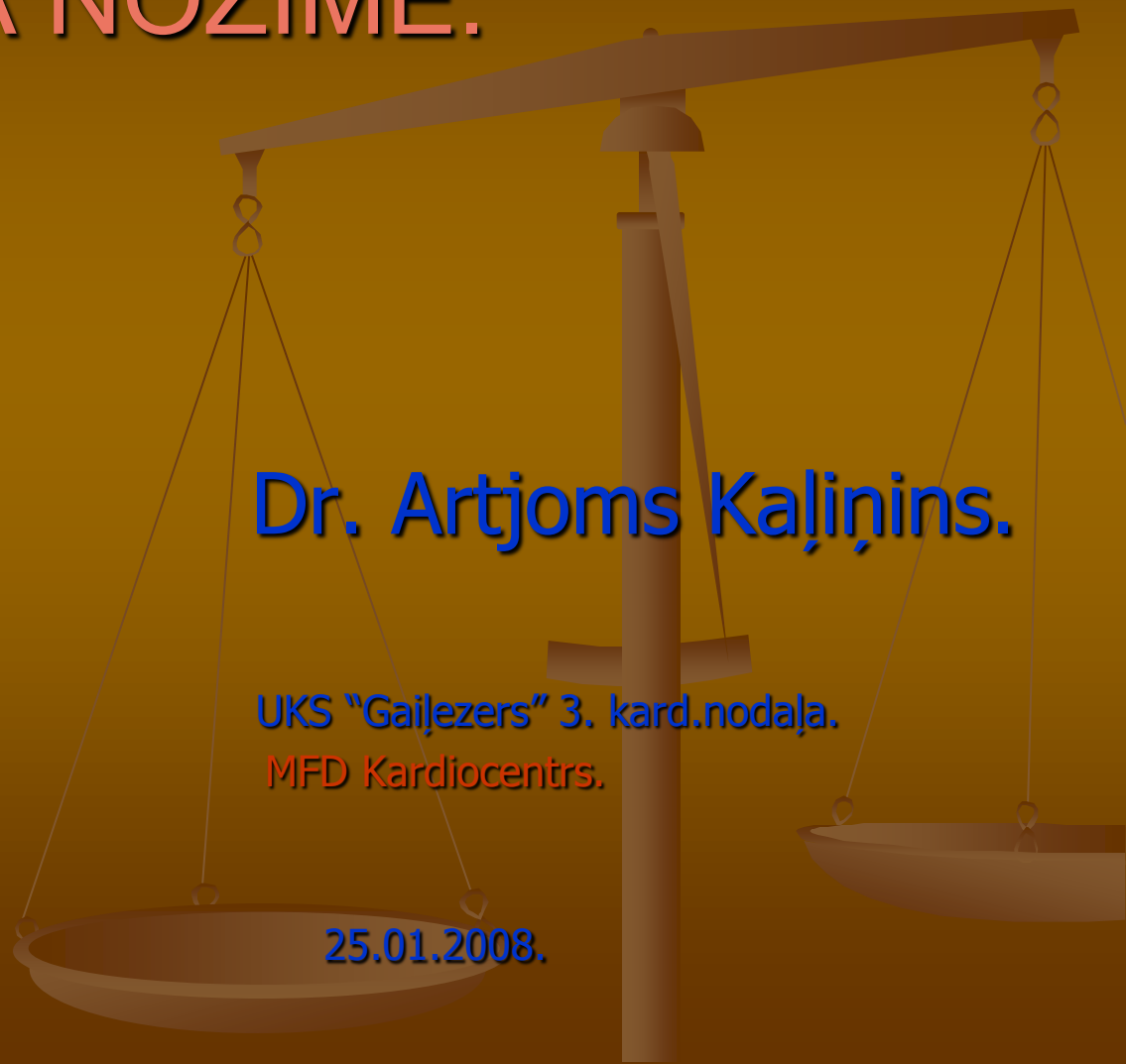


“AUDU DOPPLER : PAMATPRINCIPI, KLĪNISKĀ NOZĪME.”

Dr. Artjoms Kaļiņins.

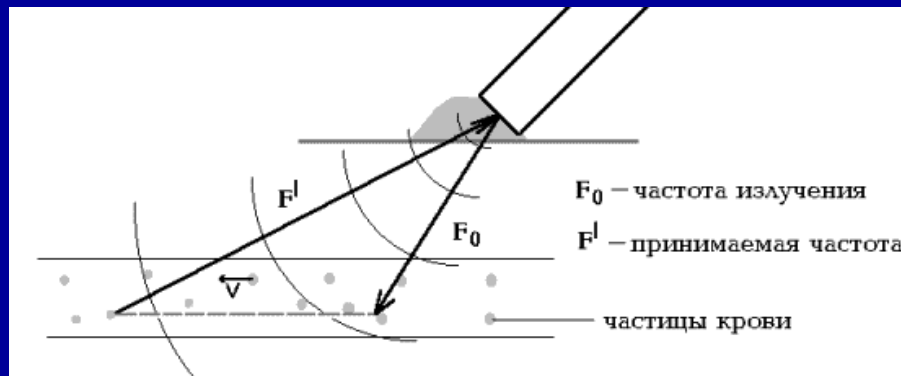
UKS “Gailezers” 3. kard.nodaļa.
MFD Kardiocentrs.

25.01.2008.

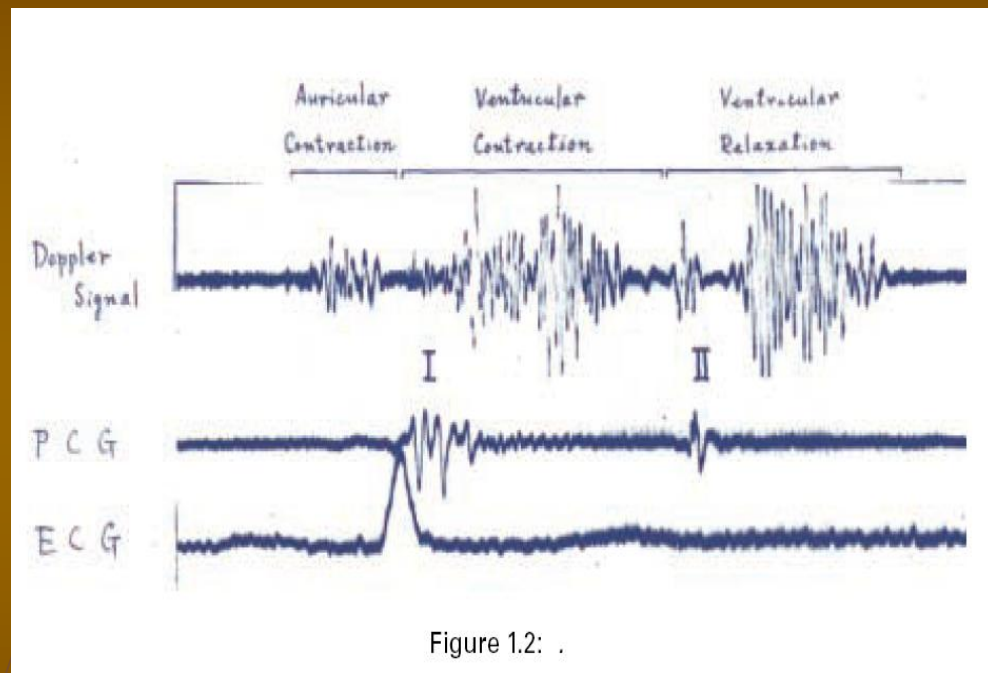




Miokarda deformācijas un ātruma noteikšana un novērtēšana ir balstīta uz 1842. gadā Kristiana Johana Dopplera (*Christian Johann Doppler*) atklātu fenomenu: atstarojoties no kustīga objekta skaņas viļņi maina savu frekvenci.



- Doppler metodes pirmā pielietošana- 1961g. *Yoshida et al.*
- Mitrālā vārstuļa un kambaru sienas ātruma pirmie mērījumi ar Doppler metodi- 1966g. *Yoshitoshi et al.*



- Pirmā regionālo miokarda funkciju kvantifikācija ar impulsa viļņu Doppler (PW):
Isaaz et al. 1989 g.
- Pirmais Colour Doppler Myocardial Imaging : *McDicken et al.* 1992 g.
- Strain Rate / Strain pirmā izmantošana
1998 g. *Heimdal et al.*

■ AUDU DOPPLER “MĒRĶIS” :

1. Novērtēt reģionālo miokarda ātrumu
(radiālā un longitudinālā virzienā).

VELOCITY

2. Novērtēt reģionālo miokarda deformāciju.

STRAIN (ϵ), STRAIN RATE

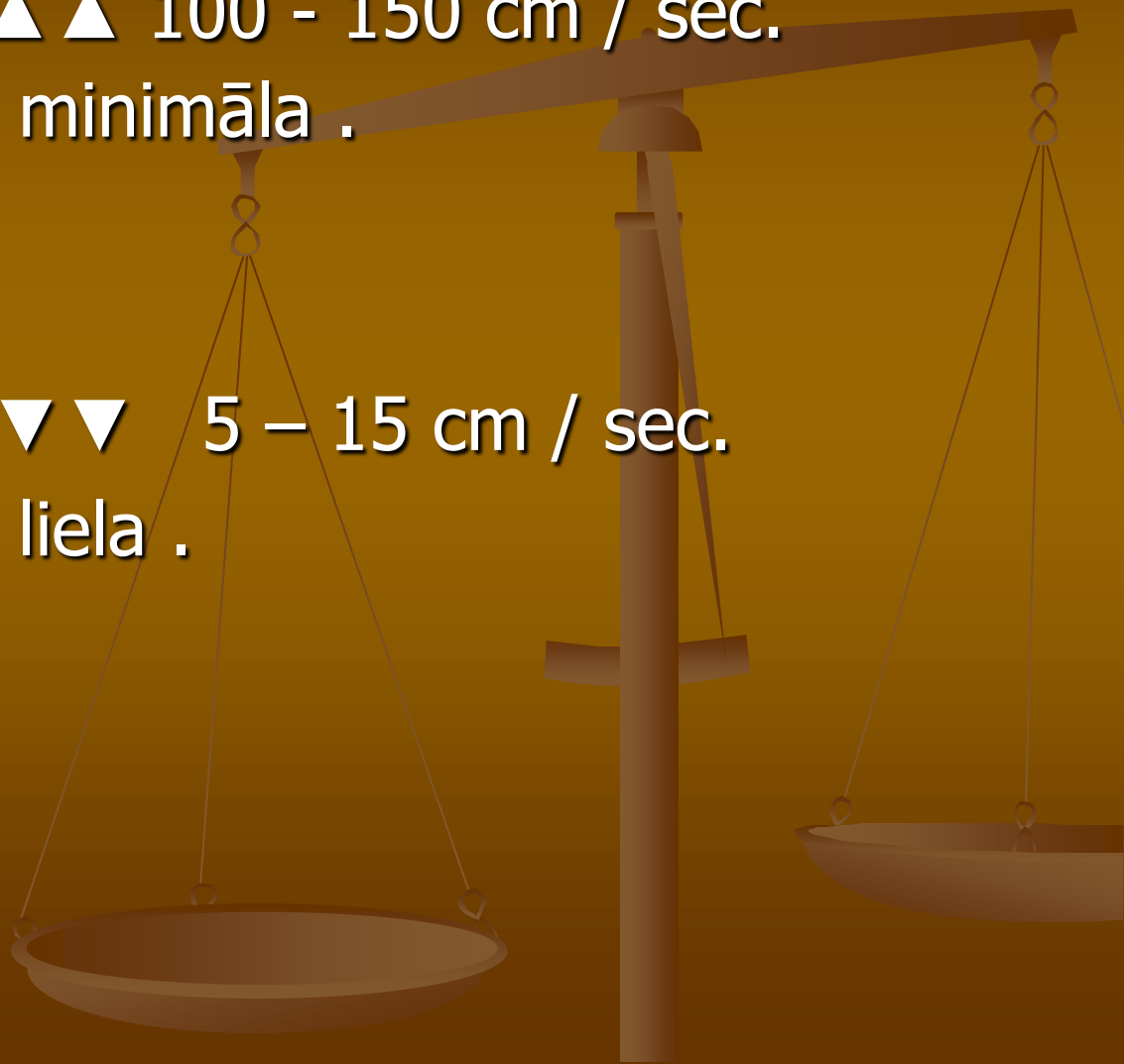
2D STRAIN

■ **ASINS :**

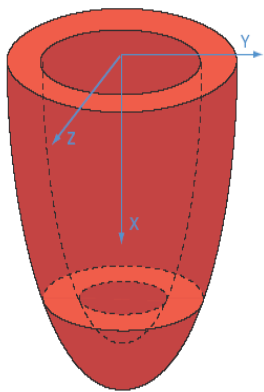
- *ĀTRUMS* ▲▲▲ 100 - 150 cm / sec.
- *AMPLITŪDA* minimāla .

■ **MIOKARDS :**

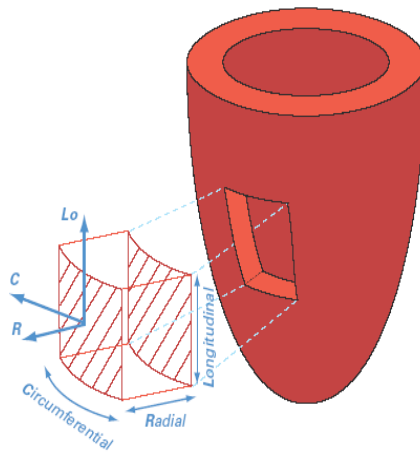
- *ĀTRUMS* ▼▼▼ 5 – 15 cm / sec.
- *AMPLITŪDA* liela .



Myocardial Motion/Deformation - Principles



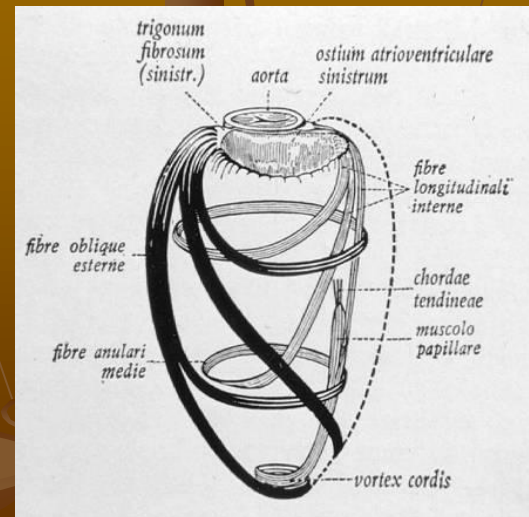
(a)



(b)

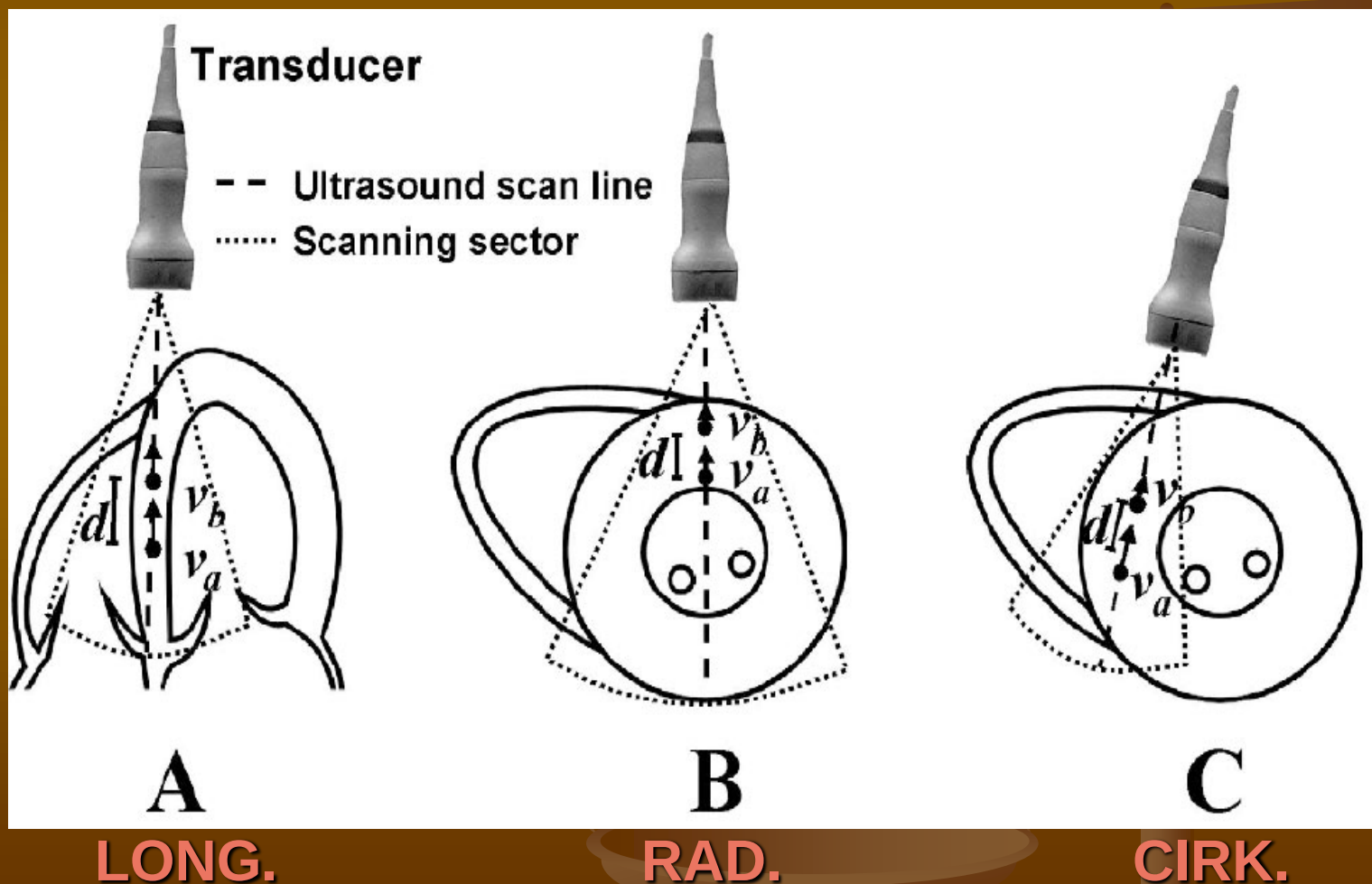


Figure 4.3: In the subendocardial layer of the left ventricle the principal fibre orientation is longitudinal. In the sub epicardial layer, the fibres are mostly orientated in the circumferential direction.



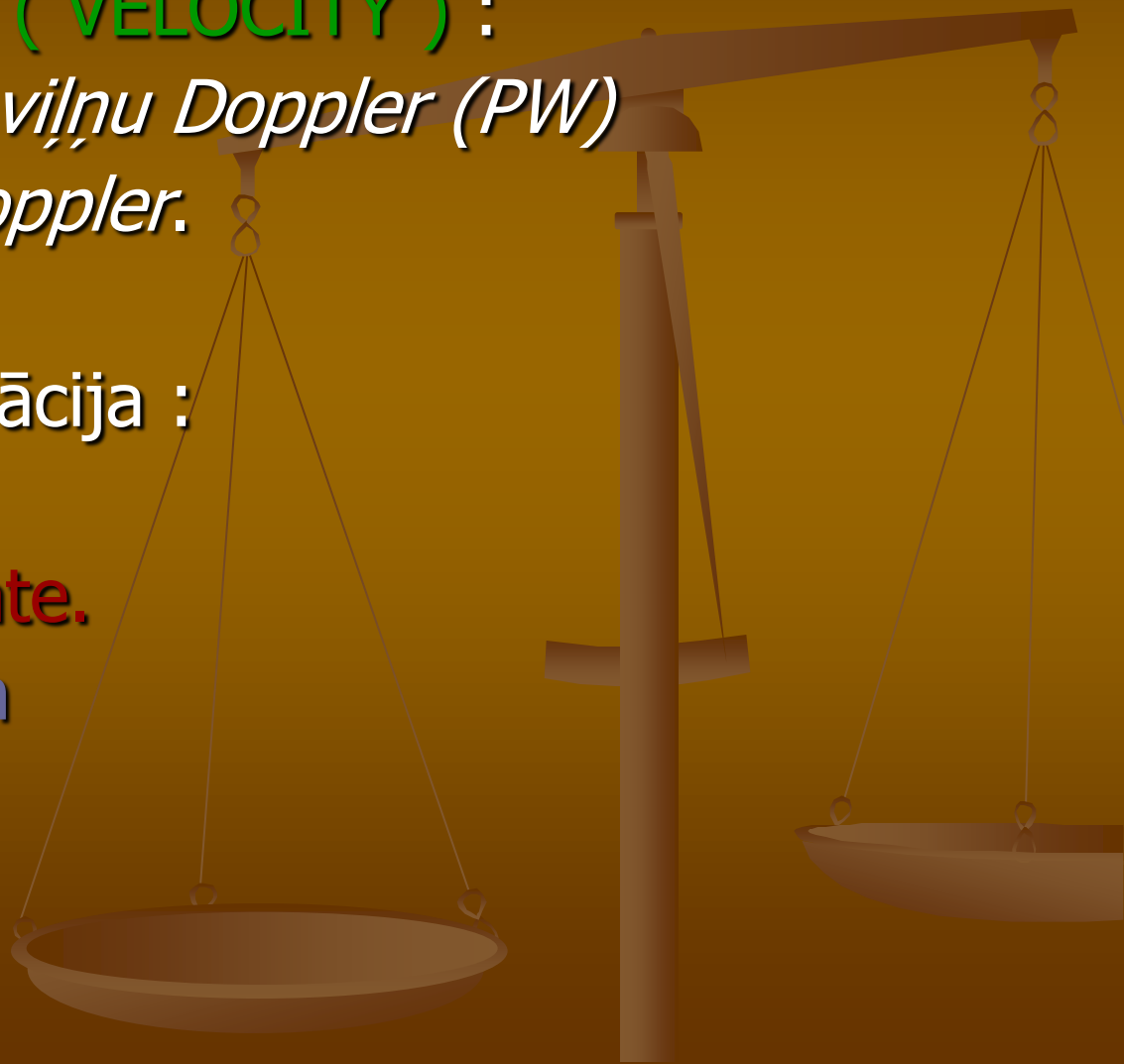
Miokarda kustību 3 veidi :

- A. **Longitudinālais** (pagarinājums un saīsinājums) B. **Radiālais** (paresninājums un patievinājums)
C. **Cirkumfleksais** (pagarinājums un saīsinājums).

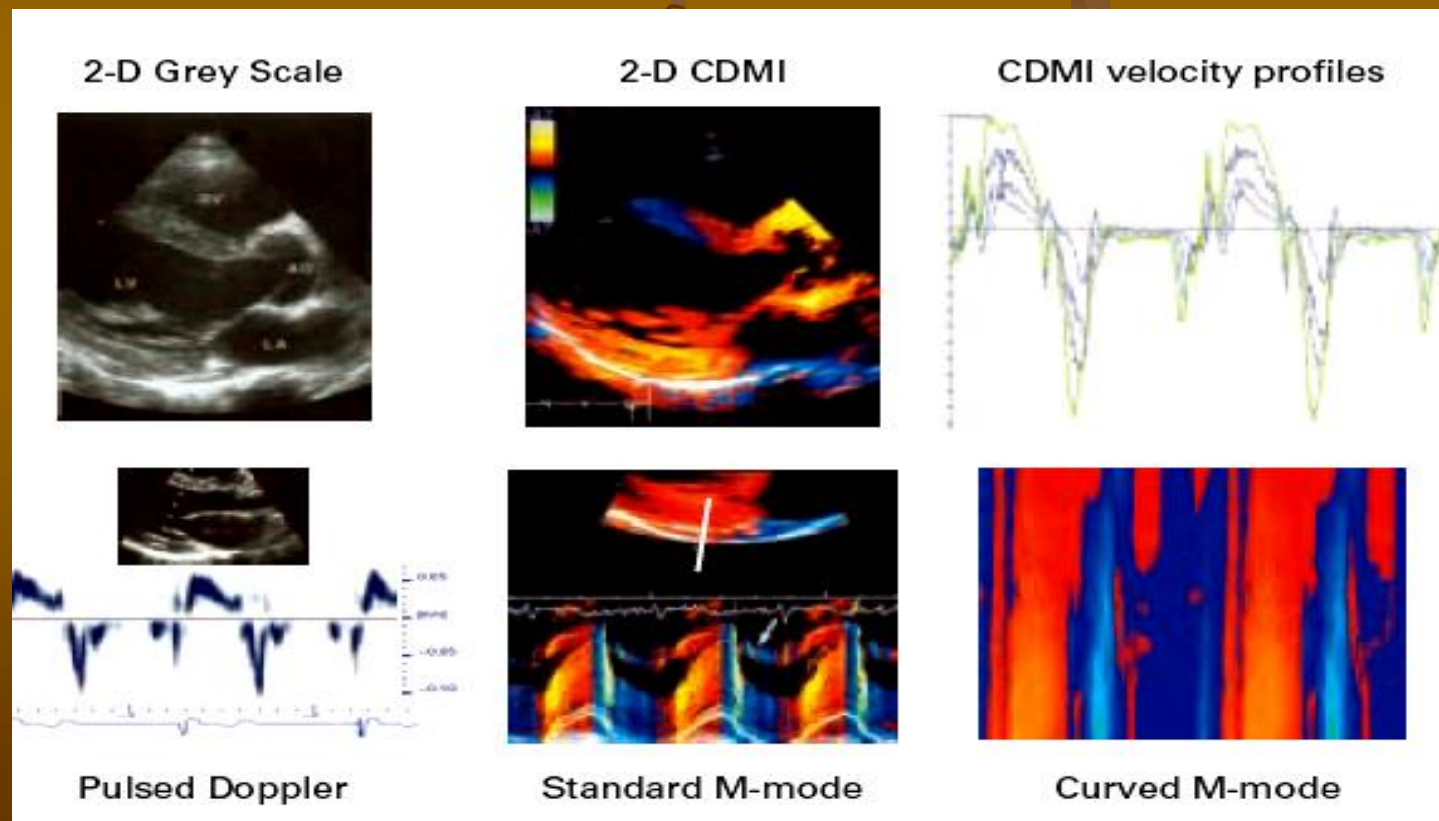


AUDU DOPPLER :

1. Miokarda ātrums (**VELOCITY**) :
 - *Impulsa viļņu Doppler (PW)*
 - *Krāsu Doppler.*
2. Miokarda deformācija :
 - **Strain**
 - **Strain Rate.**
 - **2D Strain**



■ **MIOKARDA ĀTRUMS :**



MIOKARDA ĀTRUMS :

■ Pulsed Doppler Miocardial Imaging (PDMI)

Var noteikt miokarda segmenta ātrumu ! :

- kr.kambaris 12-16 mm.
- lab.kambaris 20-22 mm.

■ Kreisais kambaris

1. Regionālas longitudinālas miokarda kustības :

- apikālā pozīcija (4Ch , 3Ch , 2Ch)*.

* Var analizēt visus segmentus.

2. Regionālas radiālas miokarda kustības :

- parasternālās pozīcijas*.

* Var analizēt :

a. Kambaru starpsienu- tās subaortālo daļu un vidējo segmentu.

b. Mugurējās sienas vidus un bazālo segmentus.

■ Labais kambaris

1. Regionālas longitudinālas miokarda kustības :

- apikālā pozīcija (4Ch)*.

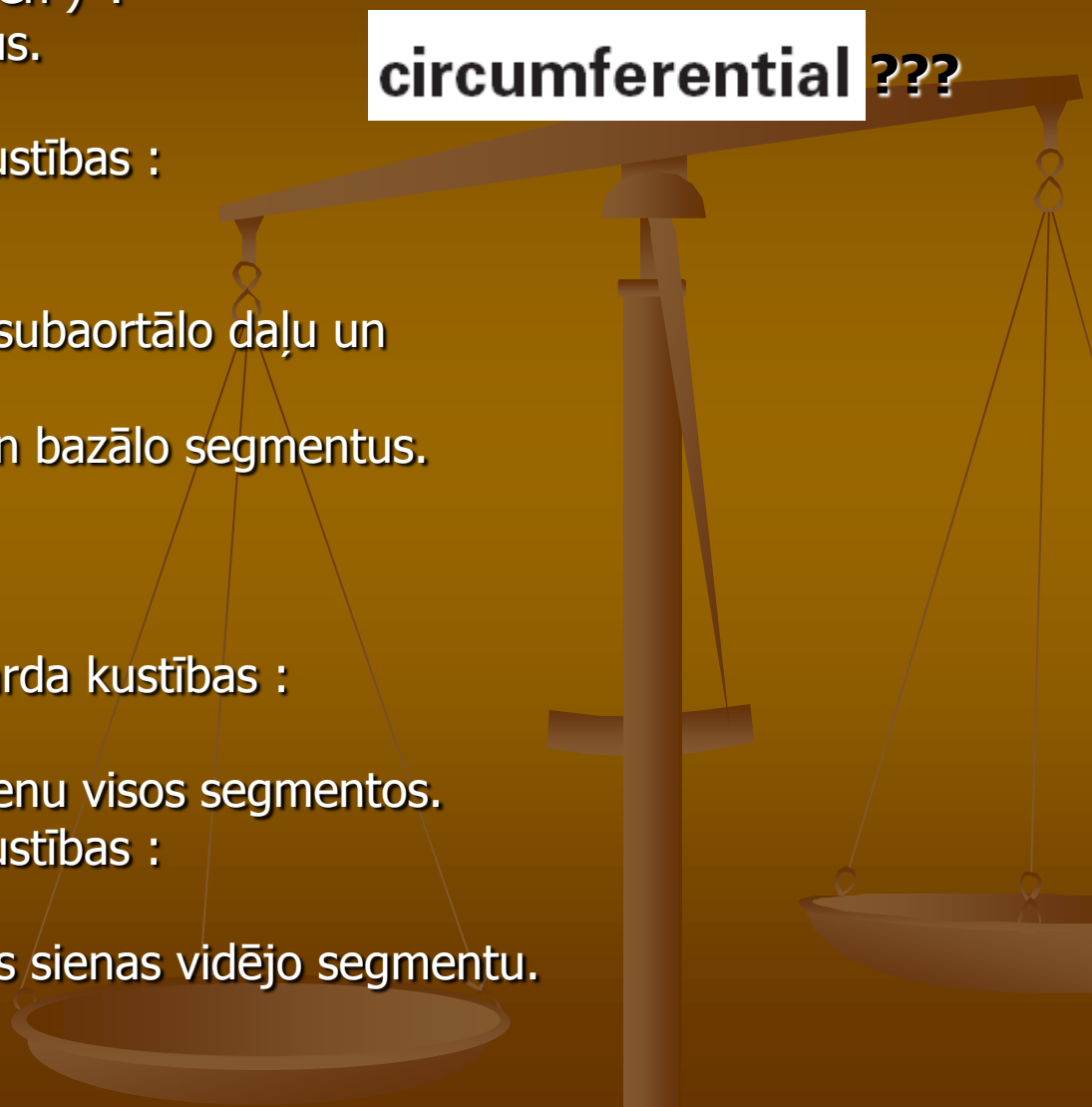
* Var analizēt laterālo brīvo sienu visos segmentos.

2. Regionālas radiālas miokarda kustības :

- parasternālās pozīcijas*.

* Var analizēt priekšējās brīvās sienas vidējo segmentu.

circumferential ???

A balance scale is shown on the right side of the slide. The right pan is higher and contains a white rectangular box with the text "circumferential ???". The left pan is lower and appears to be empty. The scale is tilted towards the left.

■ PDMI – Tehniskās prasības :

1. Tissue Doppler funkcija (eho-mašīnai).

2. Labs ultraskaņas logs.

3. EKG !

4. Skenēšanas leņķis (paralēli)* : $(\cos 0^\circ = 1 !!!)$

*pieļaujama kļūda 15° - 20° - $\cos 20^\circ = 0.94$

NB! – $\cos 90^\circ = 0$

5. PW "sample volume" ($6-8 \text{ mm.}$)

jānovieto analizējamā segmenta centrā !!!

6. Frame rate :

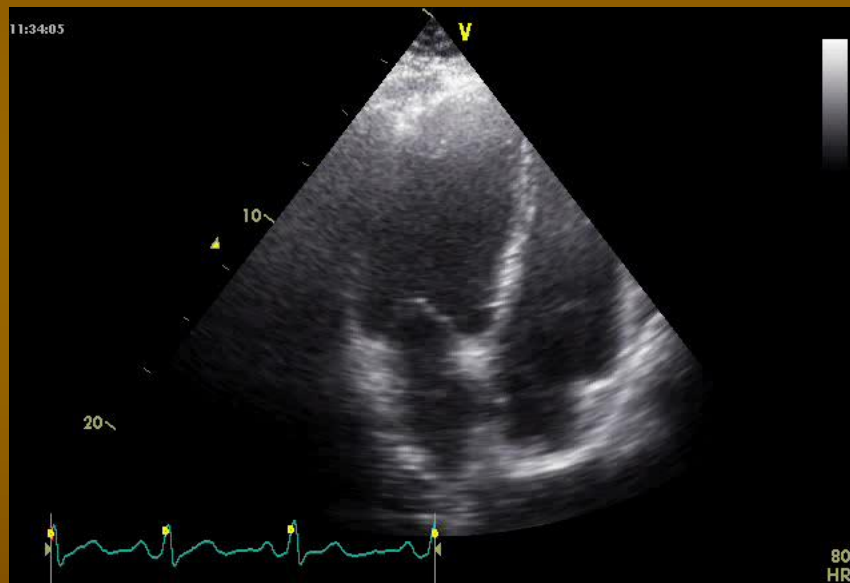
$150-200 \text{ fr/ sec.}$

7. Nyquist limit :

$\pm 20-24 \text{ cm/sec.}$

“AUDU DOPPLER:PAMATPRINCIPI, KLĪNISKĀ NOZĪME.” 25.01.2008.

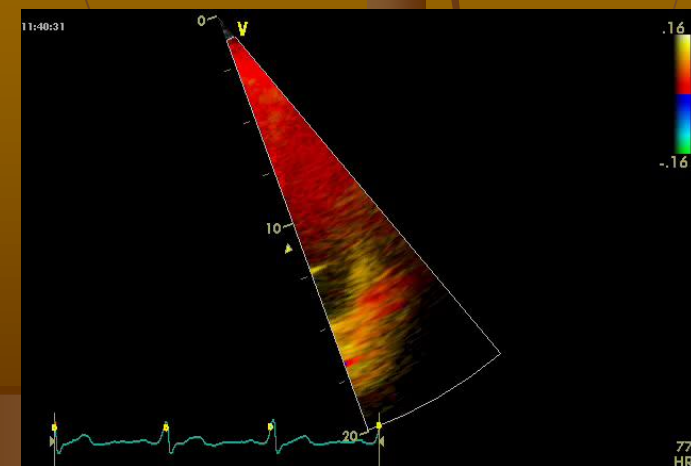
1. Fr=88



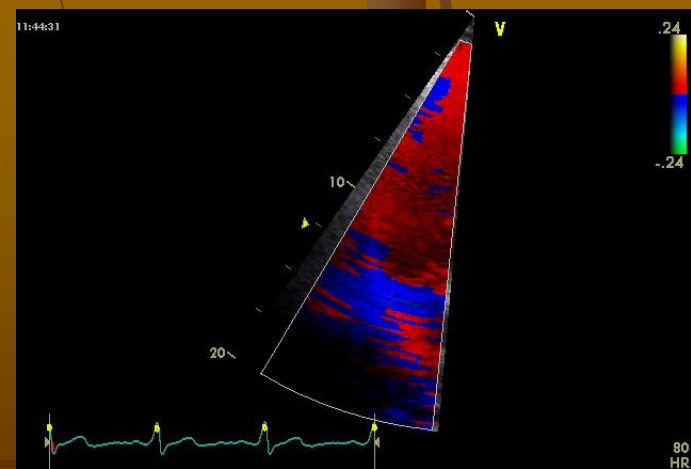
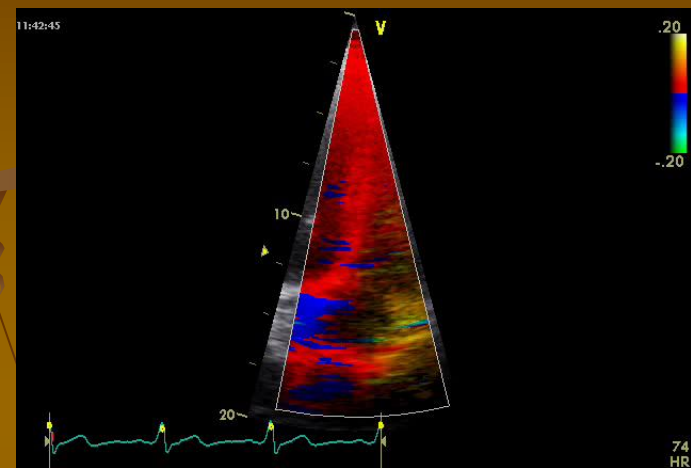
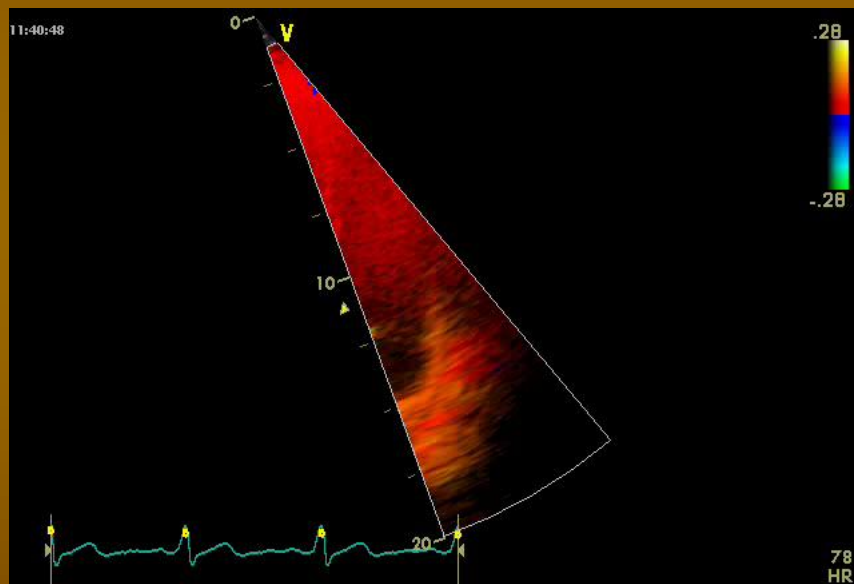
2. Fr=121



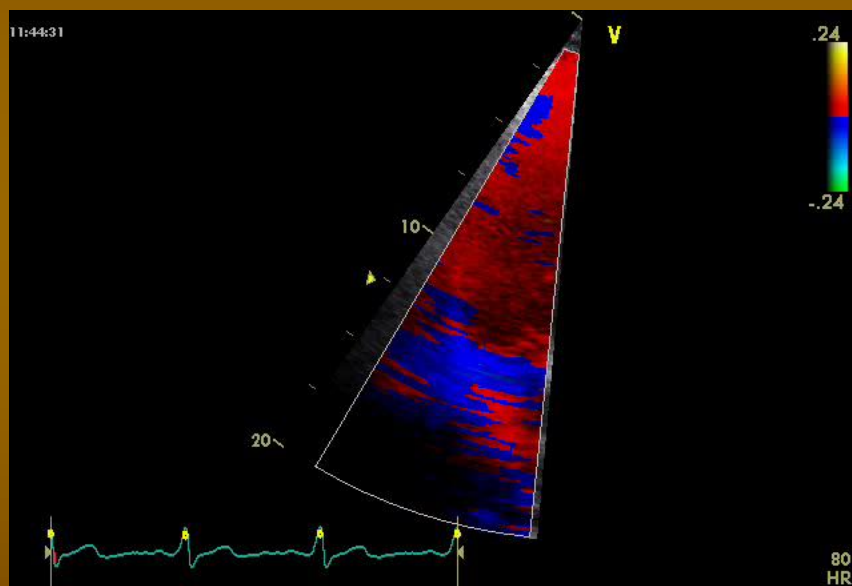
3. Fr=195

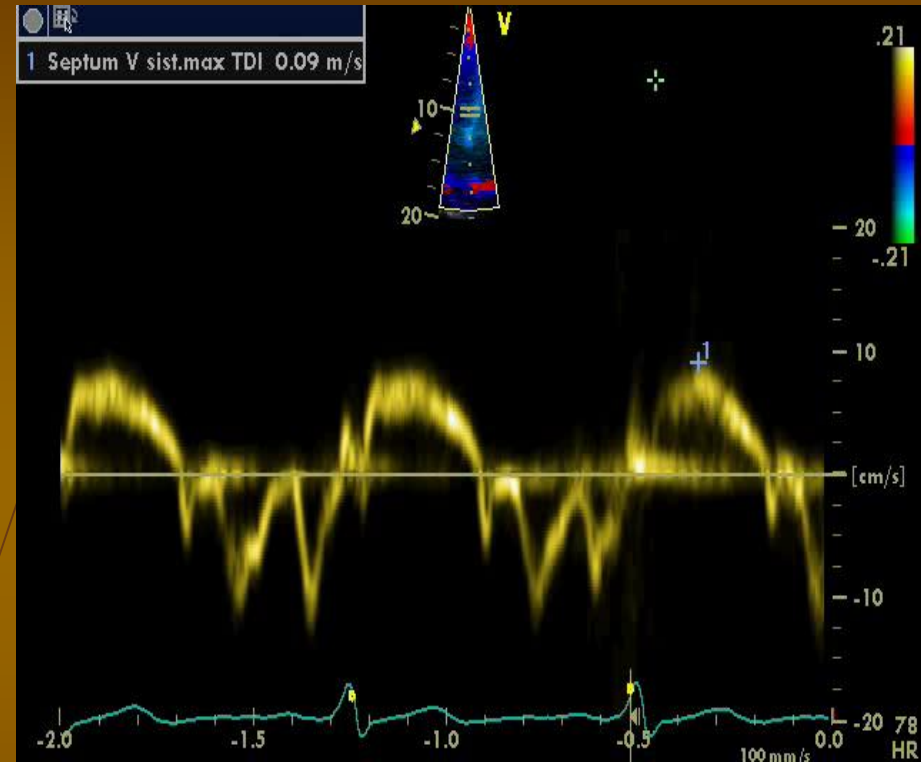
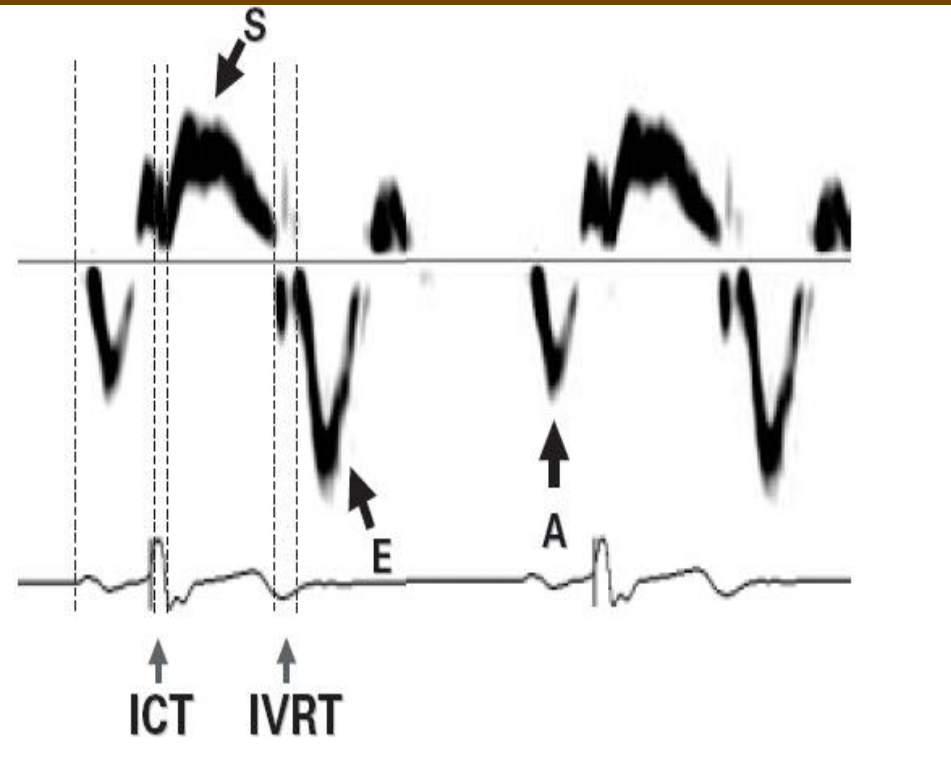


“AUDU DOPPLER:PAMATPRINCIPI, KLĪNISKĀ NOZĪME.” 25.01.2008.



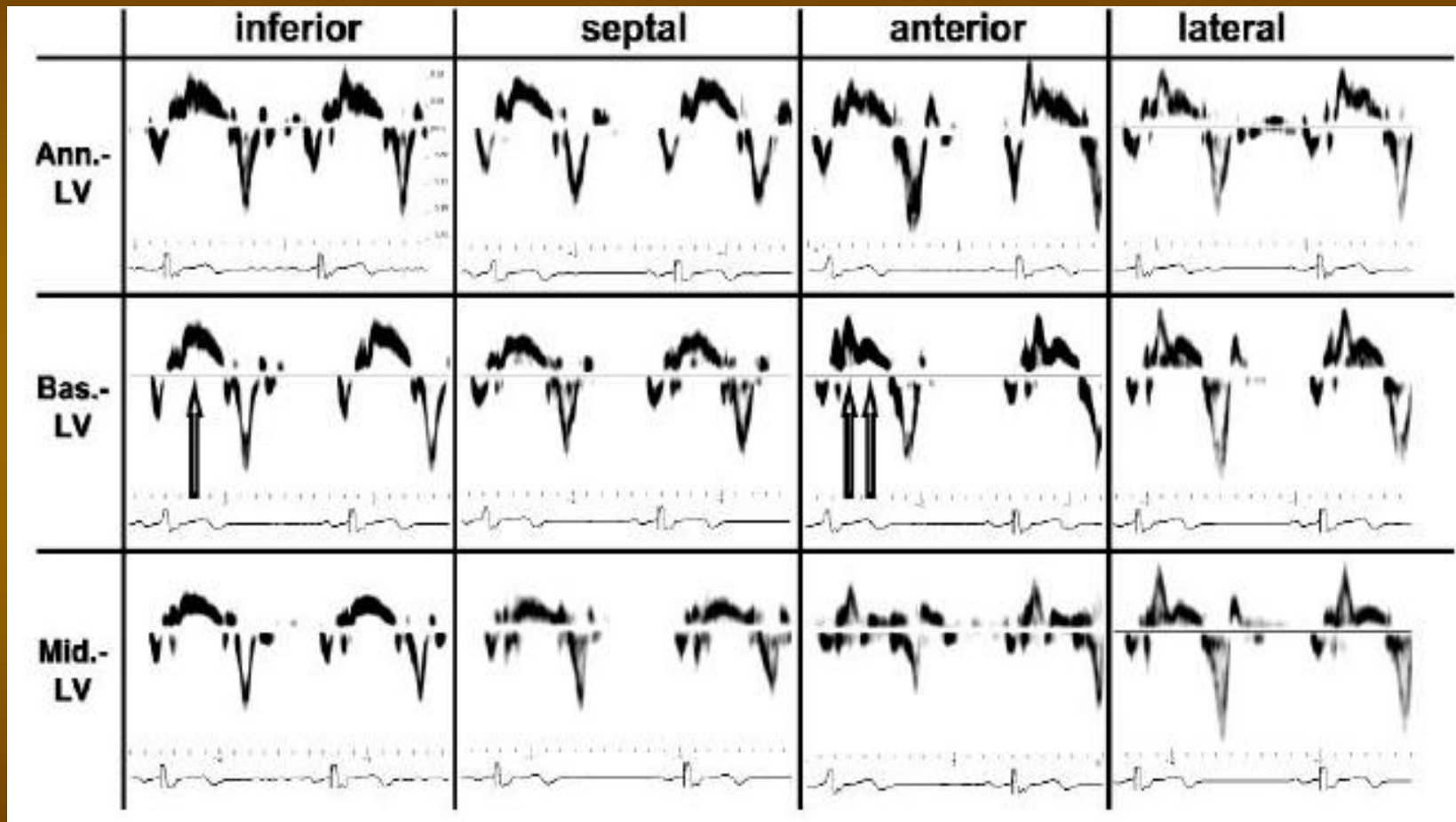
“AUDU DOPPLER:PAMATPRINCIPI,KLĪNISKĀ NOZĪME.” 25.01.2008.





S-sistoliskais pīķis
E(e')-ātra agrīna piepildīšanās
A(a')-kustība ātriju sistoles laikā

“AUDU DOPPLER:PAMATPRINCIPI, KLĪNISKĀ NOZĪME.” 25.01.2008.



Weidemann et al. 2001y.

Normāli radītāji (regionāla longitudināla funkcija)

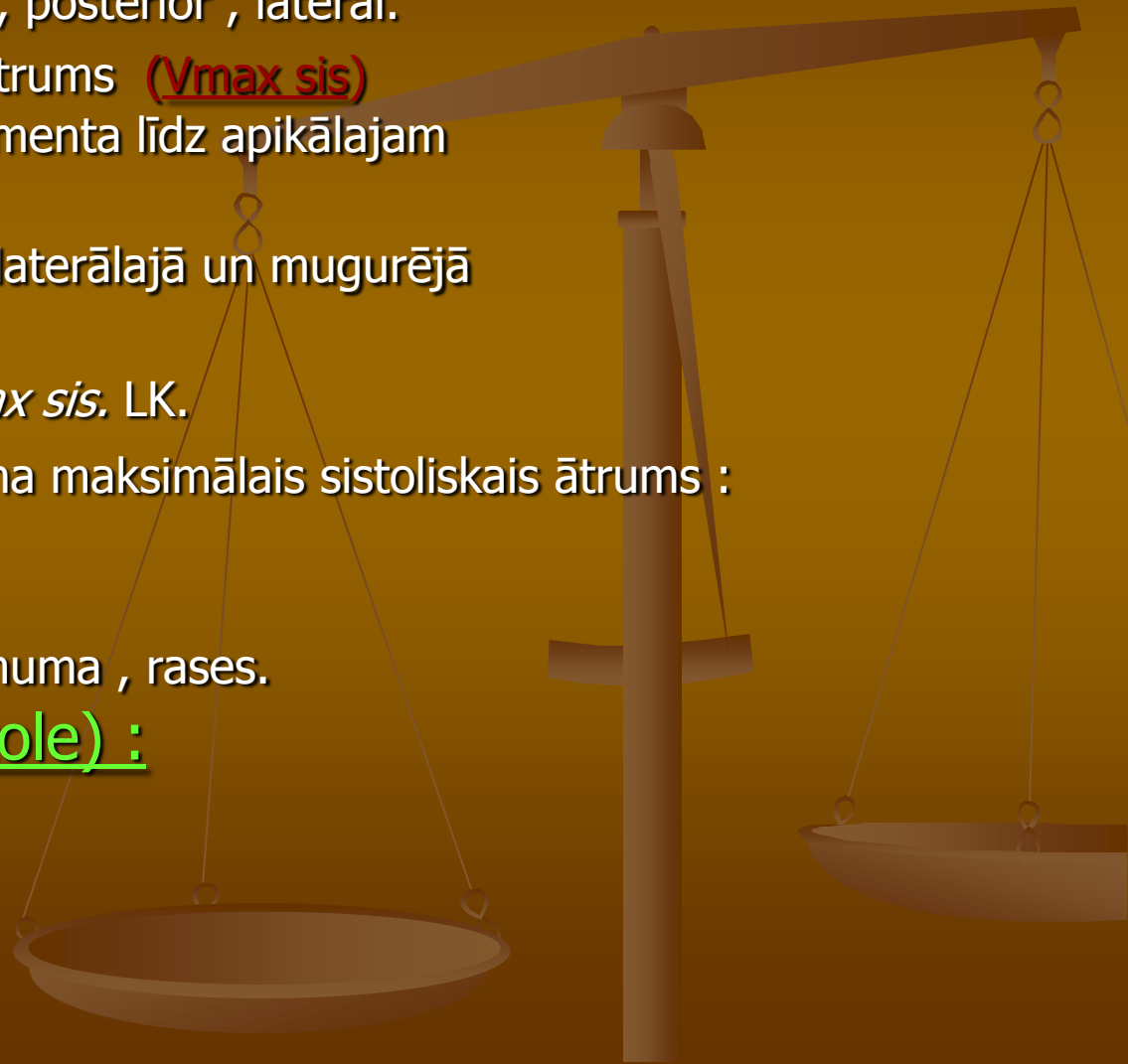
TVI parameter	Mitral anulus	Basal segment	Middle segment	Apical segment	P value
Lateral wall Sm (cm/s)	7.2 ± 2	6.9 ± 2.3	6.7 ± 2.4	5.5 ± 2.4	<.001
Em (cm/s)	$(-)8 \pm 3.3$	$(-)8.5 \pm 3.2$	$(-)6.7 \pm 3.6$	$(-)4.3 \pm 2.3$	<.00001
Am (cm/s)	$(-)5.6 \pm 2.6$	$(-)4.4 \pm 1.9$	$(-)3.4 \pm 2.1$	$(-)2.5 \pm 1.6$	<.00001
DT-Em (ms)	82 ± 26	75 ± 25	58 ± 19	58 ± 16	<.00001
Em/Am	1.9 ± 1.3	2.4 ± 1.4	2.6 ± 2.0	2.6 ± 1.9	<.05
Septal wall Sm (cm/s)	$6.2 \pm 1.3^*$	$5.4 \pm 0.9^*$	$4.2 \pm 0.8^*$	$2.6 \pm 0.8^*$	<.00001
Em (cm/s)	$(-)7 \pm 2.1$	$(-)7.1 \pm 2.4^*$	$(-)6 \pm 2.0$	$(-)3.9 \pm 1.4$	<.00001
Am (cm/s)	$(-)7 \pm 1.9^*$	$(-)5.6 \pm 1.8^*$	$(-)4.5 \pm 1.7$	$(-)2.4 \pm 1.1$	<.00001
DT-Em (ms)	$106 \pm 21^*$	$97 \pm 15^*$	$87 \pm 25^*$	66 ± 19	<.00001
Em/Am	$1.1 \pm 0.4^*$	$1.4 \pm 0.7^*$	$1.5 \pm 0.9^*$	2.1 ± 1.4	<.0001

■ S-vilņa (sistole), normāla longitudināla funkcija:

- a. - monofāziska : septum , inferior
- bifāziska : anterior , posterior , lateral.
- b. Maksimālais sistoliskais ātrums ($V_{max\ sis}$) samazinās no bazālā segmenta līdz apikālajam segmentam.
- c. $V_{max\ sis}$ parasti lielāks laterālajā un mugurējā sienās.
- d. $V_{max\ sis}$ KK < $V_{max\ sis}$. LK.
- e. MV un TV fibrozā gredzena maksimālais sistoliskais ātrums :
 - MV 7-10 cm/sec.
 - TV 12-15 cm/sec.
- f. Atkarīgs no vecuma , dzimuma , rases.

■ e' un a' vilni (diastole) :

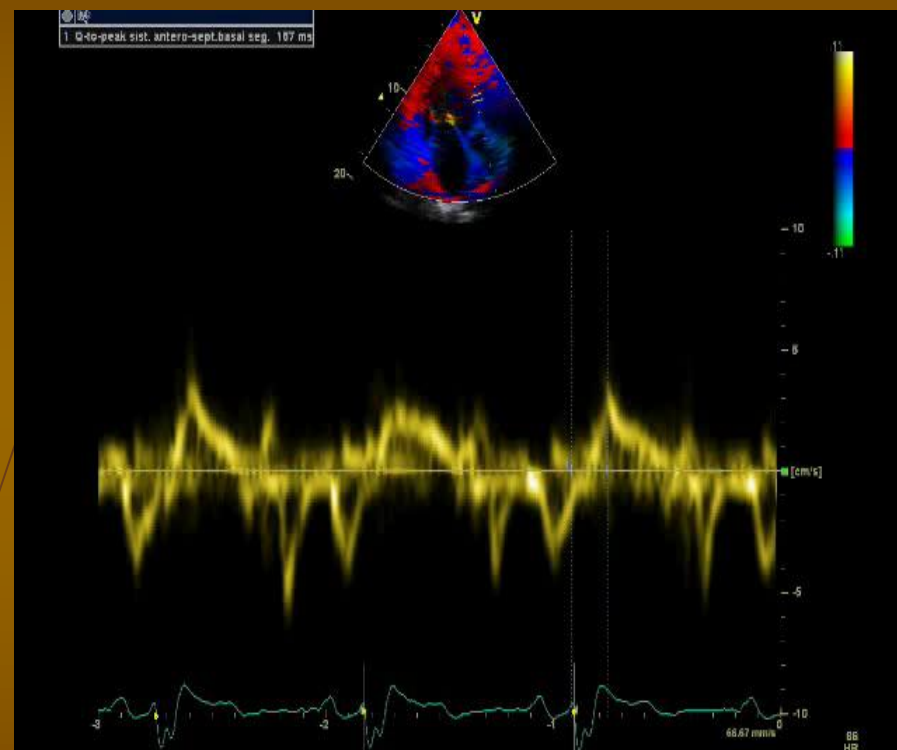
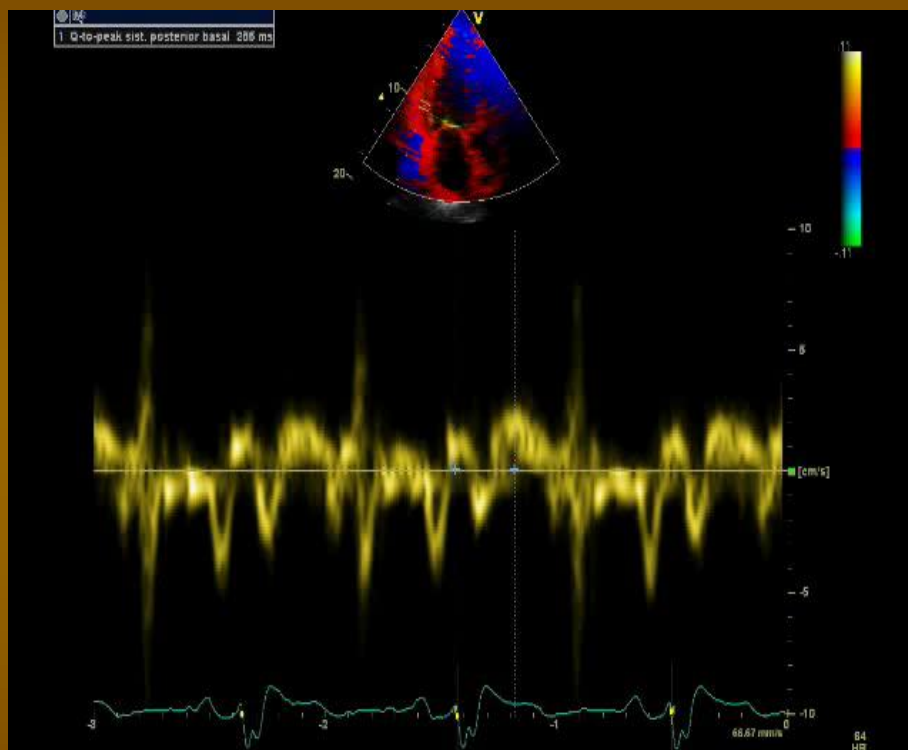
- a. e/a parasti 1-2.
- b. $E/e < 7-8$.



■ PDMI Kliniskā nozīme:

1. globālas un segmentāras sistoliskas funkcijas novērošana un kontrole :
 - pie difūzas hipokinēzijas pietiek ar 1 segmentu.
 - pie lokālas disfunkcijas nepieciešams izvērtēt 3 segmentus.
2. Pēcsistoliska miokarda kustība (post-systolic motion-PSM):
 - išēmijas indikators
 - pie smagas sirds mazspējas korelē ar EF.
3. E/e attiecība , korelē ar pildījuma spiedienu KK (ar beigu diastolisko spiedienu KK):
 - norma- līdz 7-8
 - izteiktas izmaiņas - virs 15.
4. MV fibrozā gredzena sistoliskais ātrums korelē ar EF :
 - zemāk 7,0-7,5 cm/sec –samazināta globālā sistoliskā funkcija KK.
5. Sirds dissinhronija :
 - *intra ventrikulārā* aizkavēšanās , "Q-to-peak S" : starpība starp starpsieni un laterālo sienu , patoloģija virs 40 msec.
6. TV fibrozā gredzena sistoliskais ātrums korelē ar labā kambara sistoliskās funkcijas traucējumiem :
 - pie hroniskām plaušu saslimšanām
 - pie miokarda infarkta KK mugurējā vai apakšējā sienās.

“AUDU DOPPLER:PAMATPRINCIPI,KLĪNISKĀ NOZĪME.” 25.01.2008.

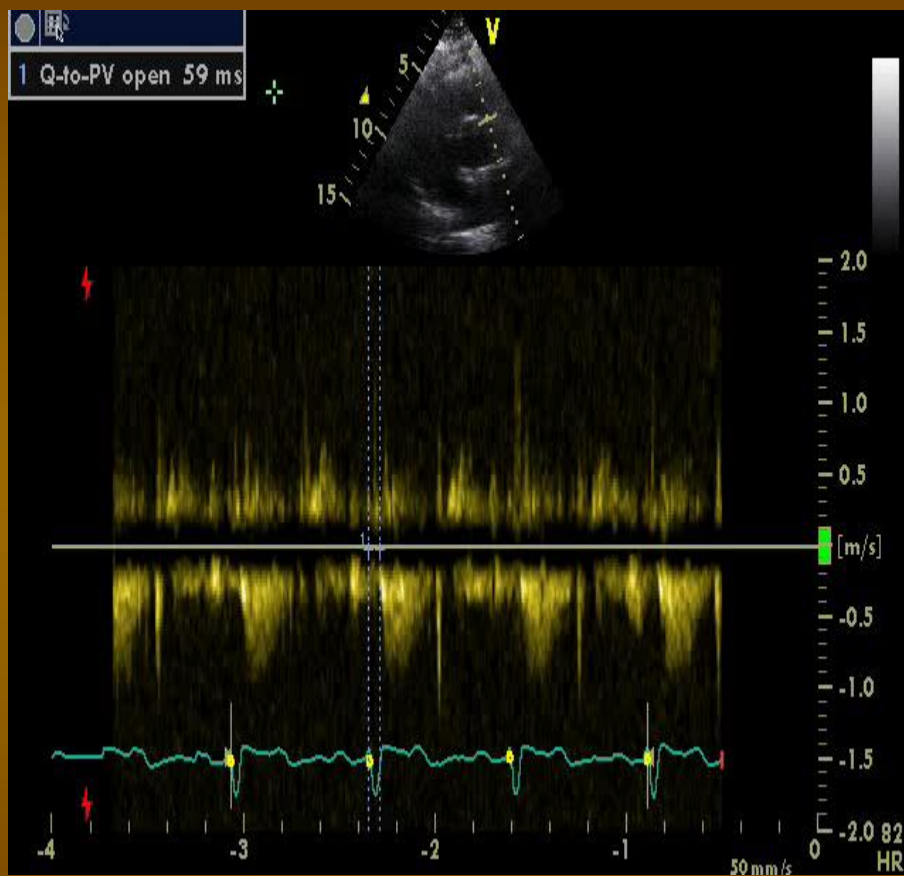


intra ventrikulārā aizkavēšanās , "Q-to-peak S":

- posterior 235 msec
- antero-septal 160 msec

235-160=75 msec.

“AUDU DOPPLER:PAMATPRINCIPI,KLĪNISKĀ NOZĪME.” 25.01.2008.



inter ventrikulārā aizkavēšanās:

Q-to-AoV open 67 msec

Q-to-PV open 59 msec

67-59=8 msec (norma <30 msec)

KRĀSU DOPPLER

Colour Doppler Miocardial Imaging - CDMI

1. M-mode krāsu Doppler.
2. Curved M-mode krāsu Doppler.
3. 2D krāsu Doppler.

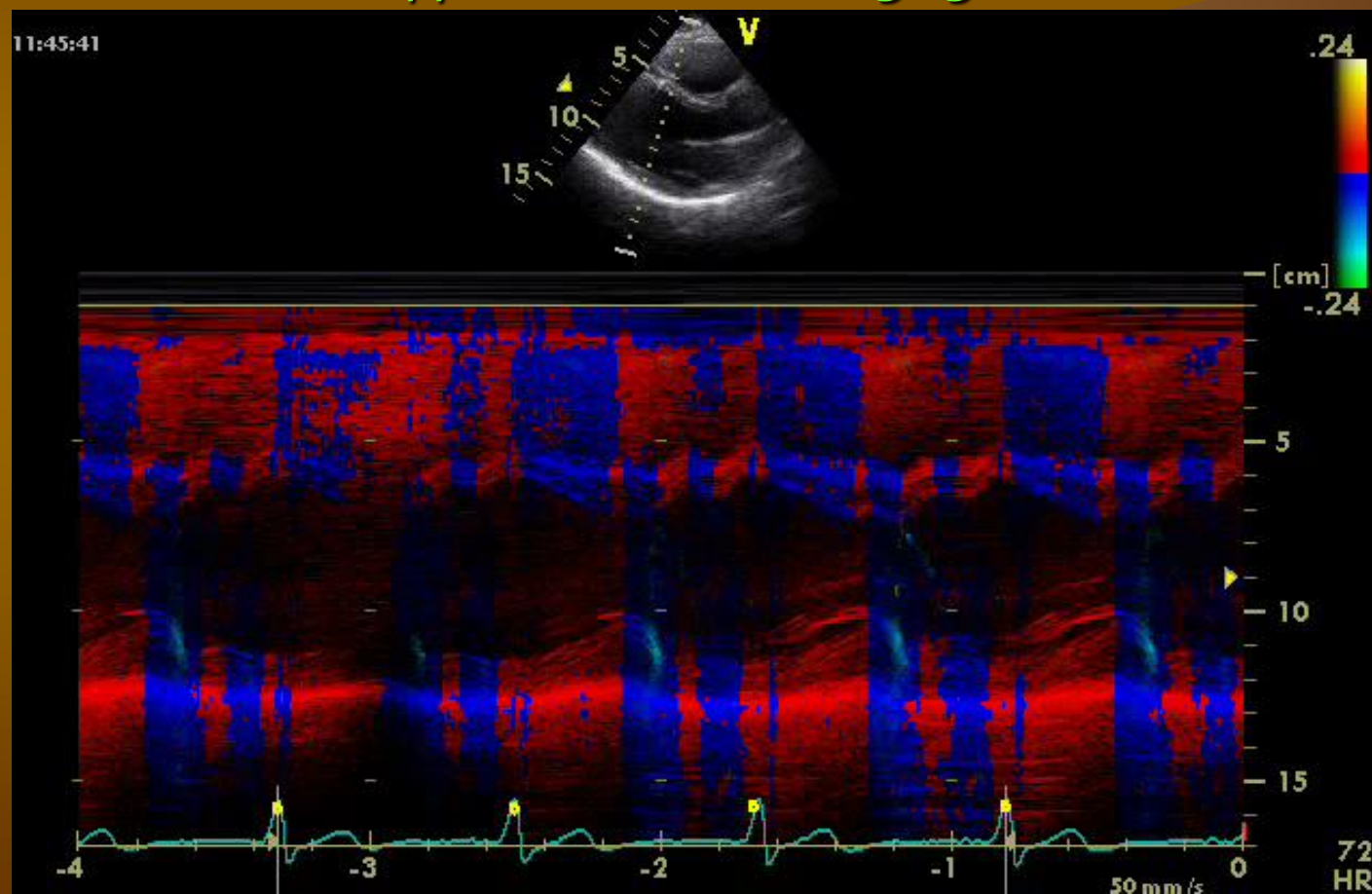
NB! Miokarda sienas kustības pie td – SARKANS.
no td – ZILS.

Priekšrocības :

- var analizēt vienlaicīgi vairākus segmentus .
- ļoti labi var vizualizēt asinergijas un dissinhronijas zonas.

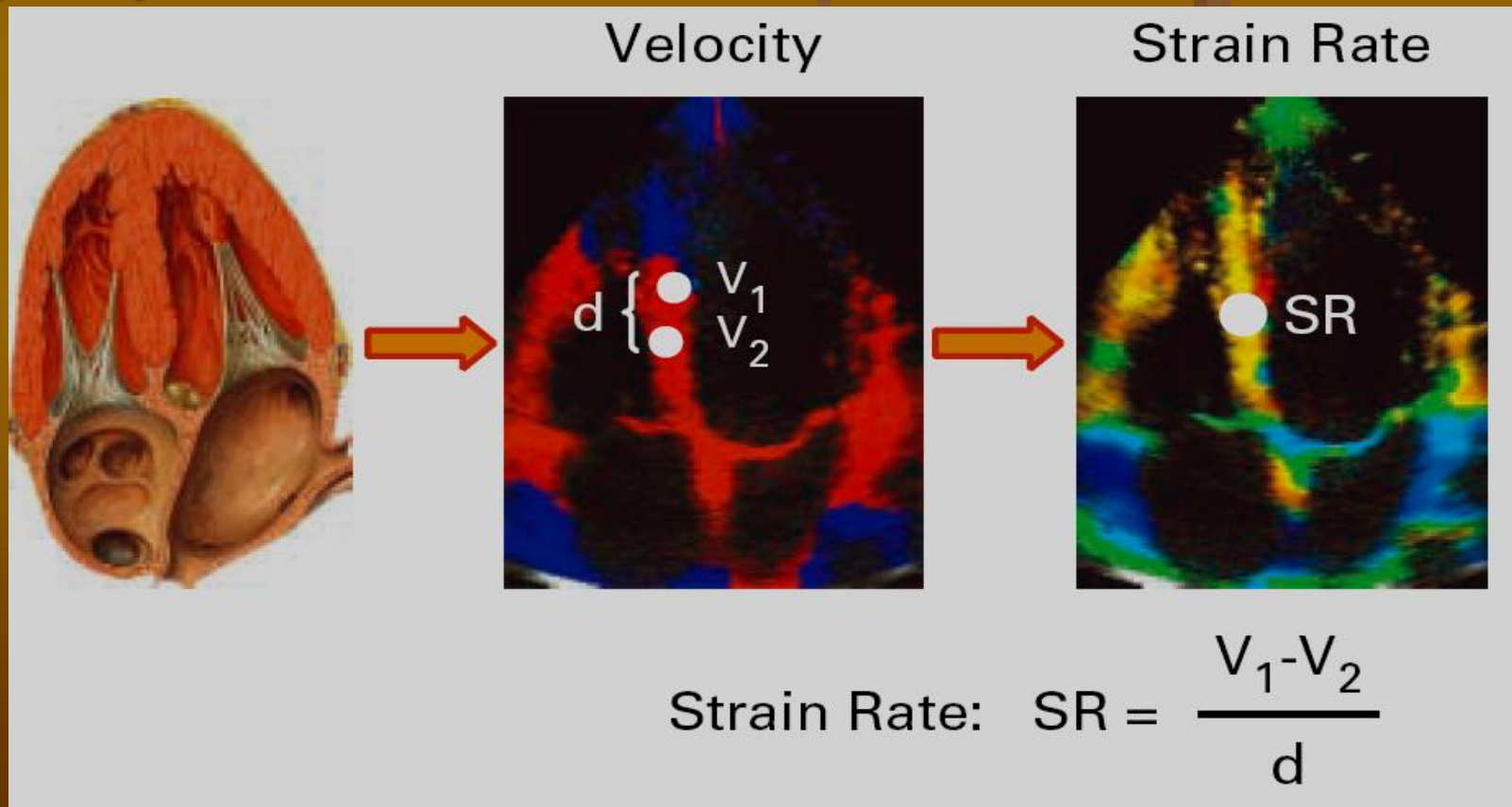
■ KRĀSU DOPPLER

Colour Doppler Miocardial Imaging - CDMI



■ MIOKARDA DEFORMĀCIJA :

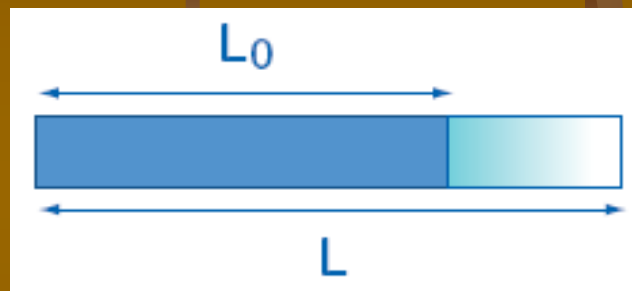
Strain rate – miokarda deformācijas ātrums
(s^{-1}).



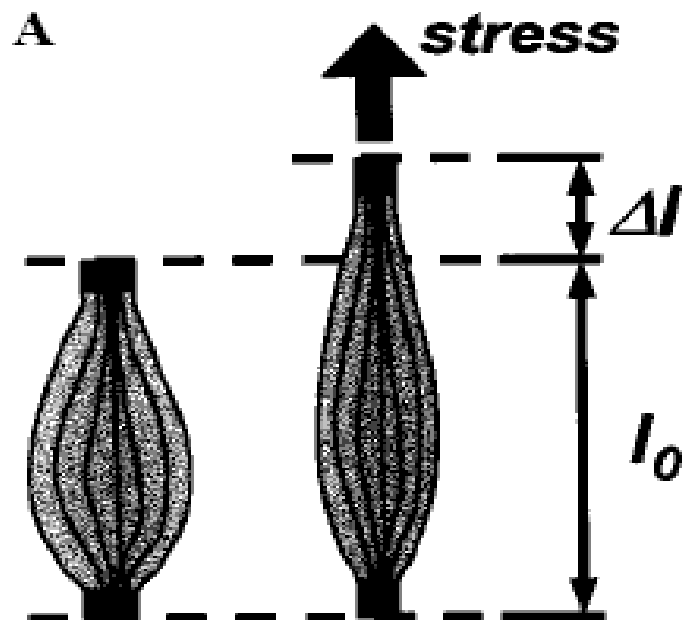
■ MIOKARDA DEFORMĀCIJA :

Strain (ε) – objekta deformācija attiecināta pret izejas garumu (%).

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

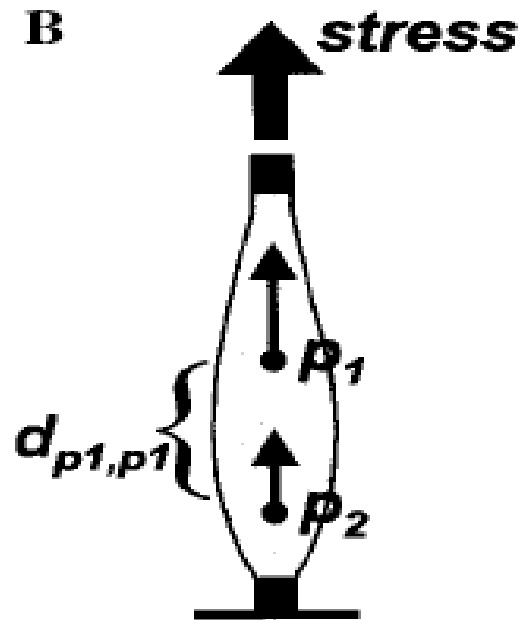


! Kreisā kambara miokarda deformācija ir kreisā kambara saīsināšanās sistolē un atgriešanās pie izejas garuma diastolē.



$$S = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$SR = \frac{dS}{dt}$$



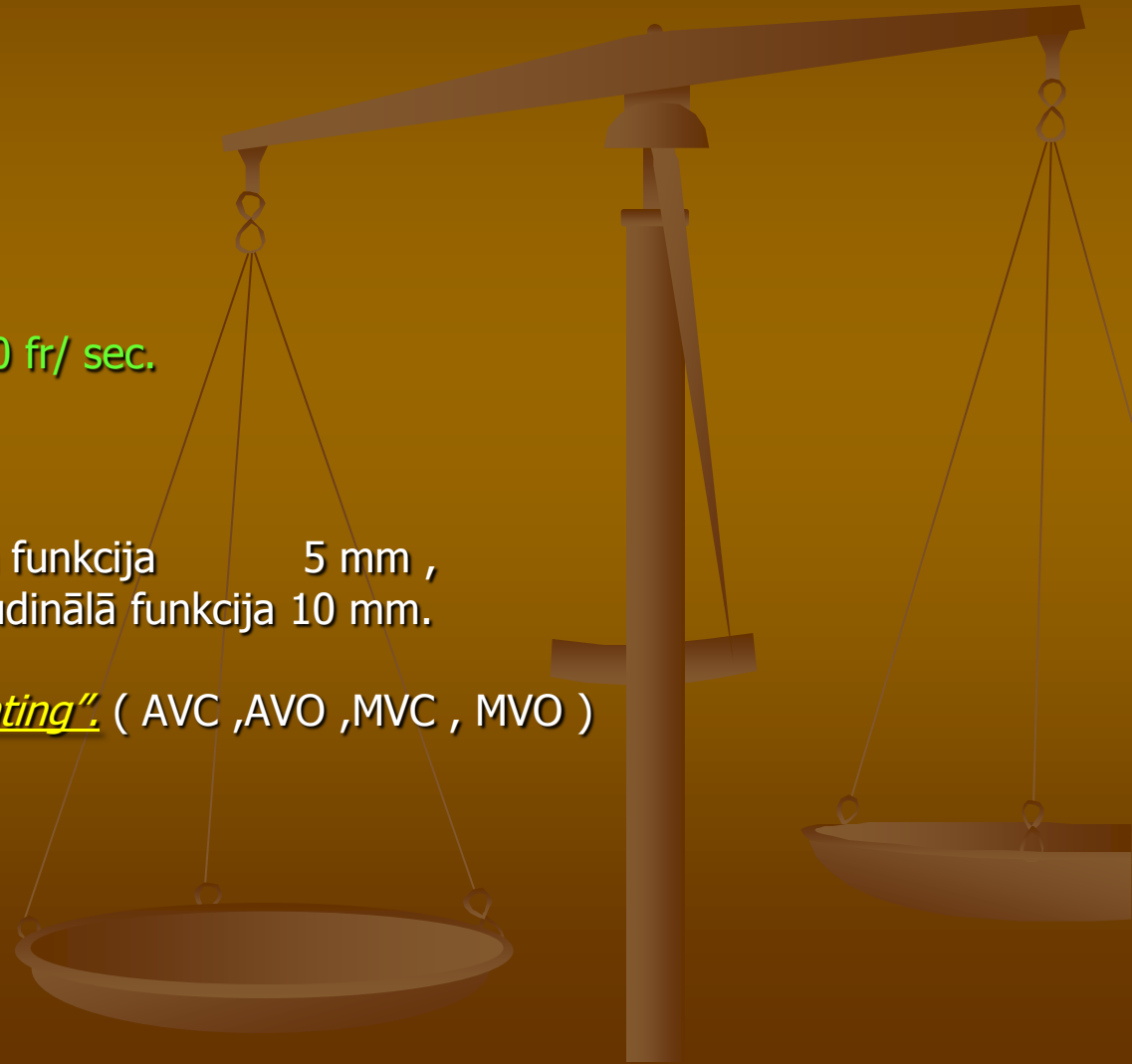
$$SR = \frac{v_{p_1} - v_{p_2}}{d_{p_1,p_2}}$$

$$S = e^{\left(\int \frac{v_{p_1} - v_{p_2}}{d_{p_1,p_2}} dt \right)} - 1$$

Ātrums (Velocity) ► Deformācijas ātrums (SR, s⁻¹) ► Deformācija (S%)

■ **Tehniskās prasības S un SR:**

1. S , SR funkcija (eho-mašīnai).
2. Labs ultraskaņas logs. **Skenēšanas sektora leņķis ap 30° !!!**
3. EKG !!!
4. Skenēšanas leņķis : **0°-15°.**
5. Jāieraksta 3 kardiocikli.
6. Frame rate : **200-500 fr/ sec.**
7. Jāpārbauda ar PW.
8. "Parauga laukums" : radiālā funkcija 5 mm ,
longitudinālā funkcija 10 mm.
9. Obligāti atzīmēt **"time eventing"**. (AVC ,AVO ,MVC , MVO)

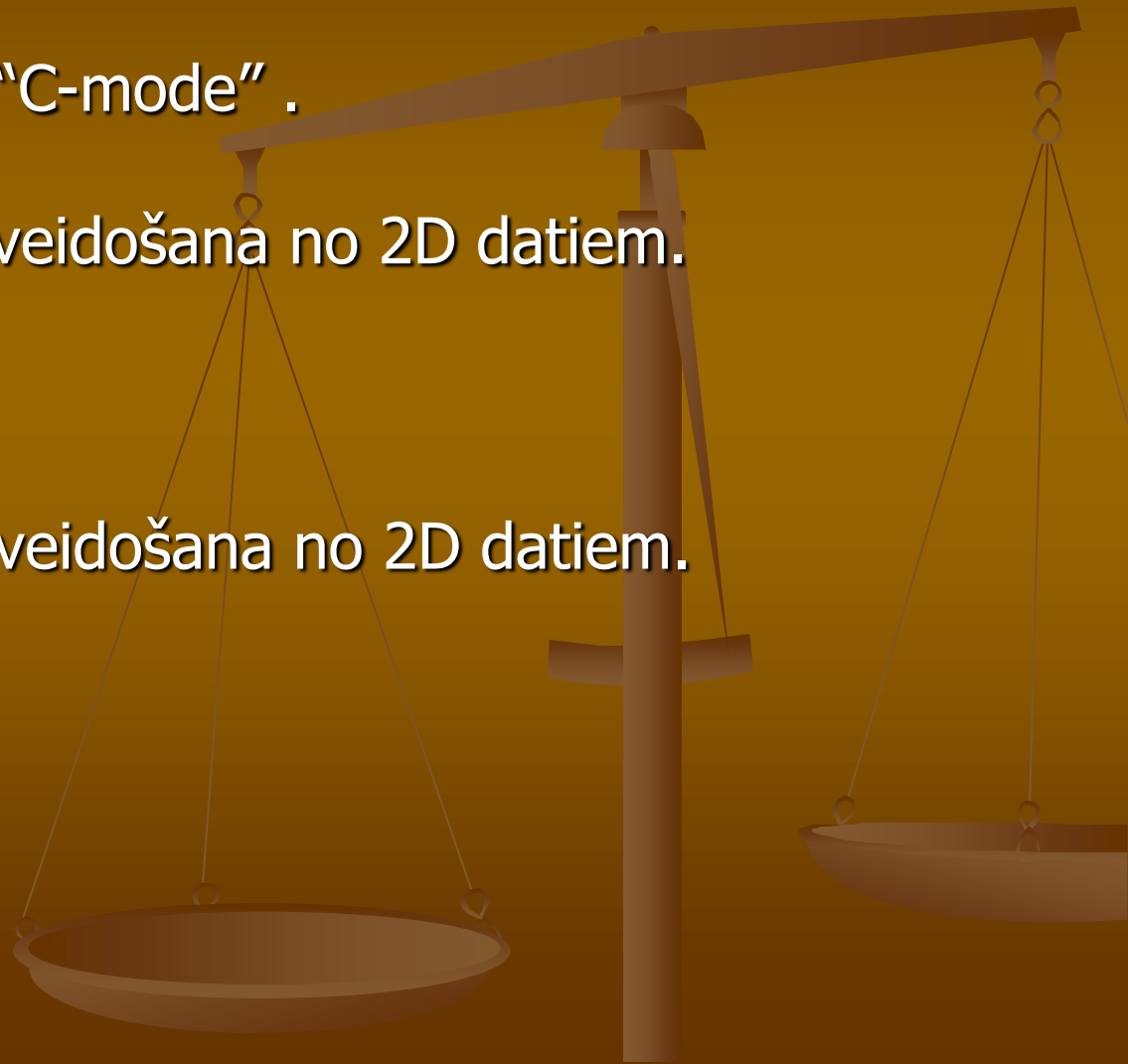


- Strain rate ("vizualizācija"):

- a. 2D reālajā laikā .
- b. Curved M-mode "C-mode" .
- c. Grafiska attēla izveidošana no 2D datiem.

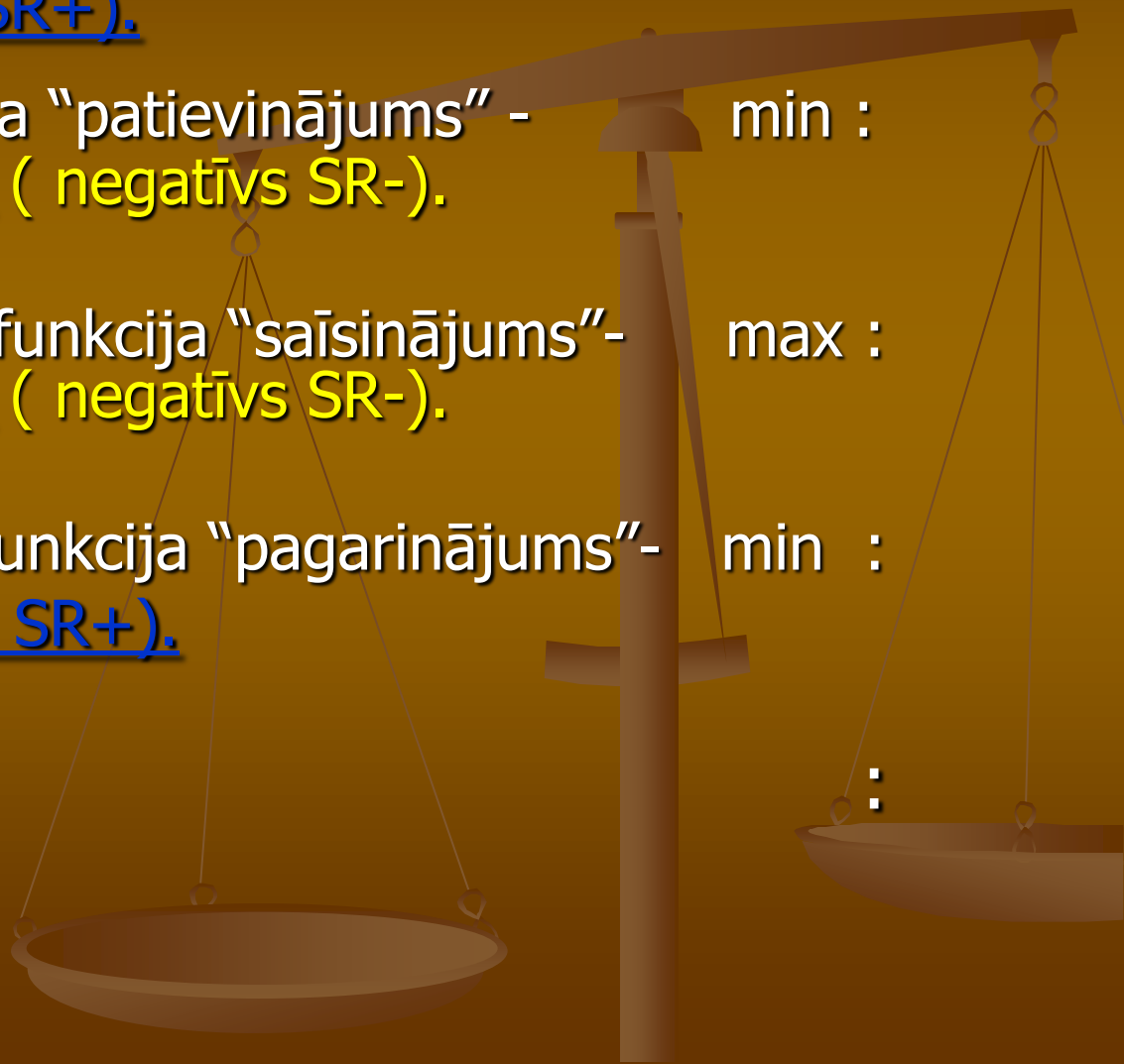
- Strain (ϵ) :

- a. Grafiska attēla izveidošana no 2D datiem.

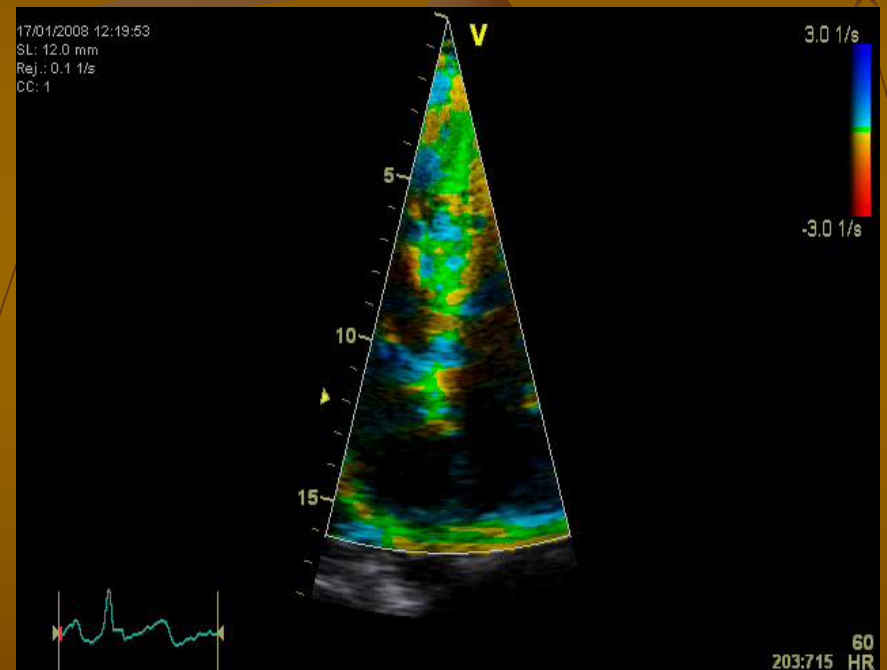
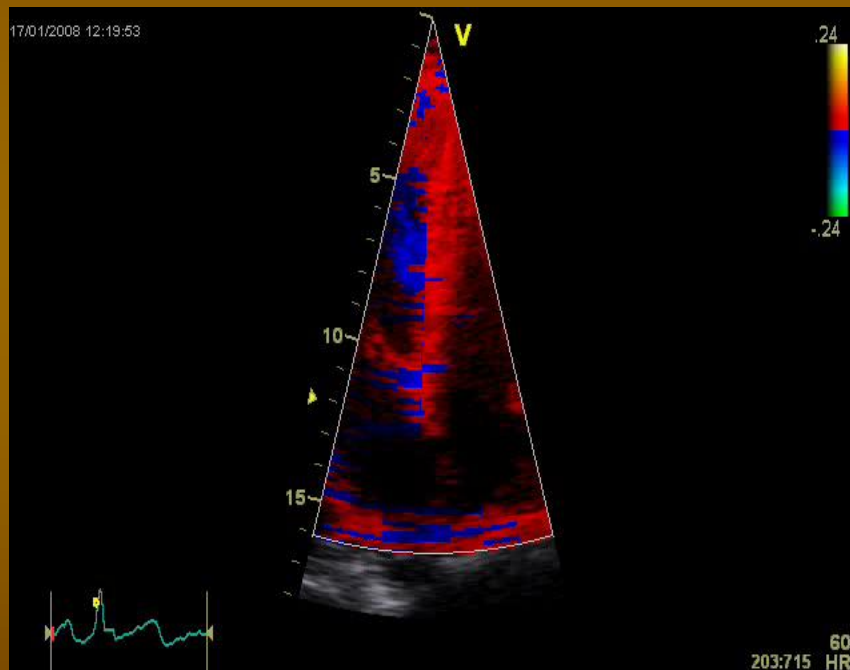


SR Krāsu kodēšana “colour-coded”:

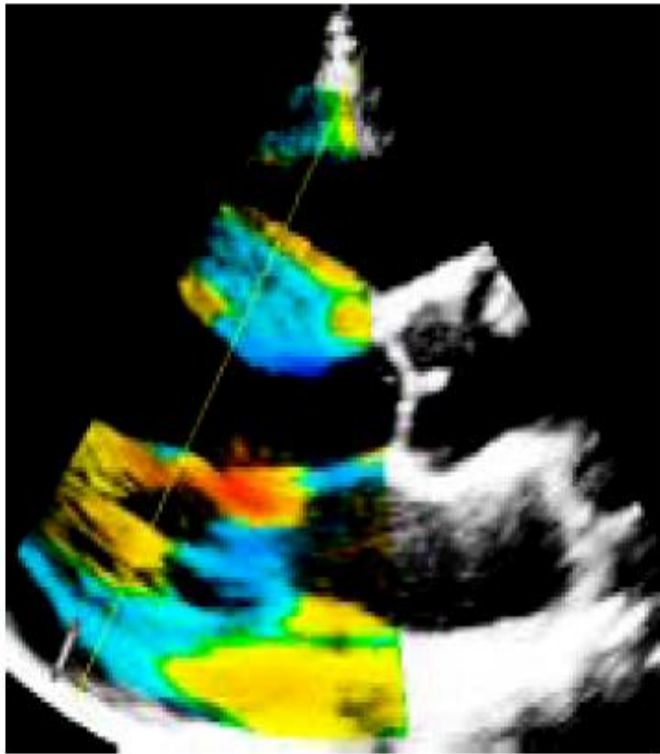
- radiālā funkcija “paresninājums”- max :
GAIŠI ZILS (pozitīvs SR+).
- radiālā funkcija “patievinājums” - min :
SARKANS-DZELTENS (negatīvs SR-).
- longitudinālā funkcija “saīsinājums”- max :
SARKANS-DZELTENS (negatīvs SR-).
- longitudinālā funkcija “pagarinājums”- min :
GAIŠI ZILS (pozitīvs SR+).
- SR nav
ZALŠ (0).



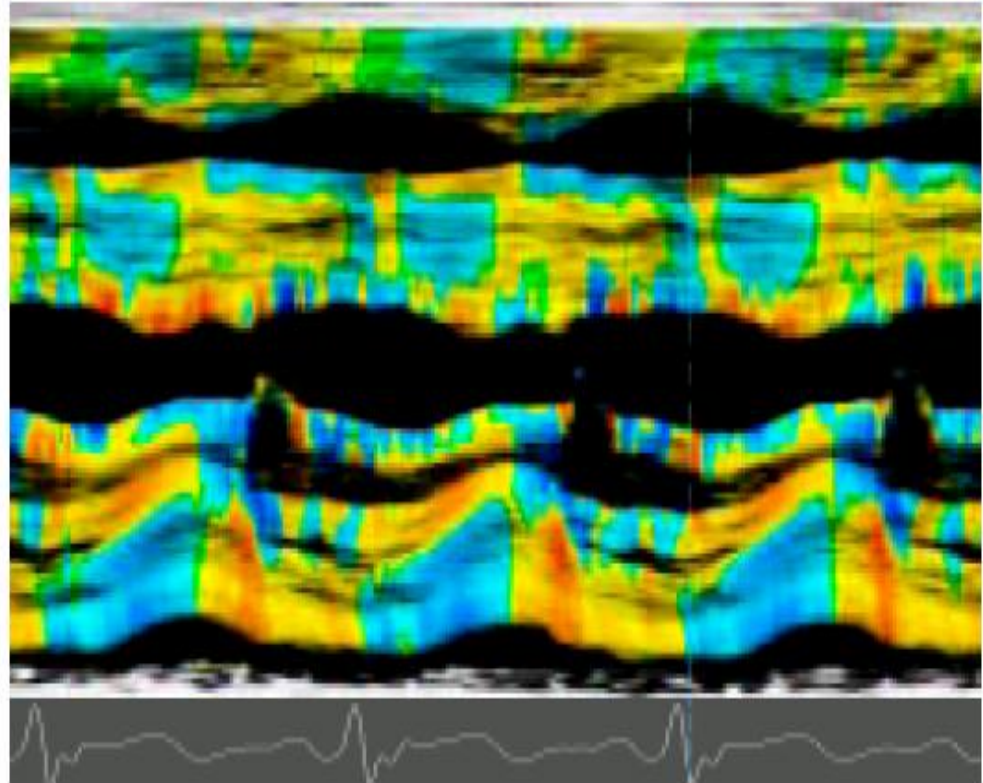
SEPTUM-LONGITTUDINĀLĀ FUNKCIJA , ĀTRUMS un SR (reālajā laikā).



- 2D reālajā laikā un M-režims **SR:**

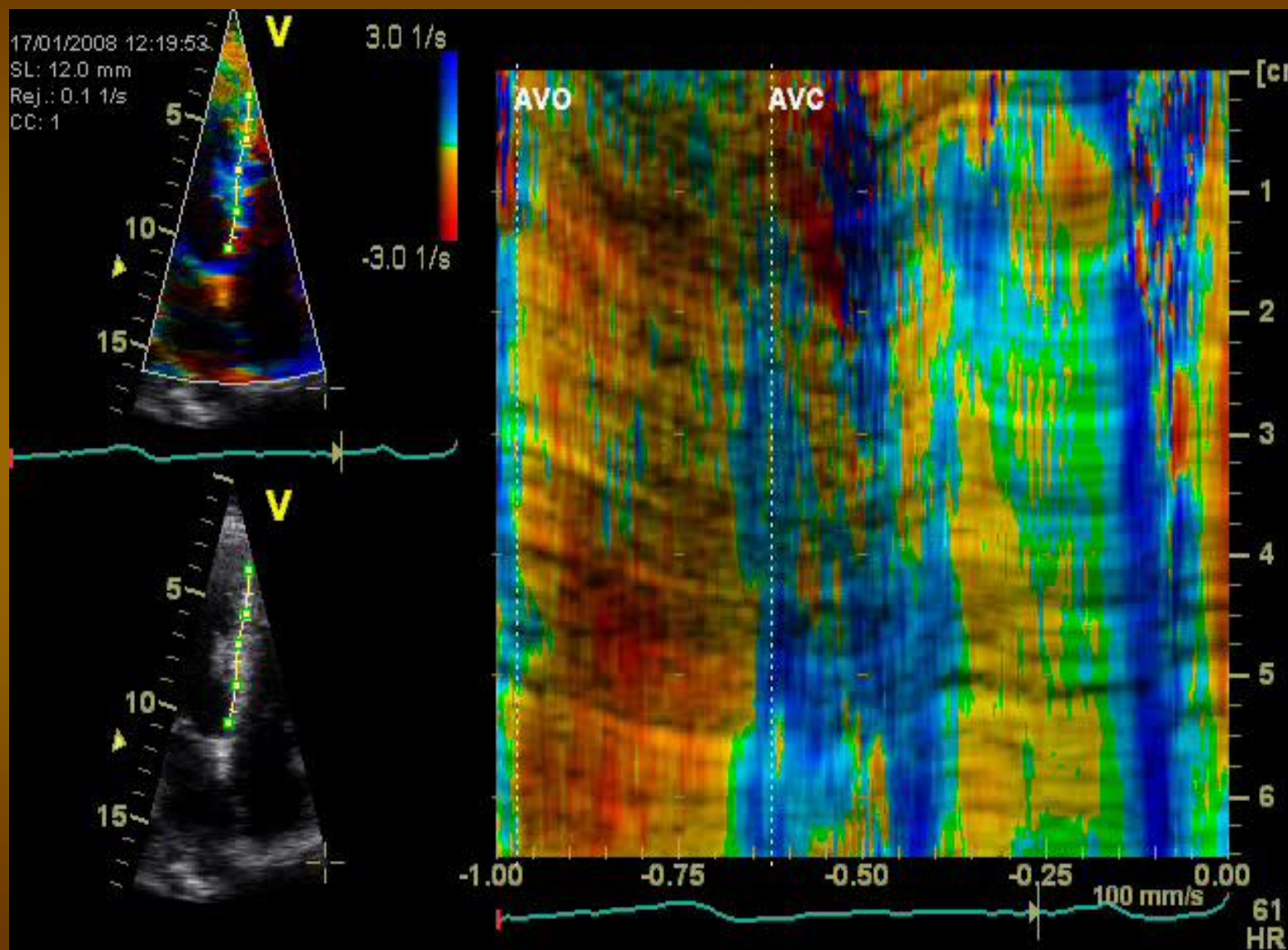


2D



M-mode

Curved M-mode režīms SR:



■ Curved M-mode režīms SR:

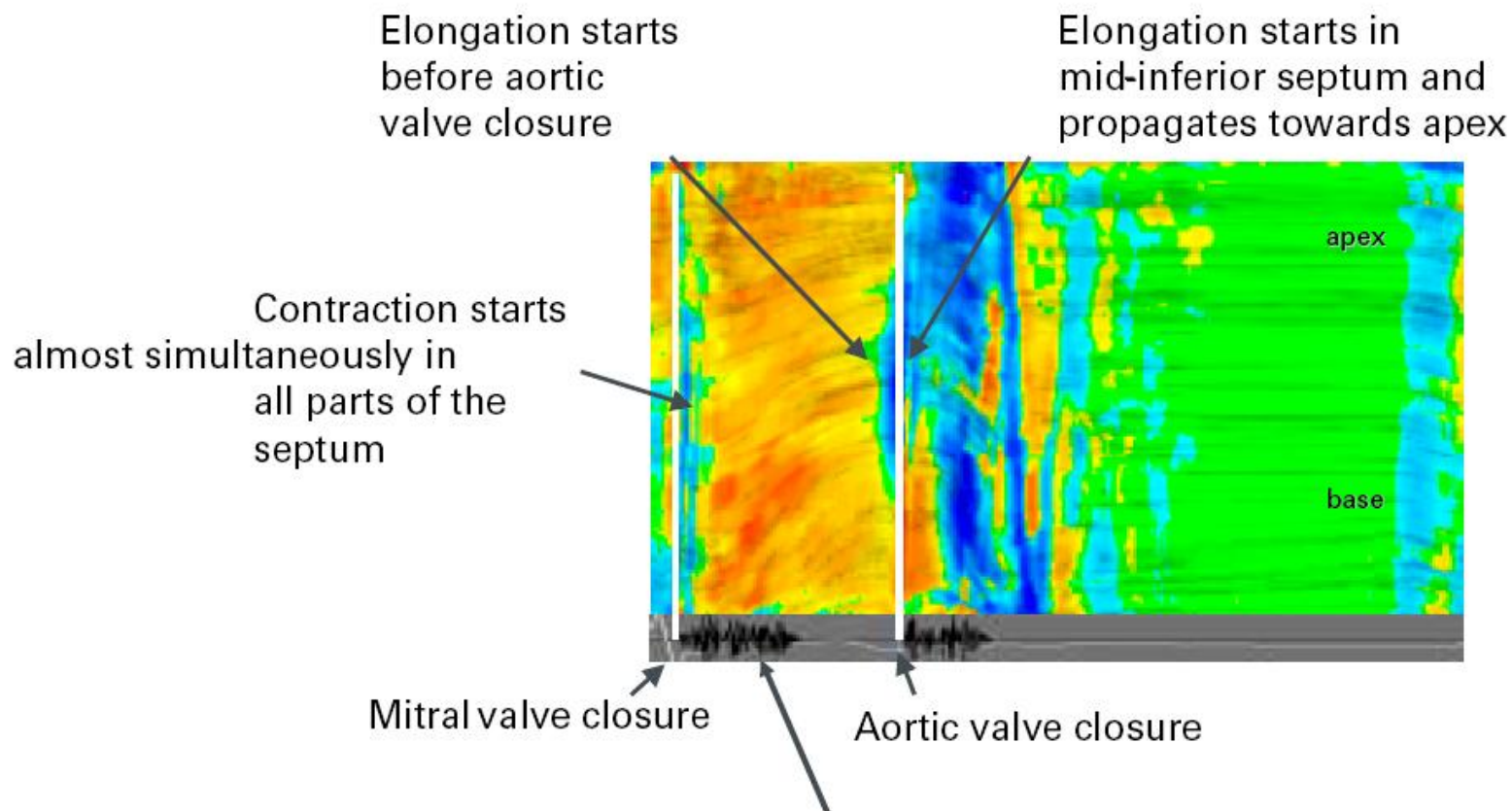
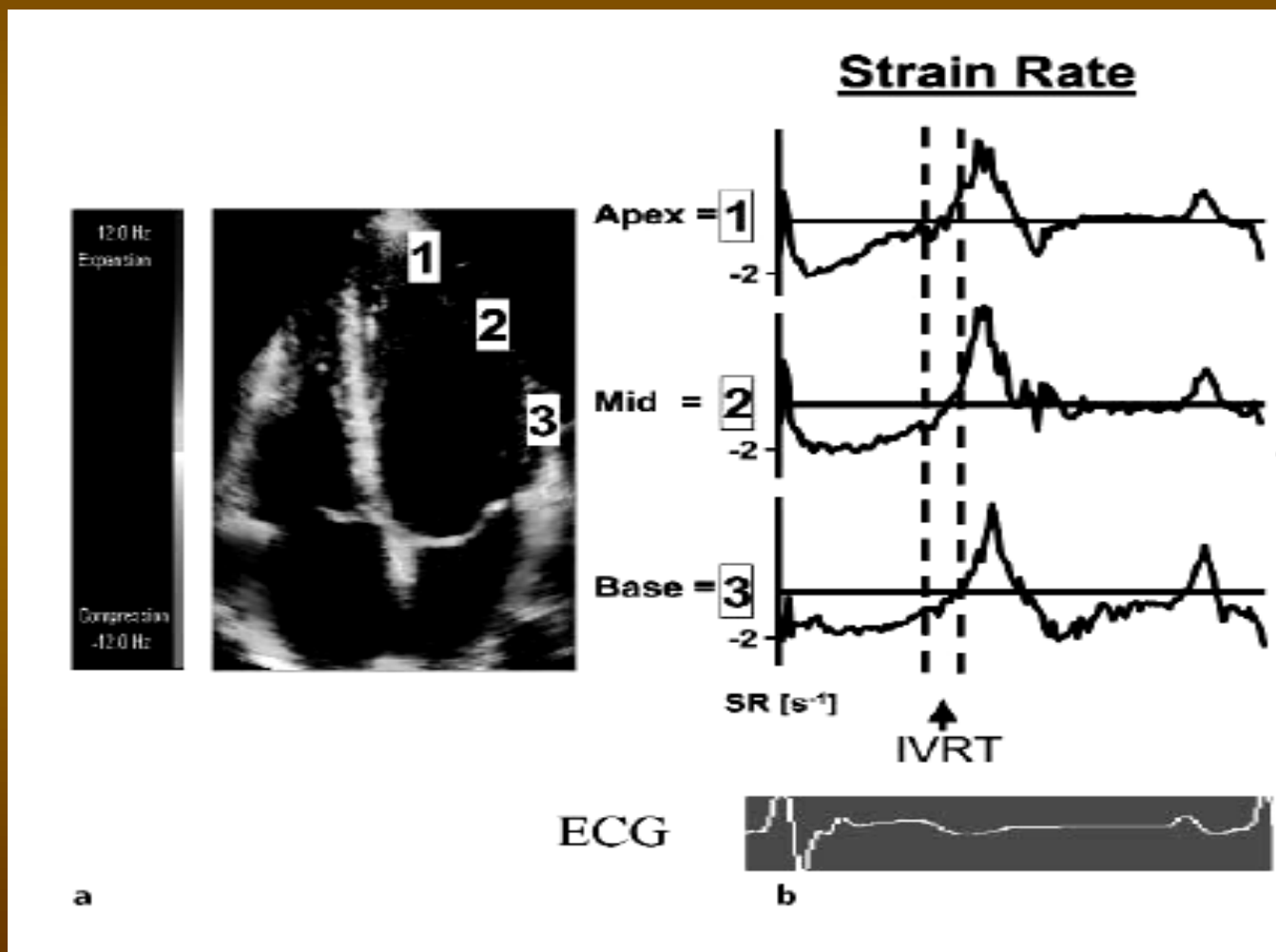
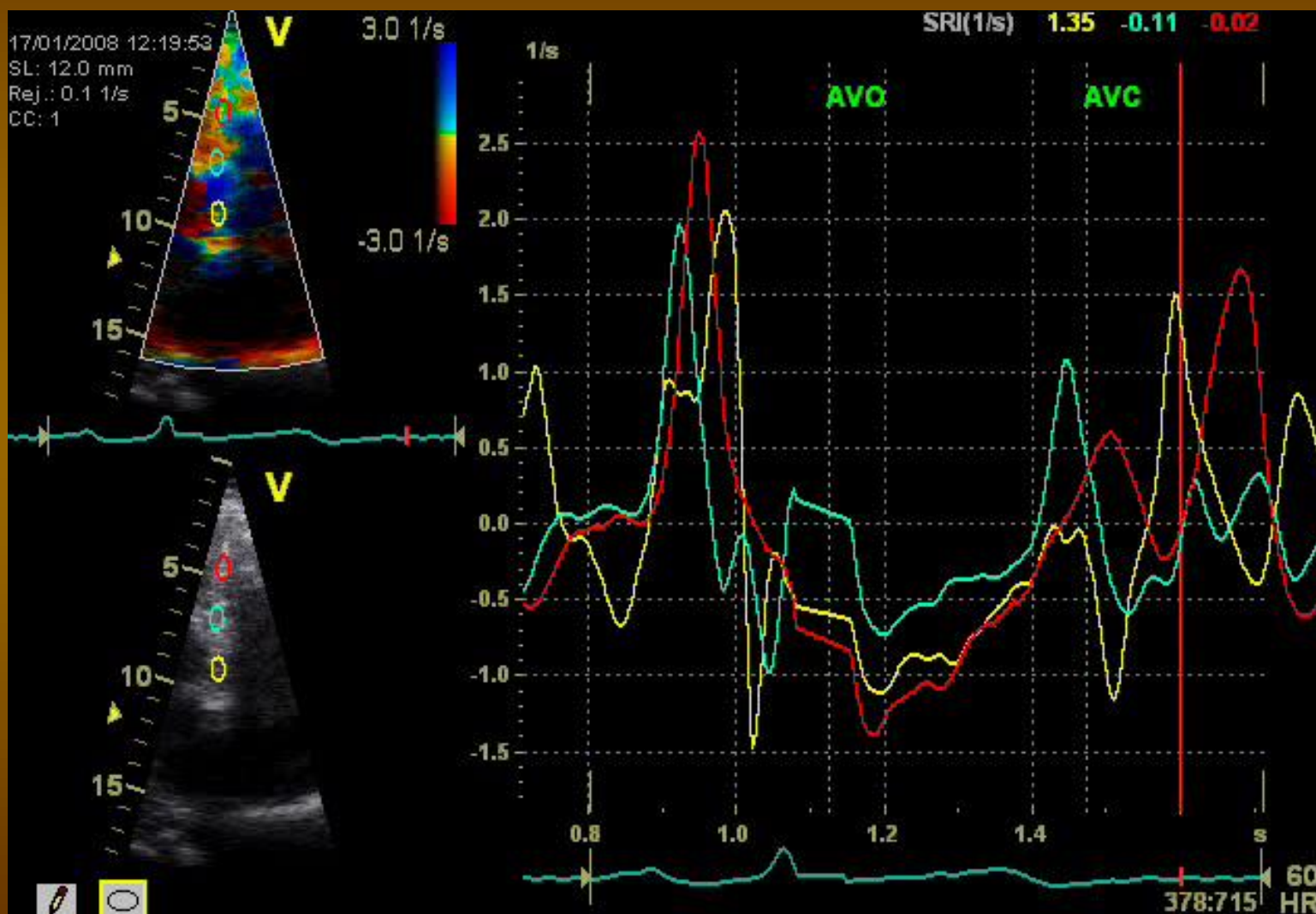


Figure 4.30: A normal base-apex C-mode display of longitudinal strain rate recorded from the ventricular septum at 323 frames per second. Such high acquisition frame rates may be necessary to resolve regional strain rate curves

SR līkne :

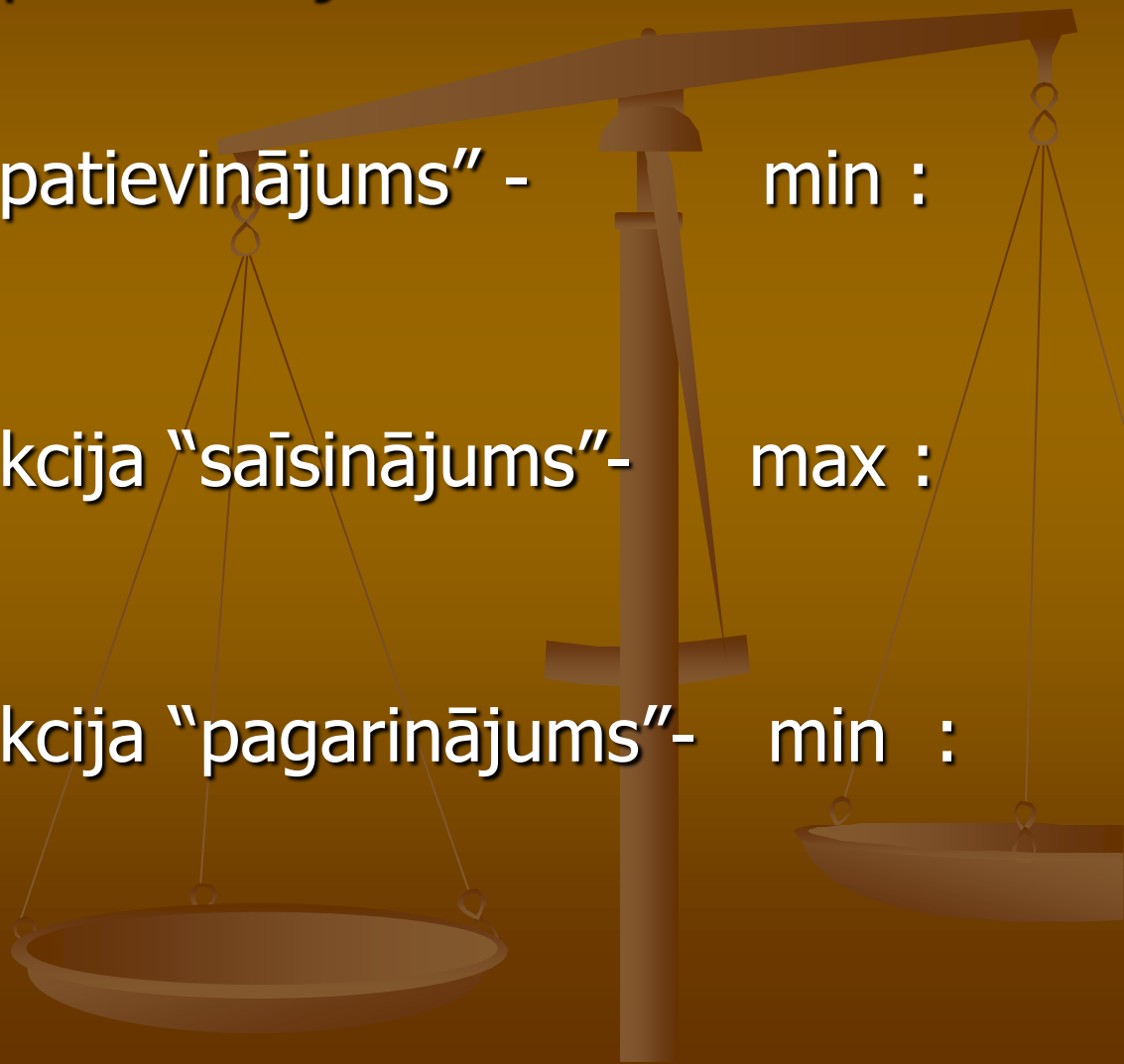


SR līkne :

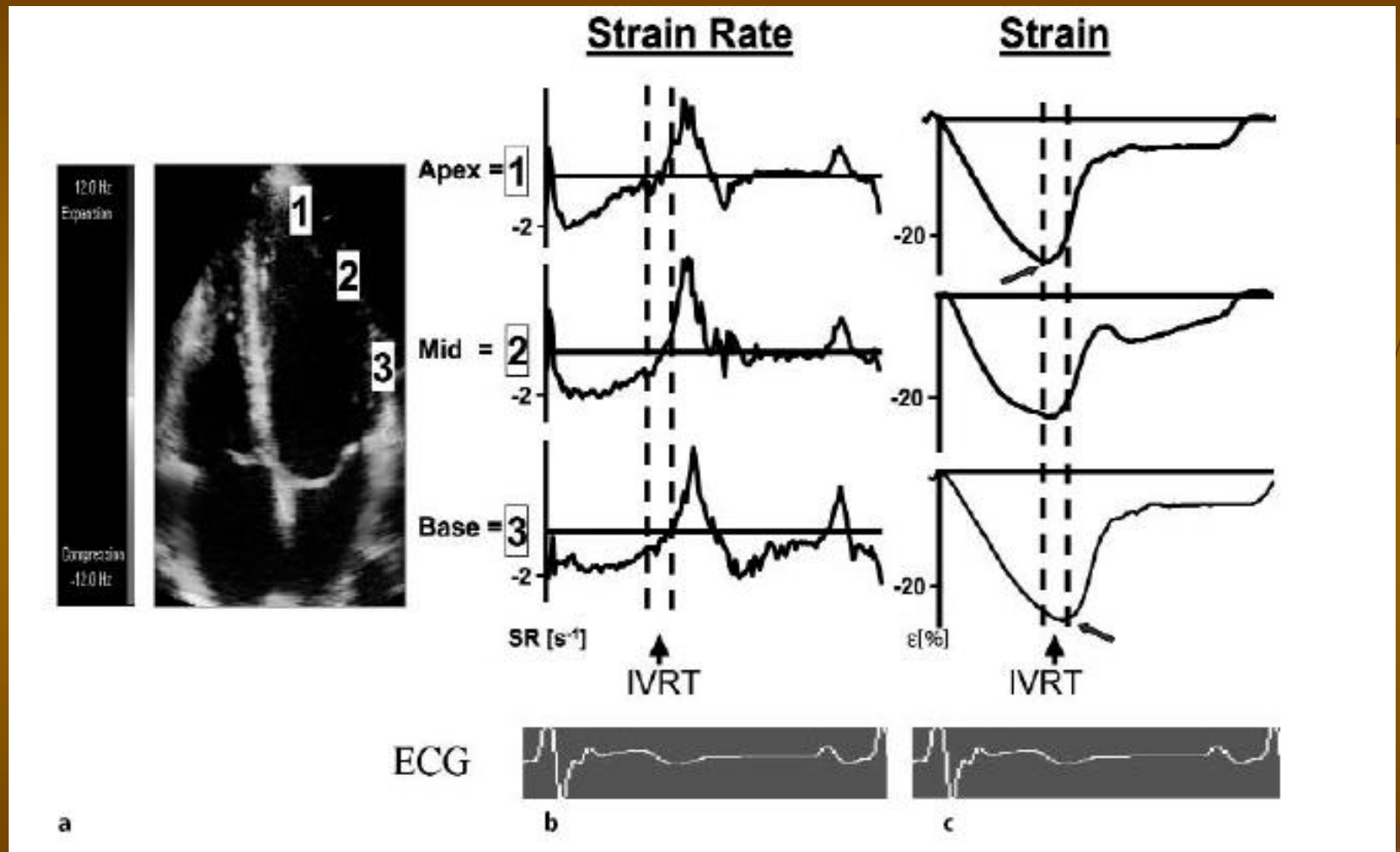


Strain (ϵ)

- radiālā funkcija “paresninājums”- max :
pozitīvs $S +$.
- radiālā funkcija “patievinājums” - min :
negatīvs $S -$.
- longitudinālā funkcija “saīsinājums”- max :
negatīvs $S -$.
- longitudinālā funkcija “pagarinājums”- min :
pozitīvs $S +$.

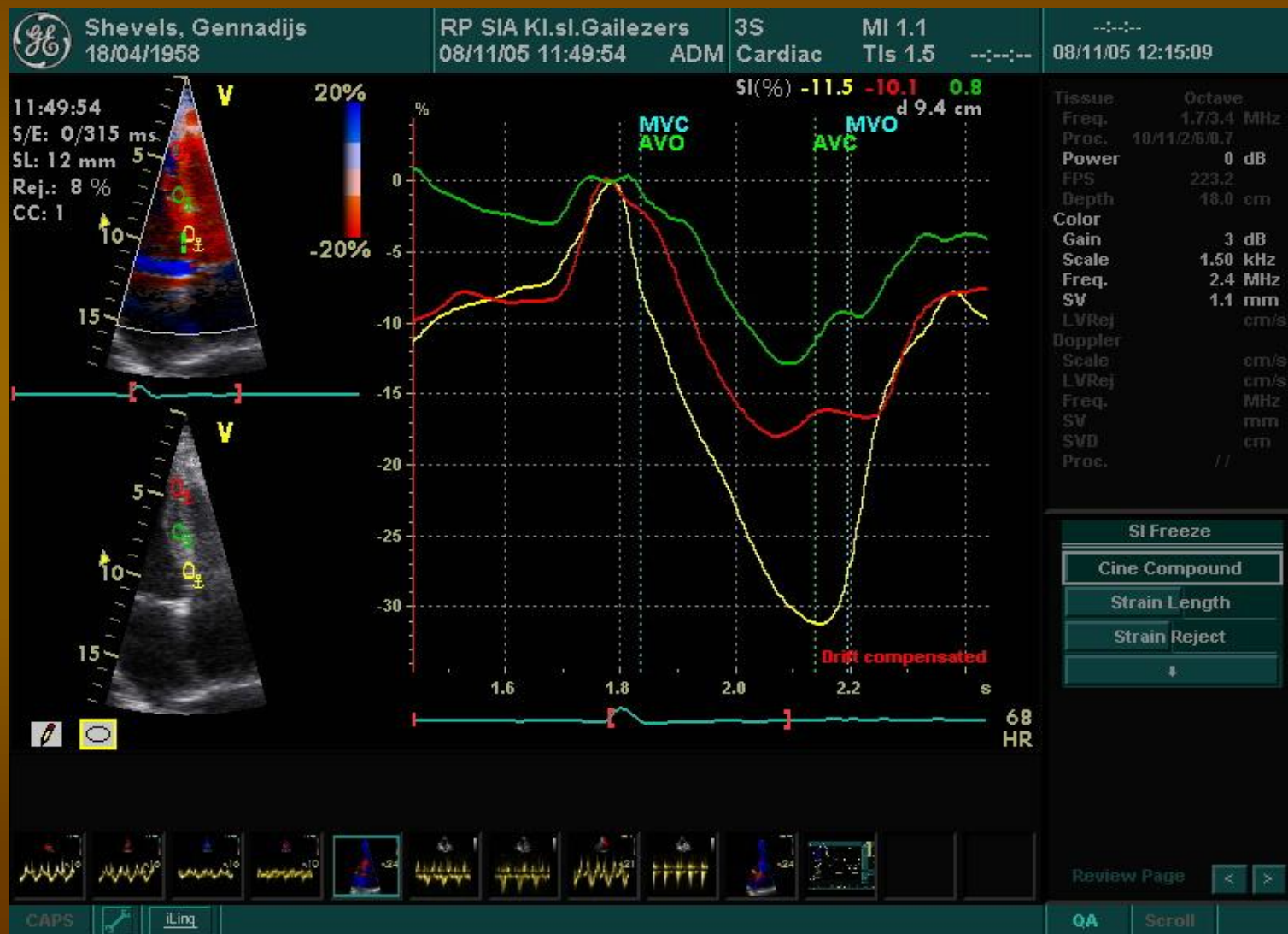


■ **S(ϵ)** līkne :



Longitudinālā funkcija KK.

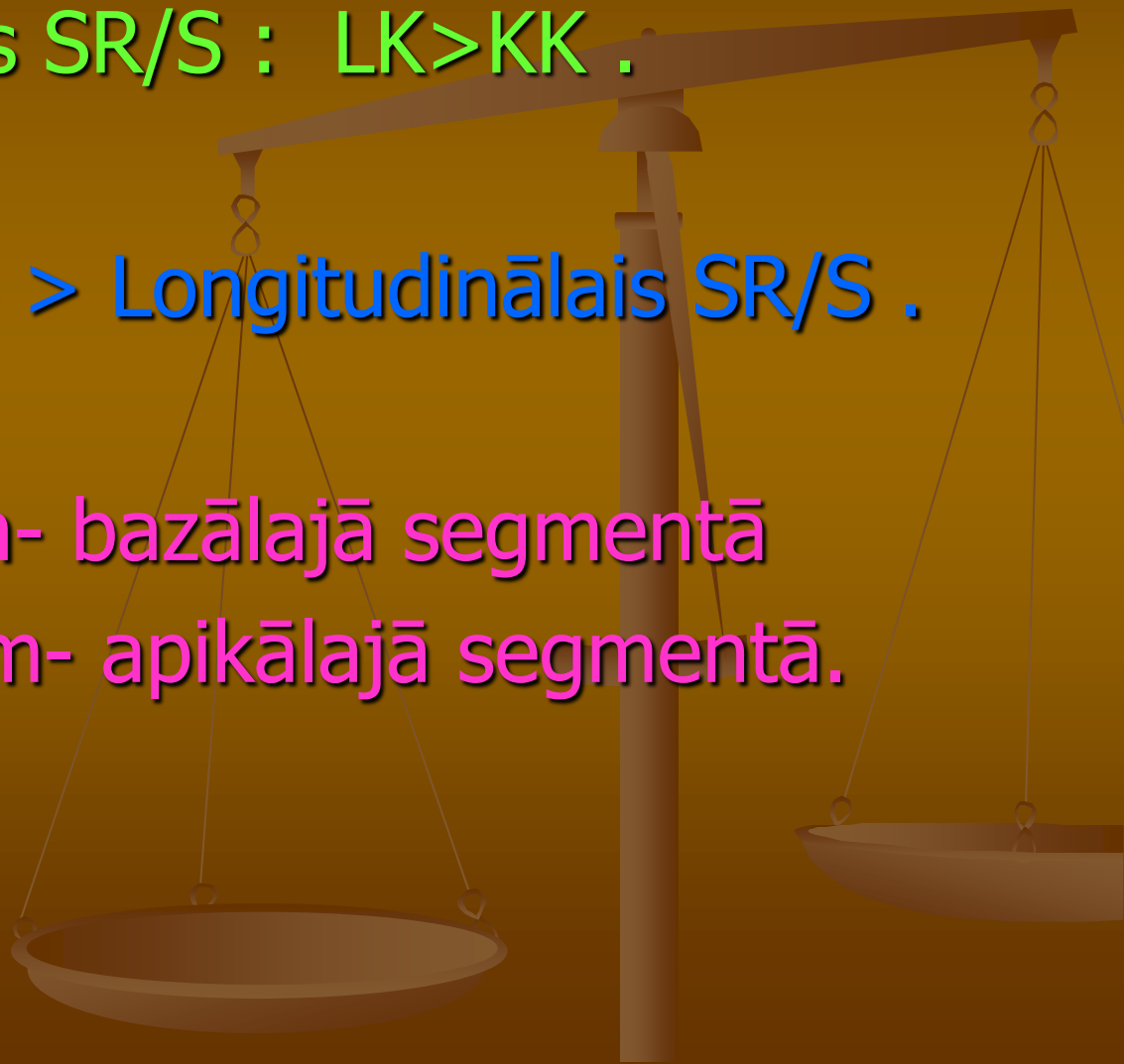
S (ε) longitudinālā funkcija (KK ,septum,norma)

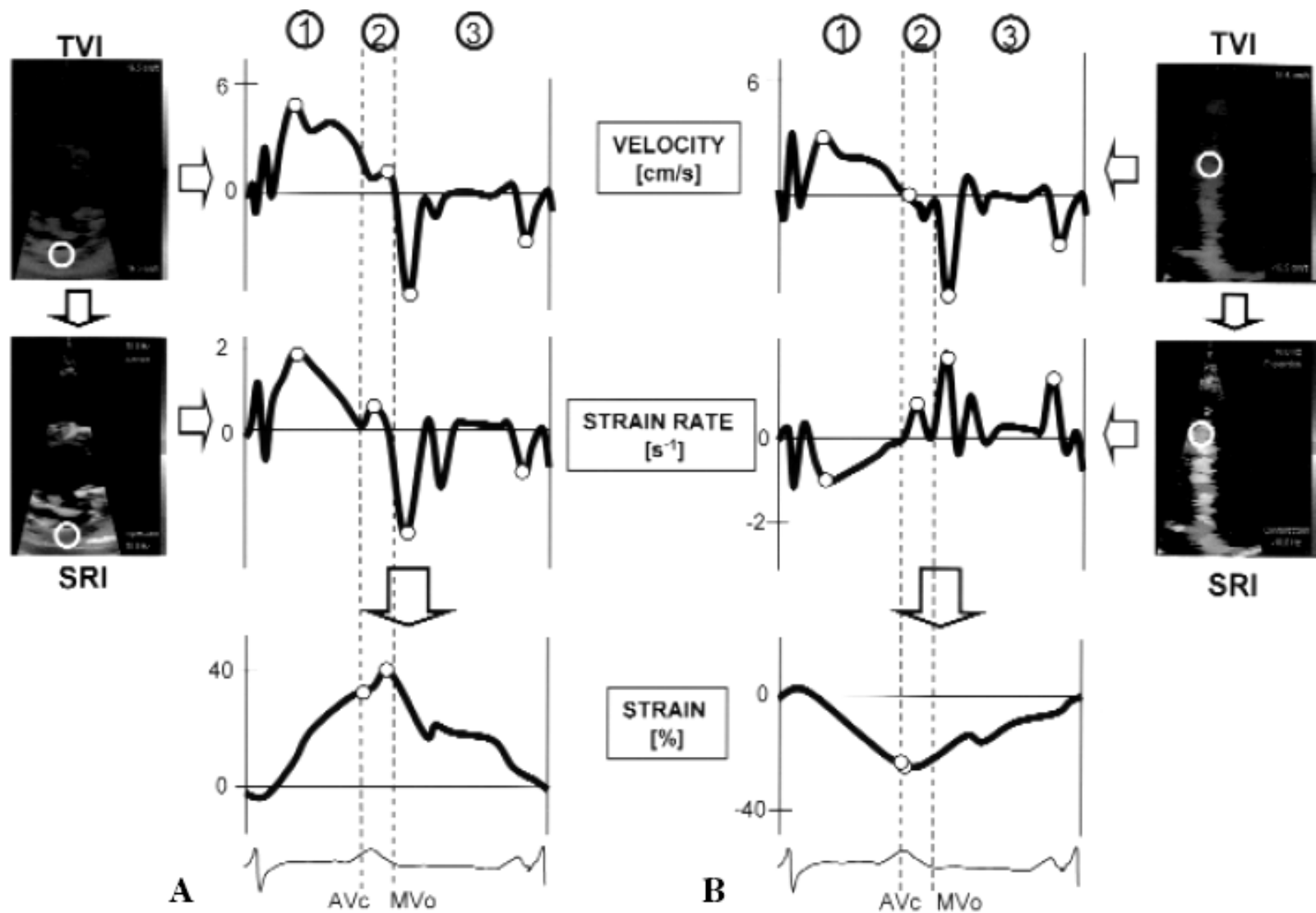


NB !

NORMA

1. Longitudinālais SR/S : $LK > KK$.
2. Radiālais SR/S > Longitudinālais SR/S .
3. SR/S minimum- bazālajā segmentā
maximum- apikālajā segmentā.





R

L

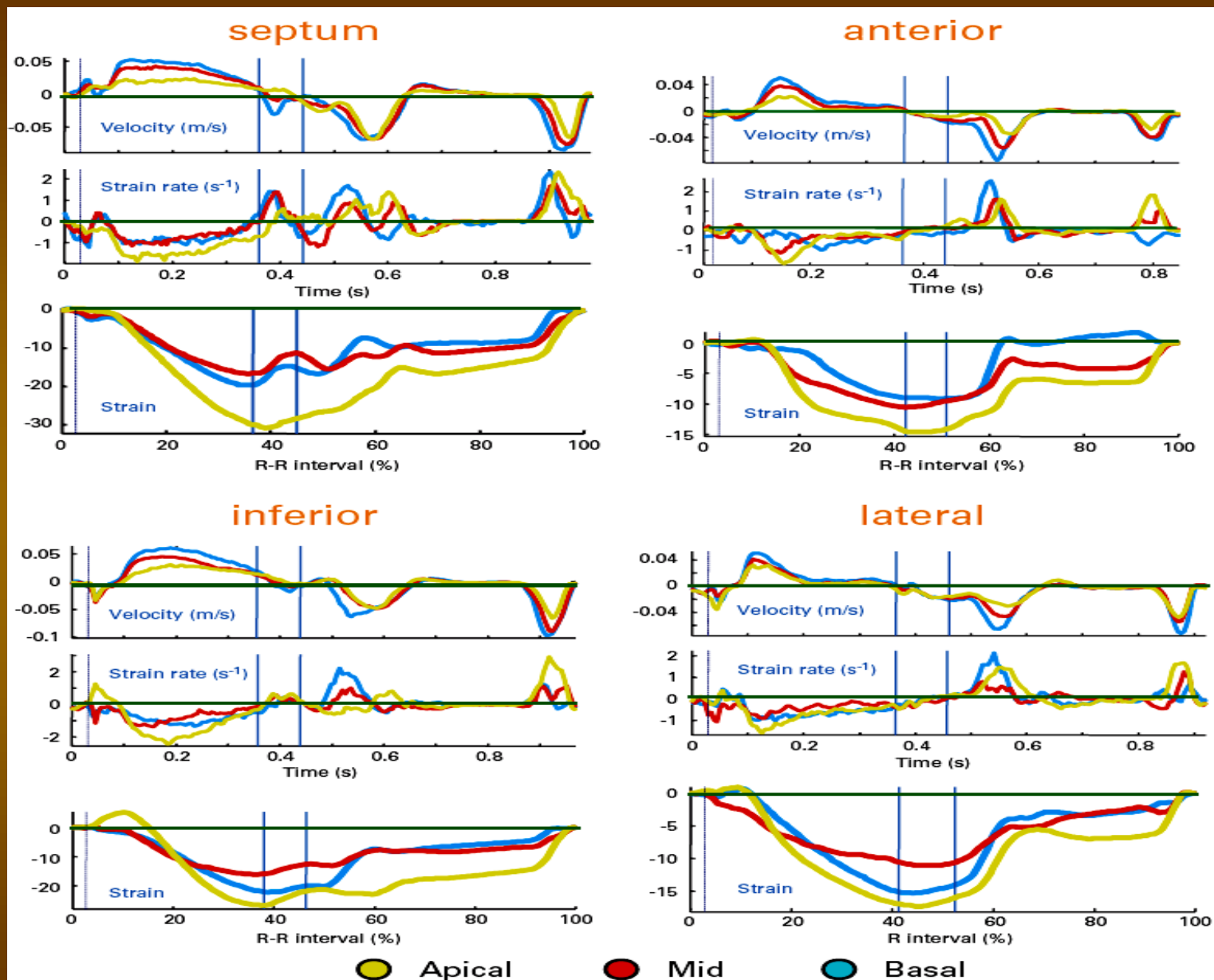
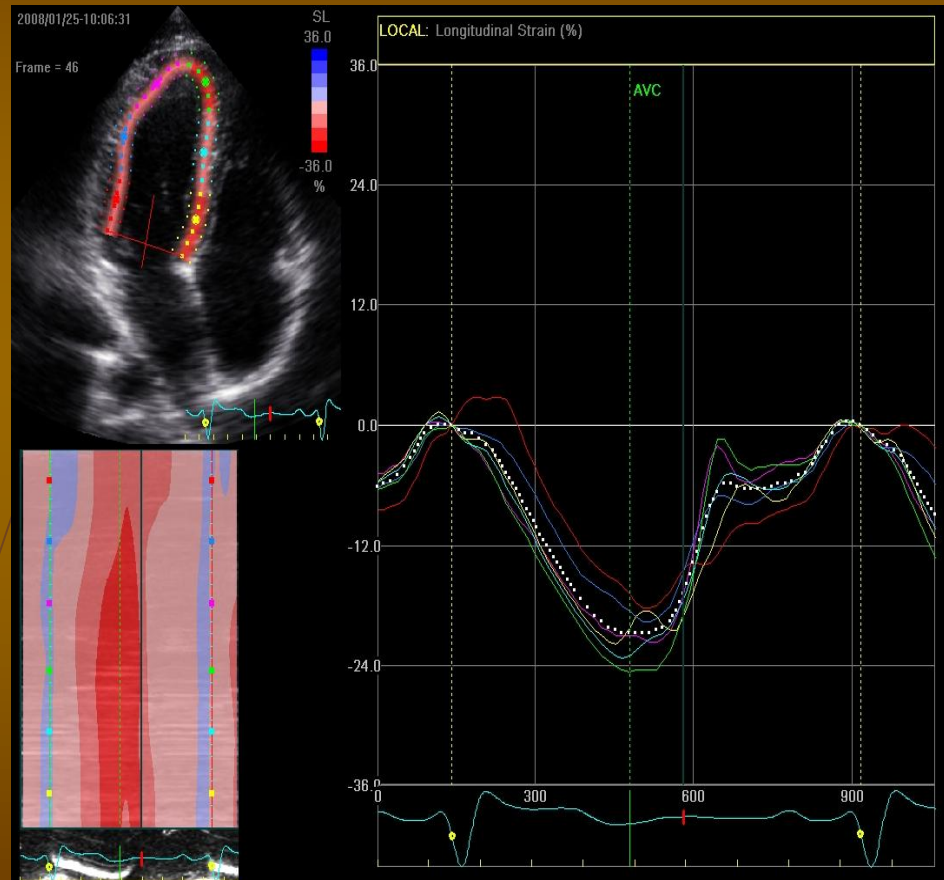
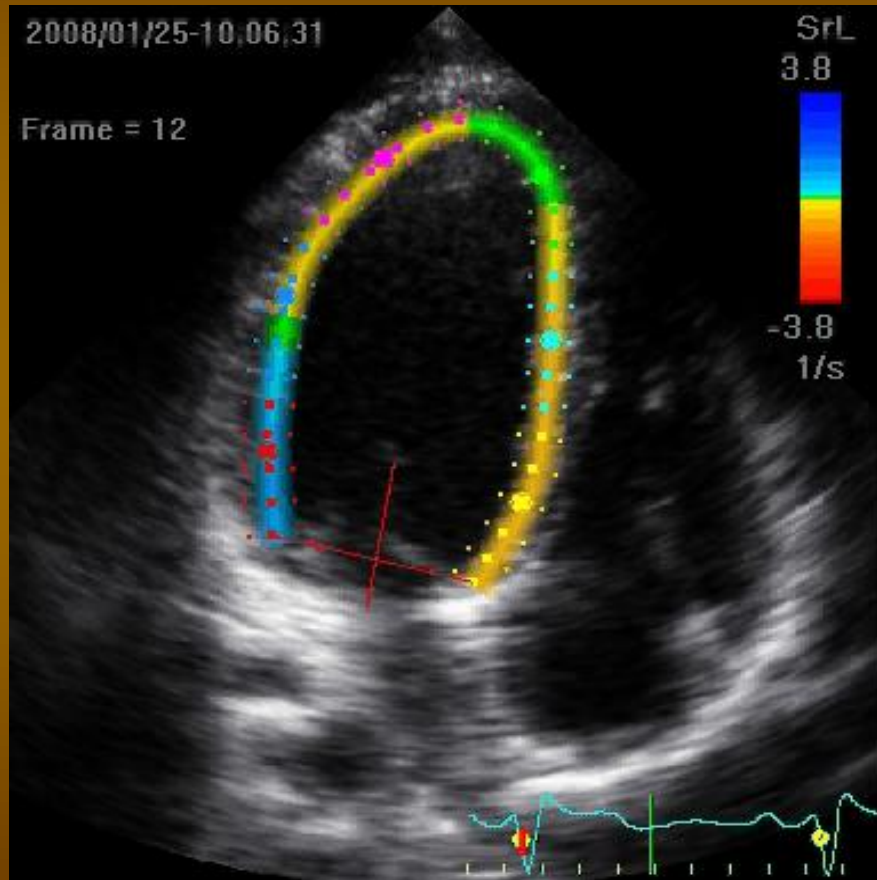


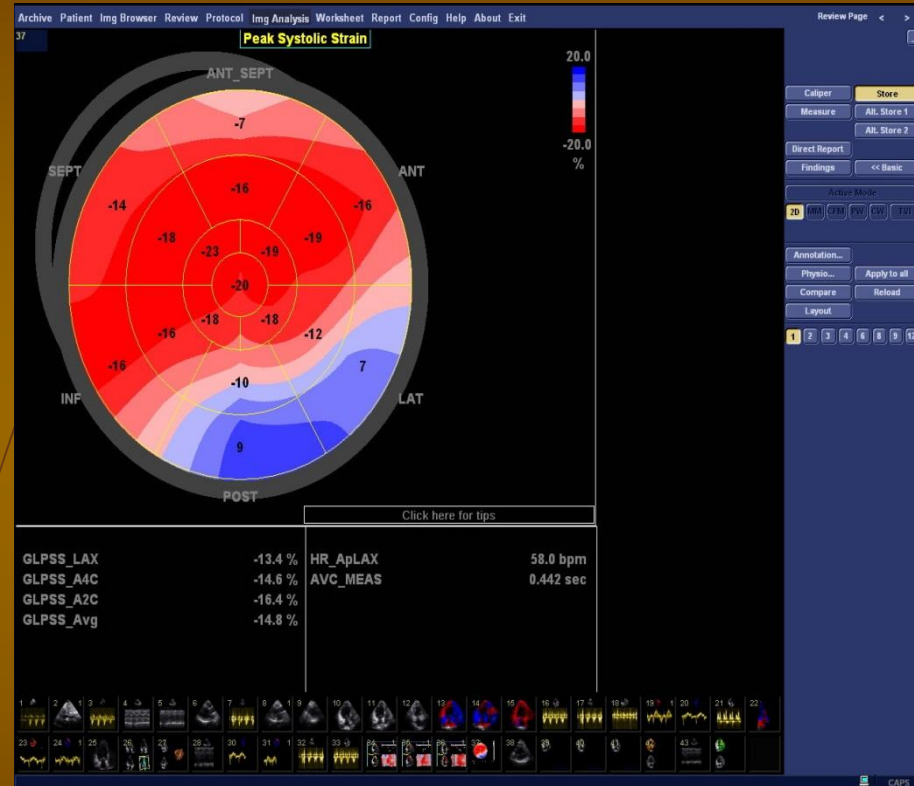
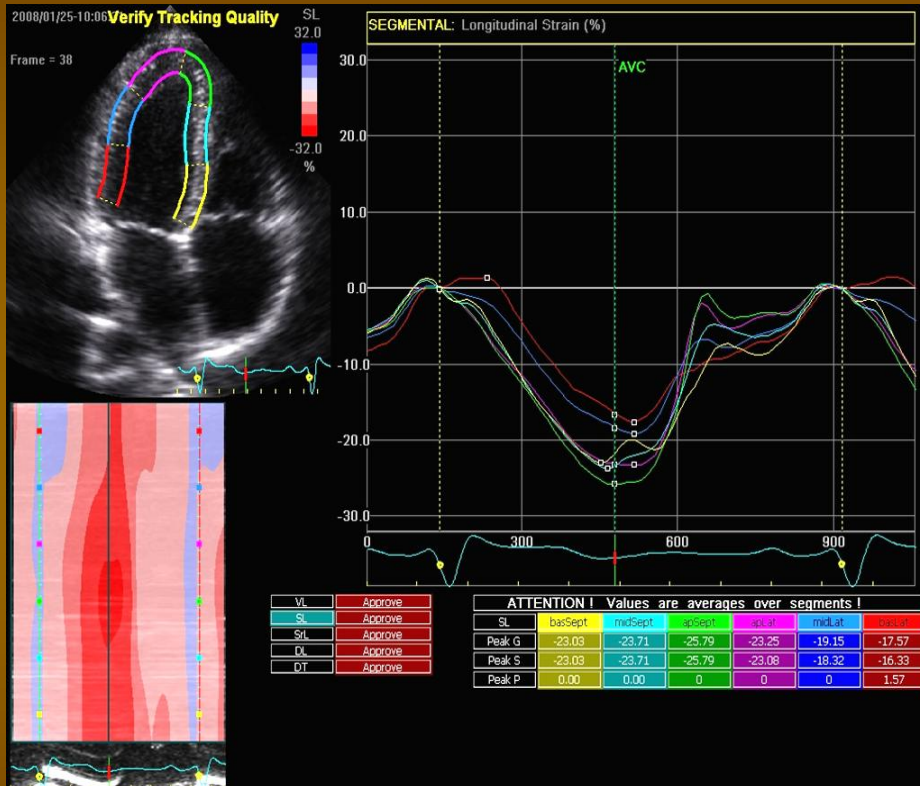
Table 3. Longitudinal systolic function of the left and right ventricle estimated by maximal systolic velocity, SR and strain (mean $\pm$ SD)

Views	Myocardial walls	Segments	Velocity (cm/s)	SR (s ⁻¹)	ϵ (%)
Apical 4CH	septum	basal	5.69 $\pm$ 1.58*	1.51 $\pm$ 0.35	21 $\pm$ 5
		mid-	4.27 $\pm$ 1.06	1.49 $\pm$ 0.35	21 $\pm$ 5
		apical	3.06 $\pm$ 1.0	1.55 $\pm$ 0.30	23 $\pm$ 4
	lateral LV	basal	8.66 $\pm$ 2.40 [†]	1.19 $\pm$ 0.26 [‡]	13 $\pm$ 4 [‡]
		mid-	7.90 $\pm$ 2.42	1.12 $\pm$ 0.28 [‡]	14 $\pm$ 4 [‡]
		apical	7.09 $\pm$ 2.44	1.25 $\pm$ 0.39 [‡]	15 $\pm$ 5 [‡]
	lateral RV	basal	9.72 $\pm$ 2.26 [†]	1.50 $\pm$ 0.41 [†]	19 $\pm$ 6*
		mid-	8.65 $\pm$ 2.31	1.72 $\pm$ 0.27	27 $\pm$ 6
		apical	6.60 $\pm$ 2.05	2.04 $\pm$ 0.41	32 $\pm$ 6
Apical 3CH	posterior LV	basal	6.39 $\pm$ 1.08*	1.17 $\pm$ 0.33	15 $\pm$ 5
		mid-	5.42 $\pm$ 1.21	1.23 $\pm$ 0.33	16 $\pm$ 5
		apical	4.17 $\pm$ 1.43	1.24 $\pm$ 0.31	18 $\pm$ 5
Apical 2CH	anterior LV	basal	7.73 $\pm$ 1.97 [†]	1.50 $\pm$ 0.44	17 $\pm$ 6
		mid-	6.28 $\pm$ 2.19	1.45 $\pm$ 0.54	17 $\pm$ 6
		apical	4.80 $\pm$ 2.46	1.51 $\pm$ 0.48	18 $\pm$ 6

■ 2 D strain : "grey scale" images.



■ 2 D strain : "grey scale" images.



S(ε) , **SR** , **2DS** klīniskā nozīme :

NB! -Papildus diagnostikas metode !!!

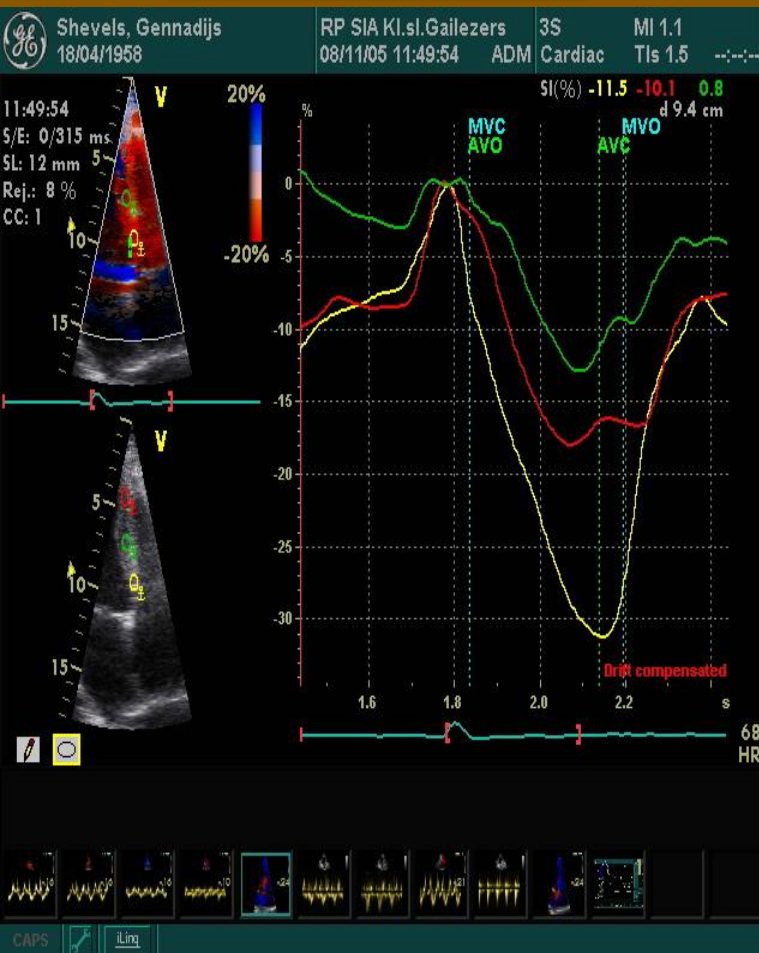
-Sistoliskās funkcijas novērošana dinamikā.

1. Segmentārā sistoliskā funkcija :

- pie hroniskas un akūtas išēmijas
- pēc revaskularizācijas
- slodzes testa laikā
- kardiomiopātiju izvērtēšanā.

2. **Sirds dissinhronijas kvantifikācija!!!**

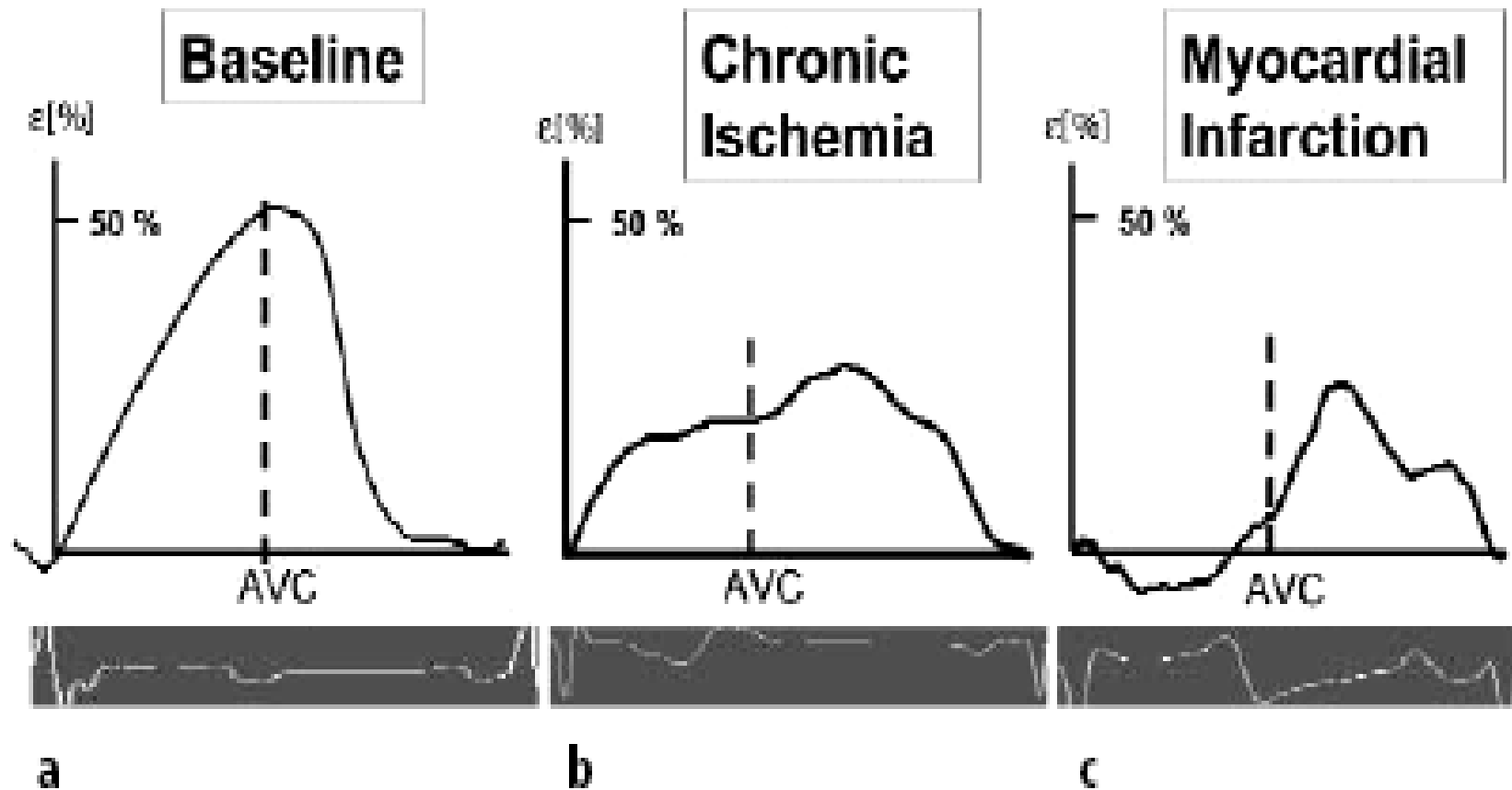
Long. S (ϵ) KK -norma



Long. S (ϵ) KK – post MI , apex aneirisma



Radiālā funkcija , mugurējās sienas bazālais segments.



KK starpsienas apikālā segmenta radiālā funkcija . LAD okluzija.

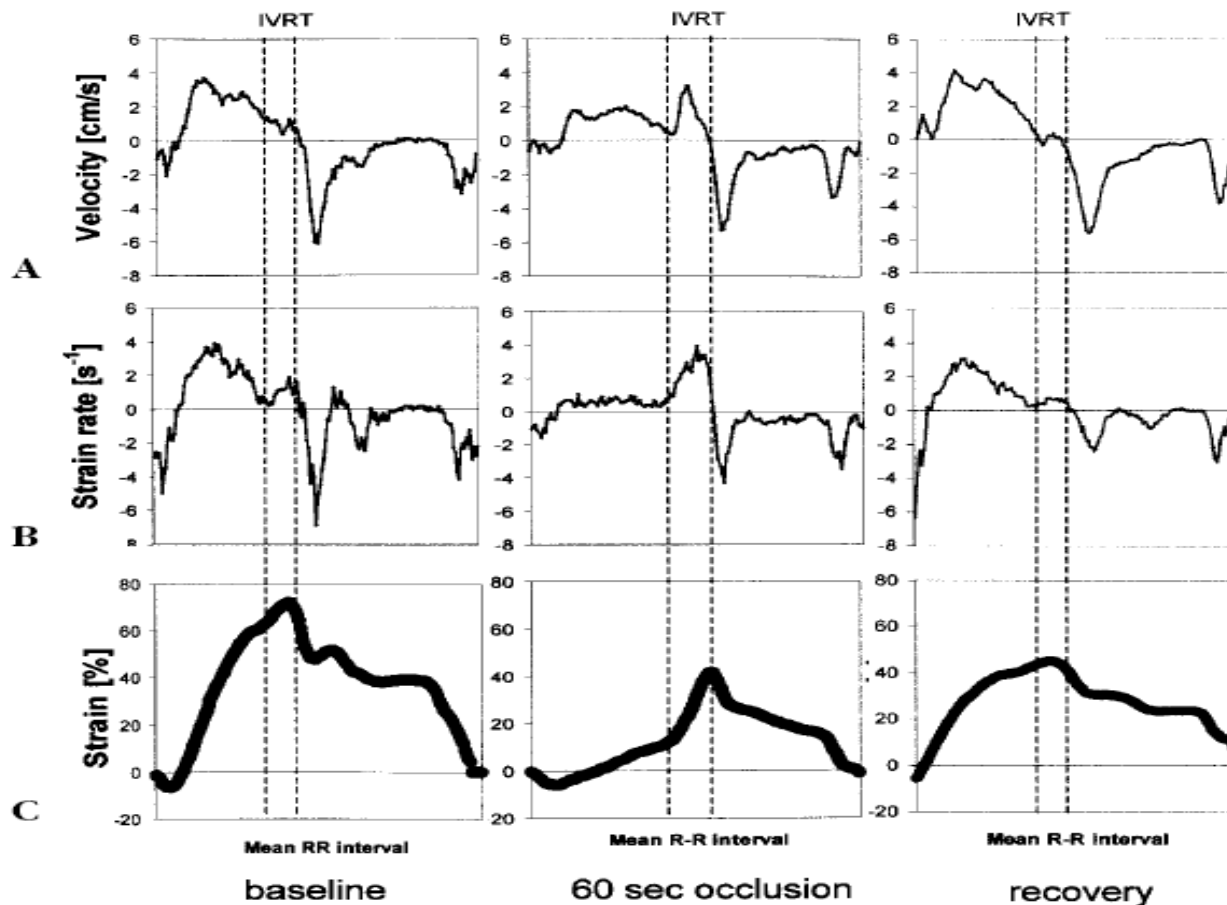
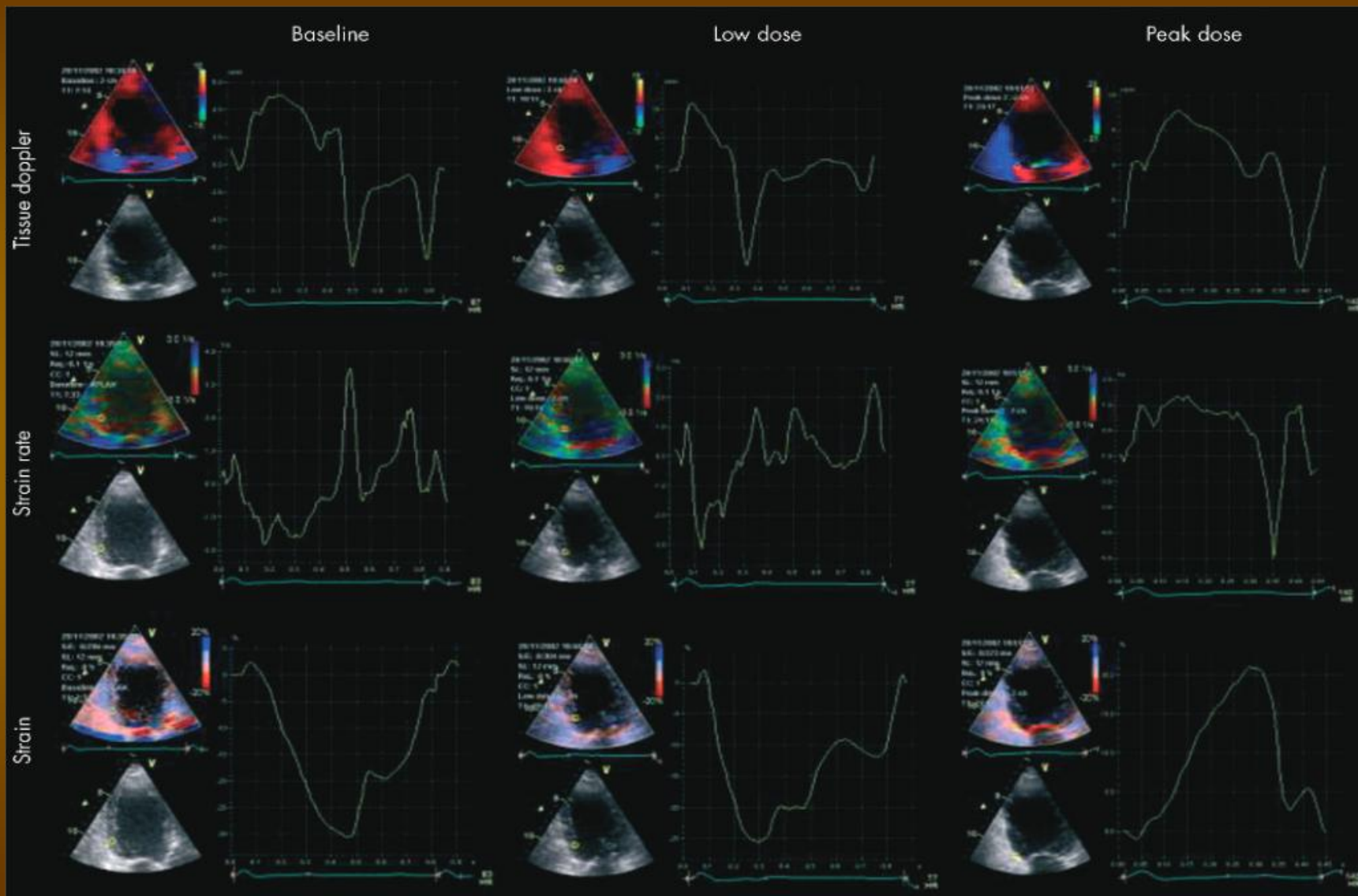


Figure 3 Postprocessed velocity, strain rate, and strain curves obtained from apical-septal “at-risk” segment (4-channel view, radial function) at baseline (A), during 30- to 60-second balloon occlusion of LAD (B), and immediately after balloon deflation (C).

Dobutamīna stress-test, KK apakšējās sienas bazālā segmenta longitudinālā funkcija .



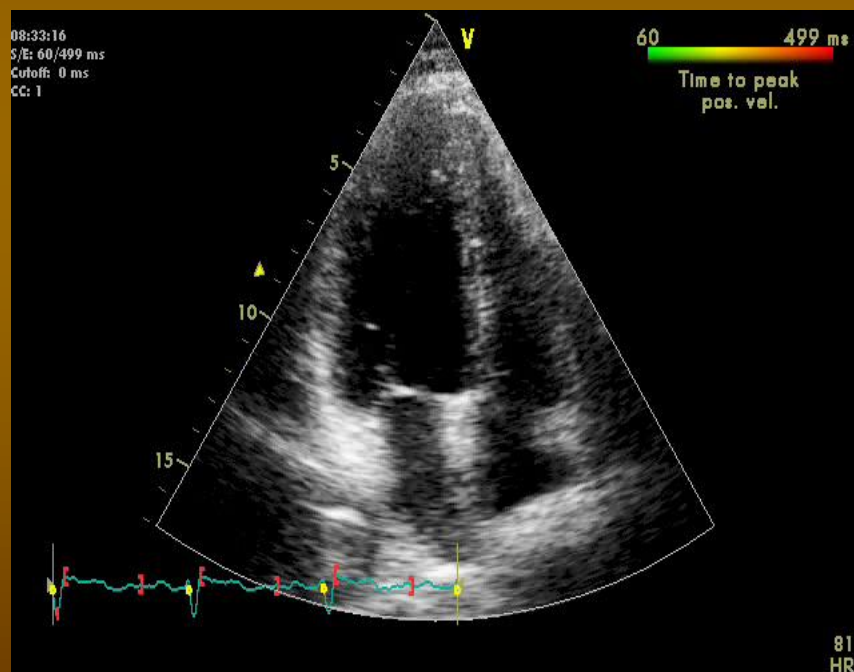
Sirds dissinhronijas kvantifikācija!!!

Tissue Synchronization Imaging

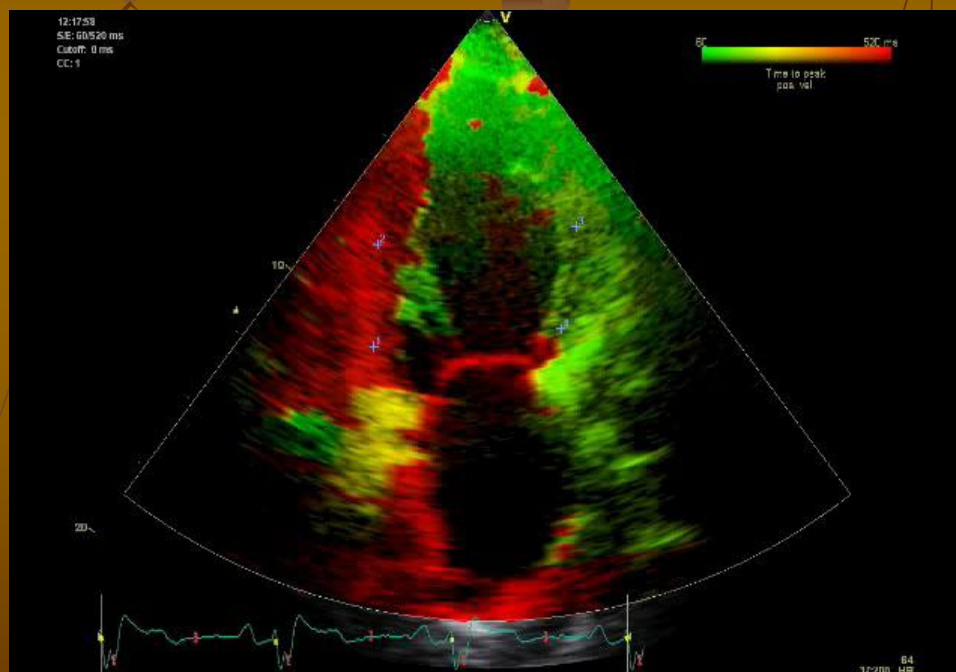
(TSI):

- green :60-150 msec.
- yellow :150-300 msec.
- red : 300-...msec.

Norma

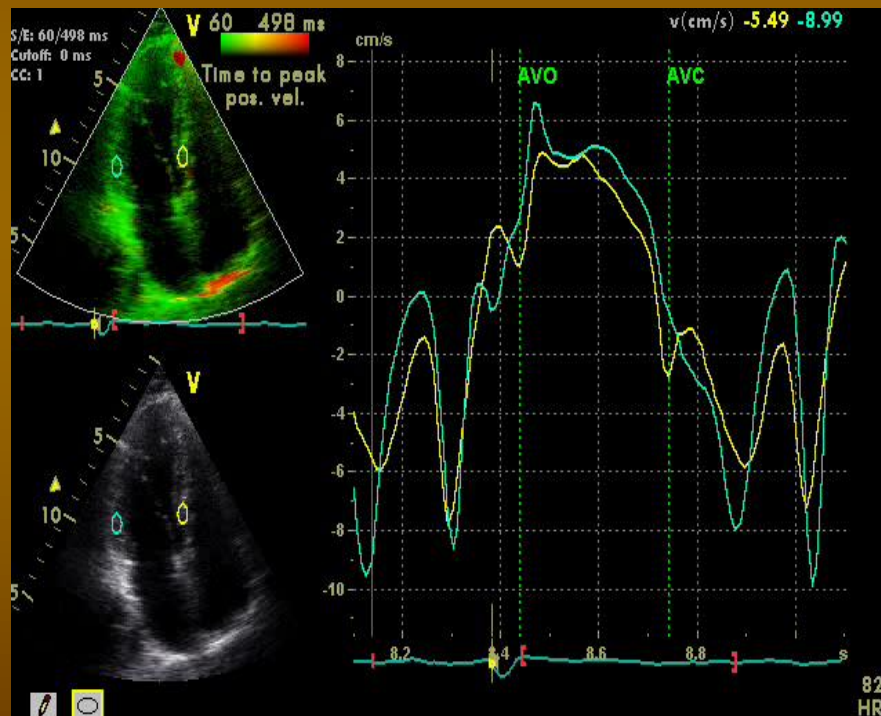


Patoloģija



Tissue Synchronization Imaging (TSI)- līkne :

Norma



Patoloģija

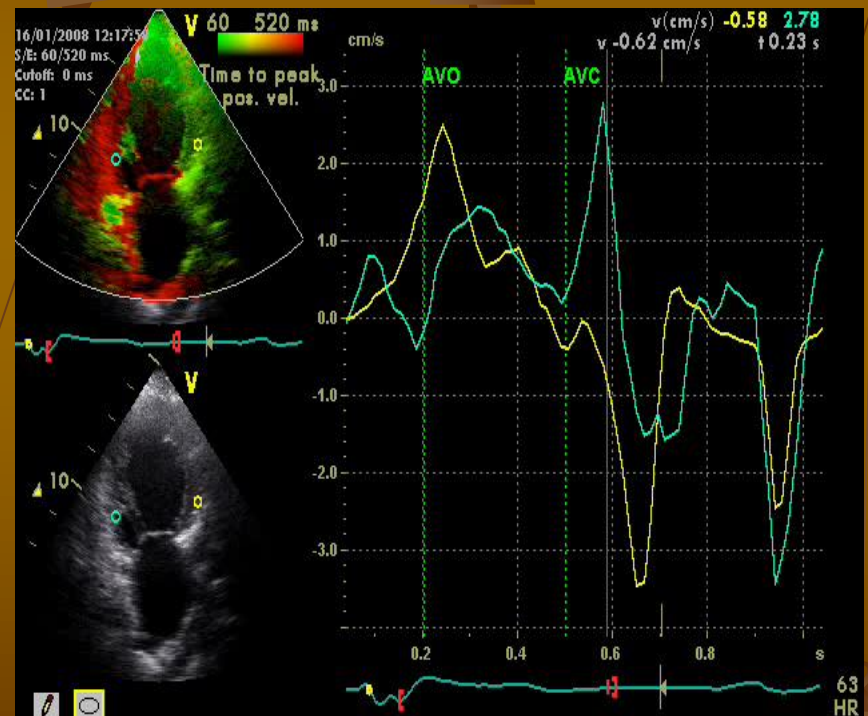
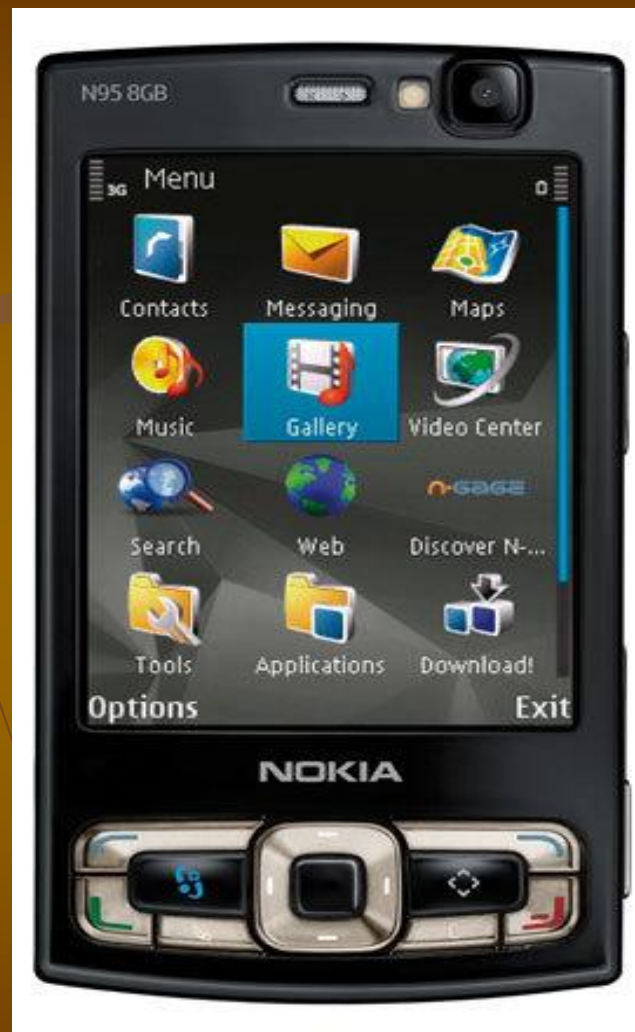


Table 5. Time to the peak strain in radial and longitudinal function measured from the aortic valve closure

Views	Myocardial walls	Segments	Time to the peak strain (ms)
Parasternal LAX	posterior	basal	36.8 ± 35.4
Parasternal SAX	posterior	basal	51.8 ± 34.4
Apical 4CH	septum	basal	$64.6 \pm 42.4^*$
		mid-	13.0 ± 27.5
		apical	11.2 ± 35.8
	lateral LV	basal	24.6 ± 59.5
		mid-	16.2 ± 41.1
		apical	24.2 ± 32.7
Apical 3CH	posterior LV	basal	$50.4 \pm 41.4^*$
		mid-	11.8 ± 48.2
		apical	11.7 ± 35.7
Apical 2CH	anterior LV	basal	$48.5 \pm 58.2^*$
		mid-	10.2 ± 36.3
		apical	13.6 ± 28.0



Paldies par uzmanību!