

Neinvazivní posouzení hemodynamiky



MUDr. Milan Hromádka

Kardiologické oddělení, Komplexní kardiovaskulární centrum FN Plzeň



ECHO – hemodynamika

- **centrální žilní tlak**
 - **tlak v plicnici**
 - **plnicí tlak LK**
 - **srdeční výdej**
-
- **odpověď na tekutinovou léčbu**
(„preload responsiveness“)

„Kissing ventricle“

→ hypovolemie

- další příčiny: zvýšená inotropie, pokles dotížení, hypertrofie



Odhad centrálního žilního tlaku

CVP	průměr DDŽ	kolaps (usilovný nádech)
3mmHg	≤ 21 mm	> 50 %
8mmHg	≤ 21 mm	< 50 %
8mmHg	> 21 mm	> 50 %
15mmHg	> 21 mm	< 50 %

ventilovaní nemocní – posouzení pouze kolabování DDŽ

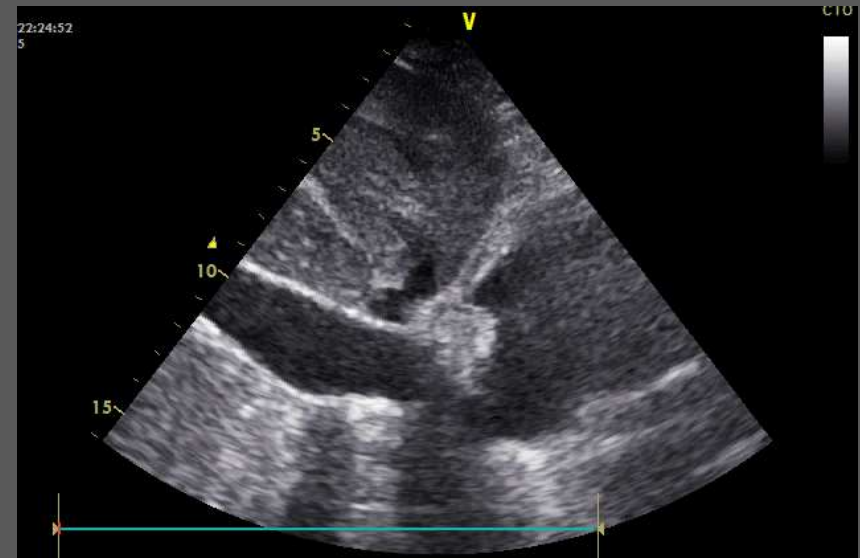
Umělá plicní ventilace

- uvedený postup nepoužitelný

DDŽ $\leq 12\text{mm}$ \Rightarrow RAP $< 10\text{mmHg}$

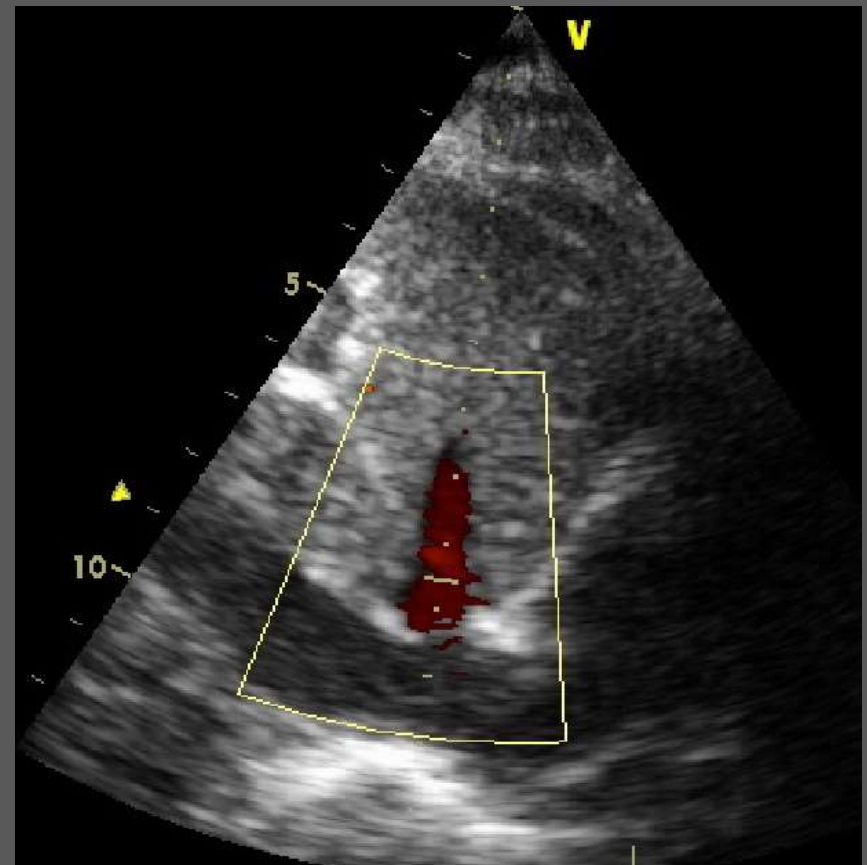
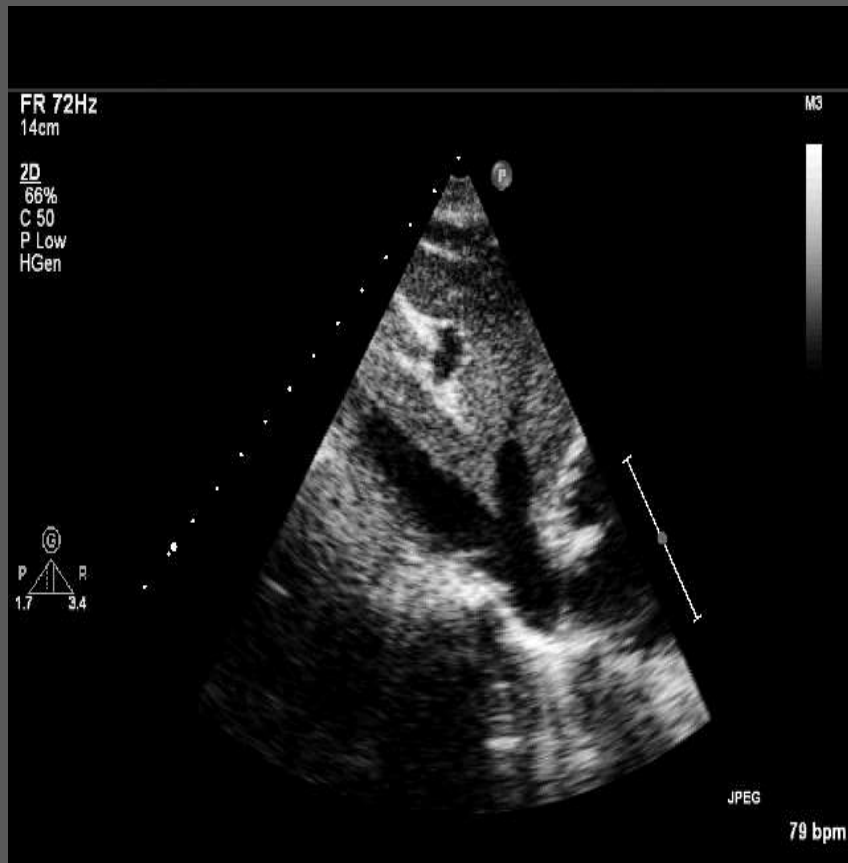
DDŽ štíhlá a kolabuje \Rightarrow hypovolemie

Nejčastěji:



CVP / RAP – dle průtoku jaterní žilou

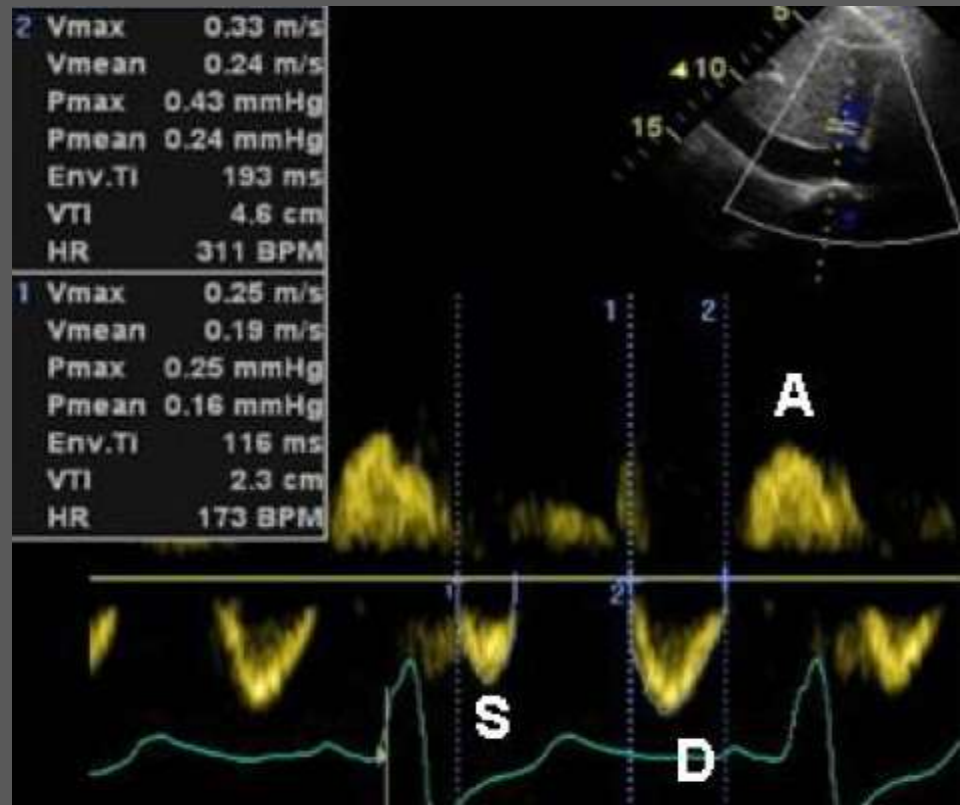
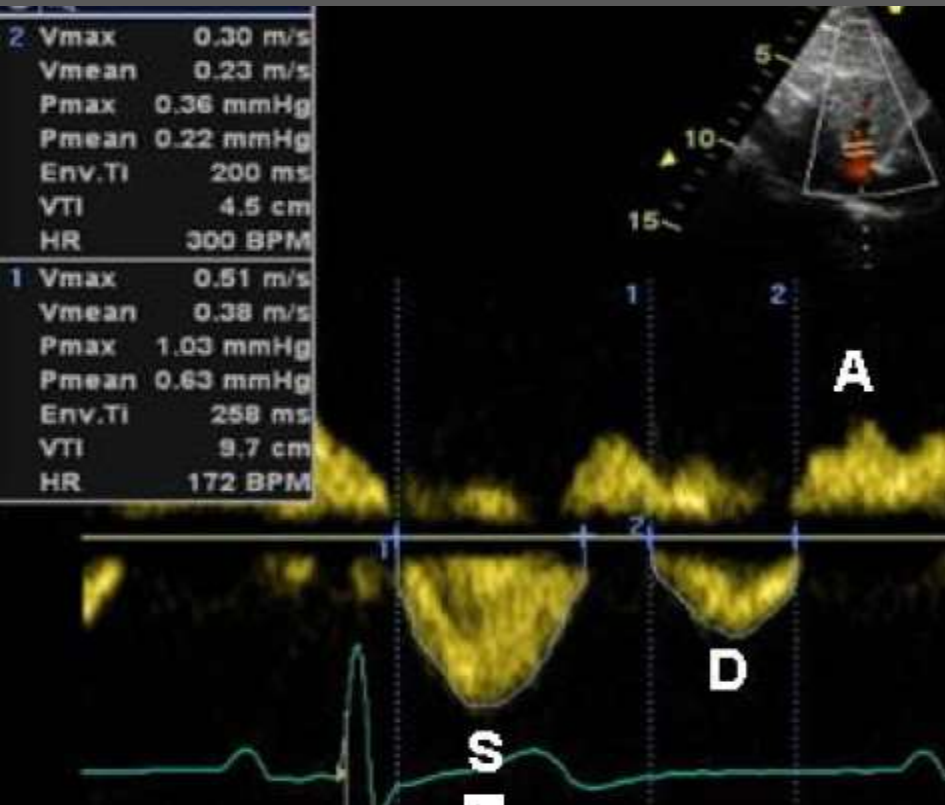
- subkostální projekce → CMF → PW



CŽT dle průtoku jaterní žilou

nízký / normální → S > D

zvýšený → S < D



$V-S / (V-S + V-D) < 55\% \Rightarrow$ vysoký RAP

Potvrzeno i pro UPV.

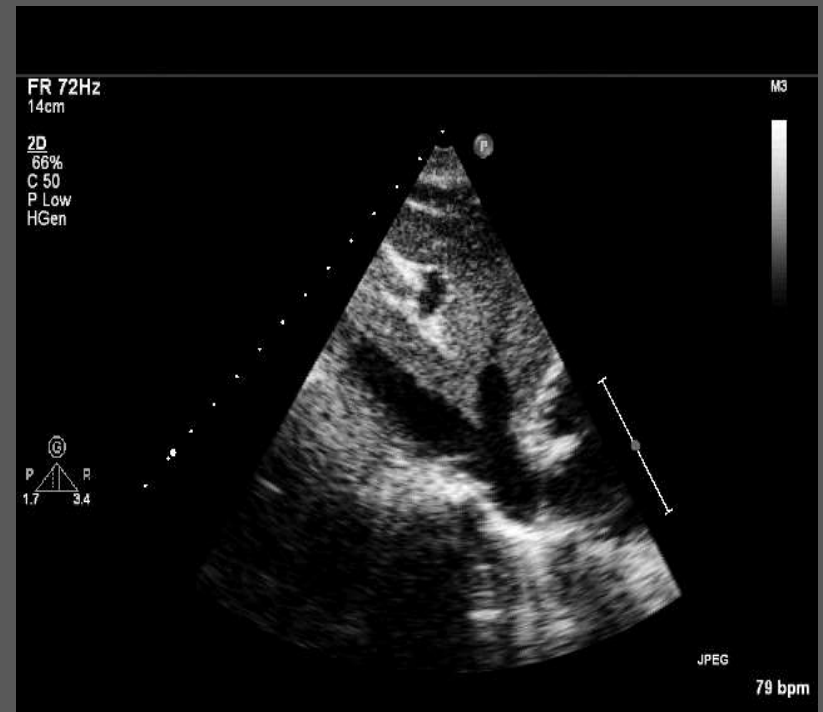
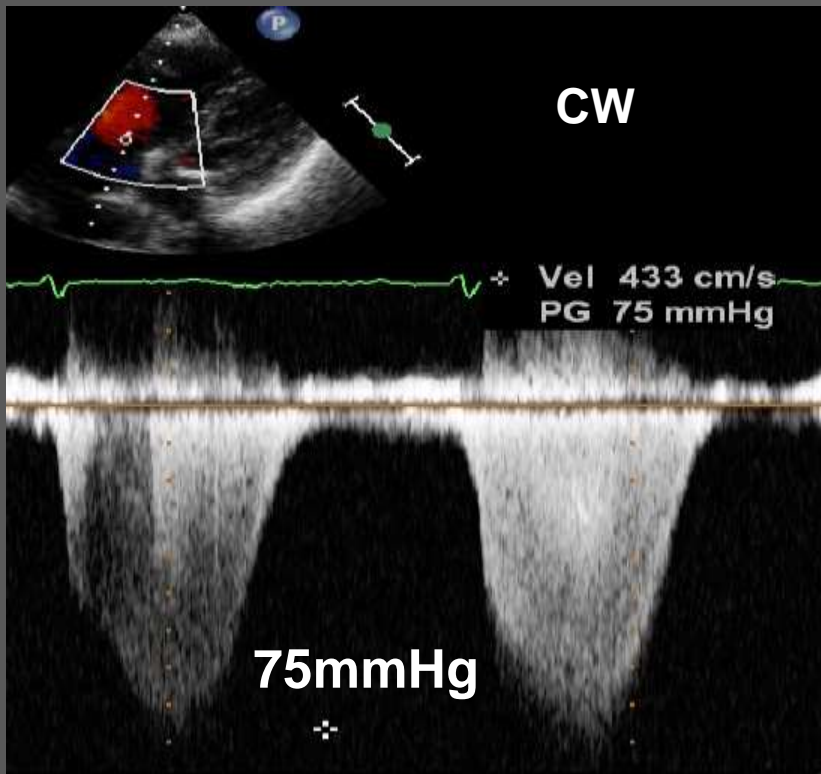
Systolický tlak v plicnici (SPAP)

= systolický tlak v PK (RVSP)

(výjimka = stenóza pulm. chl. či RVOT)

max. gradient TR

+ CVP / RAP



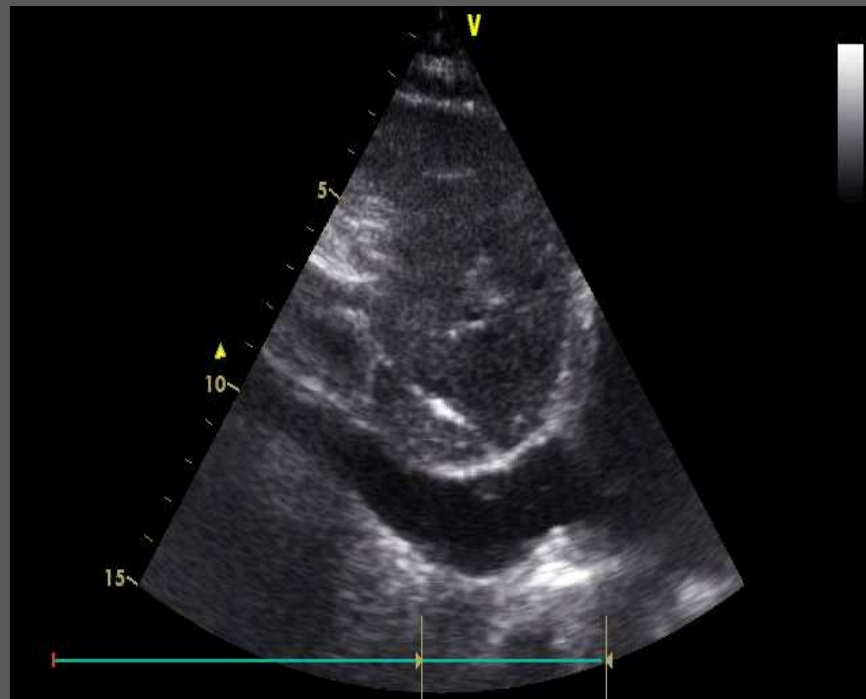
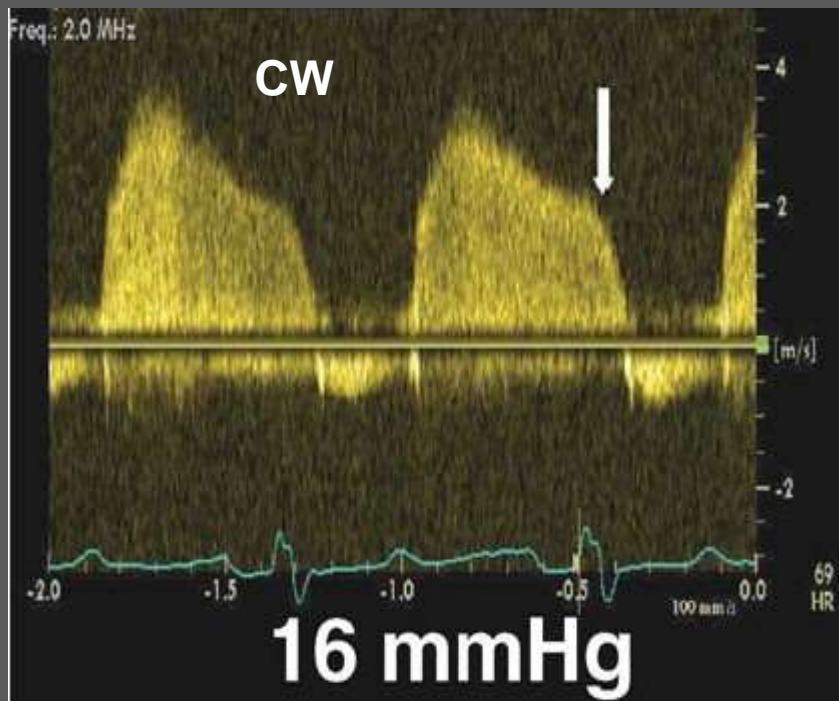
$$\text{RVSP} = 75\text{mmHg} + 3\text{mmHg} = 78\text{mmHg}$$

Diastolický tlak v plicnici (PADP)

end-diastol. gradient PR

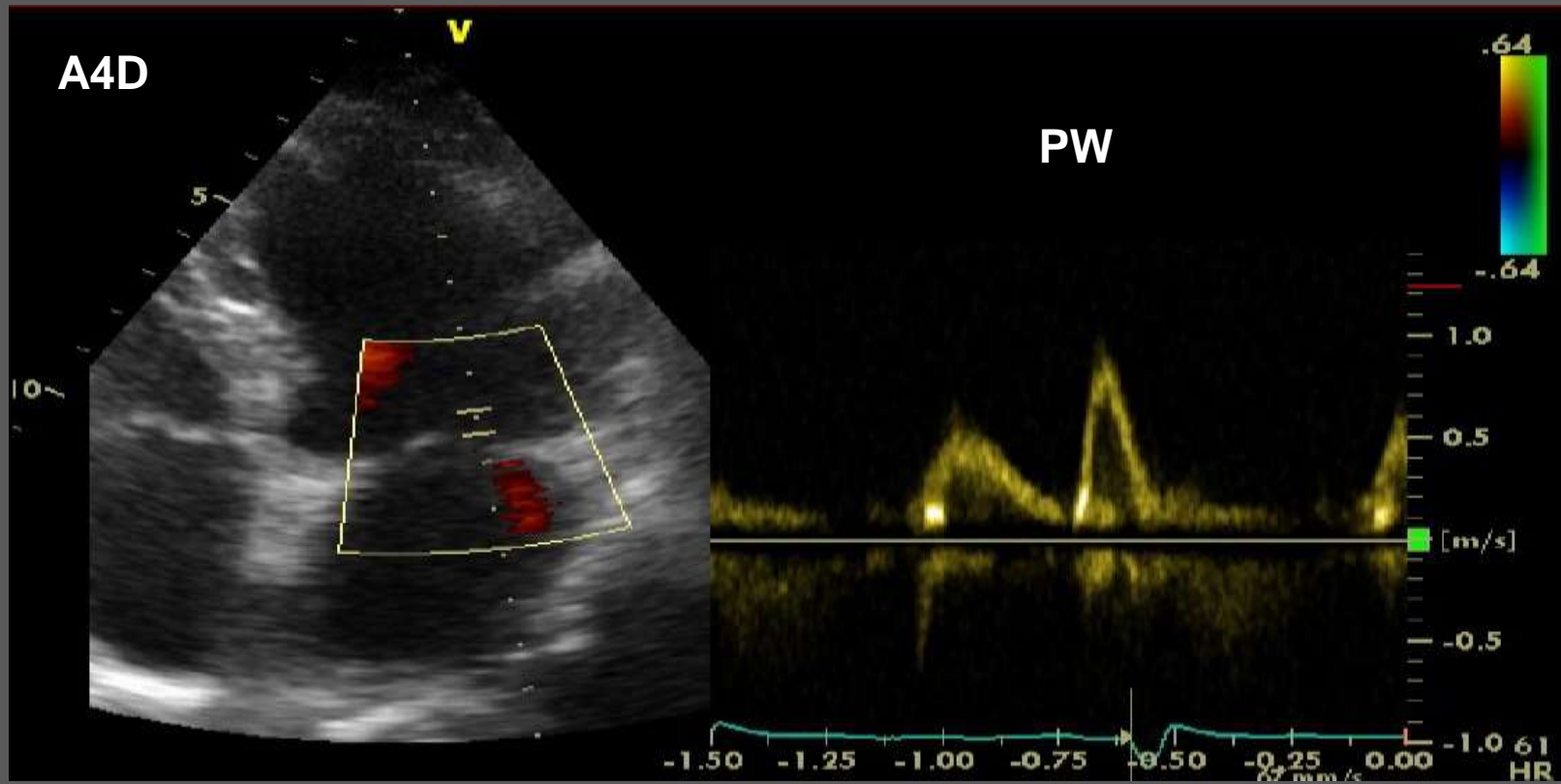
+

CVP / RAP

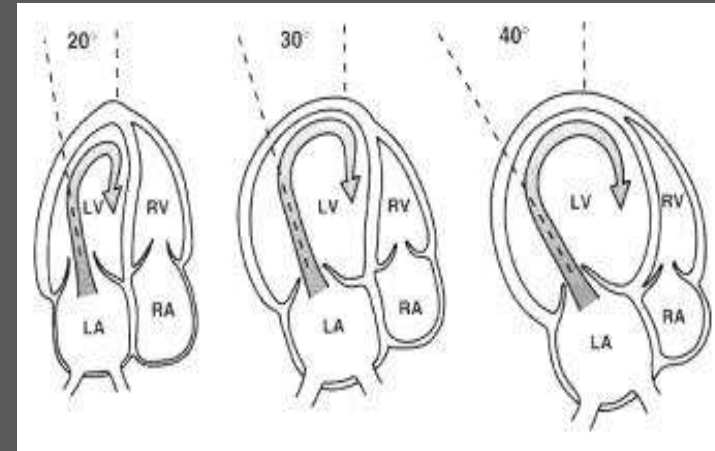


$$\text{PADP} = 16\text{mmHg} + 15\text{mmHg} = 31\text{mmHg}$$

Mitrální vtok

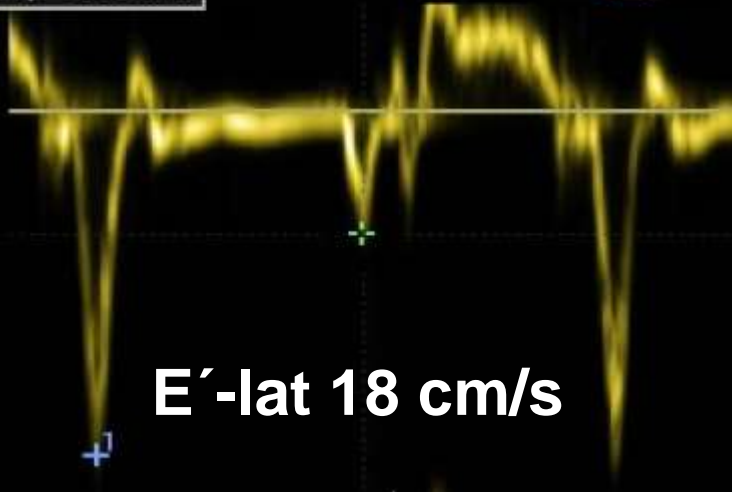


- vzorkovací objem mezi okraje cípů
- CFM → kurzor paralelní s proudem
- na konci lehkého expiria

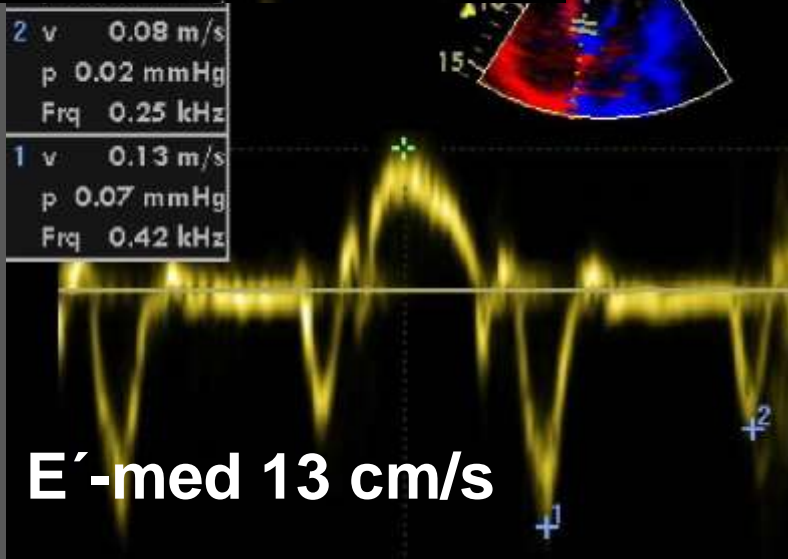
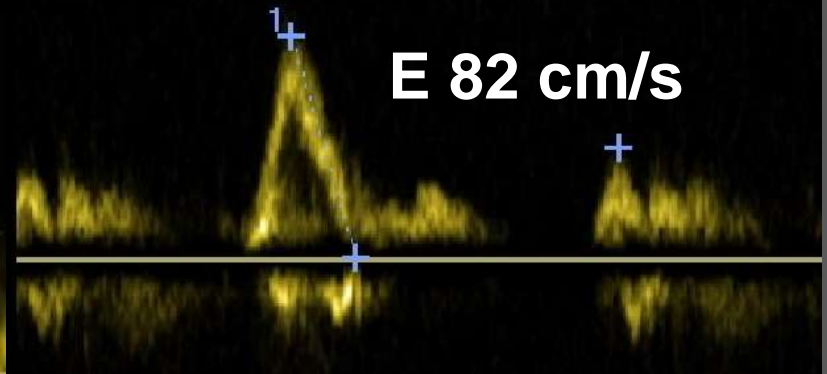
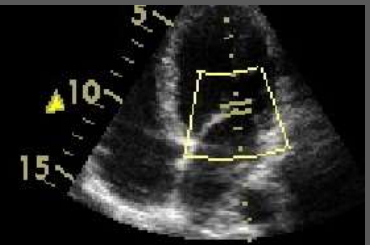


Normální plnicí tlak

- $E/E' \leq 8$
- \downarrow EF \rightarrow průměrné E'
- norm. EF \rightarrow prům, sept, lat



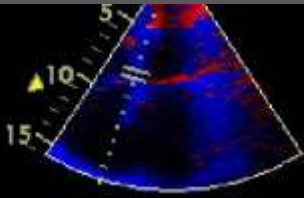
MV E Vel	0.82 m/s
MV DecT	155.30 ms
MV Dec Slope	5.27 m/s ²
MV A Vel	0.41 m/s
MV E/A Ratio	2.02



E/E' sept = 6,3
 E/E' lat = 4,6
 E/E' prům = 5,3

Zvýšený plnicí tlak

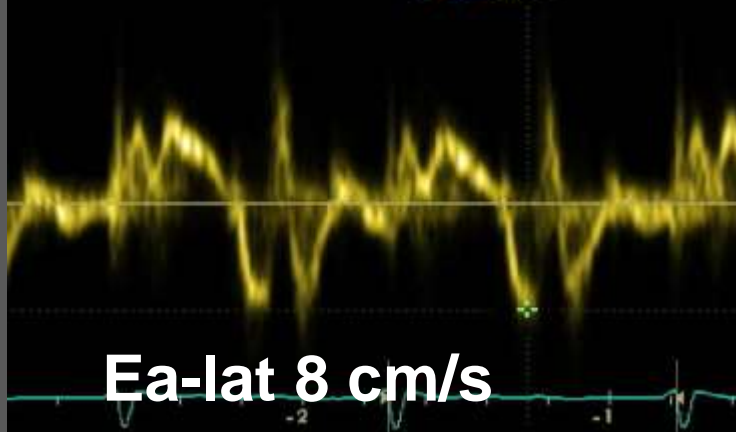
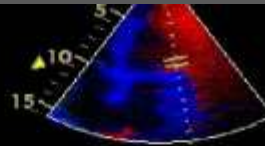
+	v	0.06 m/s
	p	0.01 mmHg
2	v	0.05 m/s
	p	0.01 mmHg
	Frq	0.16 kHz
1	v	0.07 m/s
	p	0.02 mmHg
	Frq	0.23 kHz



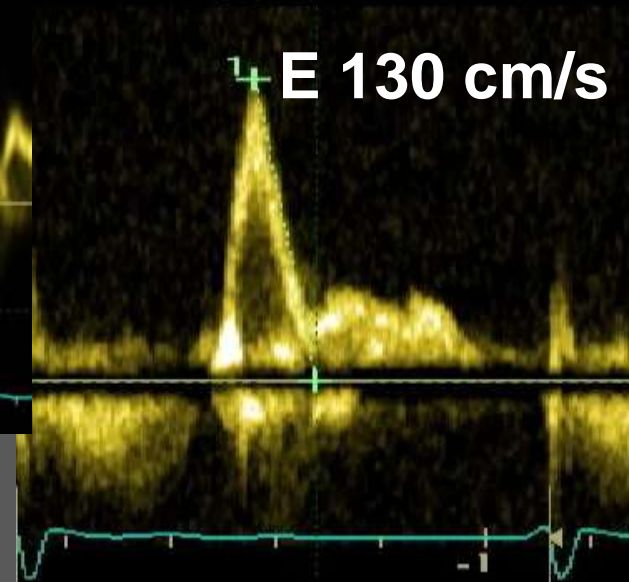
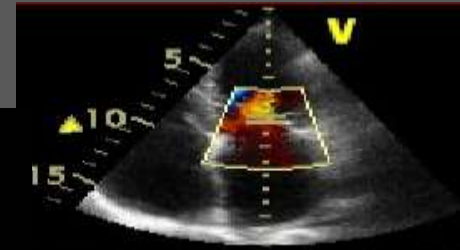
Ea-sept 7 cm/s



- ↓ EF → E/ E' -prům ≥ 15
- norm. EF → E/E' -sept ≥ 15
→ E/E' -lat ≥ 12
→ E/E' -prům ≥ 13



Ea-lat 8 cm/s



E 130 cm/s

E/E' sept = 18,6
E/E' lat = 16,25
E/E' prům = 17,3

„Šedá zóna“

↓ EF → E/ E' -prům : 8 - 15

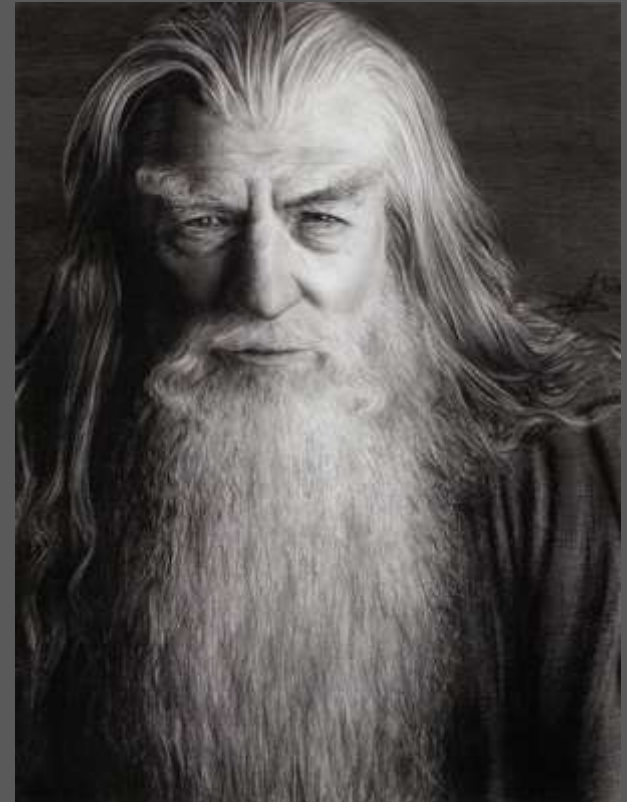
- norm.EF → E/E' -sept: 8 - 15

→ E/E' -lat: 8 - 12

→ E/E' -prům: 8 - 13

=> **nutné zpřesňující vyšetření:**

- průtok v plic. žilách (PW)
- změna E/A při Valsalvově manévru
- tlak v plicnici (při absenci plic. onemocnění)
- objem LS (u norm. EF)



Nízká systolická funkce

$E/A < 1$ a $E \leq 50$ cm/s
=> normální pl. tlak

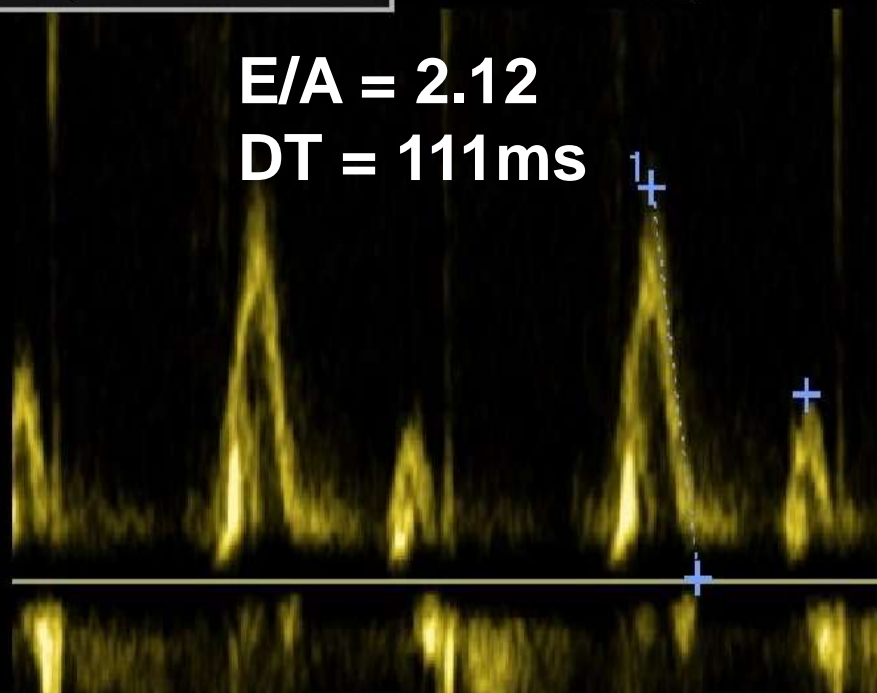
$E/A \geq 2$ a $DT < 150$ ms
=> zvýšený pl. tlak

E = 39cm/s
E/A = 0,80

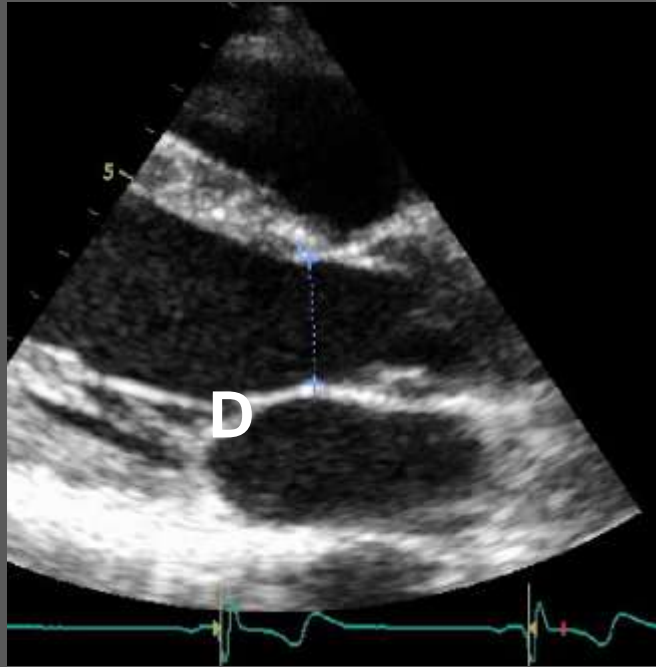
MV E Vel	0.83 m/s
MV DecT	111.09 ms
MV Dec Slope	7.44 m/s ²
MV A Vel	0.39 m/s
MV E/A Ratio	2.12



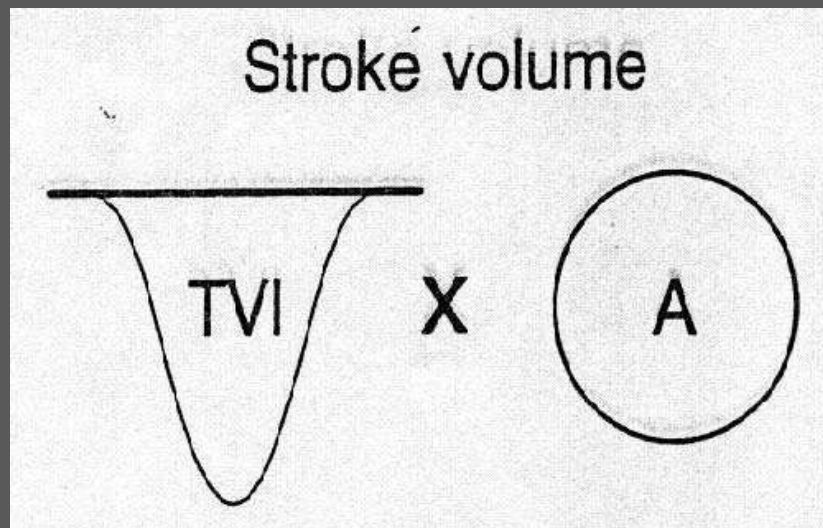
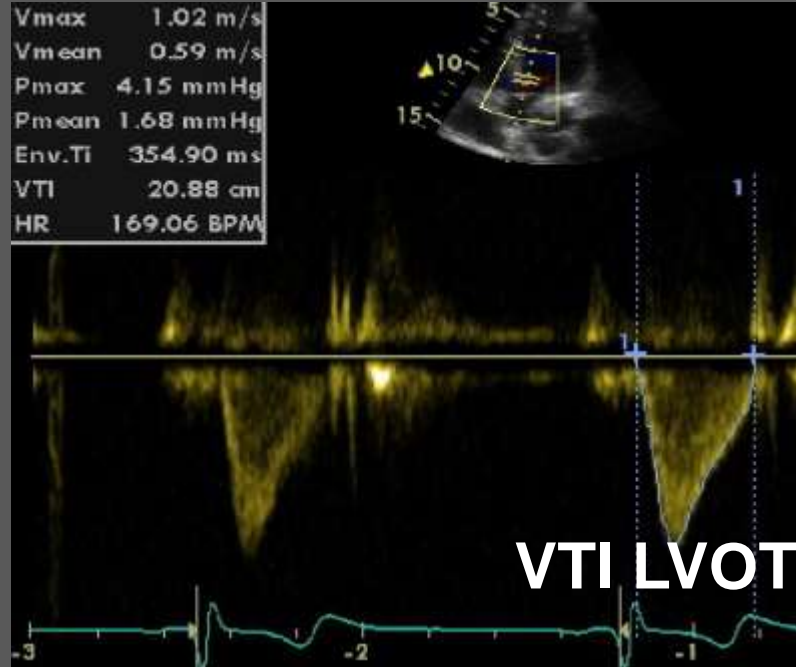
E/A = 2.12
DT = 111ms



Tepový objem (SV), srdeční výdej (CO)

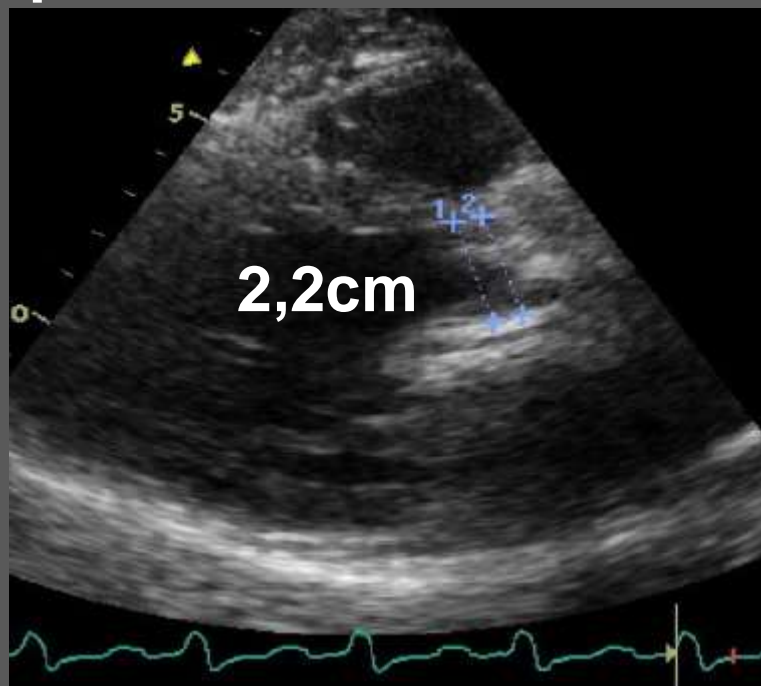


Vmax	1.02 m/s
Vmean	0.59 m/s
Pmax	4.15 mmHg
Pmean	1.68 mmHg
Env.TI	354.90 ms
VTI	20.88 cm
HR	169.06 BPM



Teplotný objem (SV)

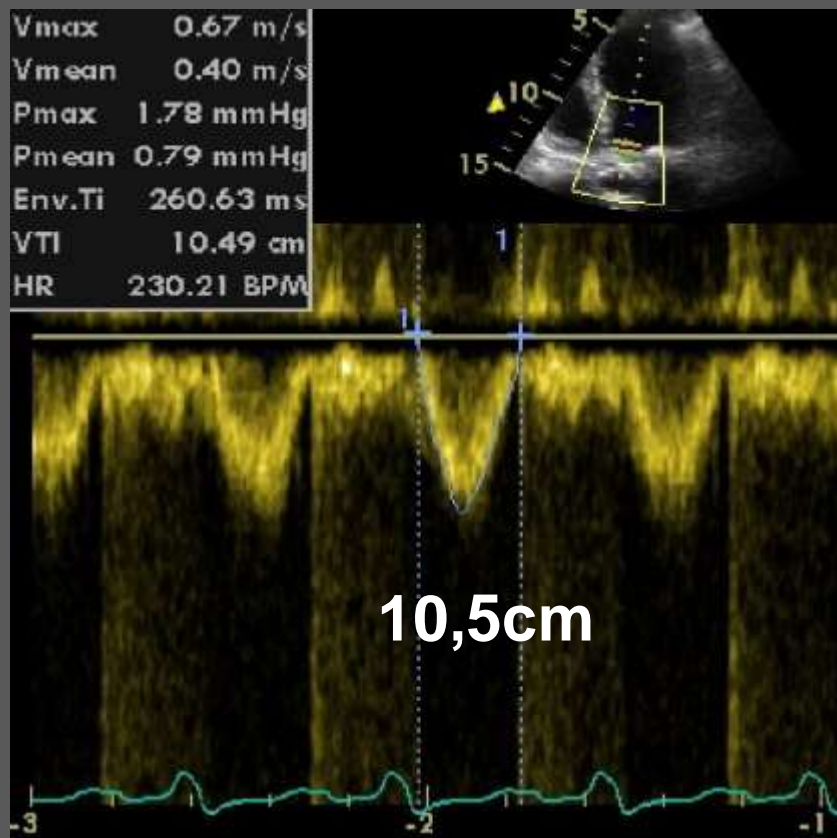
plocha LVOT



x

VTI LVOT

Vmax	0.67 m/s
Vmean	0.40 m/s
Pmax	1.78 mmHg
Pmean	0.79 mmHg
Env.Ti	260.63 ms
VTI	10.49 cm
HR	230.21 BPM



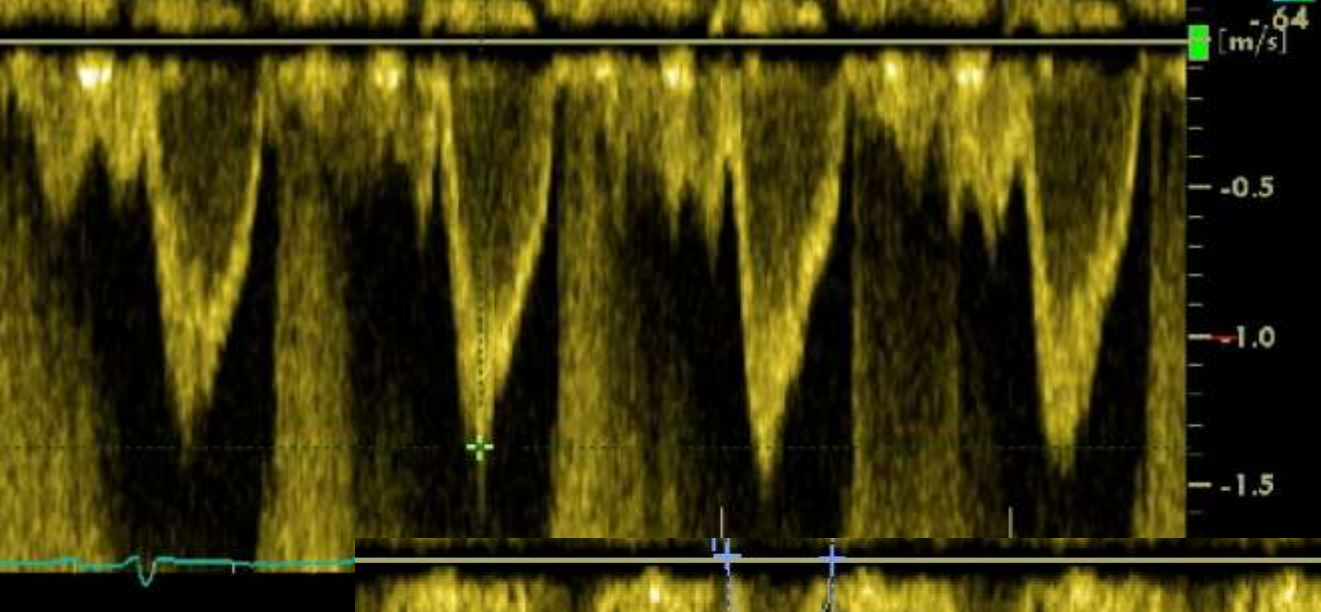
$$\pi \times (D/2)^2$$

$$3.14 \times (2,2/2)^2 = 3,8 \text{ cm}^2$$

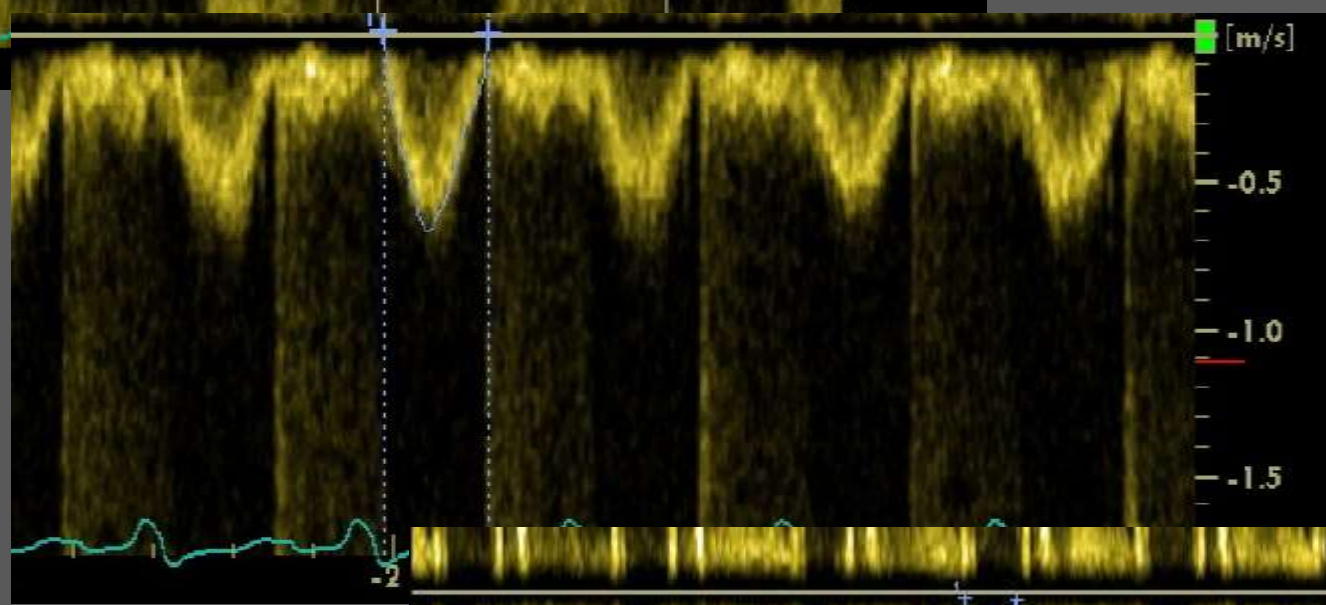
$$SV = 3,8 \times 10,5 = 40 \text{ ml}$$

$$CO = SV \times \text{srd. frekv.} \rightarrow 40 \times 100 = 4\,000 \text{ ml/min} = 4 \text{ l/min}$$

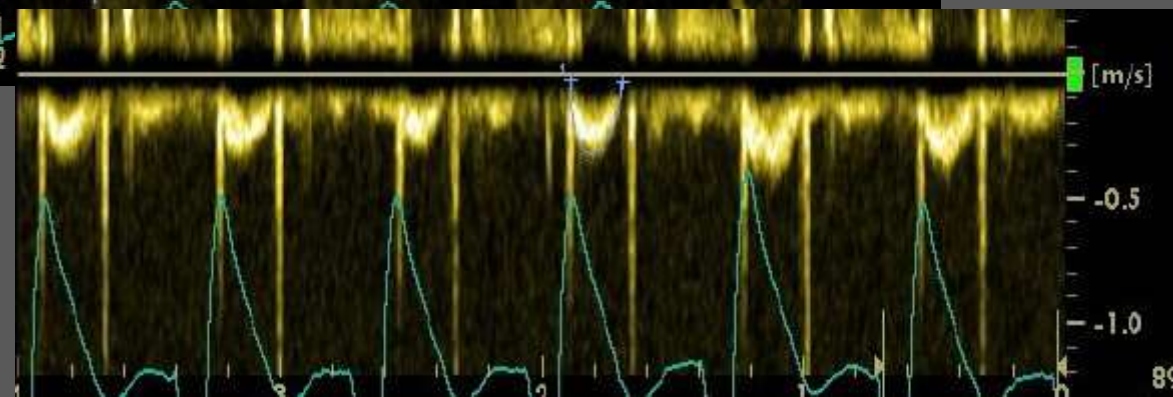
$$CI (\text{srd. index}) = CO / BSA (\text{m}^2) \rightarrow 4 / 2 = 2 \text{ l/min/m}^2$$



norm.



DKMP



kardiogenní šok

Předpověď odpovědi na objem (určení „preload responsiveness“)

Odpoví pac. na tekutiny signifikantním \uparrow srd. výdeje (CO) ?

- jen 50% nestabilních = „volume respondéři“

Preload responsiveness

= \uparrow CO > než 15% po podání objemu

CAVE: podání nepřiměřeně $\uparrow\uparrow$ tekutin = rizikový faktor

Dynamické parametry

Mechanická ventilace:

- variace VTI LVOT*
- index distensibility DDŽ*

- *pasivní elevace DK*
(*PLR – passive leg raising*)

Spontánní ventilace:

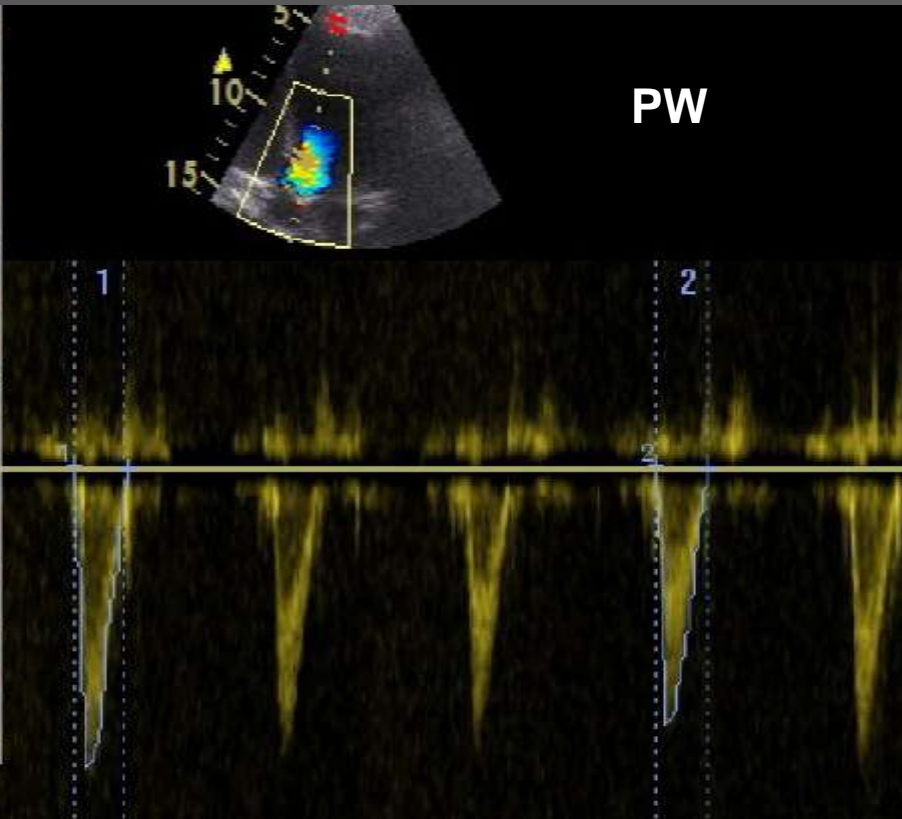
- pasivní elevace DK
(PLR – passive leg raising)

Variace VTI LVOT, příp. Vmax LVOT

- pokud během mech. ventilace => závislost komor na preloadu
- variace VTI LVOT > 15% => „+“ odpověď na tekutiny (pro Vmax LVOT > 12%)
- $(\text{max.} - \text{min.}) / [(\text{max.} + \text{min.}) / 2] \times 100\%$

2	Vmax	1.50 m/s
	Vmean	0.83 m/s
	Pmax	8.95 mmHg
	Pmean	3.71 mmHg
	Env.Ti	255 ms
	VTI	21.3 cm
	HR	235 BPM

1	Vmax	1.75 m/s
	Vmean	0.98 m/s
	Pmax	12.26 mmHg
	Pmean	5.11 mmHg
	Env.Ti	266 ms
	VTI	26.2 cm
	HR	246 BPM



Variace Vmax:
 $(1,75 - 1,50) /$
 $[(1,75 + 1,50) / 2]$
 $= 15\%$

Variace VTI LVOT:
 $(26,2 - 21,3) /$
 $[(26,2 + 21,3) / 2]$
 $= 21\%$

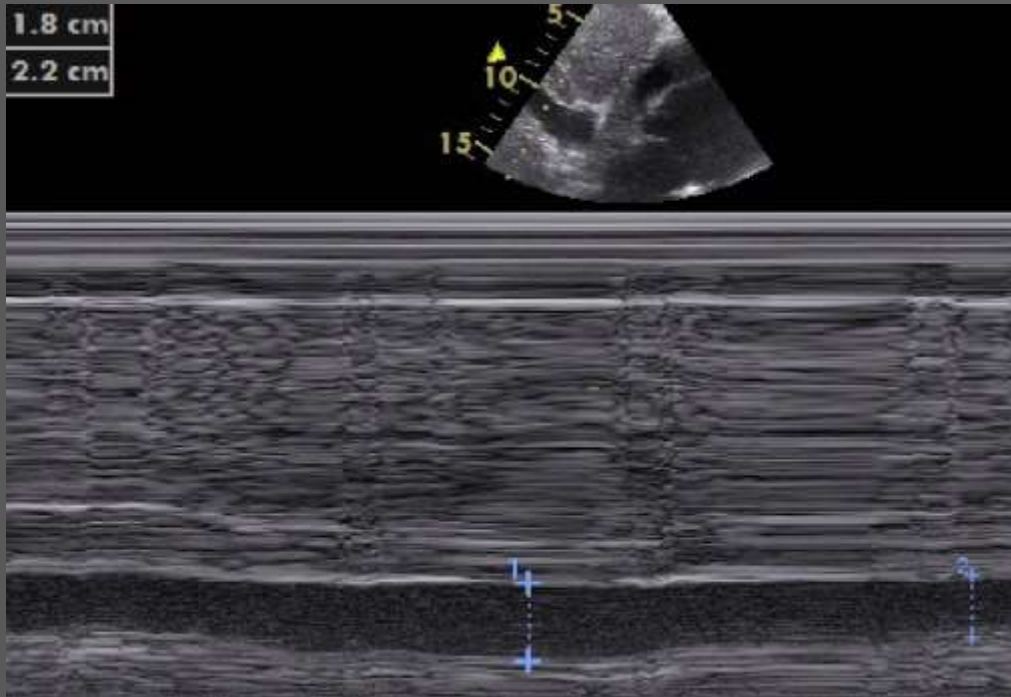
Index distensibility DDŽ

Insuflice (UPV) → ↑ tlak intrathorakál. > intraabdominál.

→ pokud dilatování DDŽ

=> schopnost DDŽ přijmout tekutinu
(„preload reserve“)

- > 18% => „+“ odpověď na tekutiny
- $D_{max.} - D_{min.} / D_{min.} \times 100 \%$

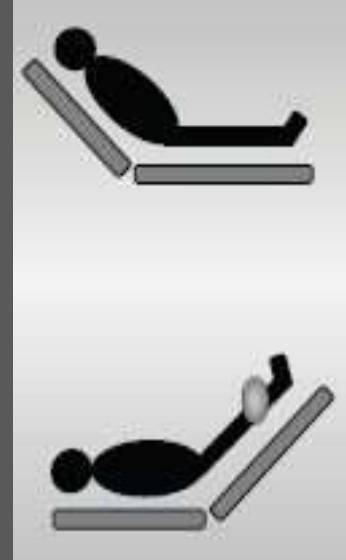


$$22-18 / 18 \times 100 = 22\%$$

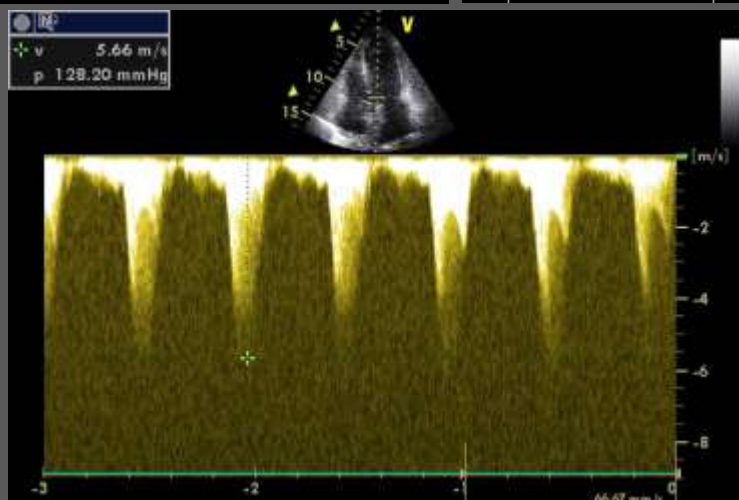
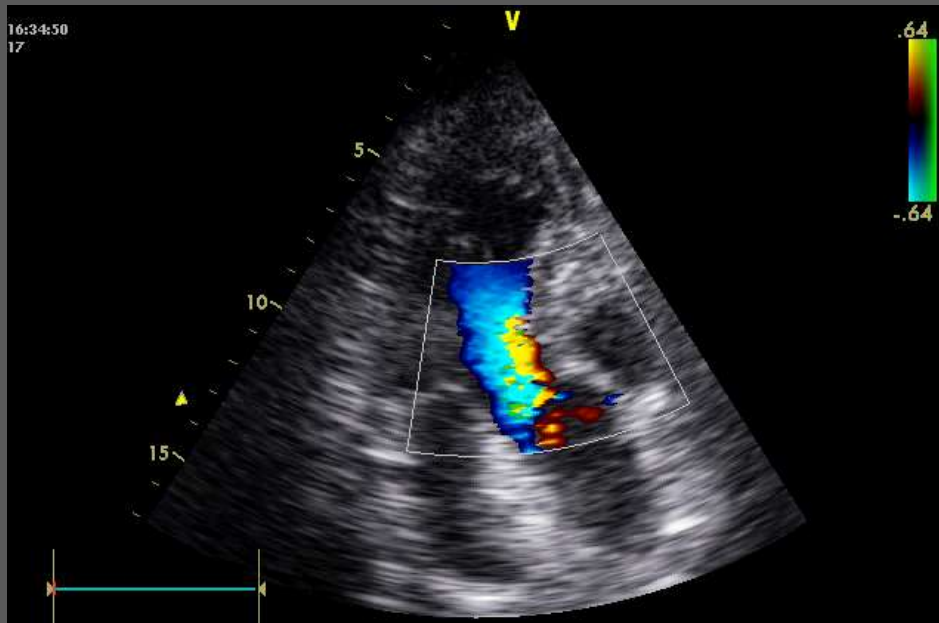


Pasivní elevace DK (PLR – passive leg raising)

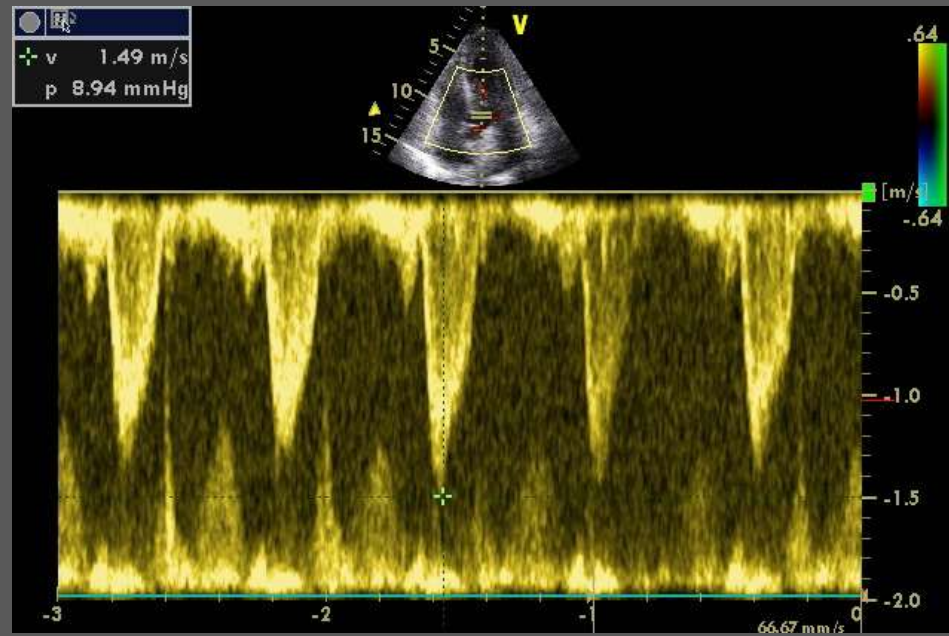
- mobilizuje 300 – 500 ml krve z DK
- obdoba bolusu tekutin – ale **reverzibilní !!**
- pac. naznak → DK do 45 st.
- tep. objem (n. VTI LVOT) před a 1-3min. po manévru
- **↑ tep. objemu min. o 12% => „+“** odpověď na tekutiny



Dynamická obstrukce v LVOT



Efekt volumoterapie + esmolol





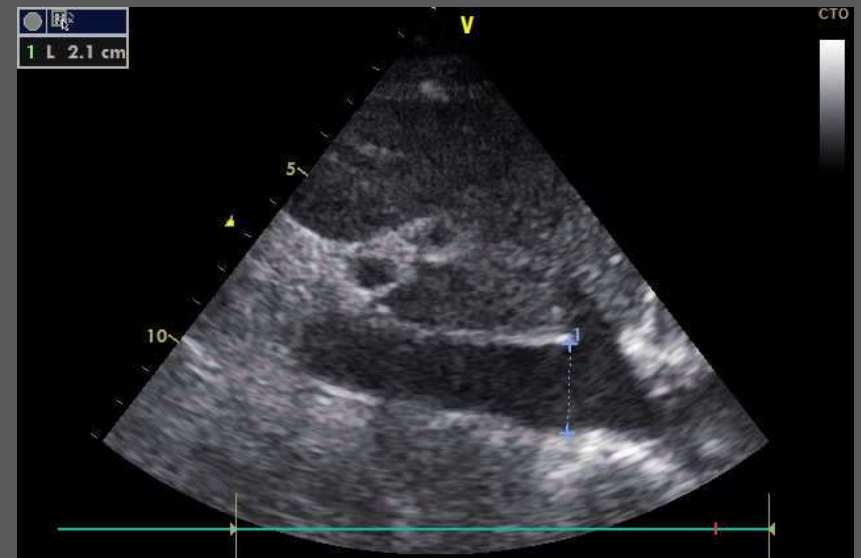
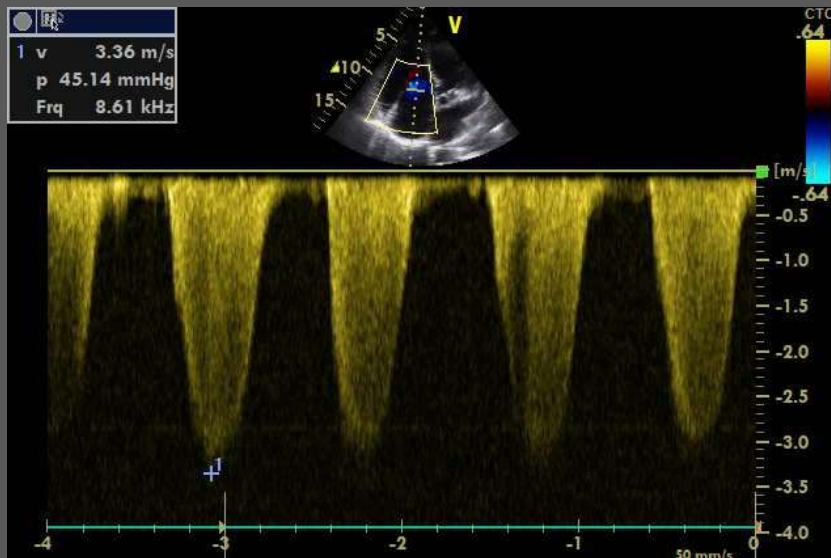
$$\pi \times (D/2)^2$$

$$3.14 \times (2/2)^2 = 3,14 \text{ cm}^2$$

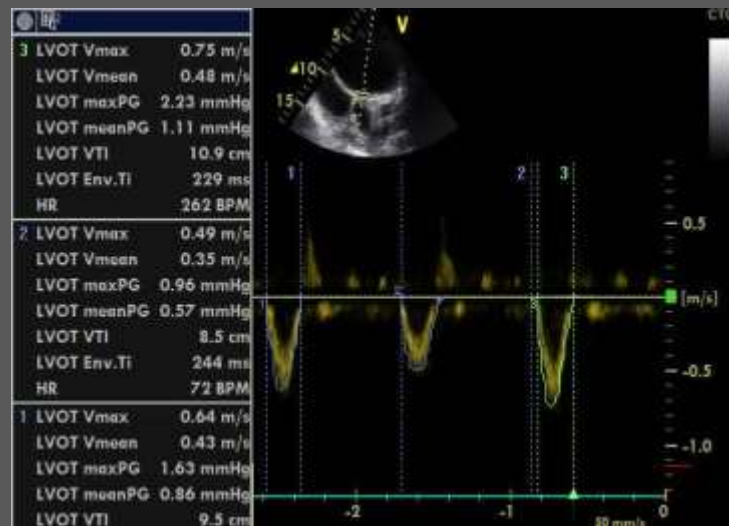
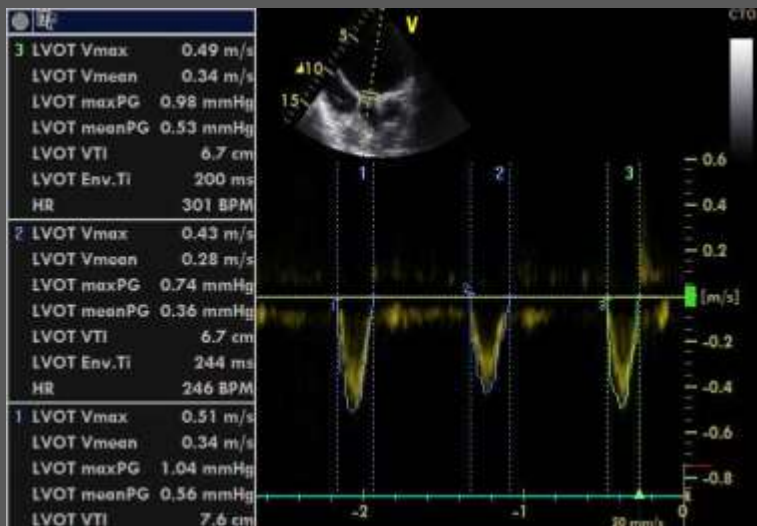
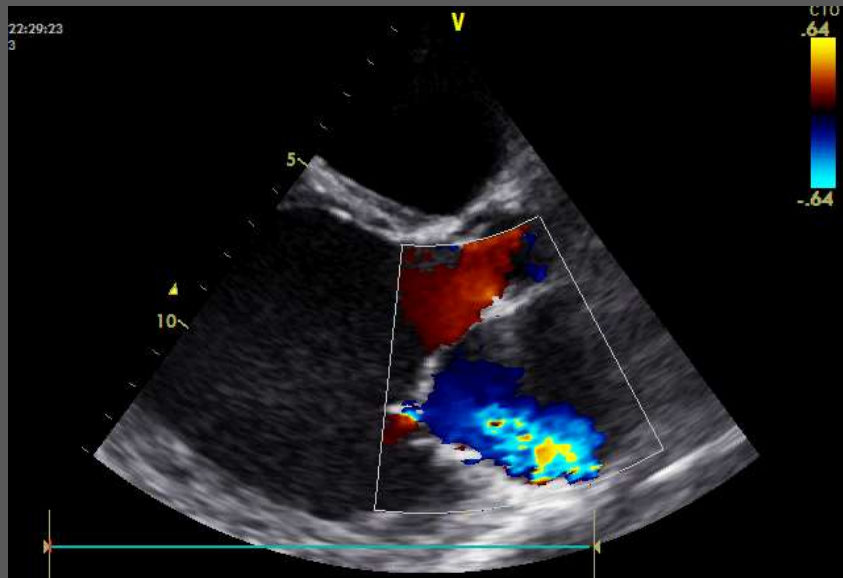
$$SV = 3,14 \times 7 = 22 \text{ ml}$$

$$CO = SV \times \text{srd. frekv.} \rightarrow 22 \times 90 = 1980 \text{ ml/min} = 1,98 \text{ l/min}$$

$$CI (\text{srd. index}) = CO / BSA (\text{m}^2) \rightarrow 1,98 / 1,8 = 1,1 \text{ l/min/m}^2$$



$$RVSP = 45\text{mmHg} + 8\text{mmHg} = 53\text{mmHg}$$

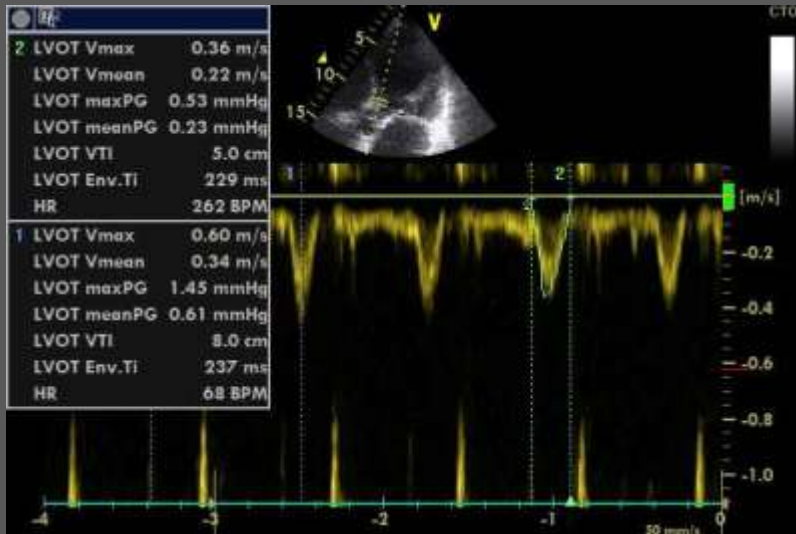


VTI 7

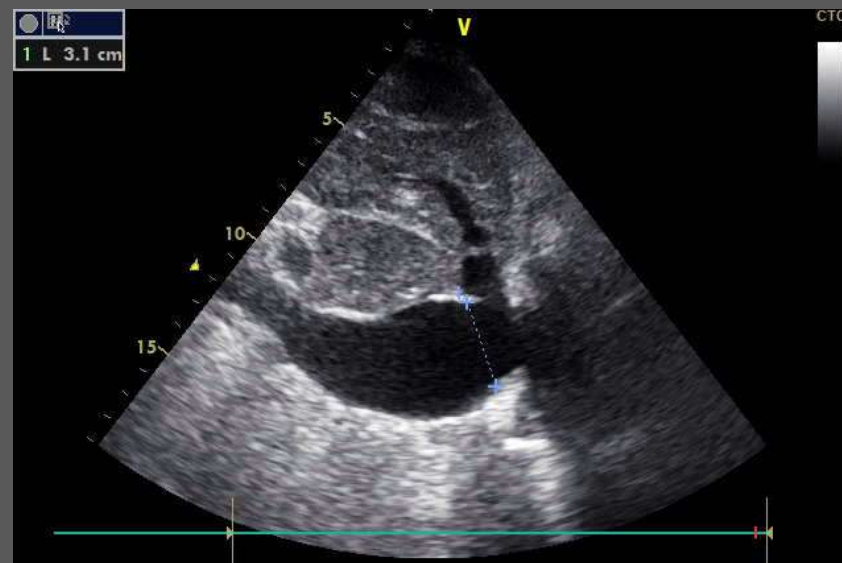
VTI 9,63



38%



VTI 6,5
VTI manévr 6,1
E/A 1,9
E/A manévr 2,1



$$\pi \times (D/2)^2$$

$$3.14 \times (2/2)^2 = 3.14 \times 1.05^2 = 3.46 \text{ cm}^2$$

$$SV = 3.46 \times 6.5 = 22.5 \text{ ml}$$

$$CO = SV \times \text{srd. frekv.} \rightarrow 22.5 \times 84 = 1890 \text{ ml/min} = 1.89 \text{ l/min}$$

$$CI (\text{srd. index}) = CO / BSA (\text{m}^2) \rightarrow 1.89 / 1.85 = 1.02 \text{ l/min/m}^2$$



Děkuji za pozornost...