

*«Εκτίμηση στένωσης αορτικής βαλβίδας σε ασθενή με φυσιολογικό κλάσμα εξώθησης αριστερής κοιλίας: στόμιο ή κλίση Πίεσης;»*

*Μιχαηλίδης Ευστάθιος MD,  
MSc  
Ειδικός Καρδιολόγος, Ξάνθη*



# Στένωση Αορτικής Βαλβίδας

Είναι η πιο συχνή βαλβιδοπάθεια-σημαντικός παράγοντας καρδιαγγειακής νοσηρότητας και θνητότητας

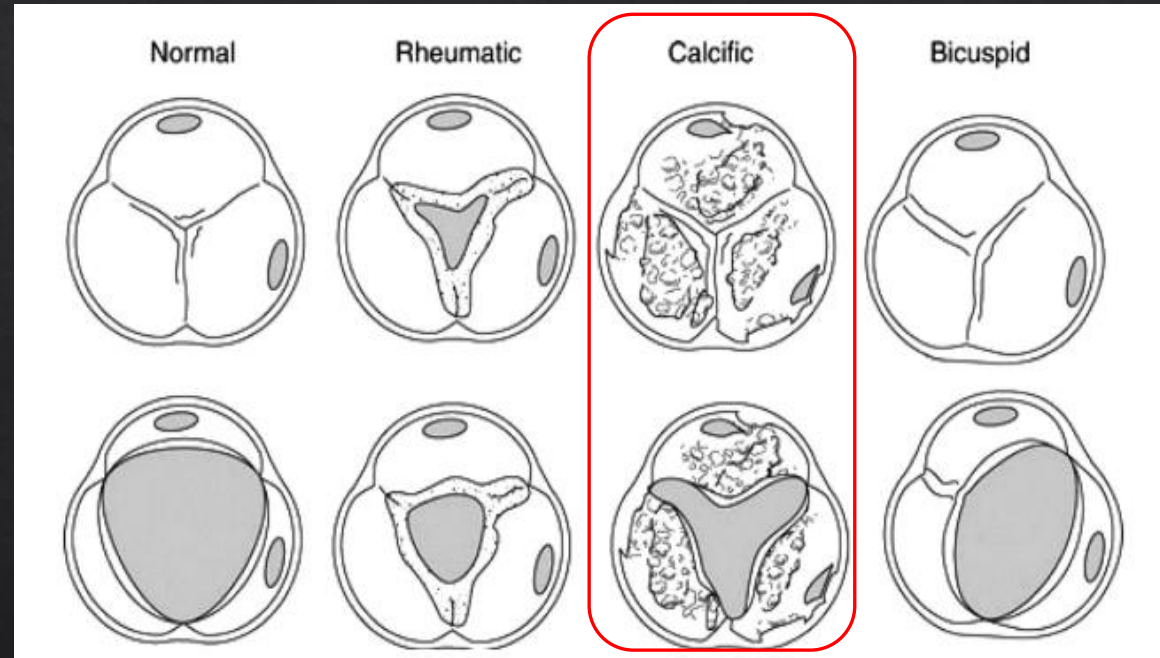
Η επίπτωσή της αυξάνεται με την ηλικία και μπορεί να ανέλθει σε ποσοστό 10% σε ασθενείς άνω των 75 ετών

## Ανατομικοί τύποι

- Βαλβιδική (κλασσική μορφή)
- Υποβαλβιδική (παρουσία σταθερής ινώδους/ινομυώδους μεμβράνης)
- Υπερβαλβιδική (σύνδρομο Williams)

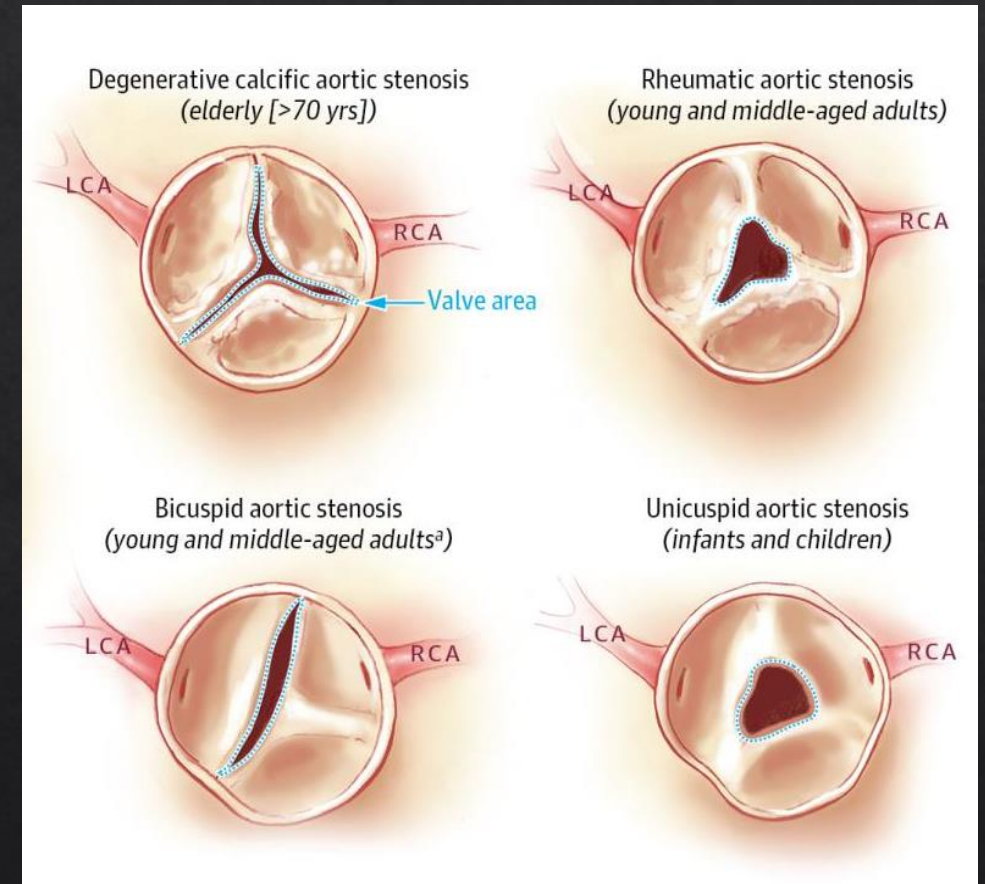
# Βαλβιδική στένωση

- ◊ Προοδευτική εκφύλιση και ασβέστωση των αορτικών πτυχών με μέση ηλικία εμφάνισης τα 65-70 έτη
- ◊ Συγγενής δίπτυχη αορτική βαλβίδα-ταχύτερη εκφύλιση των πτυχών –ηλικία διάγνωσης τα 40-50 έτη-συνδέεται συχνά με νόσο και του αορτικού τόξου
- ◊ Ρευματική στένωση -ολοένα και σπανιότερη στο δυτικό κόσμο
- ◊ Μετακτινική στένωση



# Στένωση Αορτής-Παράγοντες κινδύνου

- ◆ Η μελέτη CANHEART ανέδειξε τη συσχέτιση της παρουσίας των καρδιαγγειακών παραγόντων κινδύνου με την εξέλιξη της αορτικής στένωσης
- ◆ Αρτηριακή Υπέρταση
- ◆ LDL- Lp(α)
- ◆ Σακχαρώδης Διαβήτης II
- ◆ Παχυσαρκία
- ◆ Χρόνια Νεφρική Νόσος
- ◆ Κάπνισμα



# Στένωση αορτής - παθοφυσιολογία

ΑΙΜΟΔΥΝΑΜΙΚΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΣΤΕΝΩΣΗ ΤΗΣ ΑΟΡΤΙΚΗΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ



ΧΡΟΝΙΑ ΥΠΕΡΦΟΡΤΩΣΗ  
ΠΙΕΣΗΣ ΤΗΣ ΑΡΙΣΤΕΡΗΣ ΚΟΙΛΙΑΣ

Χρόνια αύξηση του  
τοιχωματικού στρες  
της αριστερής κοιλίας

Υπερτροφία της αριστερής  
κοιλίας για αντιρρόπηση  
του τοιχωματικού στρες  
(νόμος Laplace)

Διατήρηση  
της συσταλτικότητας  
της αριστερής κοιλίας

Εκσεσημασμένη υπερτροφία  
της αριστερής κοιλίας  
+  
Ίνωση

Προοδευτική έκπτωση  
της συστολικής και της  
διαστολικής λειτουργίας  
της αριστερής κοιλίας

+

Διαστολική  
δυσλειτουργία

Κλινικά έκδηλη  
καρδιακή ανεπάρκεια

- ◊ Η στένωση της αορτικής βαλβίδας είναι νόσος της βαλβίδας και του μυοκαρδίου ταυτόχρονα
- ◊ Προκαλεί σταθερή αύξηση του μεταφορτίου
- ◊ Χαρακτηρίζεται από ίνωση και ασβέστωση των πτυχών αλλά και προοδευτική υπερτροφία και ίνωση του μυοκαρδίου
- ◊ Τελικώς οδηγεί σε υπενδοκάρδια ισχαιμία, διαστολική και μετέπειτα συστολική δυσλειτουργία και κλινικό σύνδρομο καρδιακής ανεπάρκειας

# Στένωση Αορτής-συμπτώματα

Η ασυμπτωματική περίοδος μπορεί να είναι μακρά

Η έναρξη των συμπτωμάτων προσδίδει και αυξημένη θνητότητα από τη νόσο

- Στηθάγχη 50% των ασθενών προσδόκιμο επιβίωσης τα 5 έτη
- Συγκοπή-50% των ασθενών προσδόκιμο επιβίωσης τα 3 έτη
- Δύσπνοια-50% των ασθενών προσδόκιμο επιβίωσης τα 2 έτη

# Στένωση αορτής-Διάγνωση

## Υπερηχοκαρδιογραφική μελέτη-2D εκτίμηση

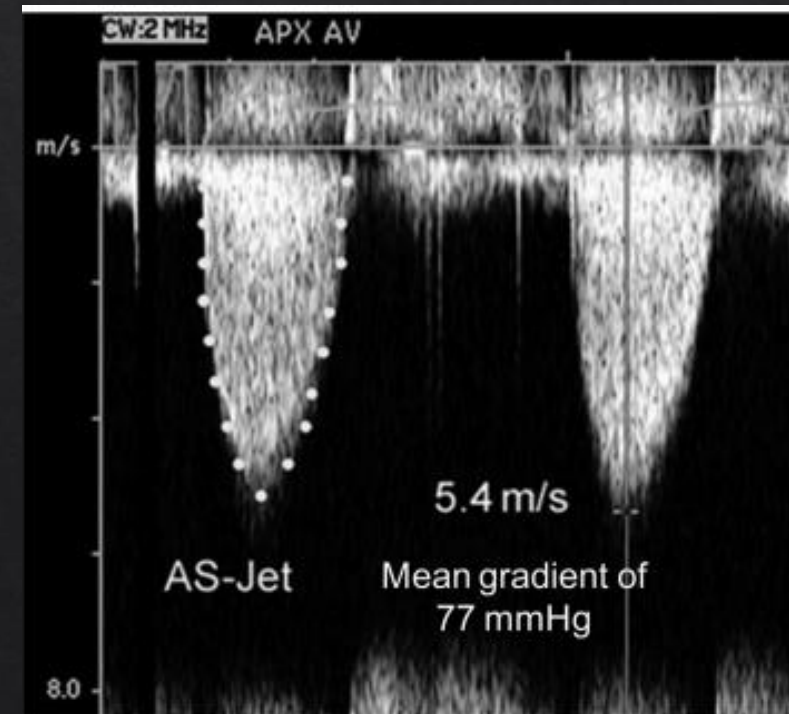
- ◇ Ασβέστωση (ηπία έως σοβαρή, συμμετρική-ασύμμετρη-πτυχές κινητικότητα)
- ◇ Δίπτυχη βαλβίδα -παρουσία στένωσης υποαορτικά
- ◇ Αορτικό τόξο (διάταση-στένωση ισθμού)
- ◇ Αριστερή κοιλία (συσταλτικότητα-διαστάσεις-υπερτροφία τοιχωμάτων)
- ◇ Λοιπές καρδιακές κοιλότητες-διαστάσεις-όγκοι
- ◇ Πιέσεις πλήρωσης-πνευμονική υπέρταση
- ◇ Πλανιμέτρηση στομίου από τον βραχύ παραστερνικό άξονα



# Στένωση αορτής – εκτίμηση βαρύτητας-doppler echocardiography

## 1) Μέγιστη ταχύτητα ροής-peak jet velocity

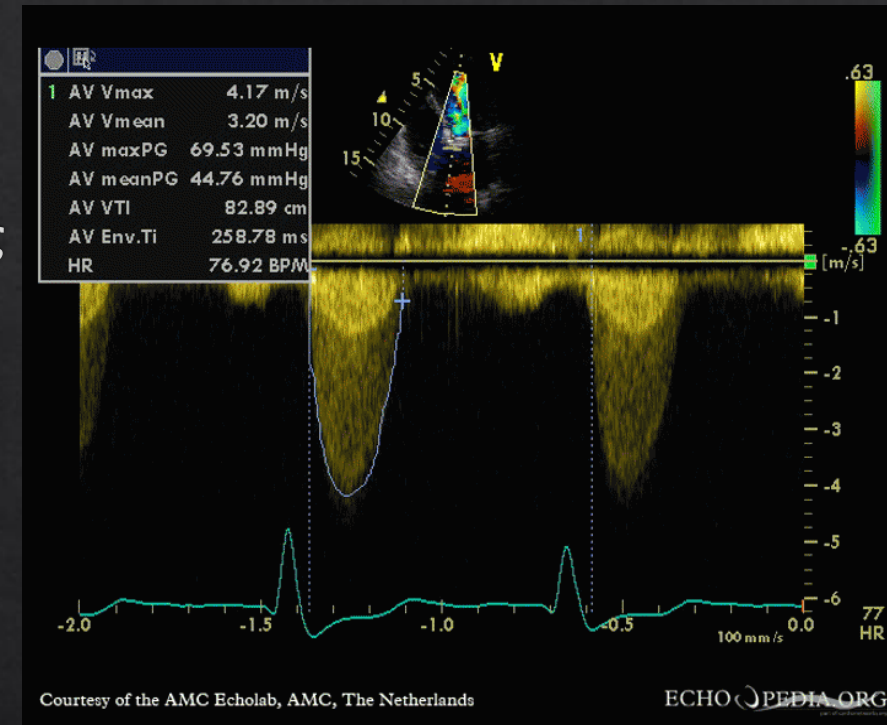
- ◆ Είναι η υψηλότερη ταχύτητα σήματος ροής της στένωσης συνεχούς doppler από οποιοδήποτε ακουστικό παράθυρο (outer edge of the dark signal)
- ◆ Δέσμη υπερήχων παράλληλη στη ροή
- ◆ Μετρήσεις από περισσότερα ακουστικά παράθυρα
- ◆ Πολλαπλές μετρήσεις σε περίπτωση κολπικής μαρμαρυγής
- ◆ Ογκοεξαρτώμενος δείκτης



# Στένωση αορτής –εκτίμηση βαρύτητας-doppler echocardiography

## 2) Μέση κλίση πίεσης-mean pressure gradient

- ◊ Είναι η μέση διαφορά των πιέσεων μεταξύ αορτής και αριστερής κοιλίας κατά τη διάρκεια της συστολής.
- ◊ Ιχνηλάτηση του φακέλου συνεχούς doppler-Δέσμη υπερήχων παράλληλη στη ροή
- ◊ Απλοποιημένη εξίσωση του Bernoulli  $\Delta P_{max}=4V_{max}^2$
- ◊ Σε συνθήκες υψηλής παροχής (AR, shunts) τροποποιημένη εξίσωση
- ◊ Φαινόμενο ανάκτησης πίεσης (pressure recovery)
- ◊ Ογκοεξαρτώμενος δείκτης



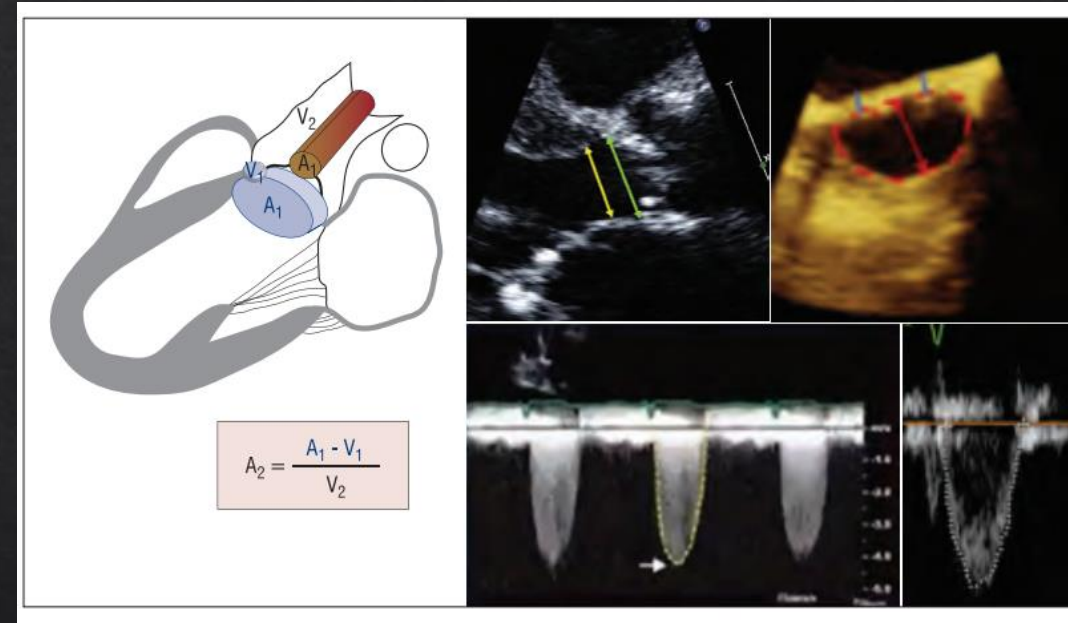
# Στένωση αορτής –εκτίμηση βαρύτητας-doppler echocardiography-AVA

## 3) Επιφάνεια αορτικού στομίου-Aortic Valve Area (AVA)

Υπολογισμός του στομίου της αορτικής βαλβίδας (effective aortic valve area) μέσω της εξίσωσης συνεχείας του Bernoulli – όγκος αίματος που διαπερνά το LVOT ισούται με τον όγκο αίματος που διαπερνά την αορτική βαλβίδα στον ίδιο χρόνο

$$AVA = \frac{\text{area of LVOT} \times \text{LVOT vti}}{\text{aortic valve vti}}$$

Λιγότερο ογκοεξαρτώμενος δείκτης



Όπου  $\text{area of LVOT} = \pi \left( \frac{\text{LVOT diam}}{2} \right)^2$

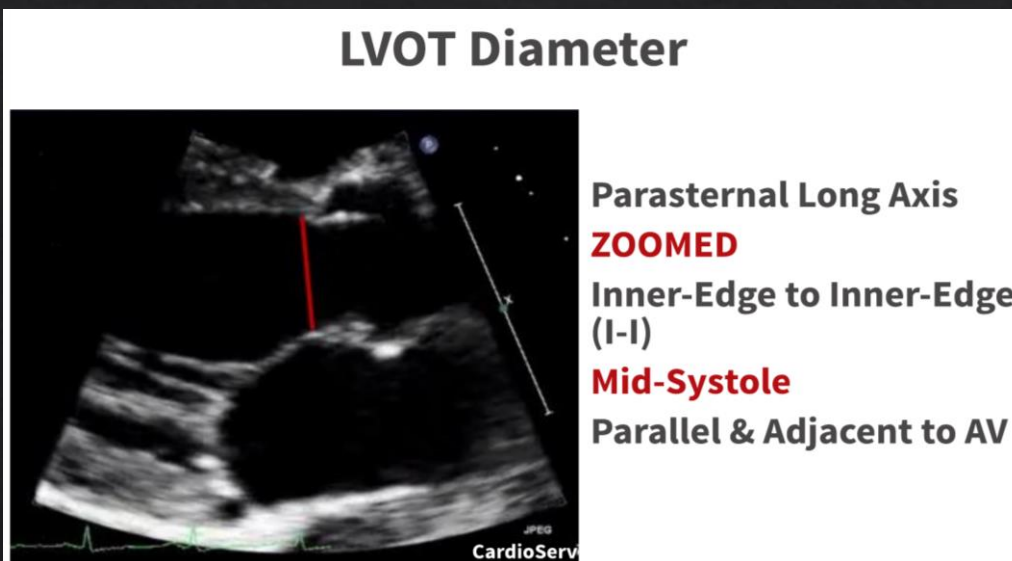
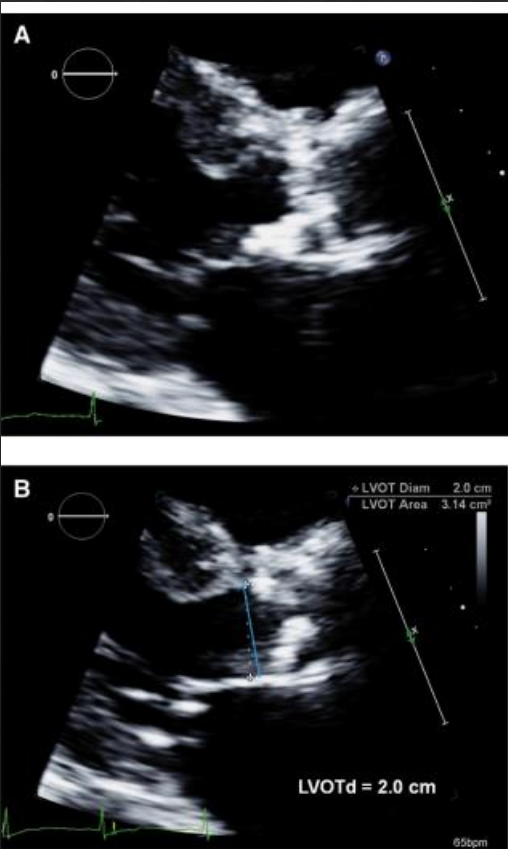
# Στένωση αορτής –εκτίμηση βαρύτητας-doppler echocardiography-AVA

Οι μετρήσεις για τον υπολογισμό του AVA απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή και ακρίβεια

Ο χώρος εξόδου της αριστερής κοιλίας έχει ελλειπτικό σχήμα

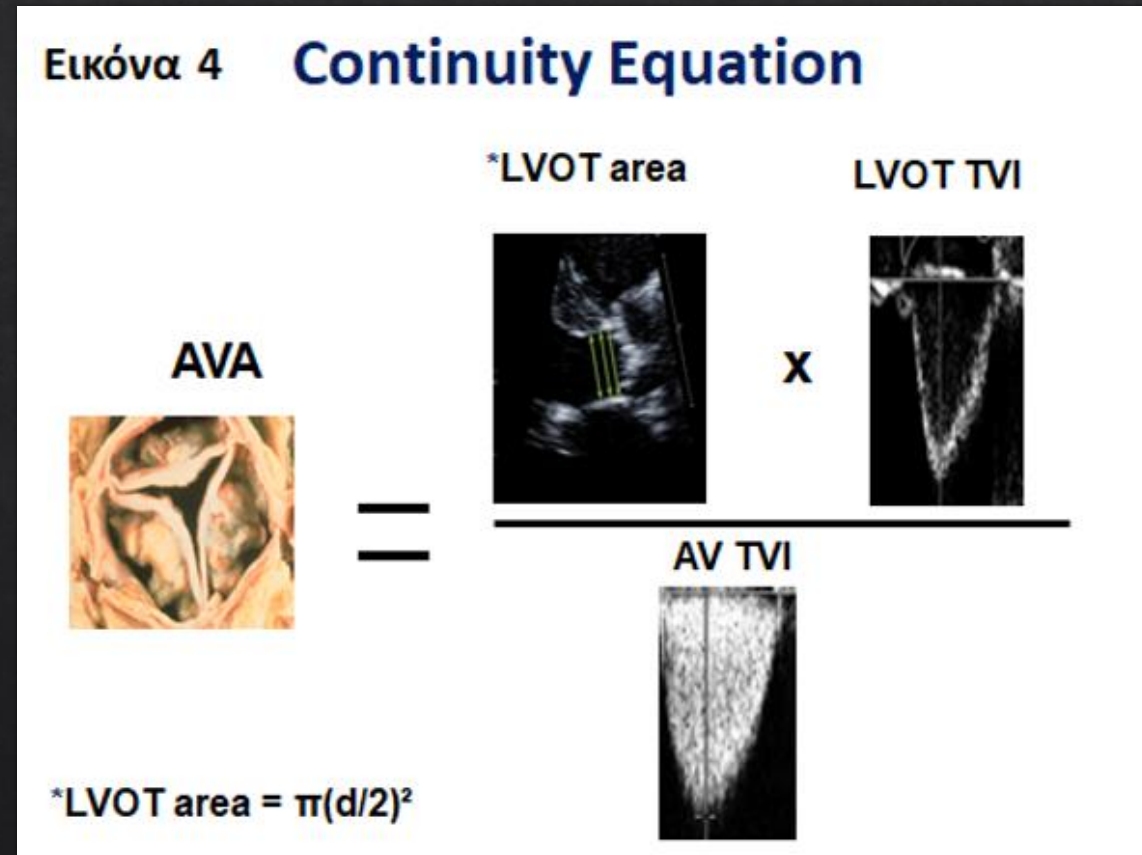
Πολλές φορές η διάμετρος του είναι δύσκολο να υπολογισθεί με 2D υπέρηχο λόγω κακού παράθουρου ή έντονης ασβέστωσης

Η μέτρηση πρέπει να είναι στη μεσοσυστολή από το μεσοκοιλιακό ενδοκάρδιο έως την πρόσθια γλωχίνα μιτροειδούς (inner to inner) δίπλα στο ύψος των πτυχών



# Στένωση αορτής –εκτίμηση βαρύτητας-doppler echocardiography-AVA

- ❖ Μπορούμε να υπολογίσουμε τη θεωρητική διάμετρο του LVOT με τον τύπο  
Size adjusted LVOT diam =  $(5,7 \times \text{BSA}) + 12,1$
- ❖ Αν απέχει από τη μέτρησή μας περισσότερο από 2mm τότε TOE,3D,MSCT ή υπολογίζουμε το velocity ratio VTI LVOT/VTI AOV δείκτης που δεν επηρεάζεται από το μέγεθος του χώρου εξόδου
- ❖ Η θέση του παλμικού doppler πρέπει να είναι 3-5 mm πλησίον της αορτικής βαλβίδας (just proximal) και να παίρνουμε φάκελο με ομαλές παρυφές και ξεκάθαρη κορυφή. Ιδανικά στην ίδια θέση με τη μέτρηση της διαμέτρου του LVOT



# Στένωση αορτής –εκτίμηση βαρύτητας-doppler echocardiography-AVA

- ✓ Ο δείκτης AVA έχει αποδείξει σε πειραματικά και κλινικά μοντέλα την εγκυρότητά του, όπως επίσης και τη χρησιμότητα του στην πρόγνωση και τη θεραπεία των ασθενών με στένωση αορτικής βαλβίδας. Επίσης ο υπολογισμός του δραστικού στομίου έχει δειχθεί ότι συνδέεται καλύτερα με την εξέλιξη της κλινικής εικόνας σε σχέση με το ανατομικό στόμιο
- ✓ Σε ενήλικες με στένωση αορτικής βαλβίδας και φυσιολογικό LVEF (φυσιολογική ροή) ο υπολογισμός του AVA είναι ακριβής Σε άτομα χαμηλού σωματικού βάρους και ύψους όπως επίσης και στα παιδιά ο υπολογισμός του AVA πρέπει να ανάγεται στην επιφάνεια σώματος BSA  
Προκύπτει έτσι το  $AVA\ indexed = AVA / BSA$
- ✓ Όλες οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί ( $A_{vmax}$ , mean PG, AVA, AVAi) πρέπει να πραγματοποιούνται σε ασθενείς με ρυθμισμένη την Αρτηριακή Πίεση < από 140/90mmHg

# Στένωση Αορτής-υπερηχογραφική εκτίμηση

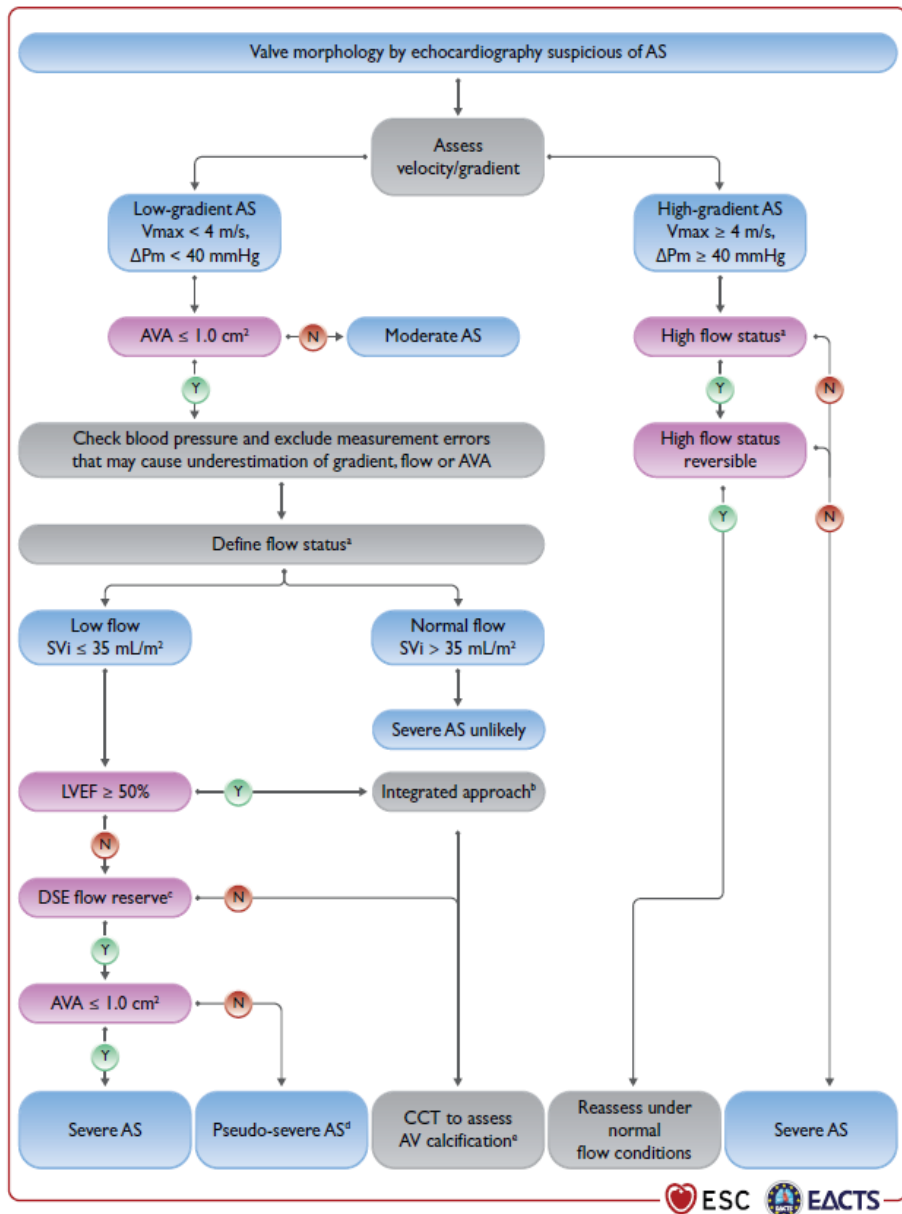
**Table 1** Recommendations for data recording and measurement for AS quantitation

Data element	Recording	Measurement
LVOT diameter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2D parasternal long-axis view</li> <li>• Zoom mode</li> <li>• Adjust gain to optimize the blood tissue interface</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inner edge to inner edge</li> <li>• Mid-systole</li> <li>• Parallel and adjacent to the aortic valve or at the site of velocity measurement</li> <li>• Diameter is used to calculate a circular CSA*</li> </ul>
LVOT velocity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulsed-wave Doppler</li> <li>• Apical long-axis or five-chamber view</li> <li>• Sample volume positioned just on LV side of valve and moved carefully into the LVOT if required to obtain laminar flow curve</li> <li>• Velocity baseline and scale adjusted to maximize size of velocity curve</li> <li>• Time axis (sweep speed) 50–100 mm/s</li> <li>• Low wall filter setting</li> <li>• Smooth velocity curve with a well-defined peak and a narrow velocity range at peak velocity</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum velocity from peak of dense velocity curve</li> <li>• VTI traced from modal velocity</li> </ul>
AS jet velocity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CW Doppler (dedicated transducer)</li> <li>• Multiple acoustic windows (e.g. apical, suprasternal, right parasternal)</li> <li>• Decrease gain, increase wall filter, adjust baseline, curve and scale to optimize signal</li> <li>• Gray scale spectral display with expanded time scale</li> <li>• Velocity range and baseline adjusted so velocity signal fits but fills the vertical scale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximum velocity at peak of dense velocity curve. Avoid noise and fine linear signals</li> <li>• VTI traced from outer edge of dense signal</li> <li>• Mean gradient calculated from traced velocity curve</li> <li>• Report window where maximum velocity obtained</li> </ul>
Valve anatomy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parasternal long- and short-axis views</li> <li>• Zoom mode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identify number of cusps in systole, raphe if present</li> <li>• Assess cusp mobility and commissural fusion</li> <li>• Assess valve calcification</li> </ul>

# Σοβαρή στένωση Αορτικής Βαλβίδας

	<b>Aortic sclerosis</b>	<b>Mild</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>
Peak velocity (m/s)	≤2.5 m/s	2.6–2.9	3.0–4.0	≥4.0
Mean gradient (mmHg)	–	<20	20–40	≥40
AVA (cm <sup>2</sup> )	–	> 1.5	1.0–1.5	<1.0
Indexed AVA (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	–	>0.85	0.60–0.85	<0.6
Velocity ratio	–	> 0.50	0.25–0.50	<0.25

# Σοβαρή στένωση Αορτής



1) High gradient aortic stenosis, όλοι οι δείκτες δείχνουν σοβαρή στένωση. Σοβαρή στένωση ανεξάρτητα από το κλάσμα εξώθησης και τα επίπεδα ροής

➤ Σε περίπτωση που οι δείκτες δεν συμφωνούν μεταξύ τους προχωρούμε διαγνωστικά υπολογίζοντας το επίπεδο ροής (low flow-normal flow) μέσω του stroke volume index (όγκος παλμού/BSA)

➤ Απαραιτήτως υπολογίζουμε και το κλάσμα εξώθησης της αριστερής κοιλίας (μεγαλύτερο ή μικρότερο από 50%)

# Σοβαρή στένωση Αορτικής Βαλβίδας

2) Low flow low gradient aortic stenosis με LVEF<50%  
AVA<1cm<sup>2</sup> mean gradient <40mmHg Svi<35ml/m<sup>2</sup>

*Stress echo για εντοπισμό εφεδρείας ροής*

*Αύξηση stroke volume >20% -αυξάνεται το AVA? ψευδοστένωση*

3) Low flow low gradient aortic stenosis με LVEF>50%  
AVA<1cm<sup>2</sup> mean gradient <40mmHg Svi<35ml/m<sup>2</sup>

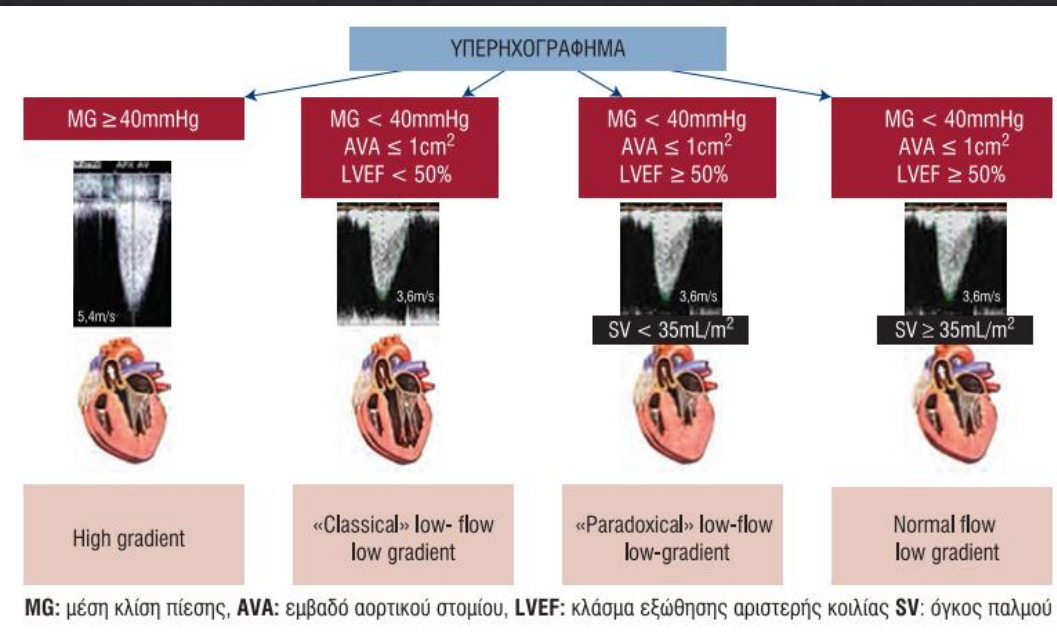
*(παράδοξη σοβαρή στένωση)*

*Απαιτεί ενδελεχή έλεγχο για πιθανότητα λαθών και πιθανότατα σκορ ασθενίου*

*Υπερτασικοί ασθενείς με υπερτροφική κοιλία ή χαμηλοί όγκοι εξαιτίας άλλων βαλβιδοπαθειών*

4) Normal flow low gradient aortic stenosis με LVEF>50%  
AVA<1cm<sup>2</sup> mean gradient <40mmHg Svi>35ml/m<sup>2</sup>

*Συνήθως η στένωση είναι μέτρια*



# Σοβαρή στένωση αορτικής-αίτια χαμηλής ροής



Σε φυσιολογικό κλάσμα εξώθησης και οπτική εκτίμηση από το 2D έντονης επασβέστωσης και μειωμένης κινητικότητας πτυχών προχωρούμε στον υπολογισμό του AVA ακόμα και με μετρήσεις κλίσης πίεσης μέτριας σοβαρότητας

# Στένωση Αορτικής βαλβίδας χαμηλής ροής με φυσιολογικό LVEF-κριτήρια που αυξάνουν την πιθανότητα σοβαρής στένωσης

**Table 5** Criteria that increase the likelihood of severe AS in patients with AVA <1.0 cm<sup>2</sup> and mean gradient <40 mmHg in the presence of preserved EF

(1) Clinical criteria:

Physical examination consistent with severe aortic stenosis

Typical symptoms without other explanation

Elderly patient (>70 years)

(2) Qualitative imaging data:

LVH (additional history of hypertension to be considered)

Reduced LV longitudinal function without other explanation

(3) Quantitative imaging data:

Mean gradient 30–40 mmHg\*

AVA ≤0.8 cm<sup>2</sup>

Low flow (SVi <35 mL/m<sup>2</sup>) confirmed by other techniques than standard

Doppler technique (LVOT measurement by 3D TEE or MSCT; CMR, invasive data)

Calcium score by MSCT<sup>†</sup>

Severe AS likely:	men ≥2000	women ≥1200
Severe AS very likely:	men ≥ 3000	women ≥1600
Severe AS unlikely:	men <1600	women <800

# Σοβαρή στένωση αορτικής βαλβίδας με αορτική ανεπάρκεια

- ◆ Είναι αρκετά συχνή η συνύπαρξη ανεπάρκειας αορτικής με στένωση αορτικής βαλβίδας (μικτή αορτική νόσος)
- ◆ Το παλίνδρομο αορτικό jet αυξάνει τον όγκο ροής με αποτέλεσμα να έχουμε αυξημένες τιμές ταχύτητας και κλίσης πίεσης (υπερδυναμική κυκλοφορία)
- ◆ Ο υπολογισμός του στομίου (AVA) συμπληρώνει καλύτερα την εικόνα για το βαθμό στένωσης
- ◆ Echocardiographic assessment of aortic stenosis: a practical guideline from the British Society of Echocardiography 2021: συστήνεται η χρήση της AV max ως καλύτερος προγνωστικός δείκτης για τη μικτή βλάβη της αορτής

# Μετρήσεις προς εκτίμηση της στένωσης αορτικής βαλβίδας

Table 2 Measures of AS severity obtained by Doppler			Recovered pressure gradient <sup>24,25</sup>	mmHg	$P_{\text{distal}} - P_{\text{vc}} = 4 \cdot v^2 \cdot 2 \cdot \frac{\text{AVA}}{\text{AoA}} \cdot \left(1 - \frac{\text{AVA}}{\text{AoA}}\right)$	-	Pressure difference between the LV and the aorta, slightly distal to the vena contracta, where distal pressure has increased	Closer to the global haemodynamic burden caused by AS in terms of adaptation of the cardiovascular system. Relevant at high flow states and in patients with small ascending aorta	Introduces complexity and variability related to the measurement of the AoA. No prospective studies showing real advantages over established methods
	Units	Formula							
AS jet velocity <sup>12-15</sup>	m/s	Direct r							
Mean gradient <sup>12-14</sup>	mmHg	$\Delta P = \Sigma$	Energy loss index <sup>26</sup>	cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	$\text{ELI} = \frac{(\text{AVA} \cdot \text{AoA}) / \text{AoA} - \text{AVA}}{\text{BSA}}$	0.5	Equivalent to the concept of AVA but correcting for distal recovered pressure in the ascending aorta	(As above) Most exact measurement of AS in terms of flow-dynamics. Increased prognostic value in one longitudinal study	Introduces complexity and variability related to the measurement of the AoA
Continuity equation valve area <sup>16-18</sup>	cm <sup>2</sup>	AVA =	Valvulo-arterial impedance <sup>27</sup>	mmHg/mL/m <sup>2</sup>	$Z_{\text{VA}} = \frac{\Delta P_{\text{reg}} + \text{SBP}}{\text{SVI}}$	5	Global systole load imposed to the LV, where the numerator represents an accurate estimation of total LV pressure	Integrates information on arterial bed to the haemodynamic burden of AS, and systemic hypertension is a frequent finding in calcific-degenerative disease	Although named 'impedance', only the steady-flow component (i.e. mean resistance) is considered. No longitudinal prospective study available
Simplified continuity equation <sup>18,19</sup>	cm <sup>2</sup>	AVA =							
Velocity ratio <sup>19,20</sup>	None	VR = $\frac{V_1}{V_2}$	Aortic valve resistance <sup>28,29</sup>	Dynes/s/cm <sup>2</sup>	$\text{AVR} = \frac{\overline{\Delta P}}{Q} = \frac{4 \cdot v^2}{\pi \cdot r_{\text{LVOR}}^2 \cdot v_{\text{LVOR}}} \cdot 1333$	280	Resistance to flow caused by AS, assuming the hydrodynamics of a tubular (non flat) stenosis	Initially suggested to be less flow-dependent in low-flow AS, but subsequently shown to not be true	Flow dependence. Limited prognostic value. Unrealistic mathematic modelling of flow-dynamics of AS
Planimetry of anatomic valve area <sup>21,22</sup>	cm <sup>2</sup>	TTE, TE	Projected valve area at normal flow rate <sup>30</sup>	cm <sup>2</sup>	$\text{AVA}_{\text{proj}} = \text{AVA}_{\text{rest}} + \text{VC} \cdot (250 - Q_{\text{rest}})$	1.0	Estimation of AVA at normal flow rate by plotting AVA vs. flow and calculating the slope of regression (DSE)	Accounts for the variable changes in flow during DSE in low flow, low gradient AS, provides improved interpretation of AVA	Clinical impact still to be shown. Outcome of low-flow AS appears closer related to the presence/absence of LV contractility reserve
LV % stroke work loss <sup>23</sup>	%	%SWL							

# Στένωση αορτικής βαλβίδας-συμπεράσματα

Είναι συχνή η ασυμφωνία των 3 βασικών παραμέτρων εκτίμησης της αορτικής στένωσης

Μελέτη 2427 ασθενών με φυσιολογικό LVEF και στένωση αορτικής βαλβίδας κατέδειξε την υπερεκτίμηση της στένωσης αν χρησιμοποιούμε AVA και την σημαντική υποεκτίμηση αν χρησιμοποιούμε τη μέση κλίση πίεσης

Σημαντική η διάκριση των ασθενών χαμηλής ροής (low flow)

Σημαντική και η σωστή μέτρηση των παραγόντων της εξίσωσης συνεχείας και ειδικά της διαμέτρου του LVOT

**Table 2** Percentage of patients diagnosed with severe aortic stenosis depending on which echocardiographic criterion was used

Guidelines/ recommendations	Parameter	Patients with severe stenosis
AHA/ACC <sup>3</sup>	AVA < 1.0 cm <sup>2</sup>	69%
ESC <sup>2</sup>	AVA/BSA < 0.6 cm <sup>2</sup>	76%
Otto <sup>4</sup>	V <sub>max</sub> > 4.0 m/s	45%
AHA/ACC <sup>3</sup>	ΔP <sub>m</sub> > 40 mmHg	40%

AVA, aortic valve area; BSA, body surface area; V<sub>max</sub>, peak flow velocity; ΔP<sub>m</sub>, mean pressure gradient.

# Στένωση αορτικής βαλβίδας-συμπεράσματα

- ◊ Οφείλουμε να υπολογίζουμε και τις 3 παραμέτρους σε όλους τους ασθενείς-ειδικά εκεί που υπάρχει ασυμφωνία επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις σε δεύτερη ή και τρίτη εξέταση
- ◊ Ταυτόχρονα αξιολογούμε εκεί που χρειάζεται και τις επικουρικές μεθόδους εκτίμησης αλλά και άλλες απεικονιστικές μεθόδους (ΤΟΕ- σκορ ασβεστίου – dobutamine test κτλ.)
- ◊ Σωστή εκτίμηση και αξιολόγηση των συμπτωμάτων-αξιολόγηση του ασθενούς μας συνολικά



*Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή!*