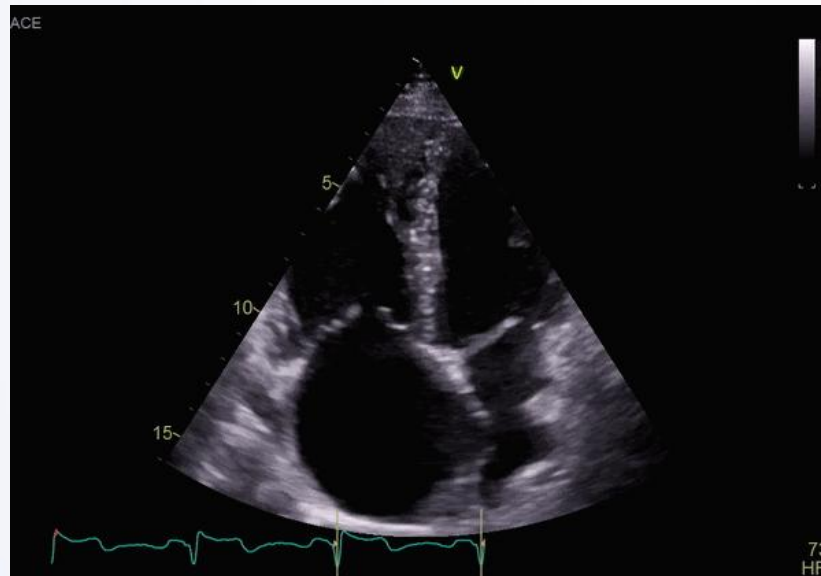


# Selhání pravé komory od A-Z



Doc. MUDr. Michal Pazderník, Ph.D., FESC

Klinika kardiologie IKEM

# Příčiny selhání pravé komory

## Akutní příčiny:

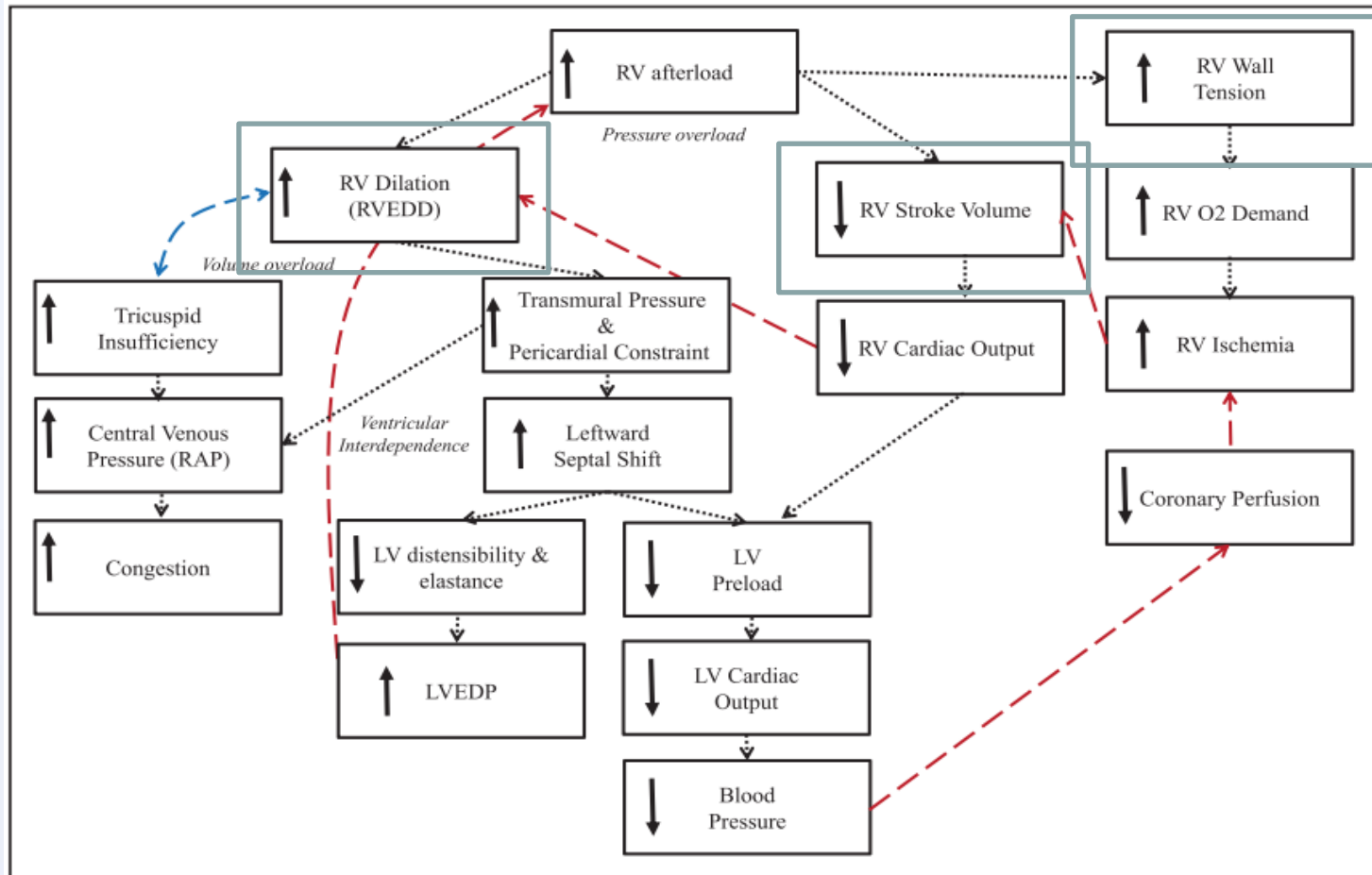
- náhlé zvýšení afterloadu PK (plicní embolie, hypoxie, hyperkapnie, acidémie)
- snížení kontraktility PK (ischémie, myokarditida, postkardiotomická dysfunkce)

# Příčiny selhání pravé komory

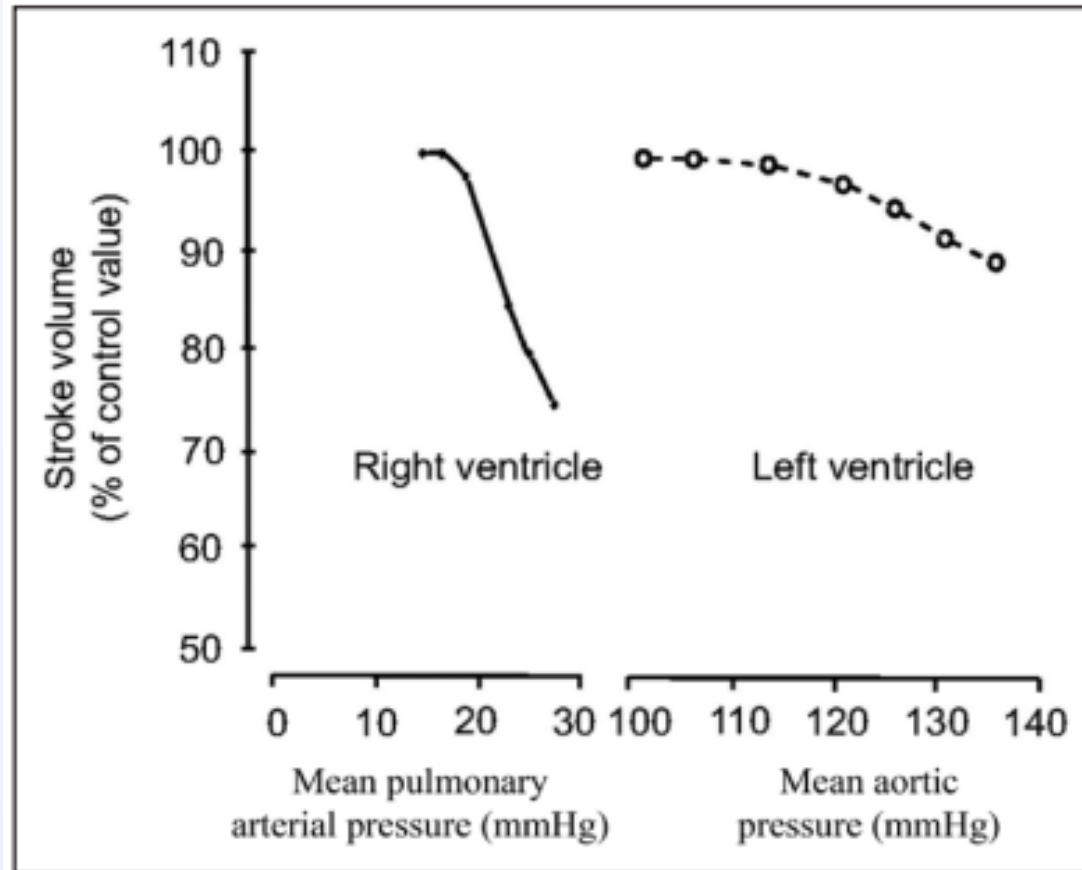
## Chronické příčiny:

- nejčastěji výsledkem postupného zvyšování afterloadu PK způsobeného PH (důsledek selhání LK, cor pulmonale)
- chronické objemové přetížení (např. při významné TriR)
- tlakové a objemové přetížení vede k hypertrofii a fibróze (analogie remodelace LK)

# Důležitost afterloadu na funkci PK



# Afterload a funkce PK

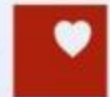


# Příčiny selhání PK

	Zvýšený tlakový afterload PK	Zvýšený volumový afterload PK	Snížená kontraktilita PK
<b>Akutní</b>	<i>Acidóza</i>	<i>Sepse</i>	
	<i>Hypoxie</i>	<i>LVAD podpora</i>	
	<i>Plicní embolie</i>	Nadměrné transfuze	<i>Infarkt pravé komory</i>
	<i>ARDS</i>		<i>Myokarditida</i>
	<i>Pozitivní tlaková ventilace</i>		<i>Postkardiotomické postižení/ischémie</i>
<b>Chronické</b>	<i>Levostranné SS (dysfunkce LK, chlopenní vady)</i>		<i>Kardiomyopatie PK</i>
	Jednokomorová cirkulace		ARVC
	<i>Plicní arteriální hypertenze</i>	Ebsteinova anomálie	
	<i>CTEPH</i>	<i>Trikuspidální regurgitace</i>	
	Stenóza plicnice	Transpozice velkých tepen	
	Restriktivní KMP	Pulmonální regurgitace	

# Diagnostika a vyšetřovací metody

- 1) Laboratorní vyšetření
- 2) EKG
- 3) Echokardiografie
- 4) Hemodynamické vyšetření
- 5) MRI
- 6) CT



# Laboratorní hodnoty

- **BNP**
  - obtížná interpretace - není specifické pro pravé srdce
- **Troponin**
  - užitečný při prognostifikaci
- **Jaterní funkce**
  - cholestatický obraz u chronického selhání se syntetickou poruchou funkce
  - transaminázy u akutních
- **Renální funkce**



# EKG

## Chronická PSI

- poměr amplitudy R:S >1 ve svodu V1
- amplituda P vlny >2,5 mm v II, III, aVF nebo >1,5 mm ve V1 svědčí pro zvětšení PS
- sinusová tachykardie
- síňové arytmie
- Hypertrofie PK
  - sklon srdeční osy doprava
  - dominantní R ve V1 (R > 7 mm, poměr R/S je > 1)
  - dominantní S ve V5/V6 (S > 7 mm, poměr R/S < 1)

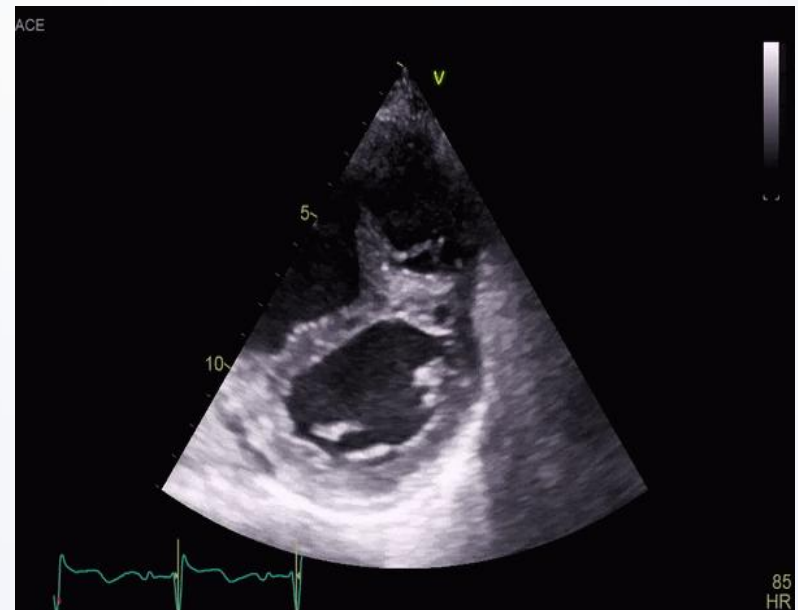
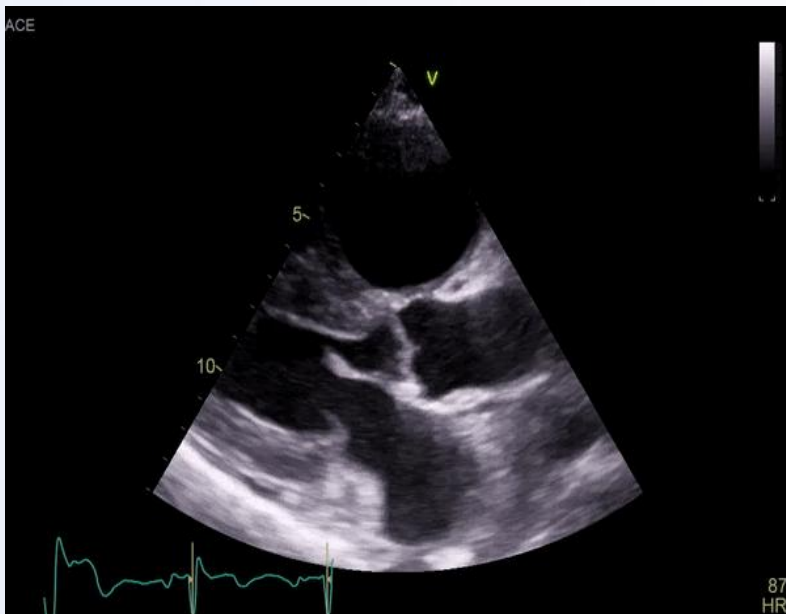
## Akutní PE

- inverze T vlny v prekordiálních svodech V1-V4 (nejlépe koreluje se závažností PE)
- sinusová tachykardie
- iRBBB/RBBB ( spojené se zvýšenou mortalitou)
- S I, Q III, T III - známka akutního cor pulmonale
- sklon srdeční osy doprava
- dominantní R vlna ve V1 (známka akutní dilatace pravé komory)

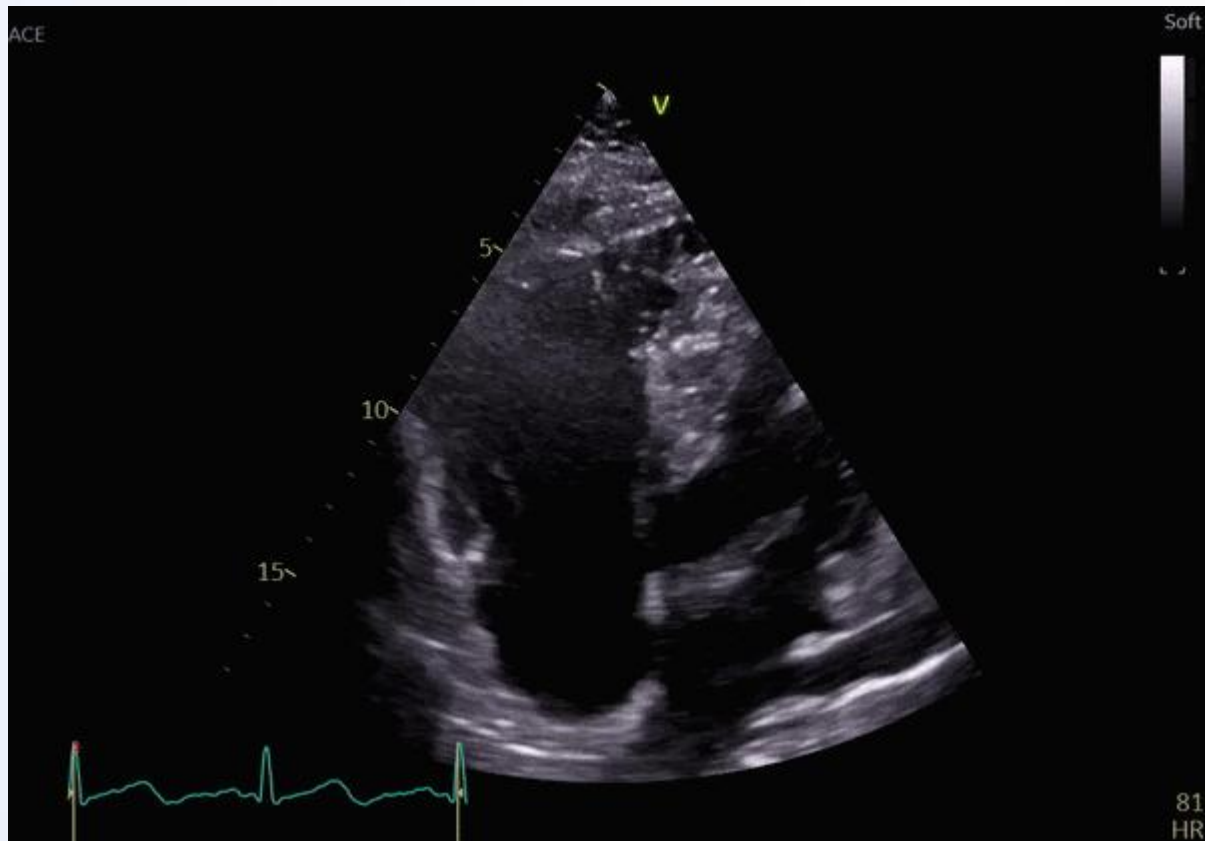
# ECHO

Dilatace PK

D-shape



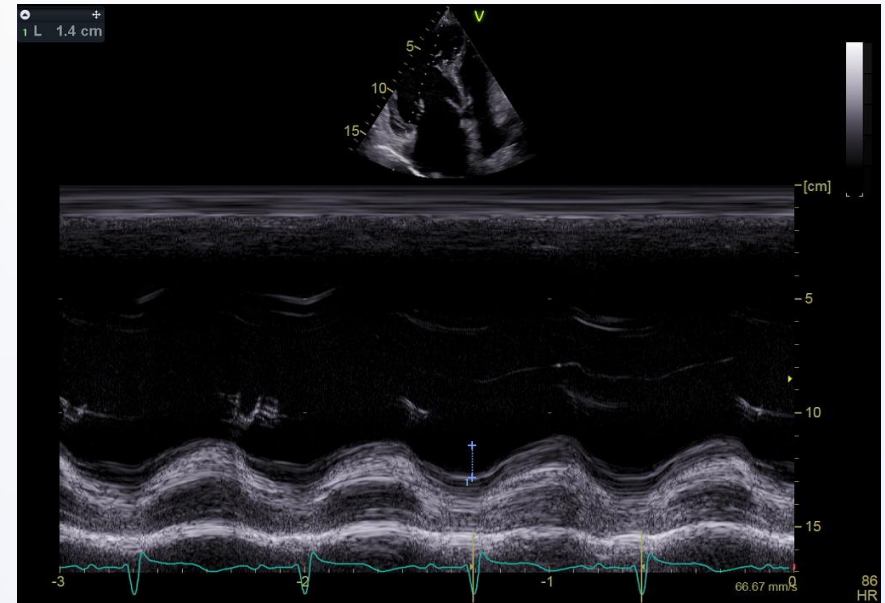
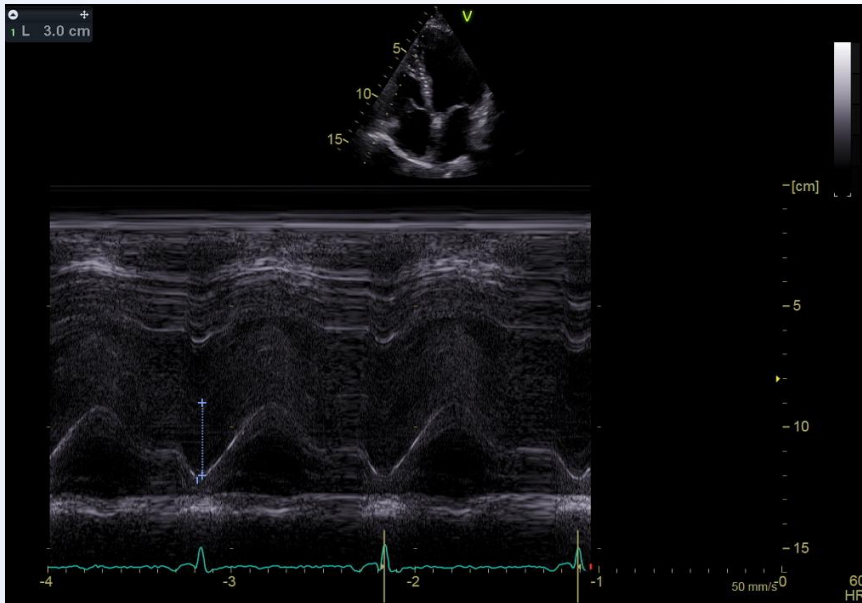
# McConnell's sign



# Jak hodnotit funkci PK?

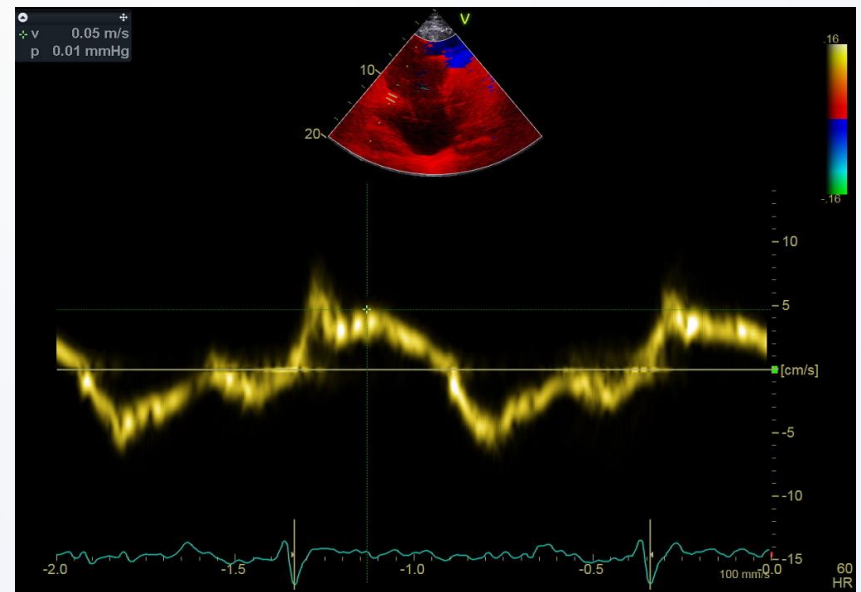
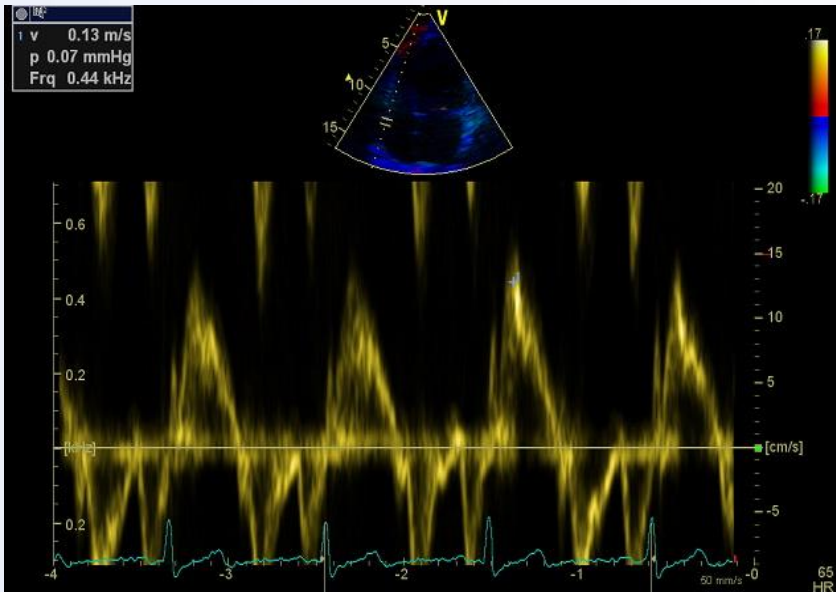
Kontrakce PK je dominantně určována longitudinálně orientovanými myokardiálními vlákny PK !!!

1) TAPSE < 17 mm = patologické



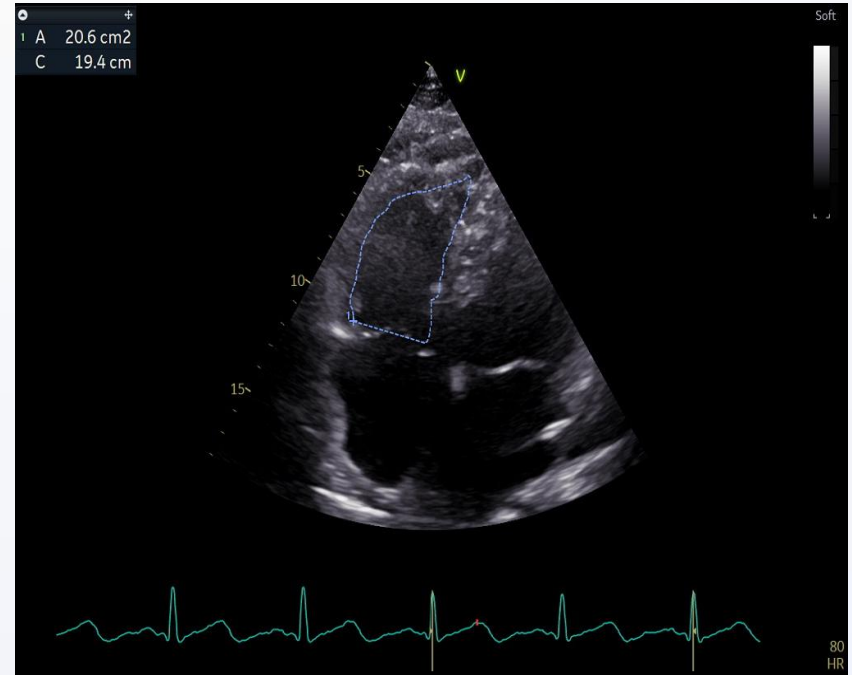
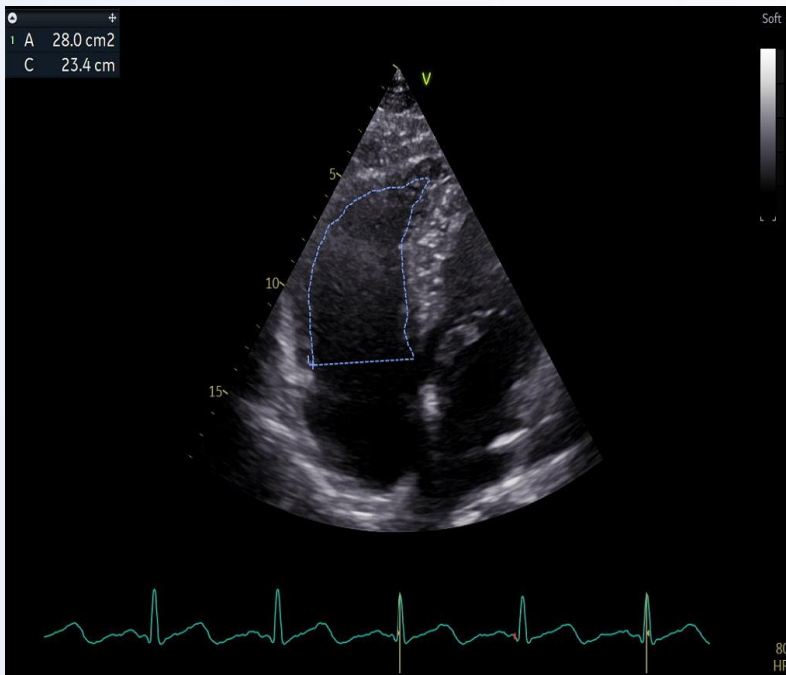
# Jak hodnotit funkci PK?

2) **SmTDI** (vrcholová systolická rychlost trikuspidální anulu) **< 10 cm/s = patologické**



# Jak hodnotit funkci PK?

3) Frakční změna plochy PK = (end-diastolická plocha - end-systolická plocha / end-diastolická plocha)



# Frakční změna plochy pravé komory

## Reference values of fractional area change

Normal

>35

Mild

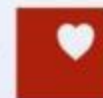
35-25%

Moderate

24-18%

Severe

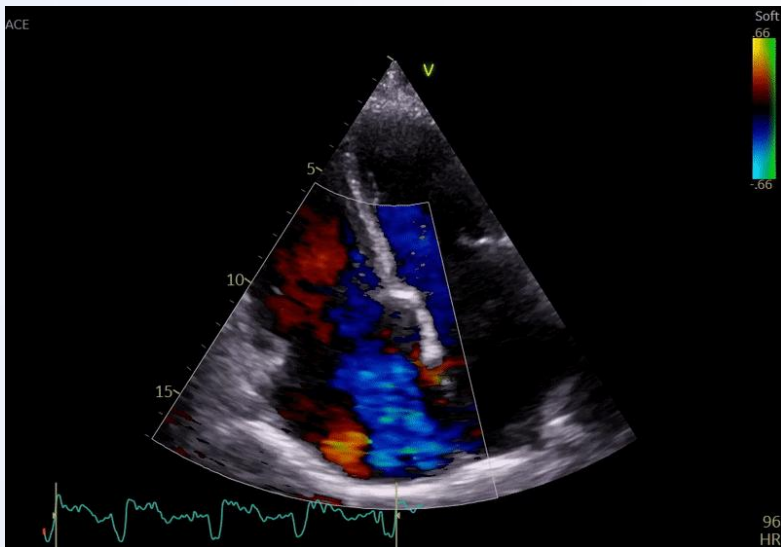
<18%



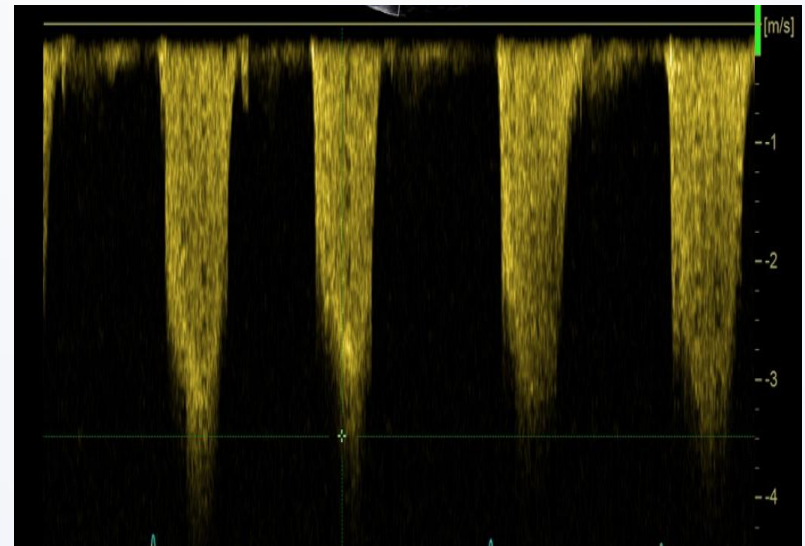


# Hodnocení TriR a PASP

Color Doppler

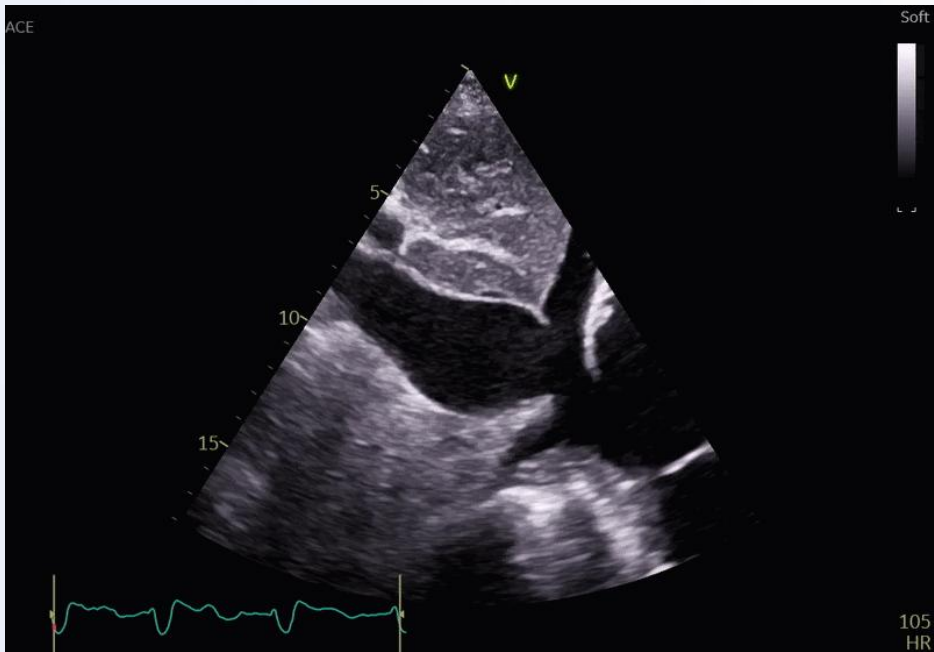


CW Doppler





# Diametr a kolapsibilita DDŽ

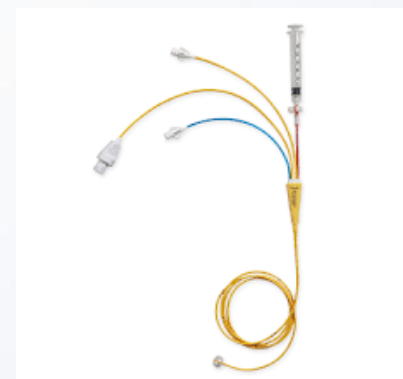


Estimation of right atrial pressure (RAP) based on IVC size and collapsibility

PRAGUE ICU	IVC Size	% Collapse	RA Pressure
Low	<2,1 cm	>50%	3 mmHg
	Normal	Normal	
Intermediate	<2,1 cm	<50%	8 mmHg
	Normal	Abnormal	
	>2,1 cm	>50%	8 mmHg
	Abnormal	Normal	
High	>2,1 cm	<50%	15 mmHg
	Abnormal	Abnormal	

# Hemodynamické hodnocení funkce PK

	Výpočet	Klinická implikace
<b>RAP</b>	RAP nebo CVP	>15 mmHg (RHF po LVAD)
Pravolevá diskordance plicních tlaků	RAP:PCWP	>0.63 (RHF po LVAD) >0.86 (RHF při AIM)
<b>PAPi</b> (Pulmonary artery pulsatility index)	(PASP-PADP)/RAP	<1.0 (RHF při AIM) <1.85 (RHF po LVAD)
RV stroke work index	(MPAP-CVP)xSVi	<0.25–0.30 mmHg/L/m <sup>2</sup> (RHF po LVAD)
<b>PVR</b>	(MPAP-PCWP)/CO	>3.6 WU (RHF po LVAD)



# Testování reverzibility PH

- Při zvýšení TPG  $\geq 15$  mm Hg a/nebo PAR  $\geq 3.0$  W.j.
- Iloprost, epoprostenol, iNO (10–20 ppm 5–10 min)
- **Fixovaná PH** (TPG  $\geq 15$  a/nebo PAR  $\geq 3.0$ ) představuje zvýšené riziko OTS
- **TPG  $> 20$  a/nebo PAR  $> 4$**  představuje kontraindikaci OTS

# Edwards SG katétr

- Schopnost měření EF PK + EDV PK



Garan AR, Kanwar M, Thayer KL, et al. Complete Hemodynamic Profiling With Pulmonary Artery Catheters in Cardiogenic Shock Is Associated With Lower In-Hospital Mortality. JACC Heart Fail. 2020 Nov;8(11):903-913.

INSTITUT KLINICKÉ A EXPERIMENTÁLNÍ MEDICÍNY  
KLINIKA KARDIOLOGIE



# Management selhání pravé komory

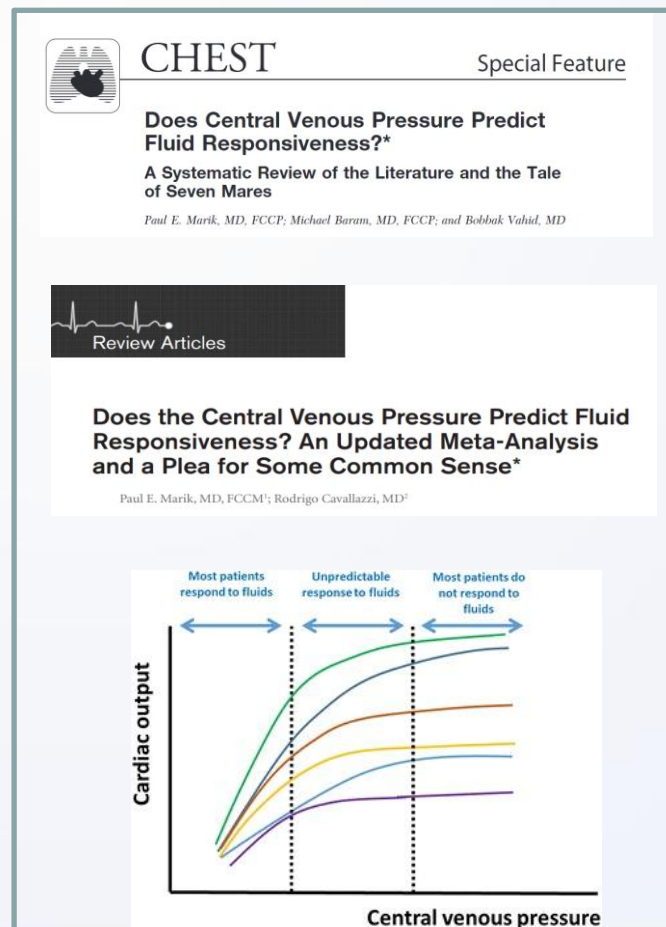
- 1) Adekvátní oxygenace/ventilace
- 2) Optimalizace volumového statusu
- 3) Zvýšení perfuzního tlaku
- 4) Zvýšení srdeční kontraktility
- 5) Snížení afterloadu PK
- 6) Mechanické srdeční podpory
  
- Specifické situace
  - Plicní embolie (antikoagulace, trombolýza, ECMO, ...)
  - IM pravé komory (revaskularizace,...)

# 1) Adekvátní oxygenace a ventilace

- Indikace podání  $O_2$  dle potřeby k léčbě hypoxémie ( **$SpO_2 < 90\%$** )
  - snížení **hypoxické vazokonstrikce** v plicích, která přispívá k plicní hypertenzi
- **Ventilovaní pacienti:**
  - **Protektivní plicní ventilace** využívající nejnižší plateau tlaky, dechové objemy a PEEP
    - zabránění hypoxémie a hyperkapnie  $\Leftrightarrow$  pomáhá optimalizovat jak preload, tak afterload!

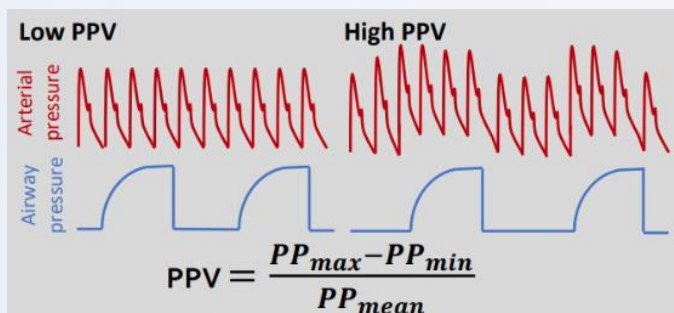
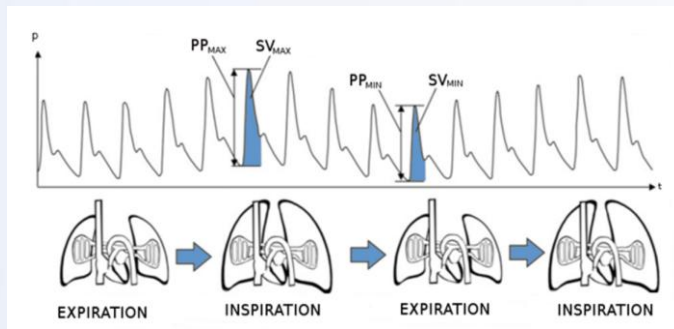
## 2) Volumová optimalizace (Hypovolémie)

- Jedná se o hypovolemického pacienta (adekvátní preload)?
- CVP?
  - cílem je CVP **8-12 cm H<sub>2</sub>O**
- Passive leg raise test, DDŽ (diameter, kolabování), PCWP, PPV a SVV
- Bolus krystaloidů (250 ml / 5 minut, max. 500-1000 ml)



# Stroke volume (SVV) a pulse pressure variation (PPV)

- >12% = pravděpodobná odpověď na volumexpanzi



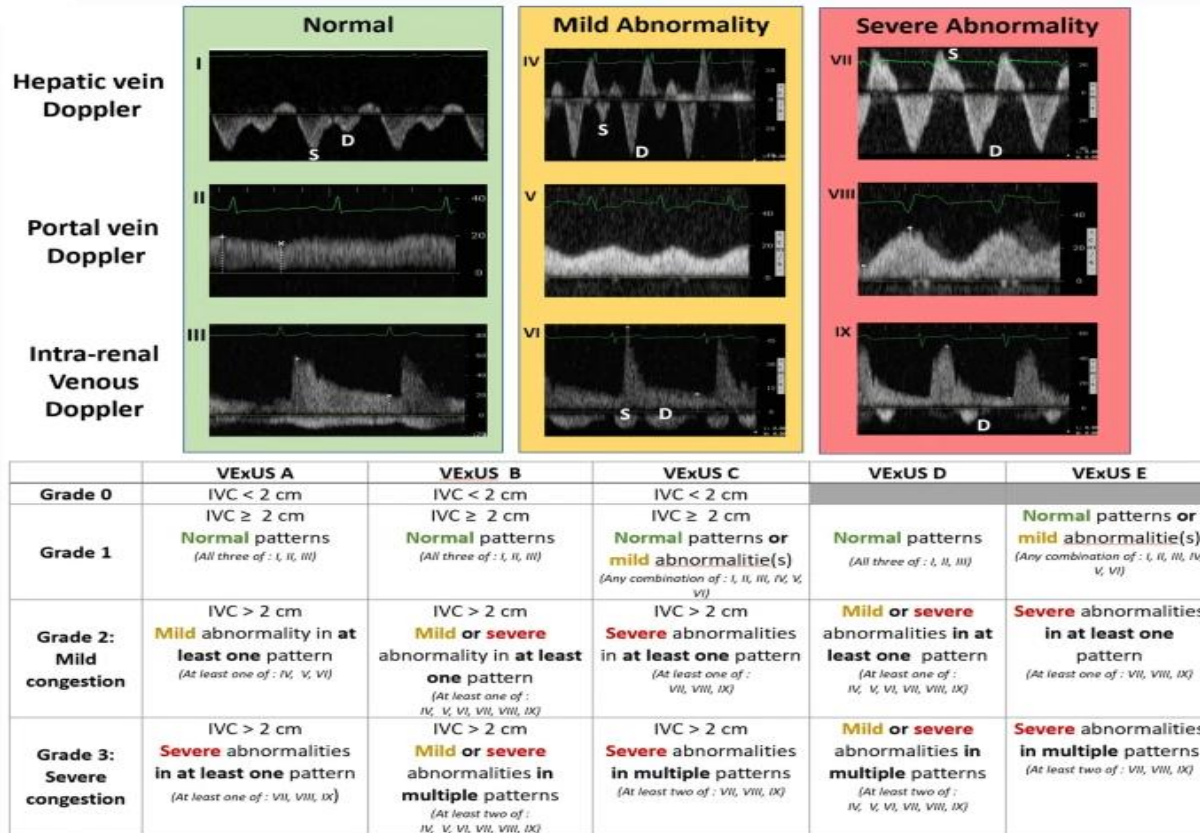
- Řízená mechanická ventilace
- Bez arytmií
- Dechový objem cca 8 ml/kg (vyšší dechové objemy vyvolávají vyšší variace)
- Vyšší PEEP => vyšší odchylky



## 2) Volumová optimalizace (Hypervolémie)

- Zvýšené napětí stěny PK, snížená kontraktilita, progrese TriR, zvýšená ventrikulární interdependence, zhoršení plnění LK a v konečném důsledku snížení systémového výdeje
- **Zvýšený tlak v pravém srdci** → utlačení koronárního sinu → snížení koronárního průtoku → může vyvolat ischemii pravé komory
- **Renální perfuzní tlak = MAP-CVP**

# VExUS (Venous Excess Ultrasound)



1. Beaubien-Souligny, W., Rola, P., Haycock, K., Bouchard, J., Lamarche, Y., Spiegel, R., Denault, A. (2020). Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system The Ultrasound Journal 12(1), 16.
2. <https://www.pocus101.com/vexus-ultrasound-score-fluid-overload-and-venous-congestion-assessment/>

# Diuretická terapie

- Kličková diuretika
- MRA
- Thiazidy
- Acetazolamide (ADVOR trial)
- SGLT<sub>2</sub> inhibitory (EMPULSE trial)
  
- RRT s ultrafiltrací

### 3) Zvýšení perfuzního tlaku

- Přidat **noradrenalin** k udržení MAP > 65 mmHg =>
  - 1) zlepšení **koronárního průtoku** pro PK
  - 2) udržení dostatečného **mozkového, renálního a hepatosplanchnického** perfuzního tlaku

Systemový perfuzní tlak = MAP – CVP

# Squeeze and diurese přístup (hypervolémie + hraniční MAP)

MAP=60, CVP=25 => perfuzní tlak=35, pacient oligurický

Přidej NOR



MAP=75, CVP= 25, renální perfuzní tlak = 50, obnovení diurézy



Pokračuje NOR, diuréza pomocí FSM



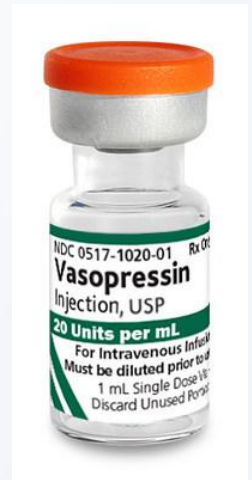
MAP= 75, CVP=12, renální perfuzní tlak=63, další zesílení diurezy



Stop NOR, snížení dávky FSM

# Vasopressin

- Zvyšuje **SVR bez škodlivého ovlivnění PVR**
- Vasopresin se váže na receptory **V1 na hladkém svalstvu cév a v nízkých dávkách (0,01-0,03 U/min) způsobuje pulmonální vazodilataci** prostřednictvím endoteliální stimulace oxidem dusnatým
- Přidat k NOR při jeho dávce **0,25-0,5 mcg/kg/min a nedostatečném MAP**
- \* Při vyšších dávkách však vazopresin může způsobit **koronární vazokonstrikci** zvýšením citlivosti na katecholaminy



## 4) Zvýšení srdeční kontraktility

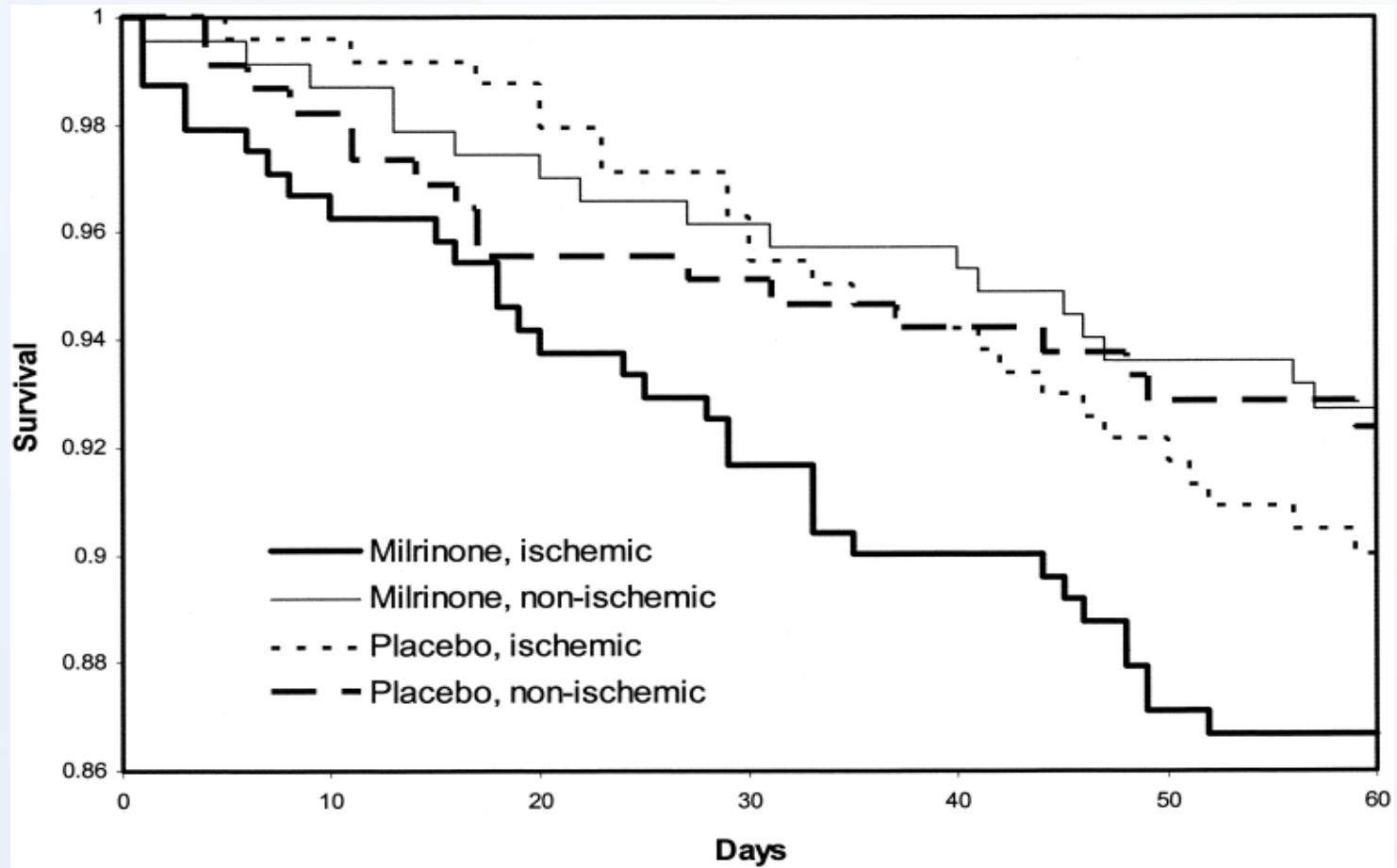
### • **Dobutamin**

- agonista beta adrenoreceptorů kardiomyocytů – především beta1 (slabý beta2 = snižuje SVR), inodilatator
- omezený efekt u pacientů předléčených BB
- tachykardie

### • **Milrinone**

- selektivní PDE3 inhibitor (zvyšuje cAMP)
- zlepšuje inotropii PK + plicní vasodilatace (biventrikulární dysfunkce s PH)
- **snižuje SVR i PVR!**
- preferován u pacientů na terapii BB
- méně arytmií než dobutamin
- nevhodný u ischemického SS

# Optime CHF study



Felker GM, Benza RL, Chandler AB, Leimberger JD, Cuffe MS, Califf RM, Gheorghiade M, O'Connor CM; OPTIME-CHF Investigators. Heart failure etiology and response to milrinone in decompensated heart failure: results from the OPTIME-CHF study. *J Am Coll Cardiol*. 2003 Mar 19;41(6):997-1003.



## 4) Zvýšení srdeční kontraktility

### • Levosimendan

- kalciový senzitivizér (bez významnějšího zvýšení absolutní koncentrace  $Ca^{2+}$ ) => zvyšuje inotropii **bez zvýšení spotřeby kyslíku myokardem**

Aktivace  $\kappa$ ATP kanálů v hladké svalovině cév → **vazodilatace => snižuje SVR i PVR!**

Zlepšuje funkci PK u onemocnění levého srdce (1)

Ve studii srovnávající levosimendan s milrinonem u pacientů po kardiochirurgické operaci však levosimendan vedl k většímu zvýšení srdeční frekvence, snížení systémové vaskulární rezistence a větší potřebě NOR (2)

Parissis J. T., Paraskevidis I., Bistola V., Farmakis D., Panou F., Kourea K., Nikolaou M., Filippatos G., & Kremastinos D. Effects of levosimendan on right ventricular function in patients with advanced heart failure. *Am J Cardiol*, 2006 Dec 1. 98(11): 1489-92.

Mishra A., Kumar B., Dutta V., Arya V. K., & Mishra A. K. Comparative Effect of Levosimendan and Milrinone in Cardiac Surgery Patients With Pulmonary Hypertension and Left Ventricular Dysfunction. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2016 June. 30(3): 639-46.

# Cena inotropik

- **Dobutamin** - 120 Kč (1 ampule)



- **Milrinone** - 200 Kč (1 ampule)



- **Levosimendan** - 16-20 tisíc Kč (1 ampule)



## 5) Snížení afterloadu PK

- Inhalační NO

- selektivní plicní vazodilatátor
- rychlý nástup účinku, krátký poločas
- Může být podán jak via **EK**, tak i via **HFNO**
- Iniciální dávka **20 ppm**
- je plicním vazodilatátorem volby u kriticky nemocných, zlepšuje plicní hemodynamiku u PSI



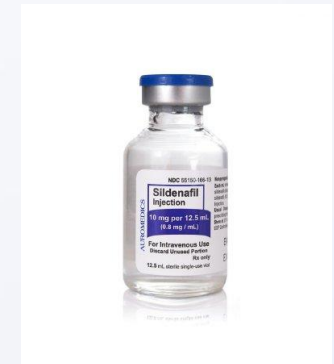
## 5) Snížení afterloadu PK

### • Sildenafil

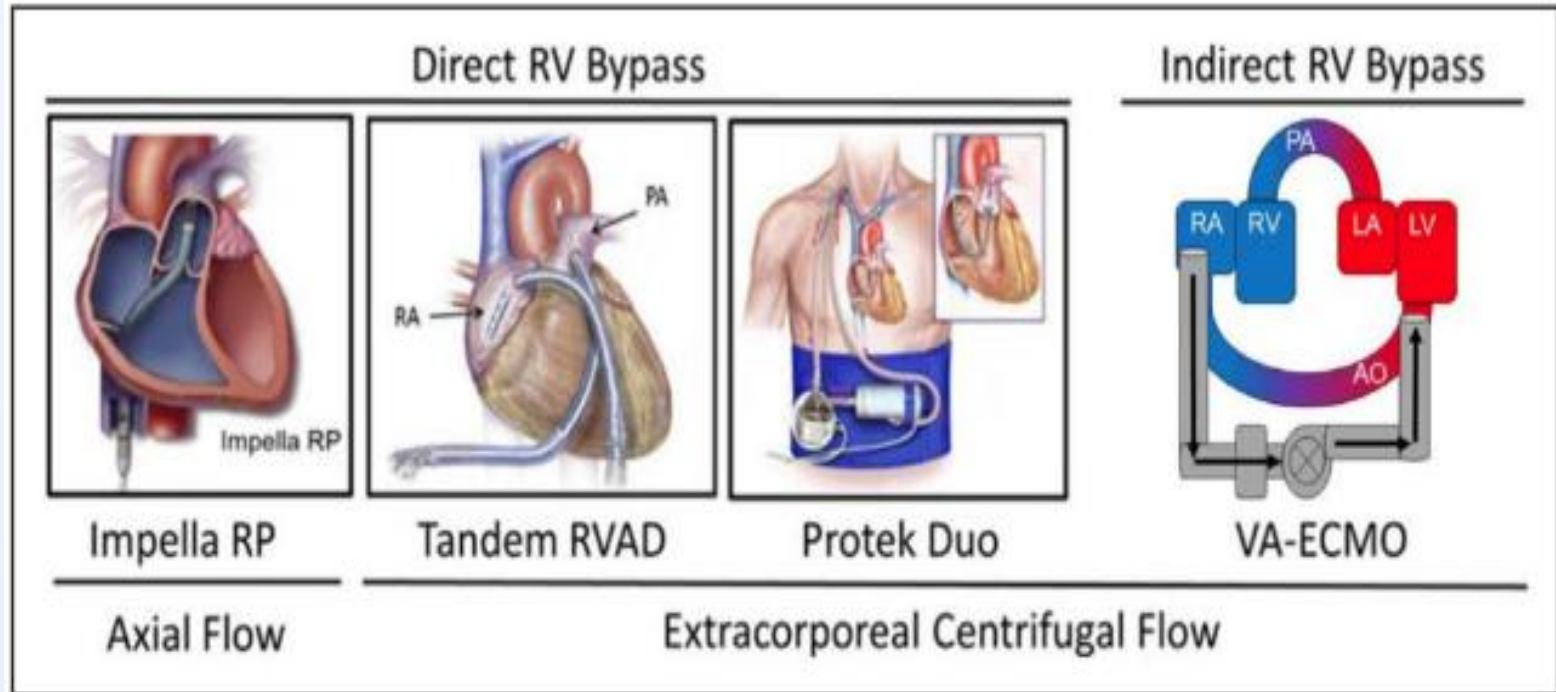
– Inhibitor fosfodiesterázy 5 (blokuje degradaci cGMP) => **snižuje plicní arteriální tlak** (afterload) a zvyšuje srdeční výdej u akutní i chronické plicní hypertenze

– Použití u pacientů **na WL OTS s PH** či při **léčbě selhání PK po implantaci LVAD**

! Inhibitory PDE5 jsou **kontraindikovány** u pacientů užívajících nitráty a měly by být používány s opatrností u hemodynamicky nestabilních pacientů

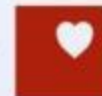


## 6) MSP k podpoře funkce PK



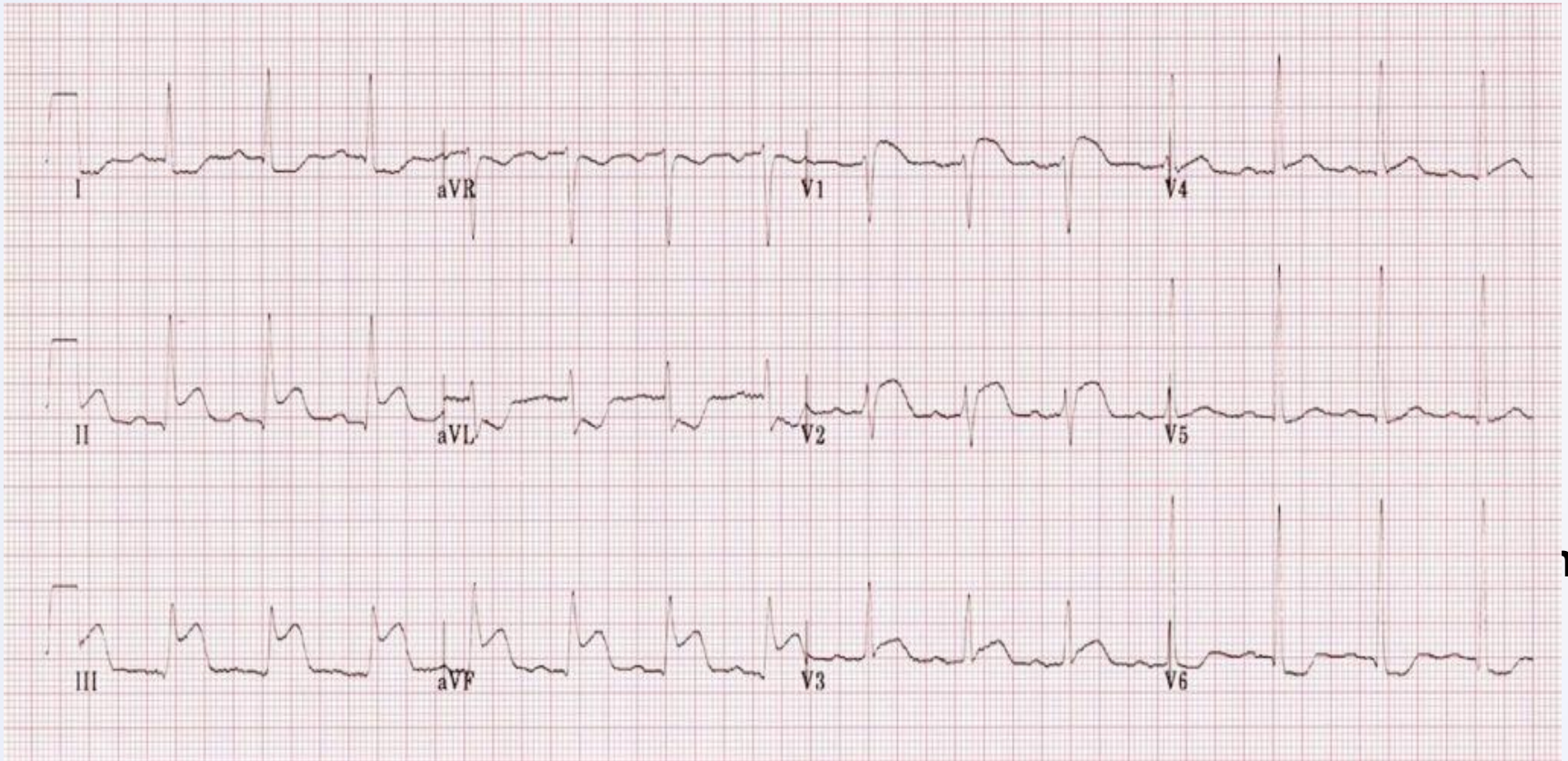
# Infarkt pravé komory

- U přibližně **50 % infarktů spodní stěny**
- Pouze zřídka dokumentujeme izolovaný IM PK bez postižení LK (3 % STEMI případů)
- Většinou u prox. uzávěrů ACD (méně pak u uzávěrů RCx při levostranné dominanci)
- **Klinika?** hypotenze, rozšířené jugulární žíly a čisté plicní pole při IM spodní stěny
- **Léčba:** volum-dependentní (RAP 10-14 cm H<sub>2</sub>O), inotropie, MSP

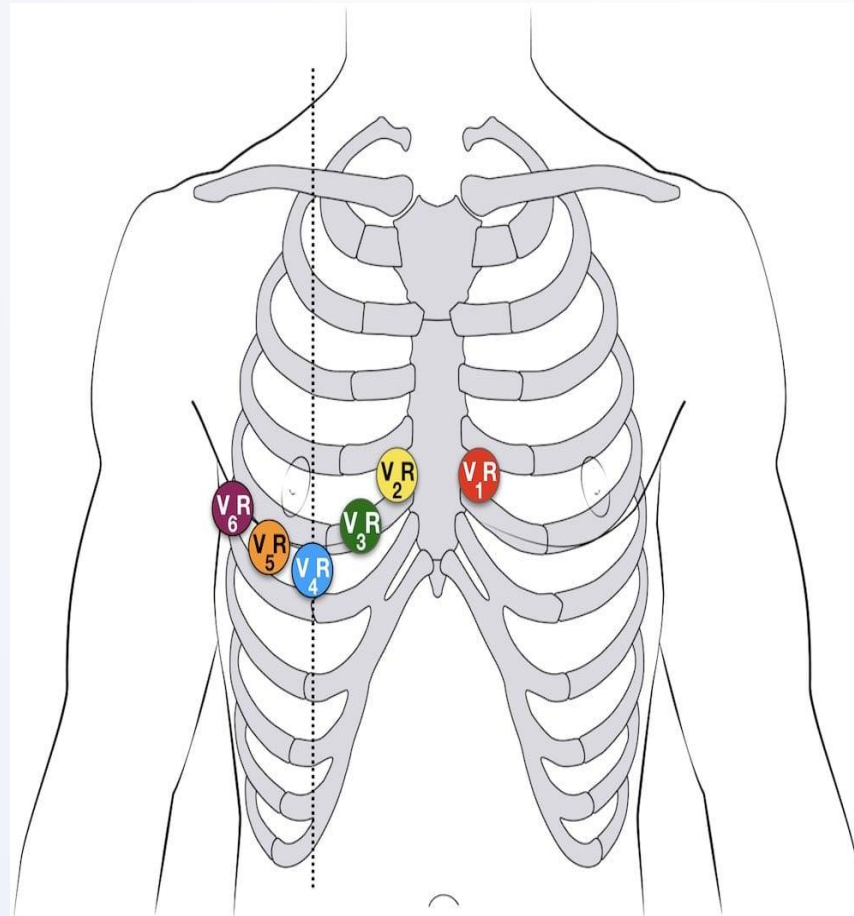




# EKG u IM pravé komory



# Pravostranné svody





# Děkuji za pozornost



Česká asociace  
akutní kardiologie

