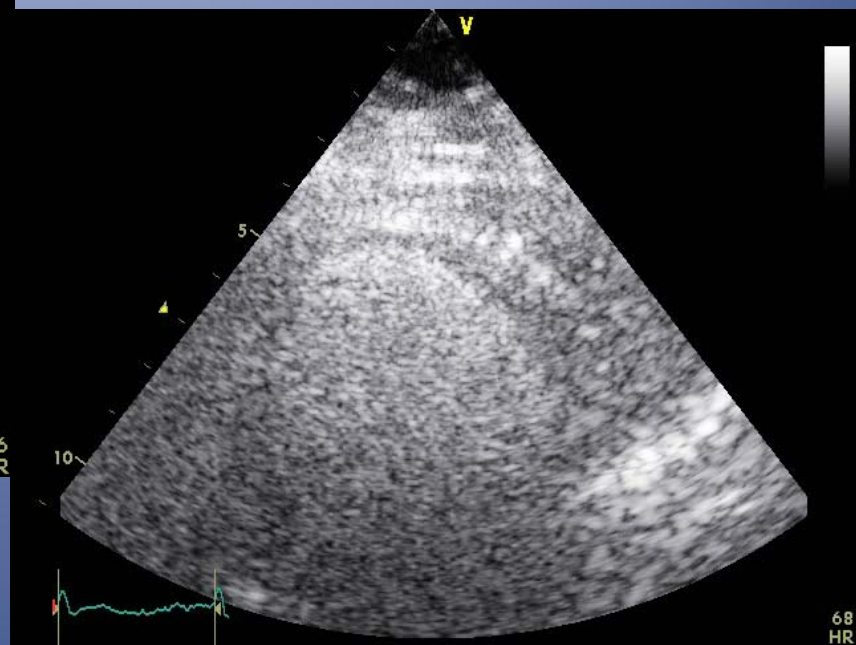
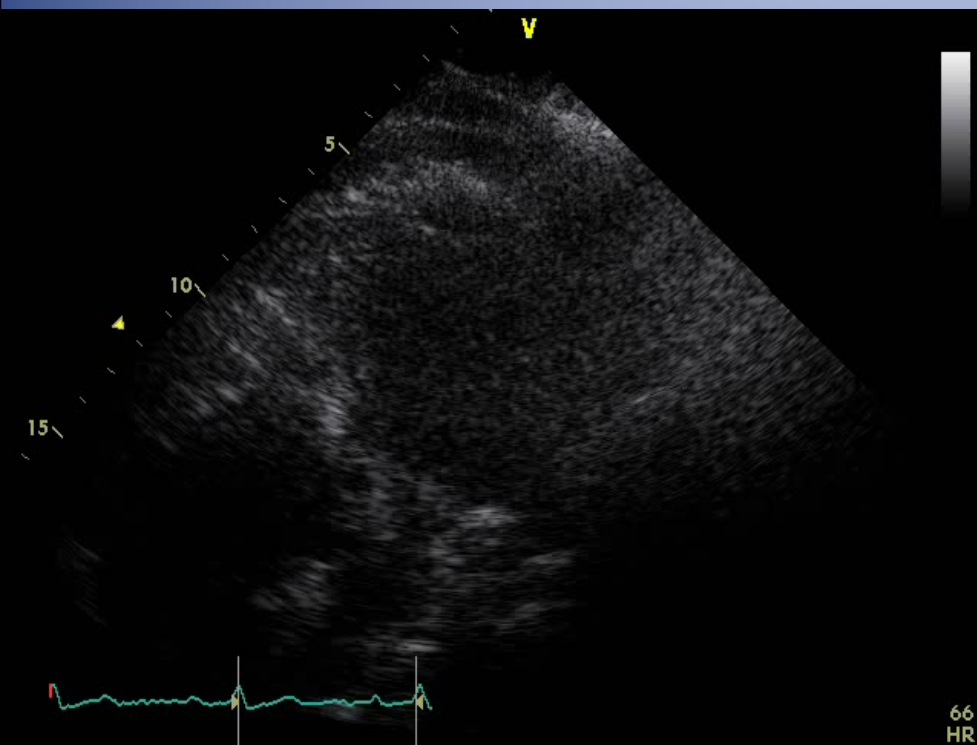
- Χρήση ηχοσκιερών παραγόντων βελτιώνει την δυνατότητα εκτίμησης των όγκων της αρ κοιλίας και του ΚΕ.
- Όπου δεν υπάρχει ικανοποιητική απεικόνιση 2 και πλέον τμημάτων
- Οι όγκοι με τη χρήση ηχοσκιερών παραγόντων είναι μεγαλύτεροι διότι ουσιαστικά ο ηχοσκιερός παράγοντας απεικονίζει το πραγματικό ενδοκάρδιο καθώς εισχωρεί μέσα στις δοκιδώσεις.
- EAE RECOMMENDATIONS Contrast echocardiography

- Μη διακρινόμενα τμήματα μειώθηκαν από 11.7% στο 0.3% και οι τεχνικά δυσχερείς μελέτες στο 9.8% από 86.7% ($p = 0.0001$).
- Πριν τον ηχοσκοπερό παράγοντα 11.6 ± 3.3 από 17 LV τμήματα και μετά τη χορήγηση 16.8 ± 1.1 ($p = 0.0001$).

(J Am Coll Cardiol 2009;53:802–10)

■ EF >50% ■ EF 30-50% ■ EF <30% ■ Uninterpretable





Προβλήματα σε σχέση με φόρτιση LV

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΙΝΟΤΡΟΠΗ	ΠΡΟΦΟΡΤΙΟ	ΜΕΤΑΦΟΡΤΙΟ
ΚΛΑΣΜΑ ΒΡΑΧΥΝΣΗΣ	++	++	+++
Vcf	+++	+	+++
ΚΛΑΣΜΑ ΕΞΩΘΗΣΗΣ	+++	++	+++
Dp/Dt	++++	++	+
Tei index	++	+	++
Tdi velocity	++	+	++
Strain	++	++/?	++/?

- Low gradient-low output AS
 - Afterload mismatch

ΜΕΤΑΦΟΡΤΙΟ
ΚΕ



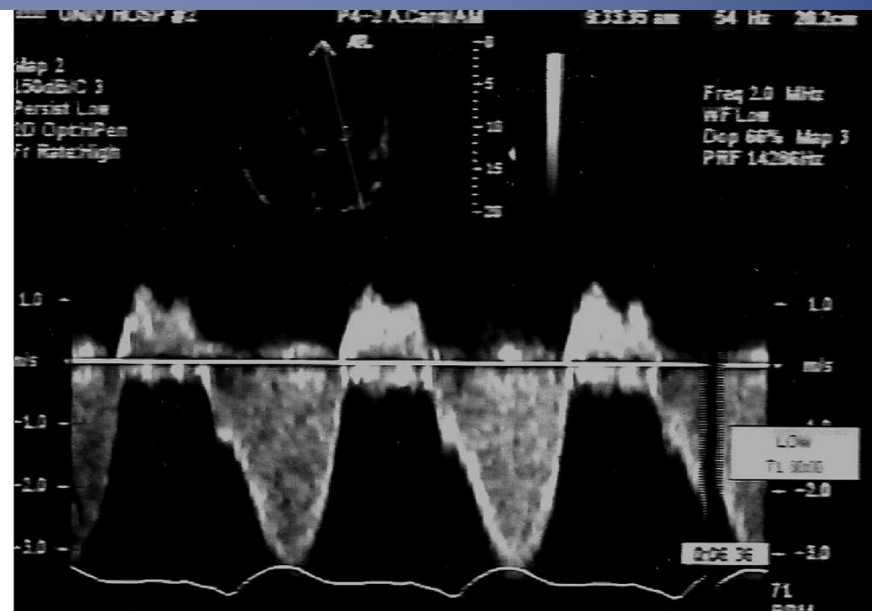
- Σοβαρή ανεπάρκεια μιτροειδούς
 - Low afterload

ΜΕΤΑΦΟΡΤΙΟ
ΚΕ



Dp/Dt

- Σε ανεπάρκεια μιτροειδούς >μέτρια
- Παραλληλισμός δέσμης
- Όχι σε LBBB

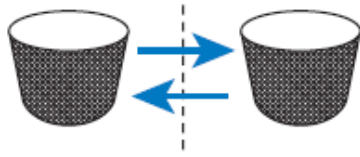


ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

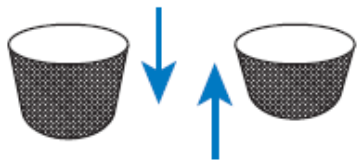
- Αρτηριακή πίεση
- Ρυθμός και συχνότητα
- Αναδιαμόρφωση αρ κοιλίας
- Τμηματικές διαταραχές
- Αποσυγχρονισμός αρ κοιλίας
- Τελοσυστολικοί και τελοδιαστολικοί όγκοι
- Μάζα αρ κοιλίας

Τι μετράμε;

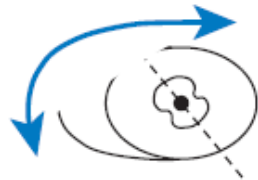
$T_{\text{translation}}$



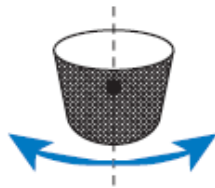
$A_{\text{accordian}}$



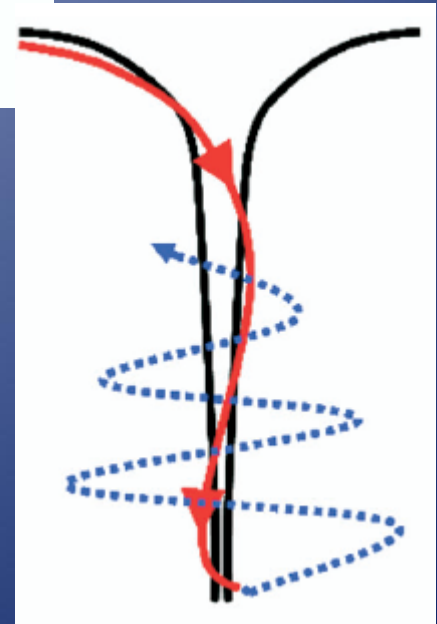
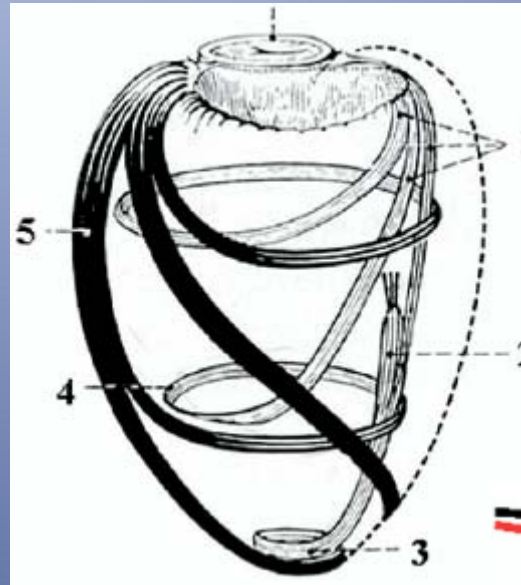
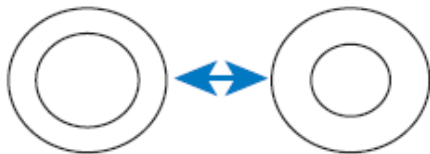
R_{rotation}



T_{ilt}



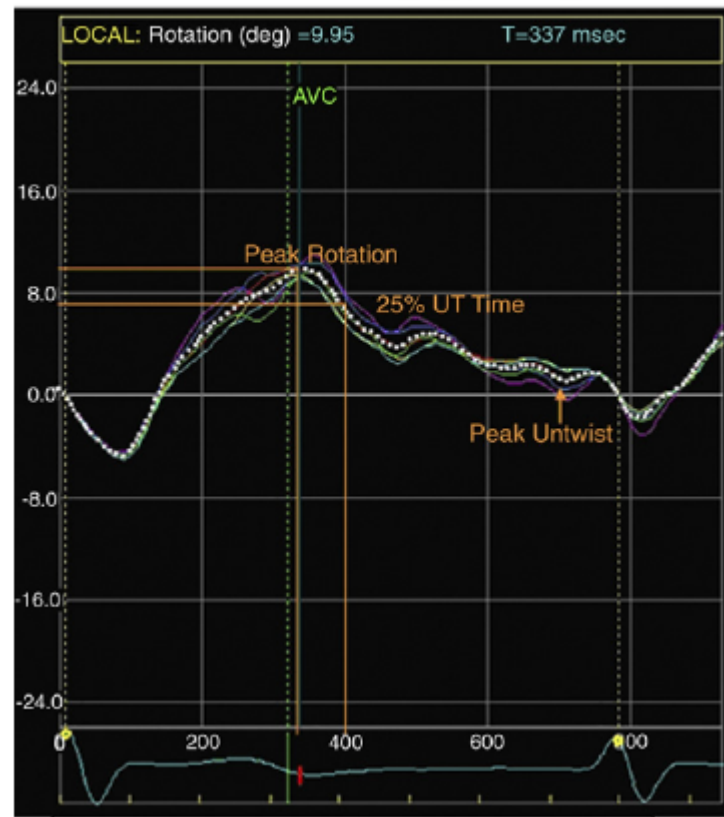
T_{hicken}



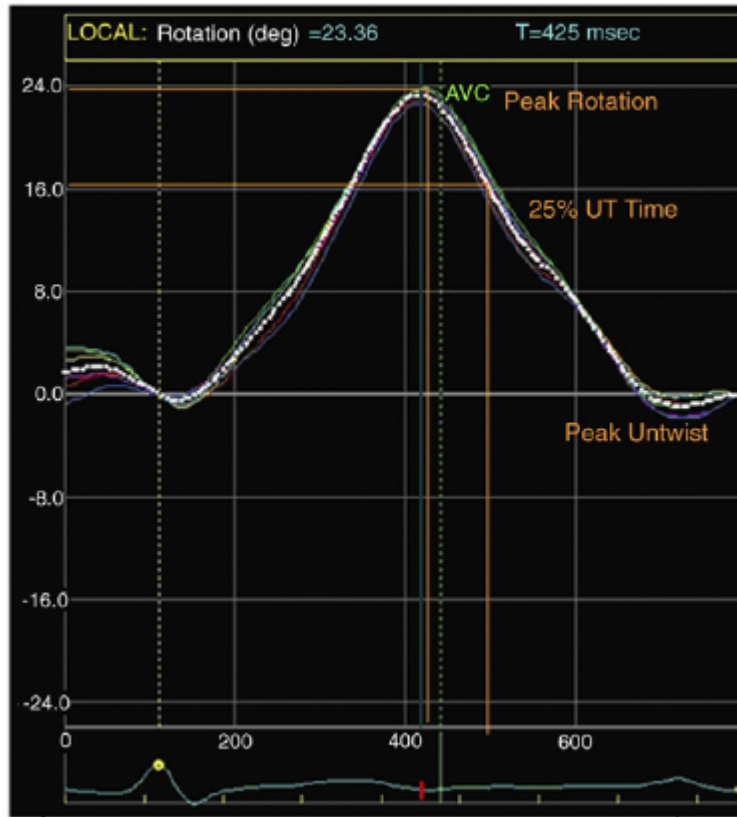
- Οι επικαρδιακές και υπενδοκαρδιακές ίνες είναι προσανατολισμένες στον επιμήκη άξονα, ενώ οι ίνες του μέσου χιτώνα είναι κυκλωτερώς προσανατολισμένες και σχετίζονται με την ακτινική βράχυνση.
- Η εκτίμηση της συστολής τόσο στον επιμήκη άξονα όσο και κυκλωτερώς είναι αναγκαία για την πλήρη εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας.
- ΚΕ ουσιαστικά εκτιμά την ακτινική βράχυνση, χωρίς να μπορεί να αναδείξει τις διαταραχές της επιμήκους βράχυνσης και της συστροφής της αρ κοιλίας

- ΚΑΡΔΙΑΚΗ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ ΜΕ ΔΙΑΤΗΡΗΜΕΝΟ ΚΛΑΣΜΑ ΕΞΩΘΗΣΗΣ
- Σε ηρεμία η ιστική συστολική ταχύτητα στον επιμήκη άξονα στο επίπεδο του δακτυλίου και ο βαθμός περιστροφής (torsion) της κορυφής ήταν μικρότερος σε άτομα με HFNEF, ενώ στους ίδιους υπήρχε και αδυναμία αύξησης των τιμών των παραμέτρων στην άσκηση
- (J Am Coll Cardiol 2009;54:36–46)

Patient, ♂ 62 years



Control, ♀ 61 years

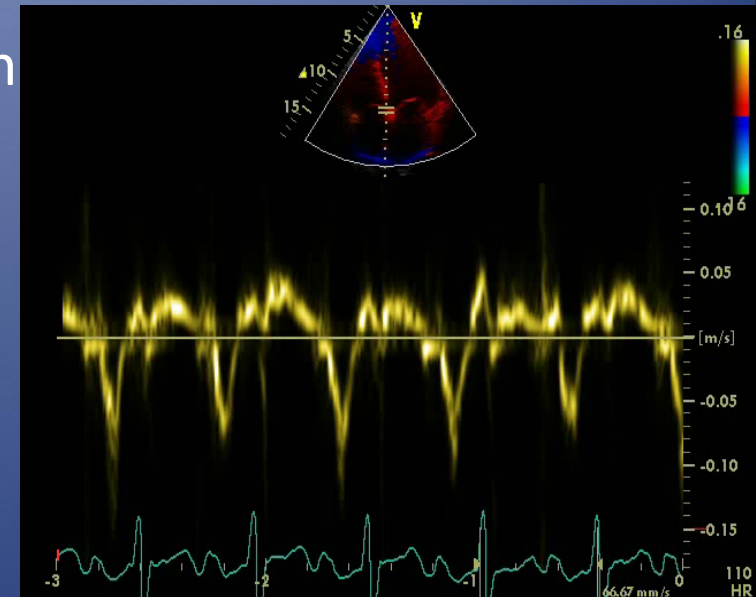


Μέτρηση ταχυτήτων δακτυλίου

- cut-off mean systolic mitral annular velocity of $> 7.5 \text{ cm/s}$ ευαισθησία 79% και ειδικότητα 88% KE $>50\%$ (J Am Soc Echocardiogr 2000;13:343–52)
- Όχι σε ασβέστωση, προσθετική βαλβίδα ή δακτύλιο

Tissue Doppler Imaging

- Προβλήματα
 - High frame rate
 - Angle dependent
 - Μετακίνηση Sample volume
 - Reverberation
 - Tethering effect- Cardiac translation
 - Signal noise

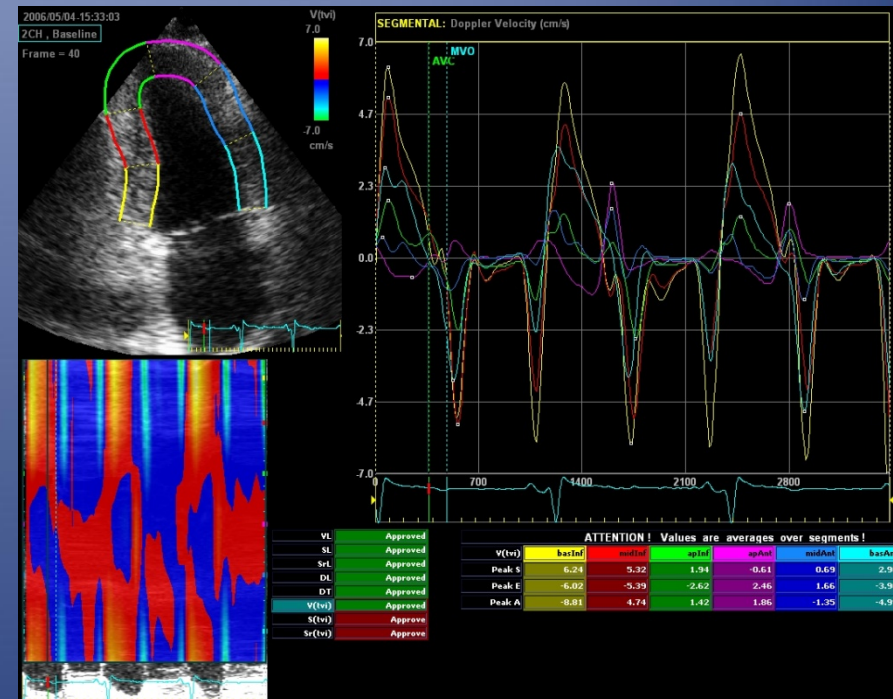


ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΔΙ

Age	35-44	45-54	55-64	65-75	P-value (ANOVA)	35-75
Septal annulus						
Sa _{septal} (cm/s)	8.2 ± 1.4 (6.4-10.9)	8.2 ± 1.6 (5.9-11.0)	8.2 ± 1.6 (6.0-10.9)	7.6 ± 1.2 (5.2-9.8)	0.20	8.1 ± 1.5 (6.0-10.9)
Ea _{septal} (cm/s)	9.5 ± 2.1 (6.1-13.3)	8.7 ± 1.7 (6.0-11.7)	8.1 ± 1.8 (5.4-11.4)	7.5 ± 1.4 (4.9-9.9)	<0.001	8.6 ± 1.9 (5.8-11.9)
E/Ea _{septum} ratio	8.2 ± 2.1 (5.5-12.0)	8.5 ± 1.9 (5.9-12.2)	9.5 ± 2.6 (6.3-14.3)	8.9 ± 2.3 (6.1-13.3)	<0.001	8.7 ± 2.2 (5.7-12.8)
Lateral annulus						
Sa _{lateral} (cm/s)	10.6 ± 2.4 (7.3-15.9)	10.3 ± 2.4 (6.7-14.7)	9.6 ± 2.3 (6.3-13.9)	9.9 ± 2.3 (5.9-14.5)	0.006	10.2 ± 2.4 (6.7-14.6)
Ea _{lateral} (cm/s)	14.0 ± 3.0 (9.6-19.2)	12.3 ± 2.8 (8.2-17.5)	10.7 ± 2.5 (6.9-14.7)	10.5 ± 1.9 (7.3-13.6)	<0.001	12.2 ± 3.0 (7.9-17.6)
E/Ea _{lateral} ratio	5.5 ± 1.4 (3.2-8.3)	6.1 ± 1.6 (3.9-9.2)	7.3 ± 2.4 (4.3-11.0)	6.3 ± 1.8 (3.9-11.4)	<0.001	6.3 ± 1.9 (3.8-9.6)
Average of septal and lateral annuli						
Sa _{mean} (cm/s)	9.4 ± 1.7 (7.4-12.2)	9.3 ± 1.7 (6.9-12.6)	8.9 ± 1.7 (6.6-11.8)	8.7 ± 1.6 (5.9-12.2)	0.04	9.2 ± 1.7 (6.8-12.2)
Ea _{mean} (cm/s)	11.7 ± 2.2 (8.5-15.2)	10.5 ± 2.0 (7.4-14.0)	9.4 ± 1.8 (6.3-12.4)	9.0 ± 1.4 (6.7-11.3)	<0.001	10.4 ± 2.2 (7.3-14.1)
E/Ea _{mean} ratio	6.9 ± 1.5 (4.5-9.7)	7.3 ± 1.6 (5.1-10.4)	8.4 ± 2.4 (5.5-12.0)	7.6 ± 1.8 (5.0-12.0)	<0.001	7.5 ± 1.9 (5.0-10.8)

Speckle Tracking

- Angle independent
- Προβλήματα
 - HR dependent
 - Reverberation, drop outs
 - Ποιότητα εικόνας



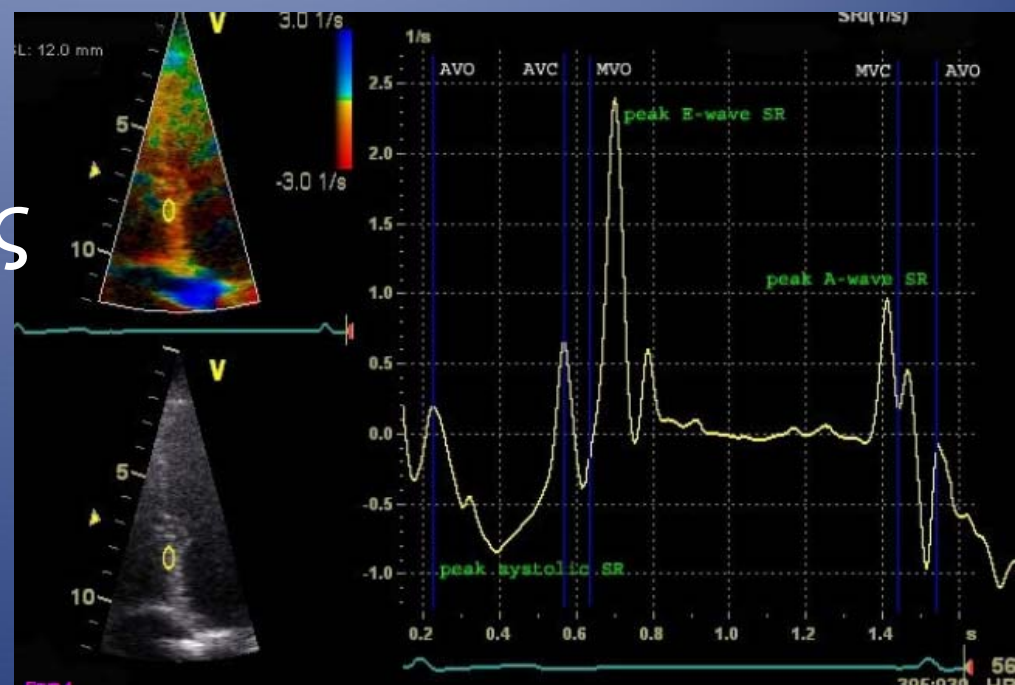
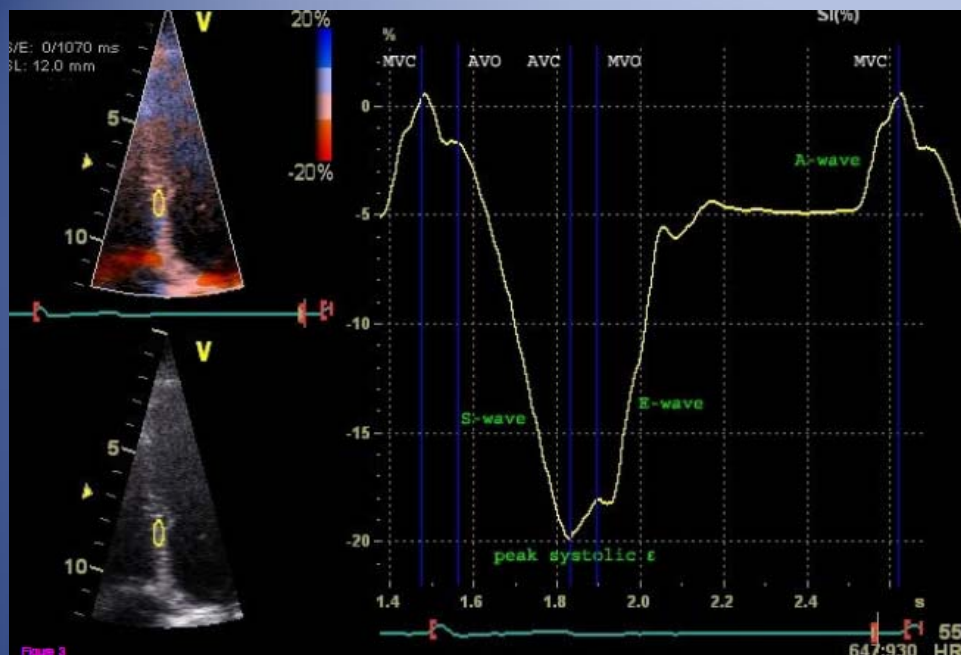
- Η ακρίβεια του Speckle Tracking σχετίζεται αρκετά με ποιότητα εικόνας
- 20% των εξεταζόμενων απορρίφθηκαν λόγω μη ικανοποιητικής εικόνας δια εφαρμογή μεθόδου, ενώ ας σημειωθεί ότι ούτως ή άλλως δεν συμπεριελήφθησαν στη μελέτη ασθενείς με πτωχά ακουστικά παράθυρα
- European Journal of Echocardiography (2009) 10, 82–88

Strain- Strain rate

- Strain rate (SR) σχετίζεται με dP/dt ένα δείκτη συσταλτικότητας σχετικά ανεξάρτητο του μεταφορτίου που εκφράζει συσταλτικότητα, ενώ το strain σχετίζεται περισσότερο με το περιοχικό ΚΕ
- Ίδιοι περιορισμοί με ταχύτητες από Tissue Doppler, εκτός από Tethering effect- Cardiac translation

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$





- Δείκτες περιοχικής συσταλτικότητας
- Post- processing
- Σπατάλη χρόνου

2D Strain

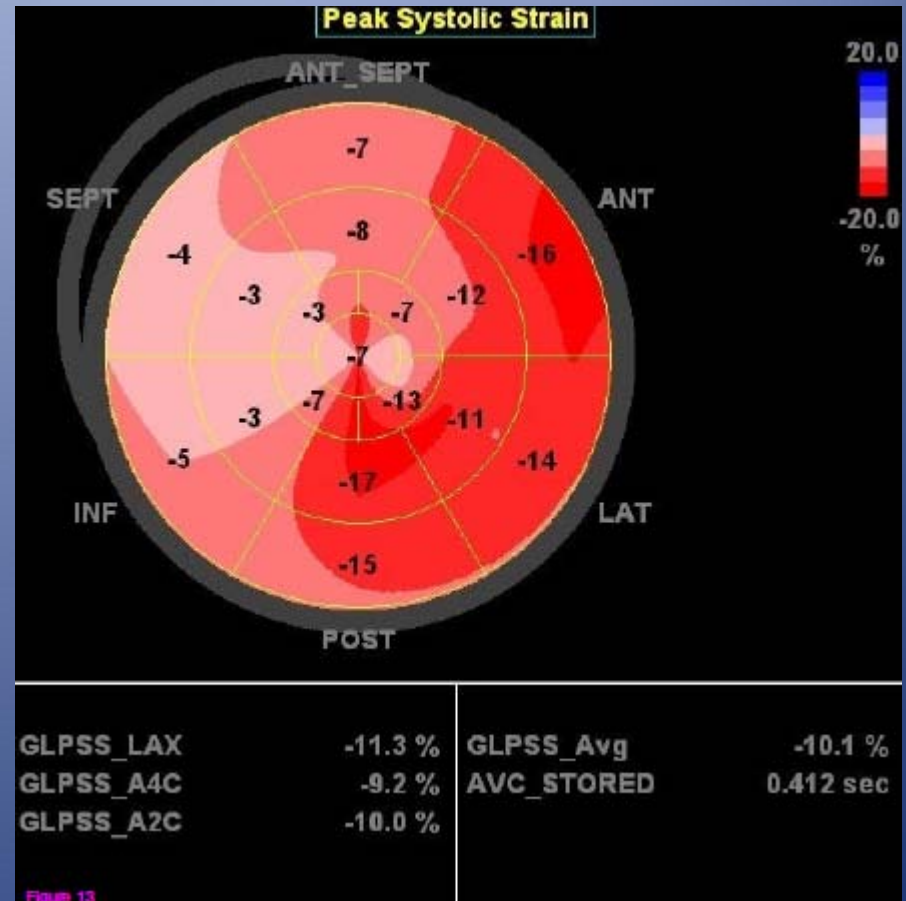
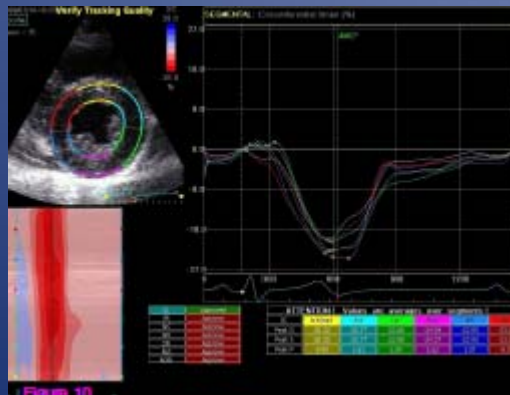
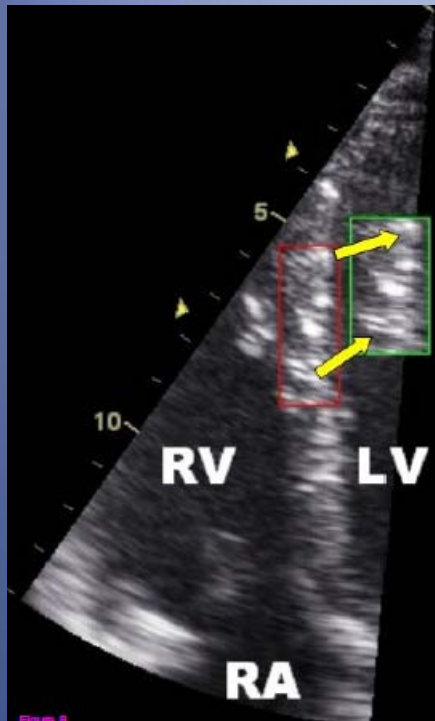


Figure 13

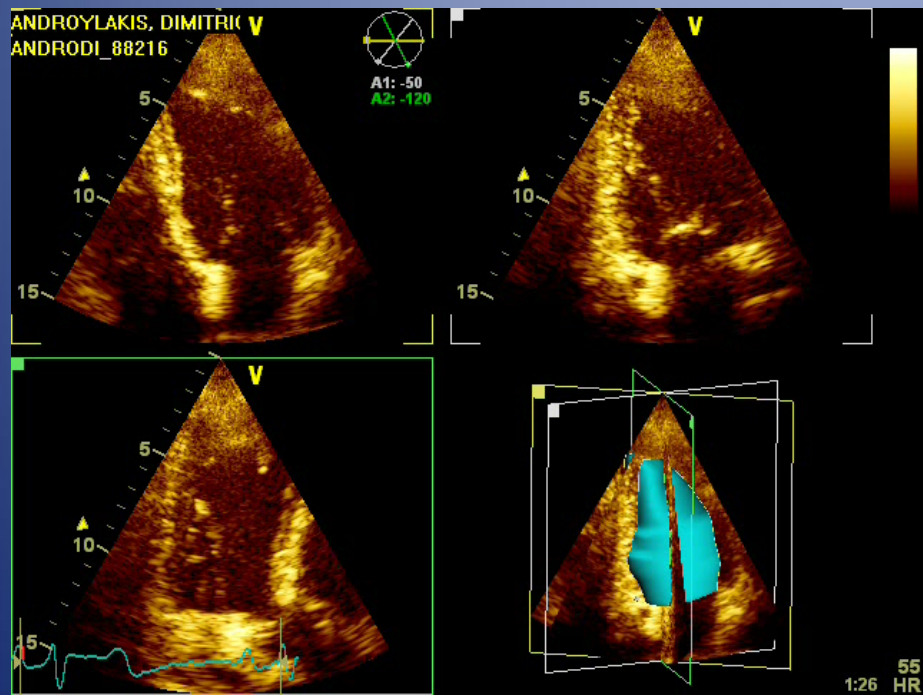
Global longitudinal strain είναι μία αποτελεσματική μέθοδος για την εκτίμηση της συστολικής λειτουργίας της αρ κοιλίας ιδιαίτερα σε ασθενείς με τμηματικές διαταραχές κινητικότητας.
(Am Heart J 2009;157:102.e1-102)

	Good (n = 33)	Fair/poor (n = 29)	P (good vs fair/poor)
GLS	$r = 0.67$ $P < .0001$	$r = 0.66$ $P < .0001$	$z = 0.09$ $P = .93$
3D-EF	$r = 0.75$ $P < .0001$	$r = 0.76$ $P < .0001$	$z = 0.12$ $P = .9$
2D-EF	$r = 0.68$ $P < .0001$	$r = 0.53$ $P < .001$	$z = 1.26$ $P = .22$
Auto-EF	$r = 0.74$ $P < .0001$	$r = 0.58$ $P < .0001$	$z = 1.52$ $P = .14$

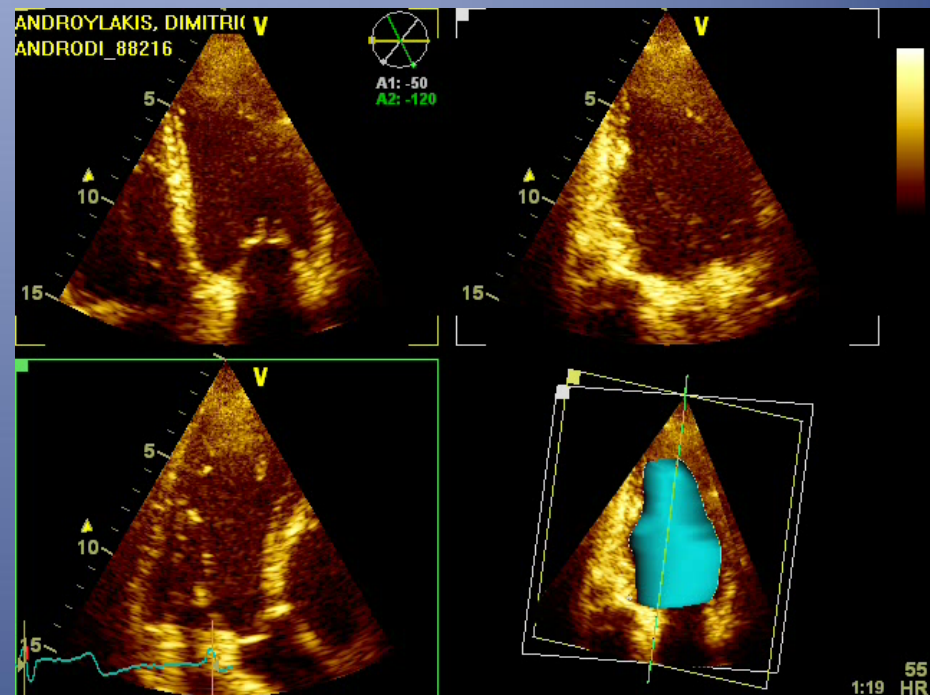
	GLS	3D-EF	2D-EF	Auto-EF
≤ 6 (n = 34)	$r = -0.40$ $P < .025$	$r = 0.72$ $P < .0001$	$r = 0.30$ $P < .095$	$r = 0.34$ $P < .05$
≥ 6 (n = 28)	$r = -0.77$ $P < .0001$	$r = 0.76$ $P < .0001$	$r = 0.63$ $P < .0001$	$r = 0.64$ $P < .0001$

Global Circumferential Strain είναι ισχυρός προγνωστικός παράγων των καρδιακών συμβαμάτων, και καλύτερος του ΚΕ σε ασθενείς με οξεία καρδιακή ανεπάρκεια. (J Am Coll Cardiol 2009;54:618–24)

ΕΠΙΜΥΘΙΟ



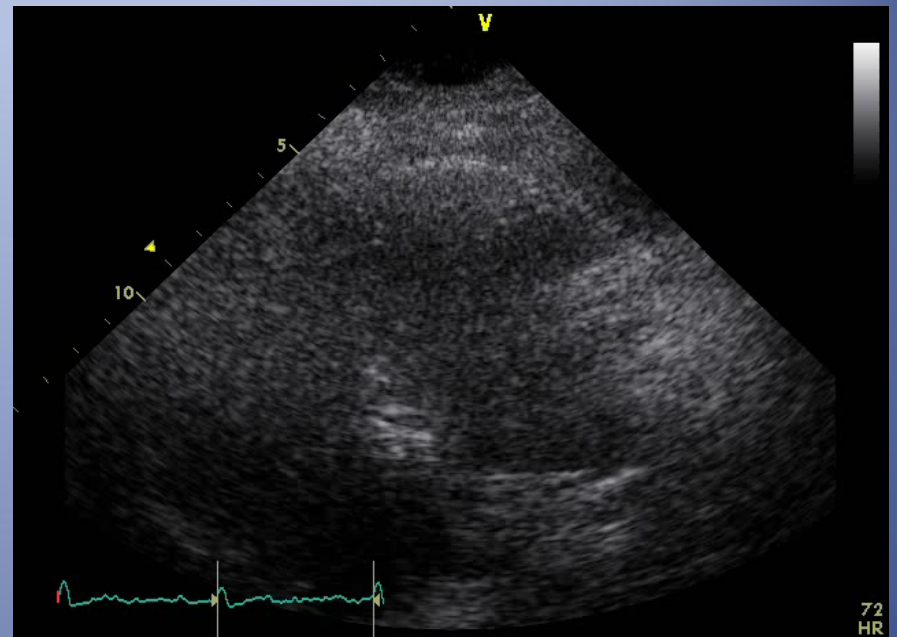
KE 30%



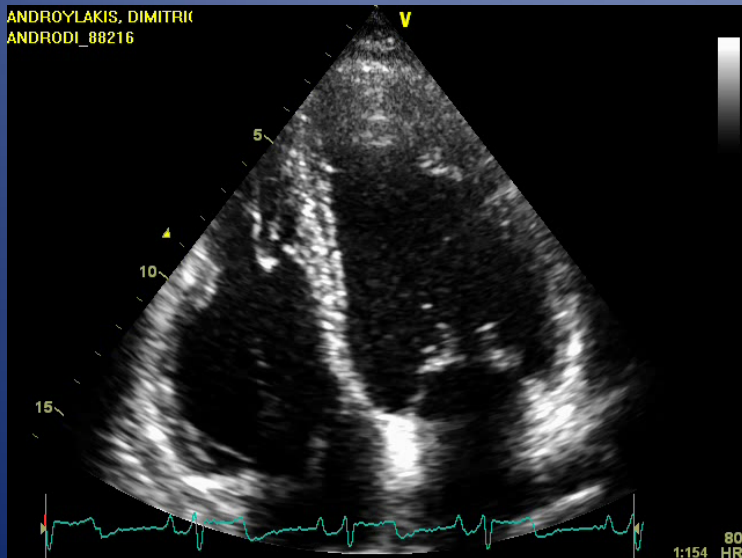
KE 55%



FERRARI ENZO



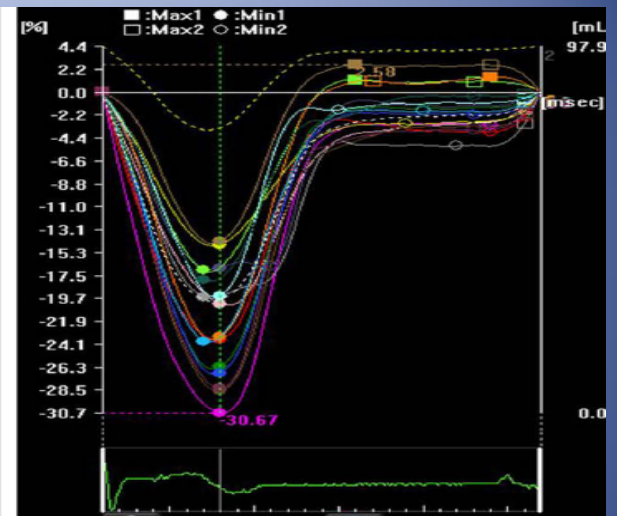
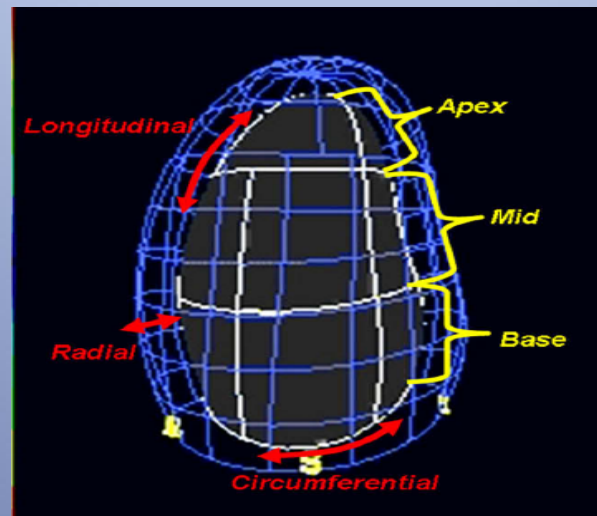
ANDROYLAKIS, DIMITRIK
ANDRODI_88216



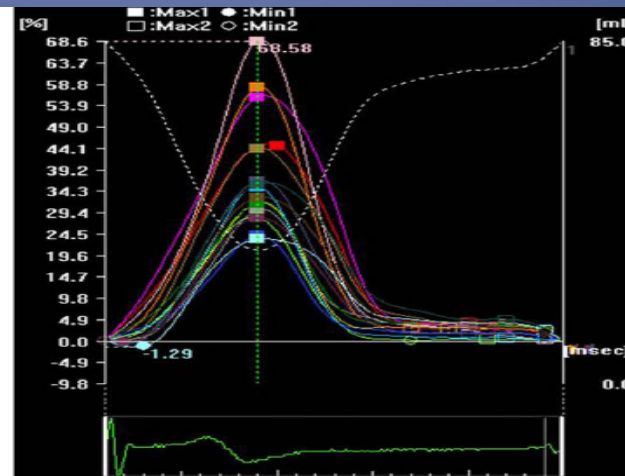
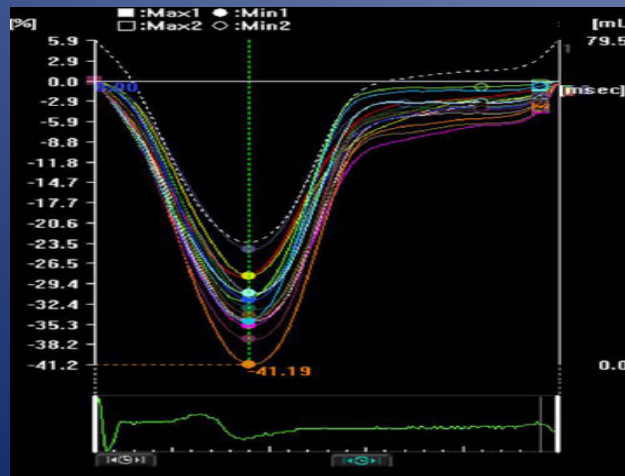




ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ



3D Speckle Tracking είναι μία απλή, ευκολη και αναπαραγώγιμη μέθοδος μέτρησης επιμήκους, κυκλοτερούς και ακτινωτού strain. Am Soc Echocardiogr 2009;22:1025-30.

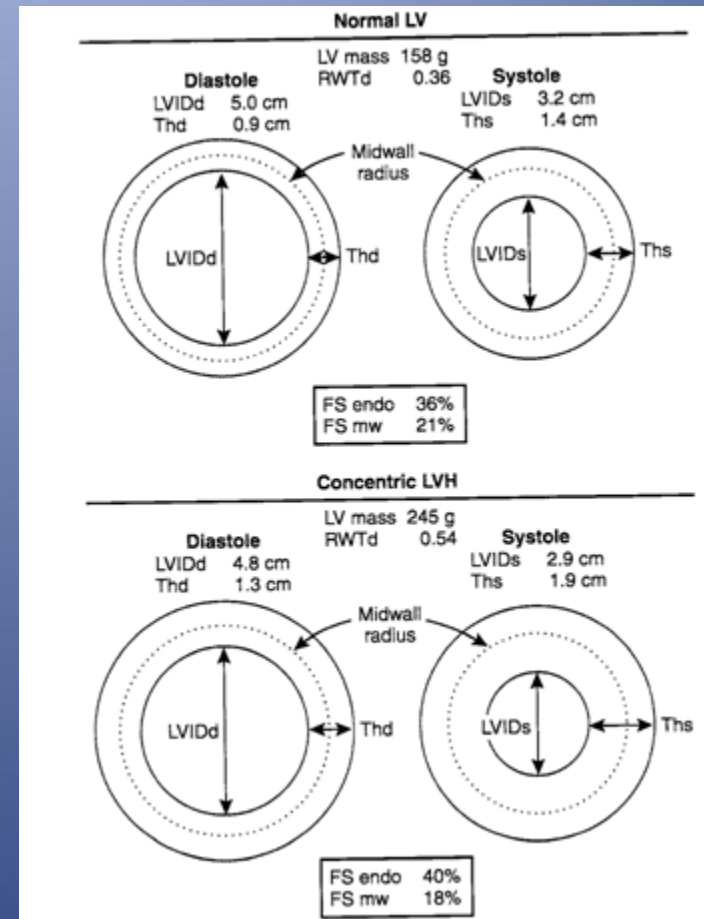


Midwall fractional shortening

Ομαλές κοιλίες με
Συγκεντρική Υπερτροφία

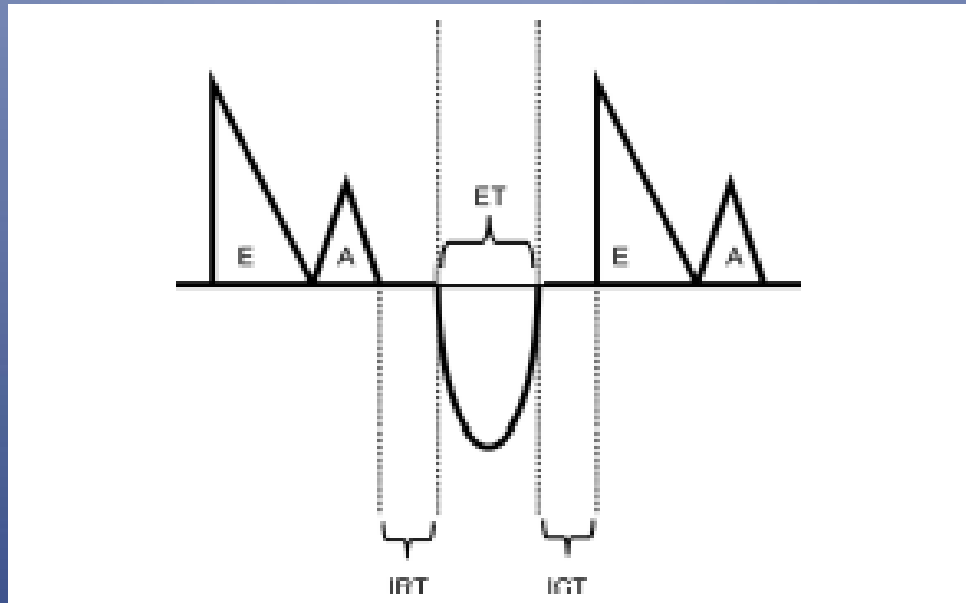
$$\text{Inner shell} = [(LVIDd + SWTd/2 + PWTd/2)^3 - LVIDd^3 + LVIDs^3]^{1/3} - LVIDs$$

$$MWFS = \frac{((LVIDd + SWTd/2 + PWTd/2) - (LVIDs + \text{inner shell}))}{(LVIDd + SWTd/2 + PWTd/2)} \times 100$$



Tei index

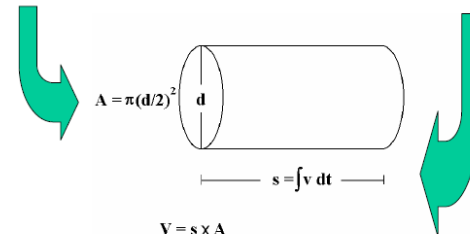
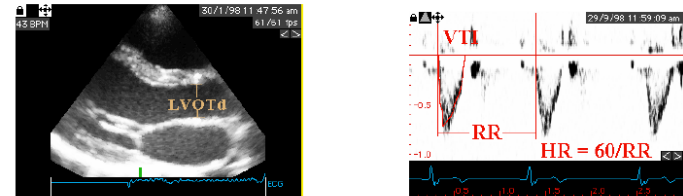
- $\text{Tei index} = (\text{IVCT} + \text{IVRT}) / \text{ET}$



Doppler –Μέτρηση όγκου παλμού

- Ακριβής μέτρηση LVOT (γεωμετρική παραδοχή-κυκλος)
- Παραλληλισμός Doppler
- Modal velocity
- Διαταραχές ρυθμού
- Βαλβιδικές ανεπάρκειες

Stroke volume by Doppler:



$$V = s \times A$$

$$SV = s \times A = \int v \, dt \times \pi (d/2)^2$$

$$CO = SV \times HR = \int v \, dt \times \pi (d/2)^2 \times HR$$

