



**VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ
NEMOCNICE V PRAZE**



**1. LÉKAŘSKÁ
FAKULTA**
Univerzita Karlova

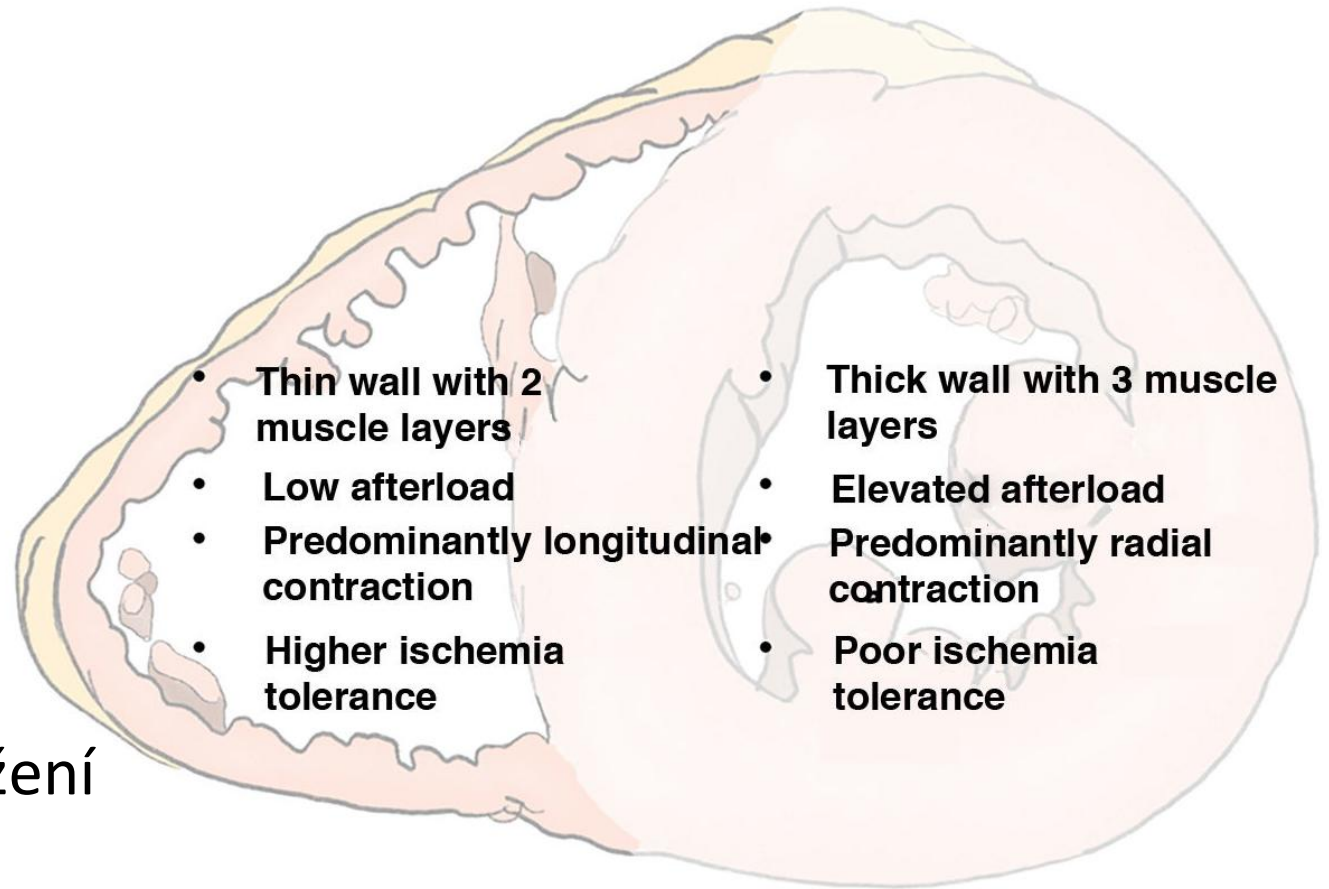
Dysfunkce pravé komory a trikuspidální regurgitace

Zuzana Hlubocká

II.interní klinika VFN a 1.LF UK, Praha

Pravá komora

- Odlišný embryonální původ
- Tenké stěny 2-3mm, poloměsíčitý tvar
- Napojena na nízkotlakou, poddajnou plicní cirkulaci
- Odolnější na ischemii
- Špatně toleruje tlakové přetížení



Sanz J. et al. JACC 2019; 73(12):1463-82

Real C et al. Rev Esp Cardiol 2024; 77(11):957-970

Morfologie pravé komory

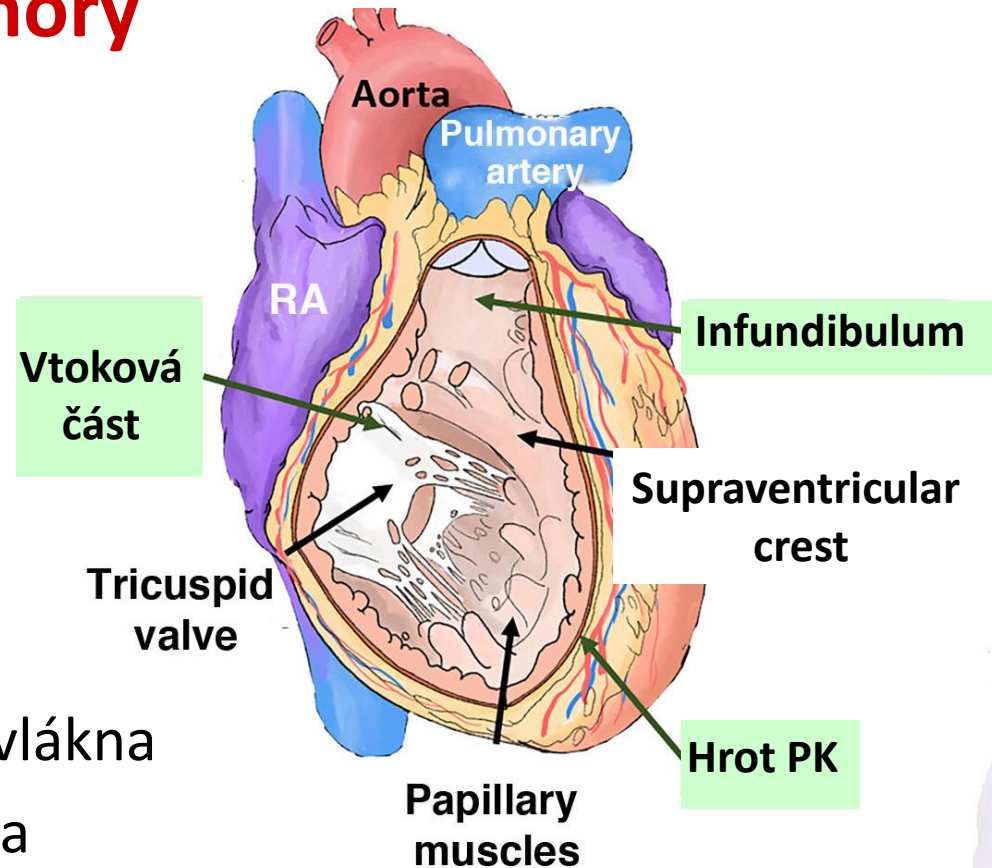
- **3 části**

vtoková část, apikální myokard a
výtokový trakt (infundibulum)

- **2 svalové vrstvy**

subendokardiální – longitudinální vlákna
povrchní – cirkumferenciální vlákna

- **peristaltická kontrakce**

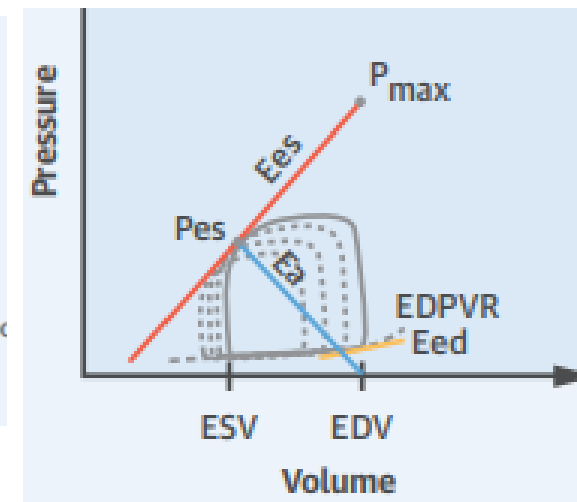
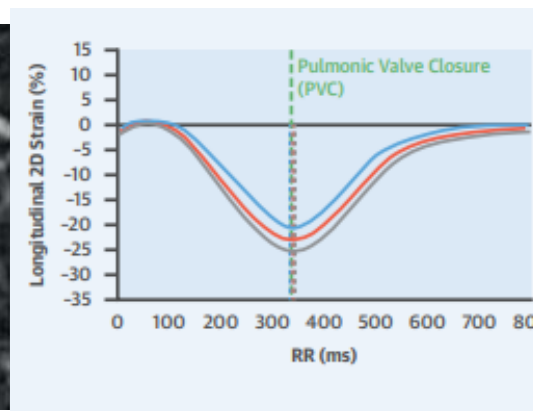
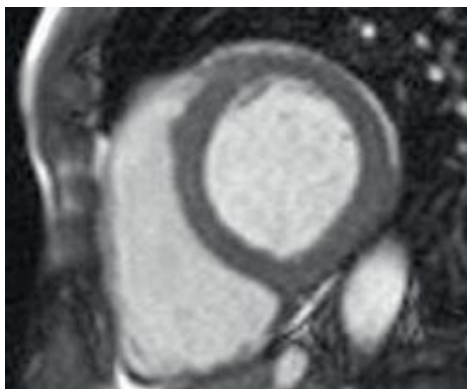
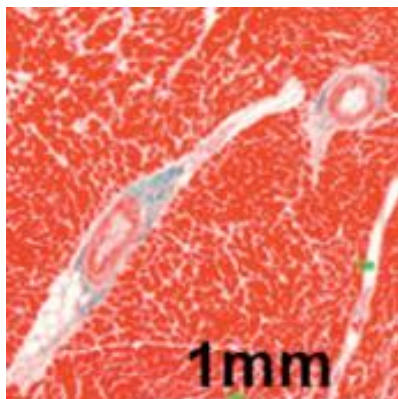


Cirkumferenciální
vlákna



Longitudinální
vlákna

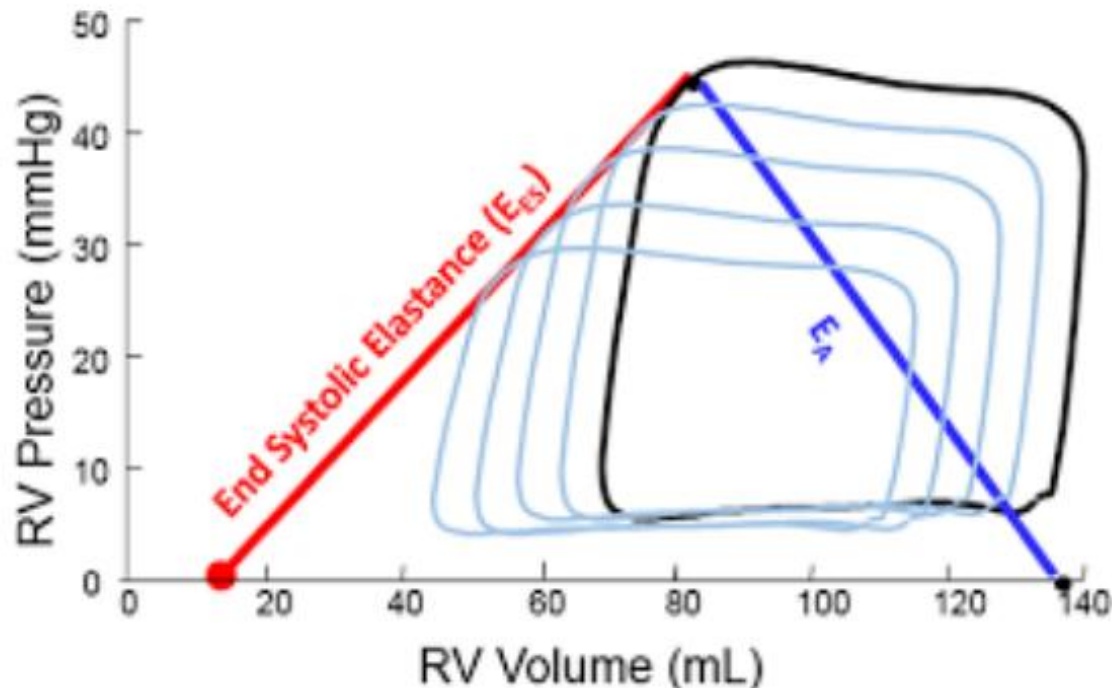
Normální funkce pravé komory



- Normální velikost, tloušťka stěny a struktura myokardu PK
- Adekvátní žilní návrat = preload (definován EDV PK)
- Fyziologickou interdependencí LK a PK
- Fyziologických parametrech afterloadu
- Normální propojení PK a plicní cirkulace – ventrikulo-arteriální coupling

Afterload a ventrikulo-arteriální (V-A) coupling

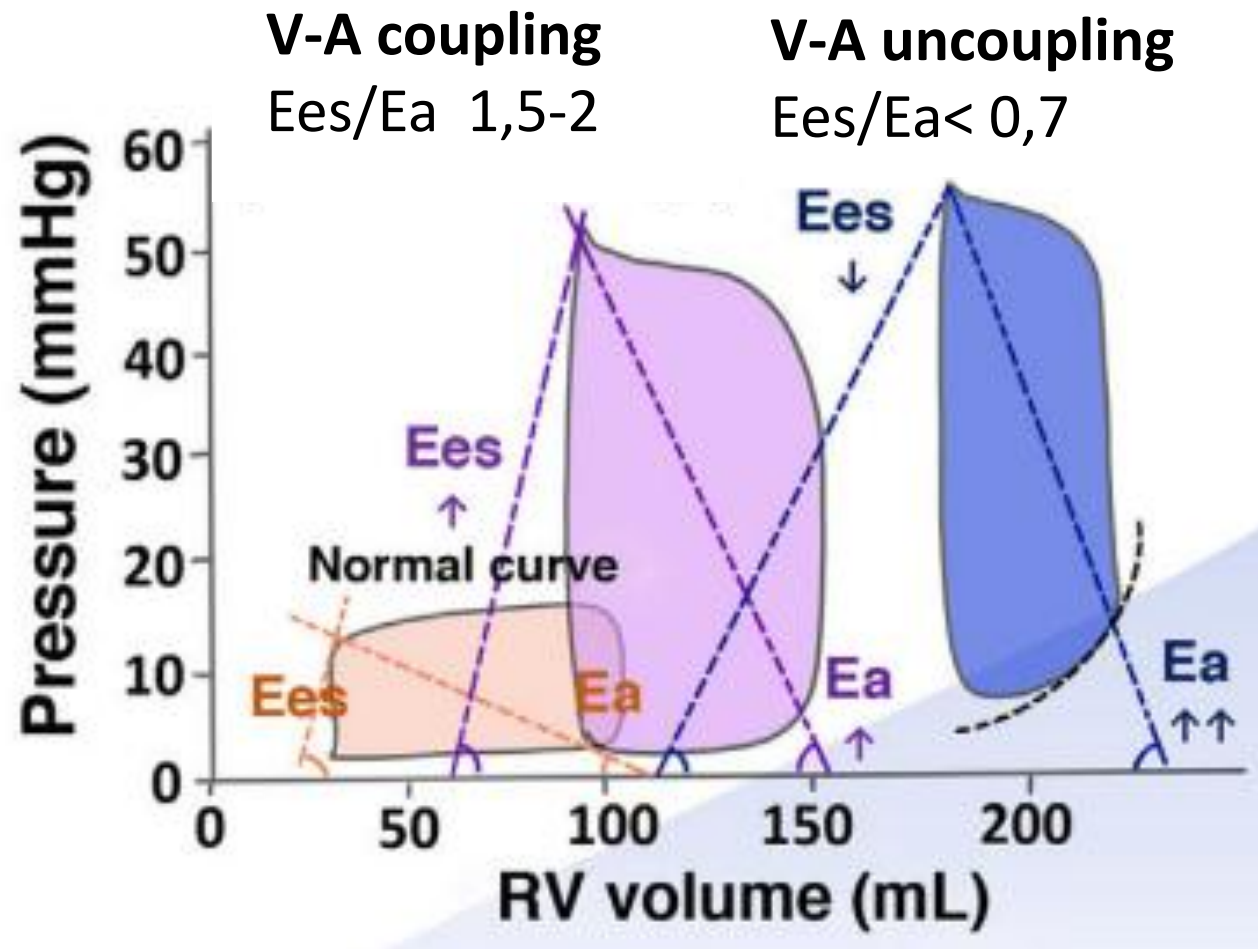
- **Afterload PK** - hodnocen **arteriální elastancí (E_a)**
 - odpor kladený srdci při eejekci, z objemově-tlakových křivek PK ($E_a = \text{RV ESP} / \text{SV}$)
- **Kontraktilita PK** – hodnocena **endsystolickou elastancí**, load-independentní parametr ($E_{es} = \text{RV ESP} / \text{ESV}$)



V-A (RV-PA) coupling - adekvátnost kontraktility PK ve vztahu k afterloadu

RV-PA coupling = $E_{es} / E_a = \text{SV} / \text{ESV}$
Normální hodnota **1-2**

Ventrikulo-arteriální coupling a uncoupling



Dysfunkce pravé komory

Příčiny dysfunkce pravé komory

- **Tlakové** přetížení - **plicní hypertenze**, plicní embolie, ARDS
- **Objemové** přetížení - **trikuspidální regurgitace**, zkratové vady
- **Myokardiální** postižení - ICHS, arytmogenní KMP

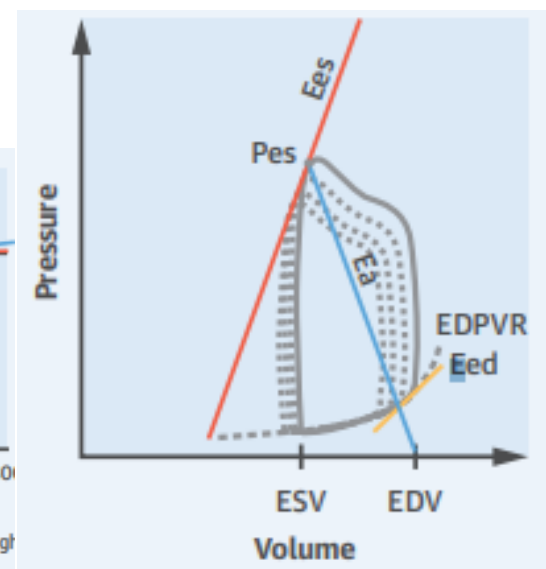
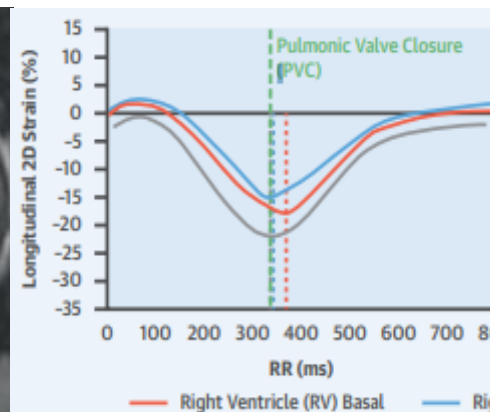
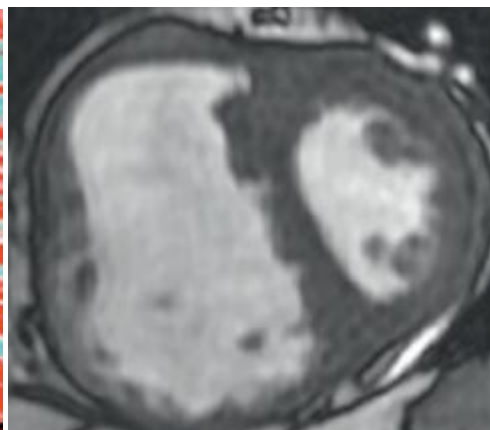
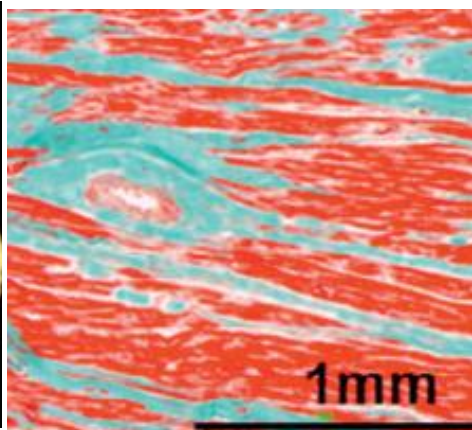
➤ v klinické praxi **často kombinace příčin**



Sanz J. et al. J Am Coll Cardiol. 2019; 73(12):1463-82

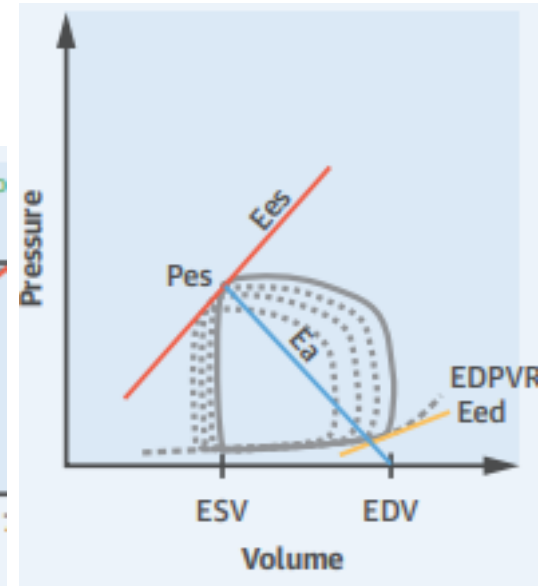
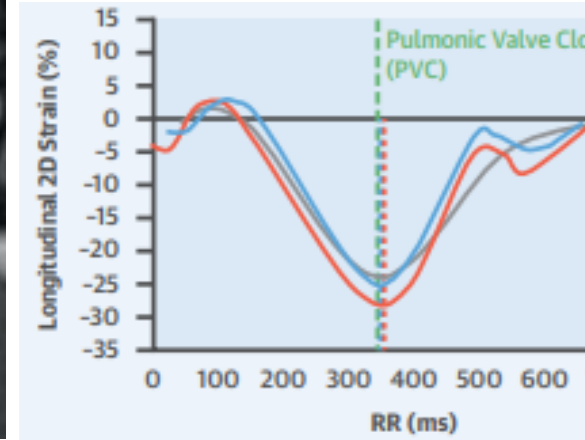
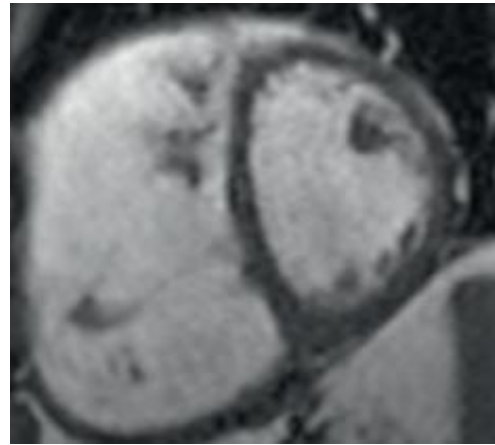
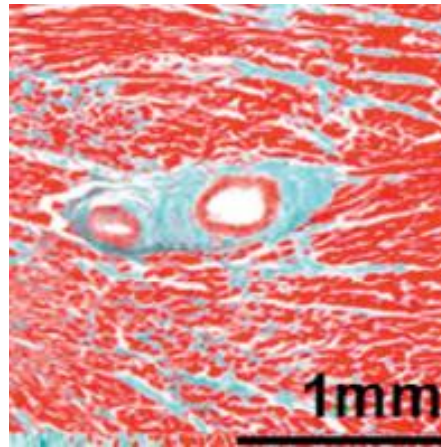
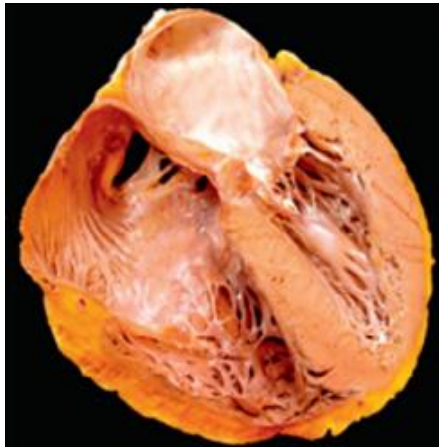


Tlakové přetížení pravé komory



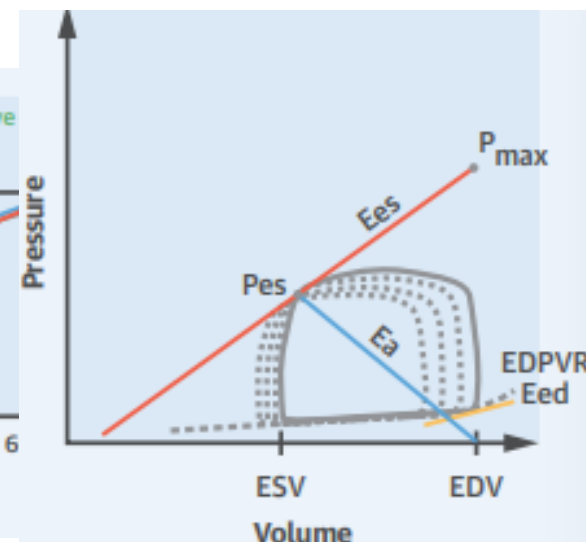
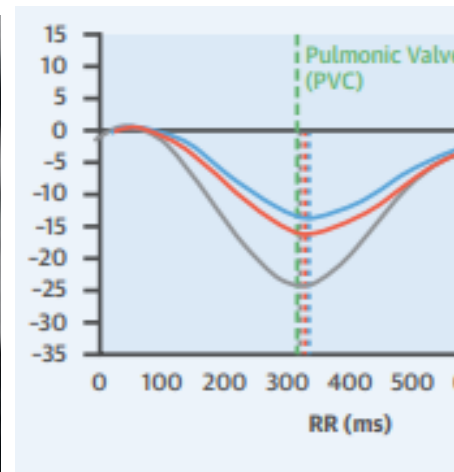
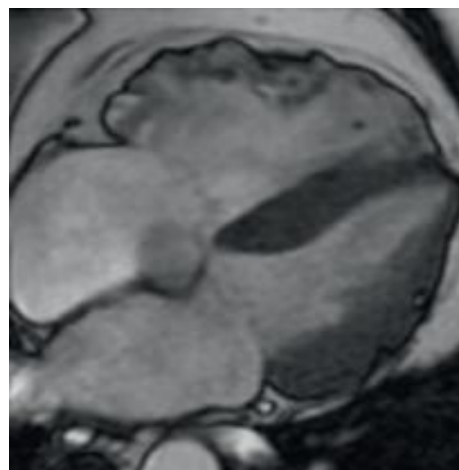
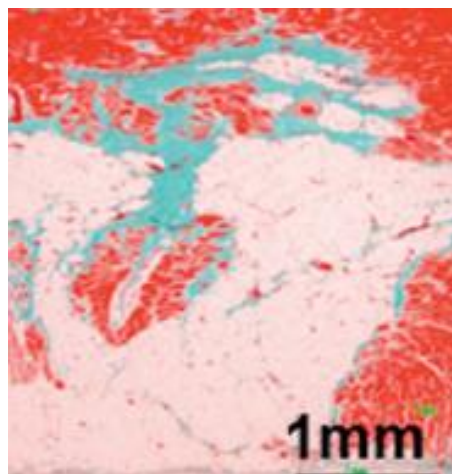
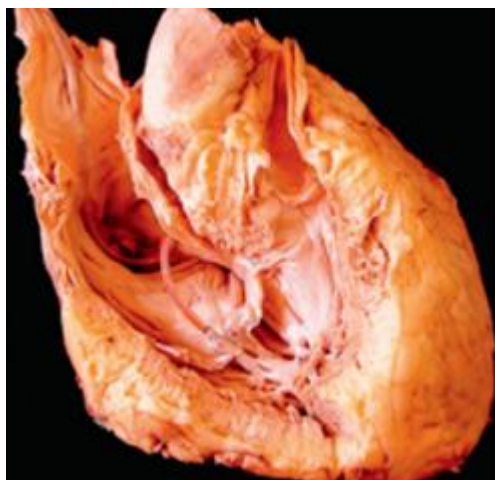
- Hypertrofie PK a později dilatace
- Hypertrofie kardiomyocytů, rozvoj fibrózy myokardu
- Systolické oploštění, přesun septa doleva
- Snížená deformace myokardu, dysynchronie
- Výrazné navýšení afterloadu (E_a), navýšení kontraktility (E_{es}), později V-A uncoupling

Objemové přetížení pravé komory



- Dilatace pravé komory, excentrická hypertrofie
- Mírná fibróza myokardu
- Diastolické oploštění, přesun septa doleva – mírná dysfunkce LK, ↓CO
- Téměř normální deformace myokardu
- jen mírné zvýšení afterloadu (Ea), dobrá kontraktilita, dlouho zachovaný V-A coupling

Myokardiální postižení pravé komory



- Dilatace pravé komory, aneurysmata PK
- Náhrada myokardu PK fibrózní nebo fibrózně – tukovou tkání
- Významně snížená deformace myokardu
- Zhoršená kontraktilita (E_{es}), dlouho zachovaný V-A coupling

Klasifikace trikuspidální regurgitace

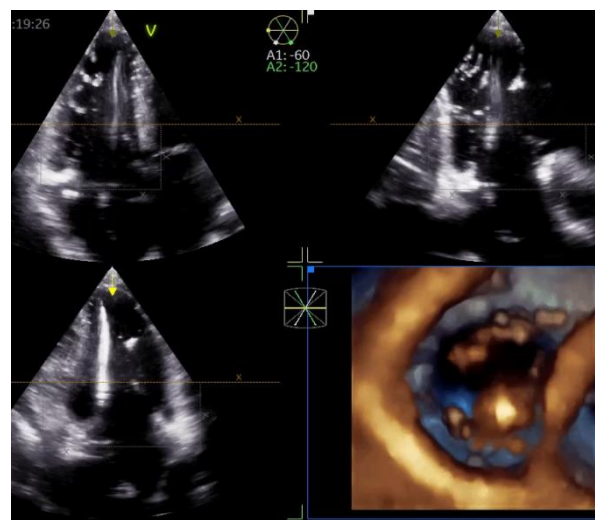
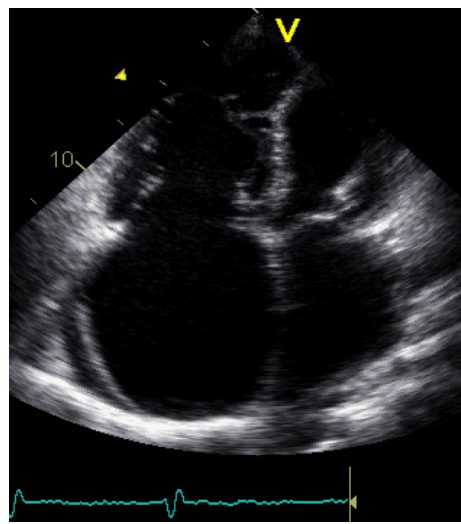
Sekundární/funkční (90%)

CIED asociovaná

Primární/organická (8%)

Atriální

Ventrikulární



Fibrilace síní

Plicní hypertenze

- při onemocnění levého srdce
- arteriální
- plicní onem., plicní embolie

Ebsteinova anomálie
Infekční endokarditida
Prolaps
Karcinoid, trauma

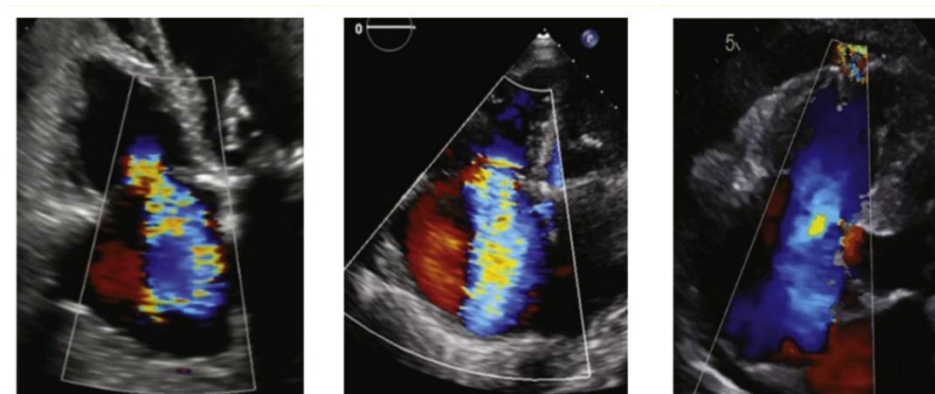
Kvantifikace trikuspidální regurgitace

EAE a ASE guidelines hodnocení TR

Parameters	Mild	Moderate	Severe
Qualitative			
TV morphology	Mildly abnormal leaflets (e.g. mild rheumatic thickening, limited prolapse)	Moderately abnormal leaflets (e.g. moderate thickening or prolapse)	Severe valve lesions (e.g. Flail leaflet, ruptured papillary muscle, severe retraction, large perforation or vegetation)
Interventricular septal motion	Normal	Typically normal	Paradoxical/ volume overload pattern
Color flow TR jet [Note: not recommended for sole grading of severity]	Small RA penetration or not holosystolic	Moderate RA penetration or large penetration and late systolic	Deep RA penetration and holosystolic jet
Flow convergence zone	Not visible, transient or small	Intermediate in size and duration	Large throughout systole
CW signal TR jet	Faint/parabolic or partial contour	Dense, variable contour	Dense, triangular with early peaking contour (peak <2 m/s in very severe TR)
IVC diameter	Normal	2.1 -2.5 cm	>2.5 cm
Semi-quantitative			
Color flow jet area (cm ²) [Central Jet] ^a	<5	5-10	> 10
Color jet area:RA area (%)	10-20	10-33	>33
Vena contracta (cm)	<0.3	<0.6	≥ 0.7
PISA Radius (cm) ^b	≤0.5	0.6-0.9	> 0.9
Hepatic vein flow	Systolic dominance	Systolic blunting ^c	Systolic flow reversal
Tricuspid inflow	E-wave < 1 m/sec or A-wave dominant	Variable	E-wave ≥1.0 m/sec
Quantitative			
EROA (mm ²) [by PISA]	<20	20-39 ^d	≥40
EROA (mm ²) [by 3D]	Unknown	Unknown	>75
Regurgitant volume(mL) [by PISA]	<30	30-45 ^d	≥45
RV and RA size	Usually normal	Usually normal or mild dilatation	Usually dilated ^e

Nový návrh klasifikace trikuspidální regurgitace

Variable	Severe	Massive	Torrential
VC (biplane)	7–13 mm	14–20 mm	≥21 mm
EROA (PISA)	40–59 mm ²	60–79 mm ²	≥80 mm ²
3D VCA or quantitative EROA ^a	75–94 mm ²	95–114 mm ²	≥115 mm ²

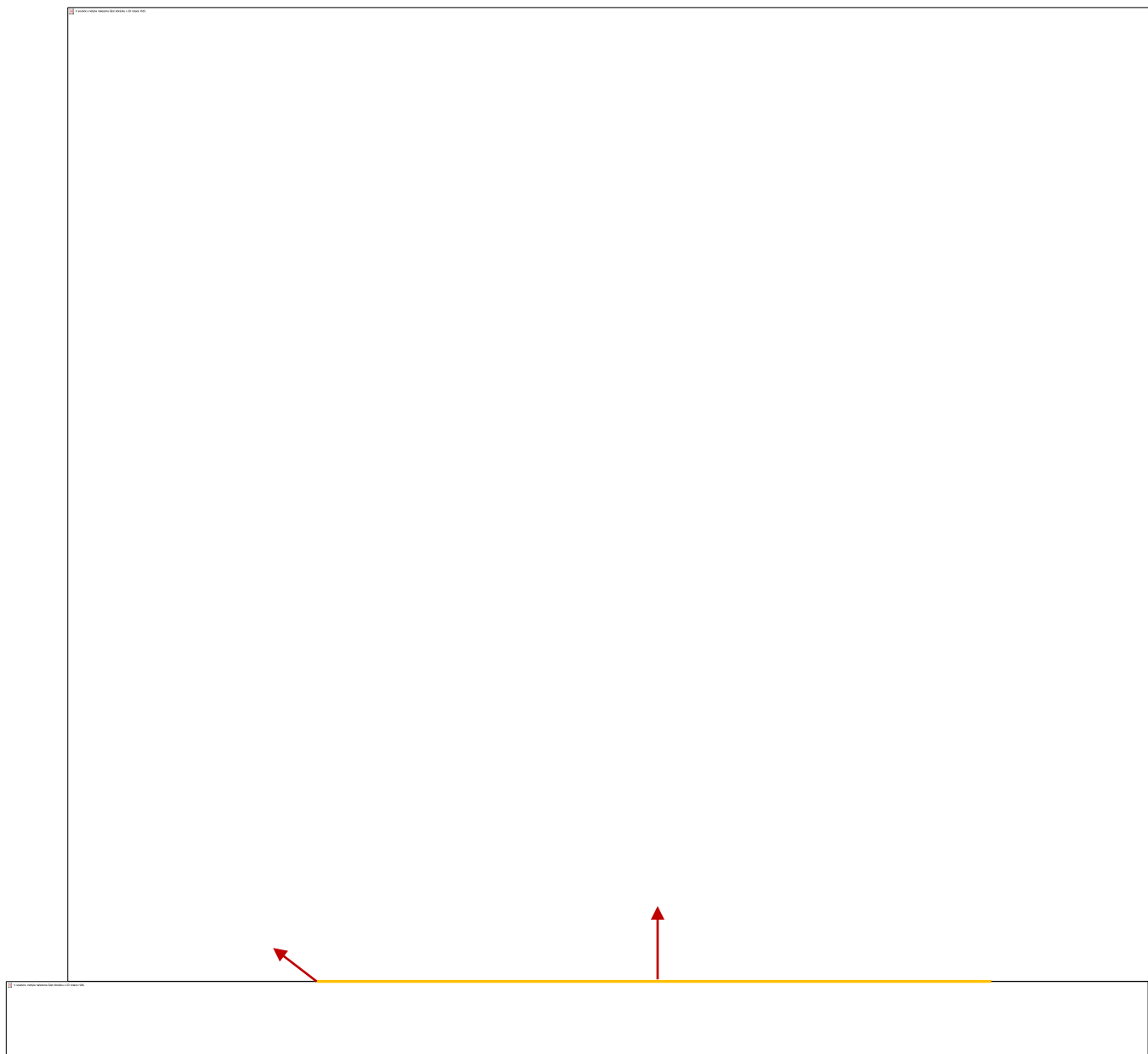


Zoghbi WA et al., JASE 2017;30

Lancellotti P. Eur Heart J Cardiovasc Imaging 2022; 23: e171-232

Hahn R.T., Eur Heart J Cardiovasc Imaging 2017, 18: 1342-43

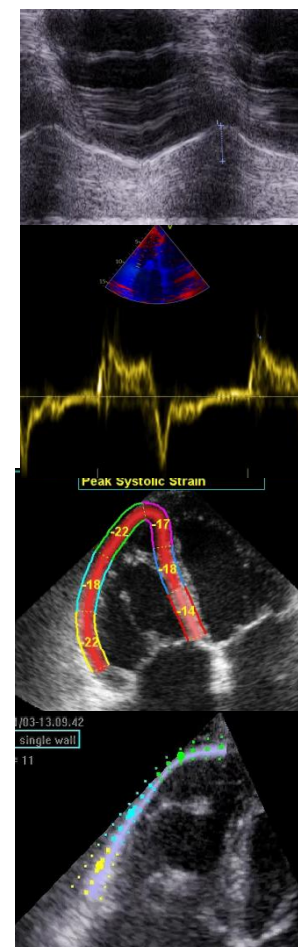
Vztah trikuspidální regurgitace a dysfunkce pravé komory



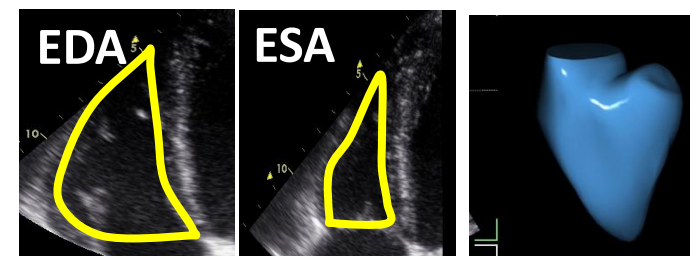
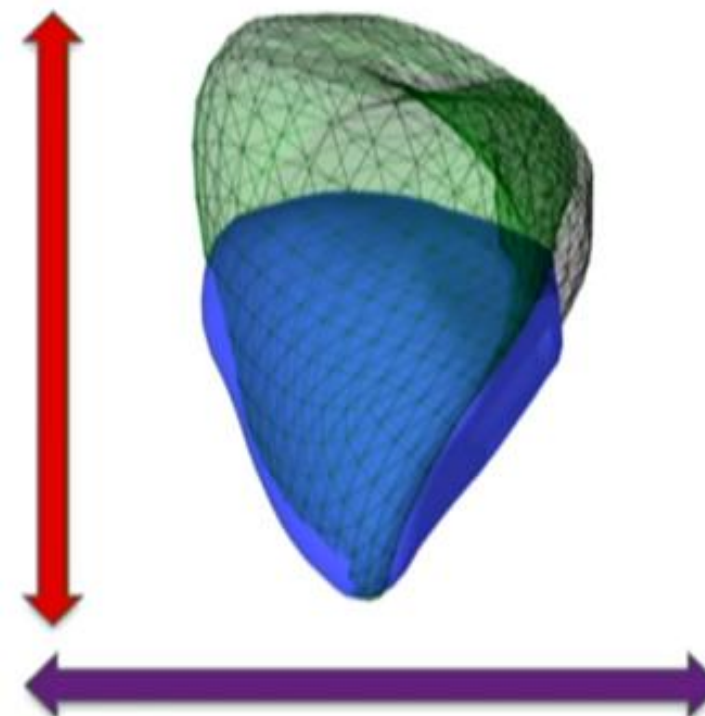
Echokg hodnocení funkce pravé komory

Table 5 Echocardiographic Assessment of Right Ventricular Function

	Mean $\pm$ SD	Lower Limit of Normal
Longitudinal systolic function		
TAPSE, mm	21.8 ± 3.8	15.2
RV TDIs'	13.2 ± 2.3	9.4
RV GLS, %	25.4 ± 3.8	18.2
RVFWS, %	28.3 ± 4.3	20.0
Circumferential systolic function		
RV FAC, %	42.8 ± 4.3	35.3
RVEF (3D echo), %	56 ± 6	44
Systolic and diastolic function		
RIMP (PW Doppler)	0.25 ± 0.085	0.0
RIMP (TDI)	0.38 ± 0.08	0.22



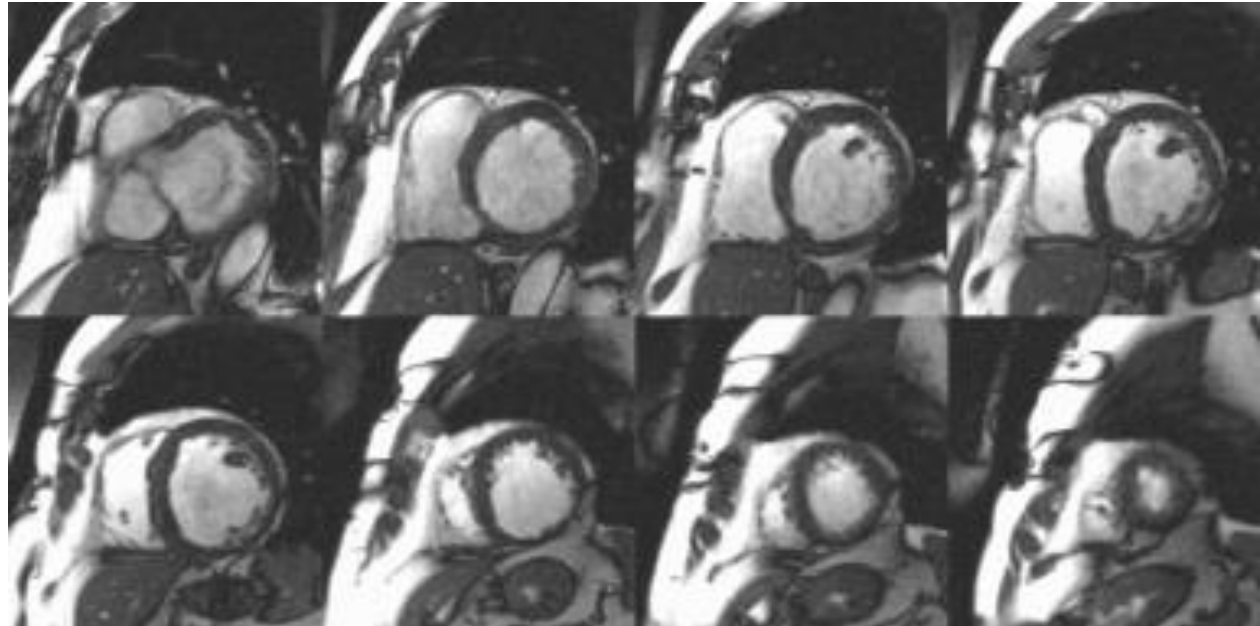
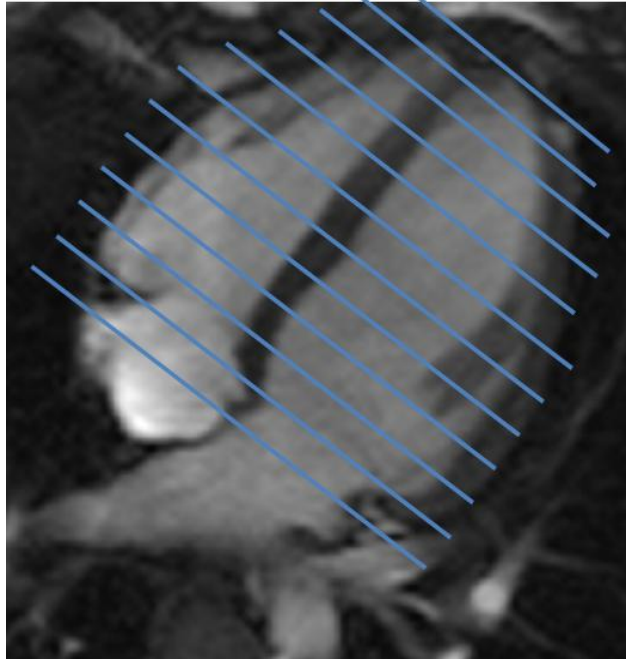
Rozložení kontrakce PK



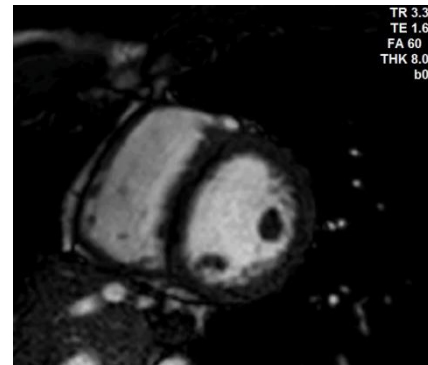
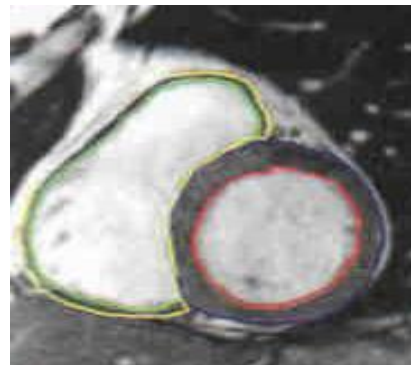
MRI – hodnocení objemů a systolické funkce PK

SSFP sekvence; série smyček/řezů v krátké ose komor od baze k hrotu

Simpsonovo pravidlo – plocha řezu x tloušťka řezu = objem



Normální EF PK $\geq 45\%$



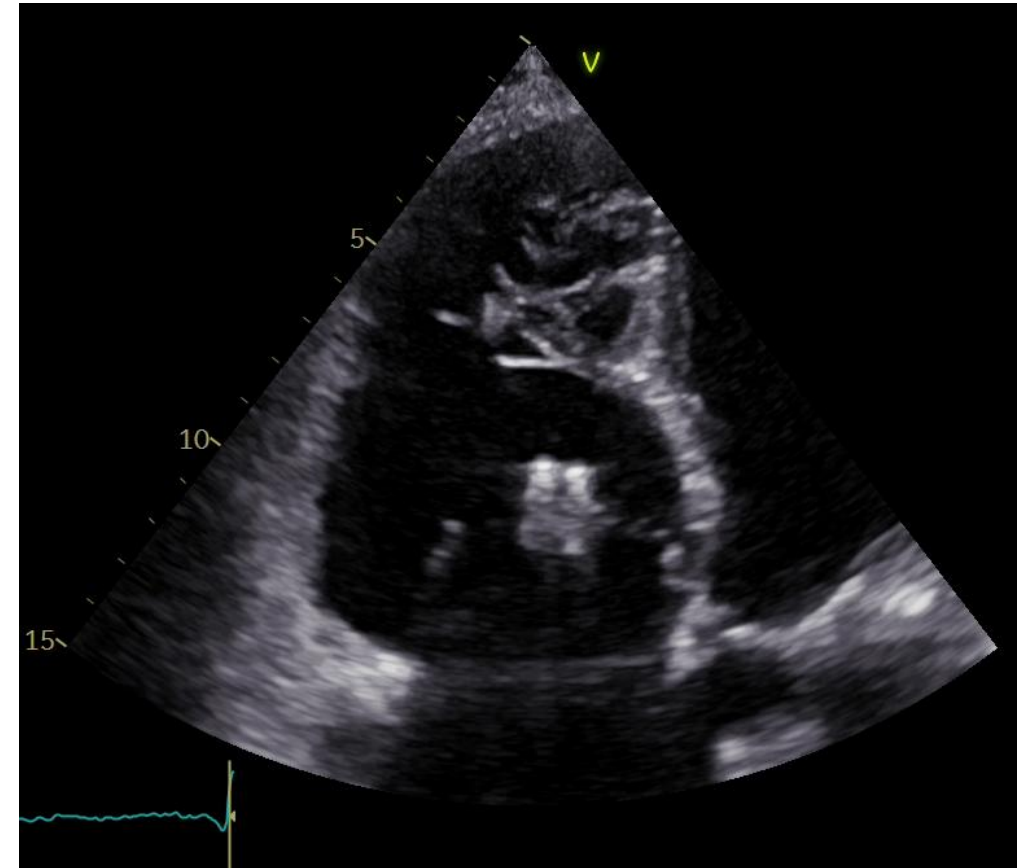
Zdroj: VFN Praha

Co je těžká dysfunkce pravé komory?

Tricuspid Valve Academic Research Consortium Definitions for Tricuspid Regurgitation and Trial Endpoints

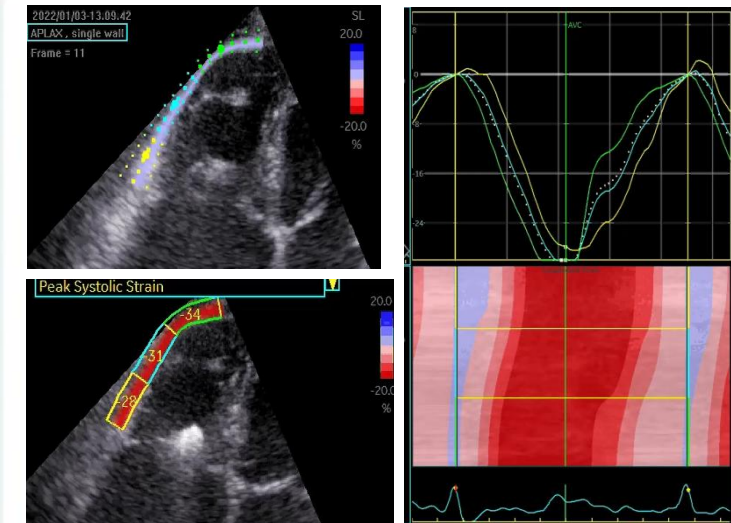
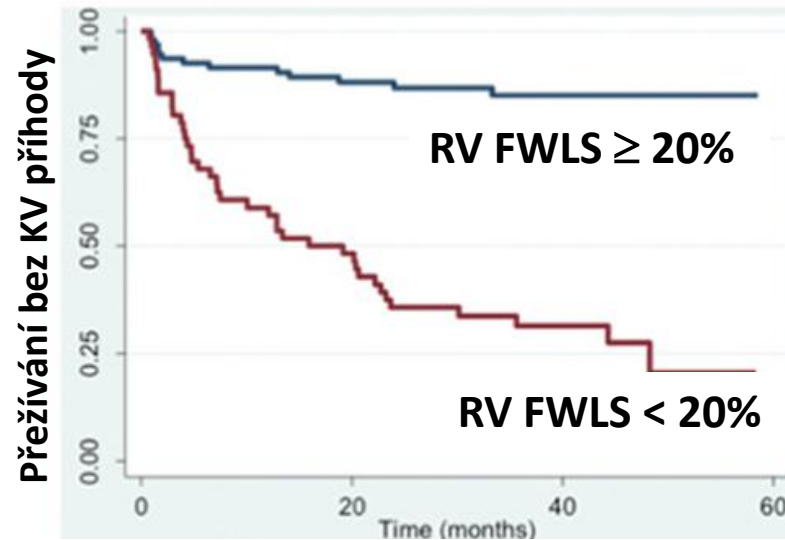
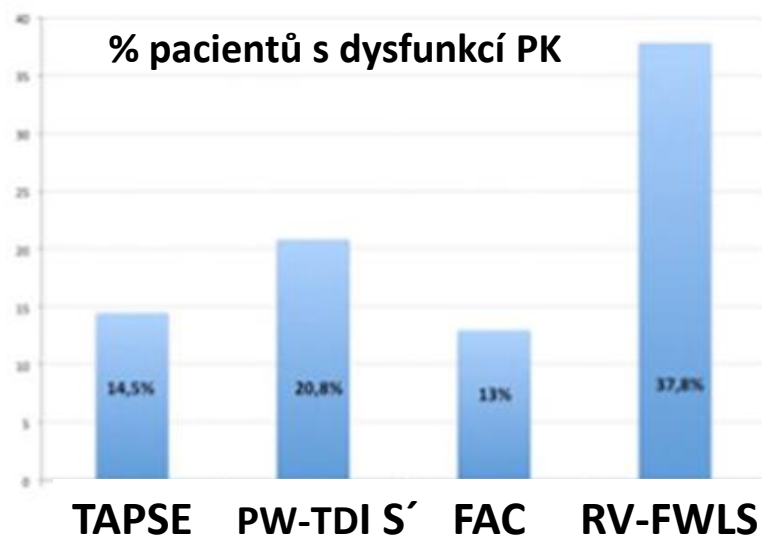
Rebecca T. Hahn, MD^{1,2*}, Matthew K. Lawlor, MD, MS¹, Charles J. Davidson, MD³, Vinay Badhwar, MD⁴, Anna Sannino, MD, PhD^{5,6}, Ernest Spitzer, MD^{7,8},

	Mild Dysfunction	Moderate Dysfunction	Severe Dysfunction
TAPSE, mm	14–17	10–13	<10
RV TDI's, cm/s	9–11	6–8	<6
RV GLS, % ^a	18–21	14–17	<14
RV FWS, % ^a	20–23	15–19	< 15
FAC, % ^b	34–37	30–33	<30
RVEF (3DE), %	45–50	35–45	<35



Sensitivita parametrů funkce PK u trikuspidální regurgitace

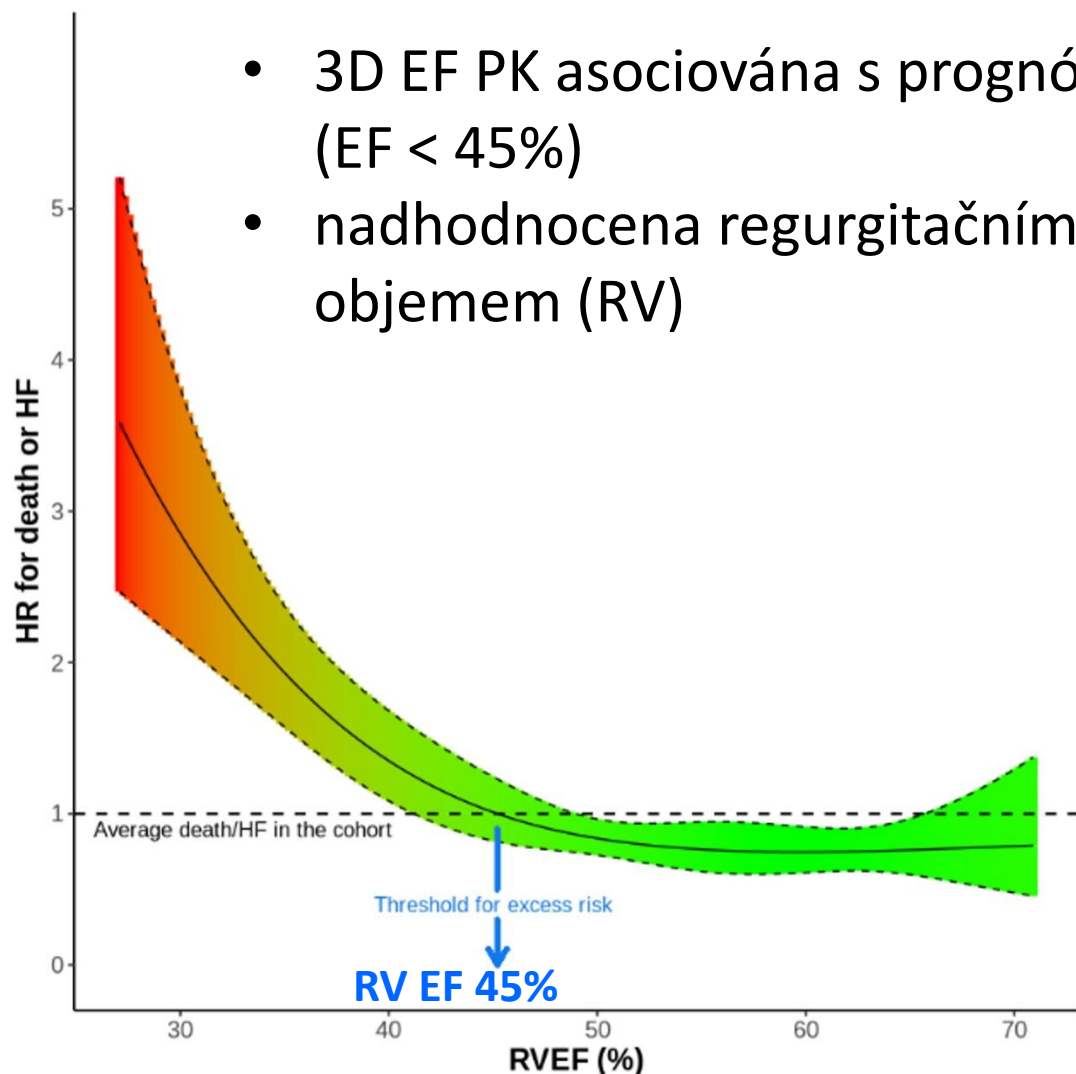
- pacienti s významnou TR (n=226) bez indikace k intervenci
- hodnocení parametrů funkce PK: TAPSE, PW-TDI S', FAC, **longitudinální strain volné stěny (FWLS)**
- **FWLS nejcitlivějším markerem dysfunkce PK při současné TR**
- **FWLS PK < 20% nezávislým prognostickým parametrem u nemocných s TR**



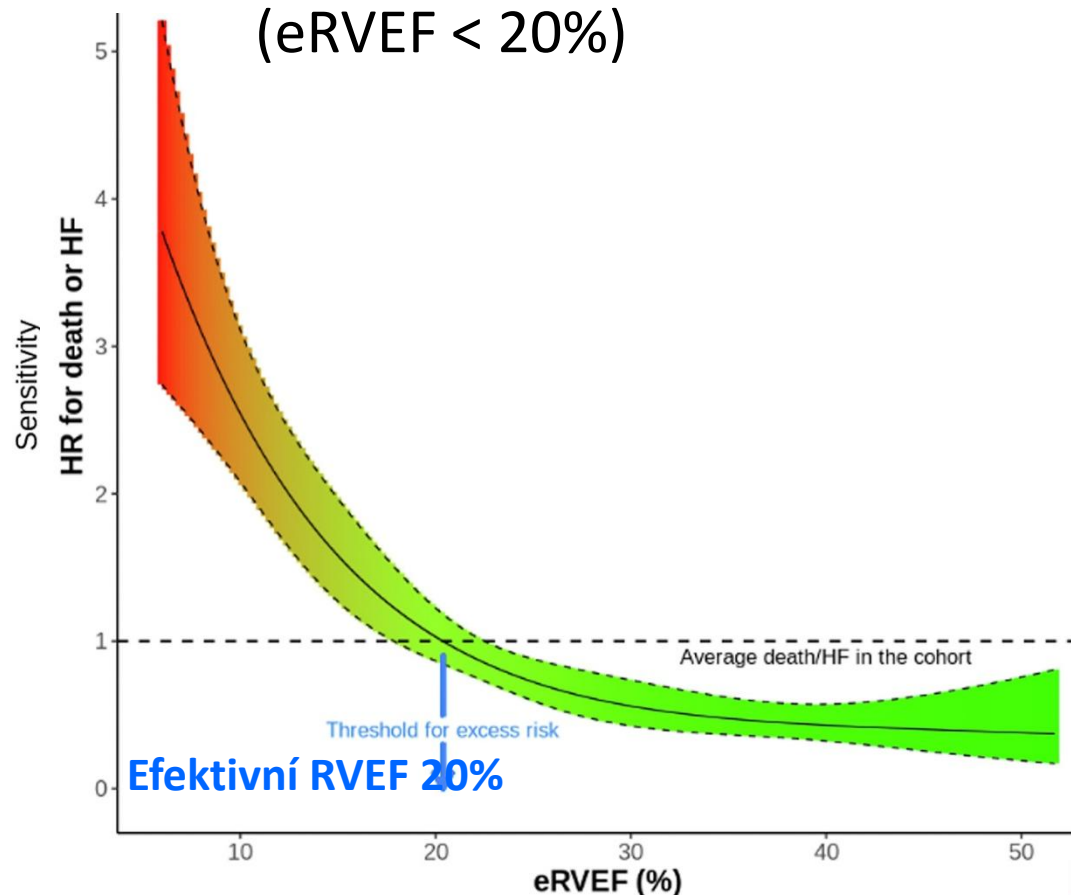
longitudinální strain volné stěny PK
RV-FWLS

3D ejekční frakce pravé komory u trikuspidální regurgitace

- 3D EF PK asociována s prognózou (EF < 45%)
- nadhodnocena regurgitačním objemem (RV)



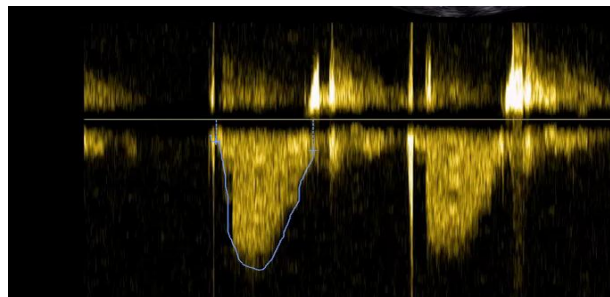
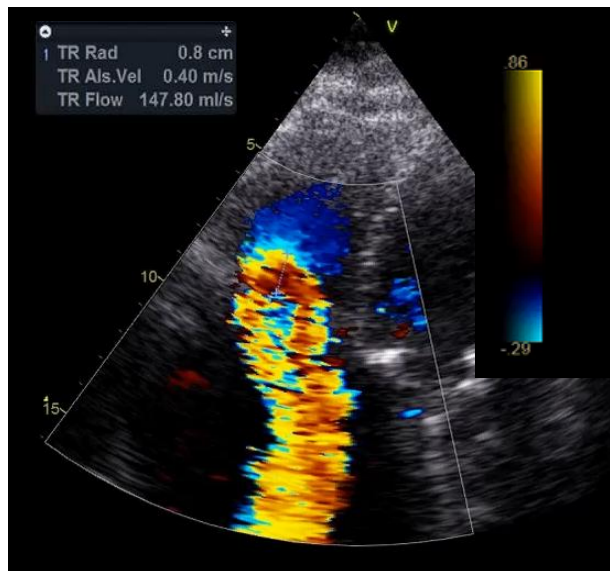
- Efektivní 3D EF PK zohledňuje RV
- Lepší asociace s prognózou (eRVEF < 20%)



Clement A. et al. JASE, 2025, in press, doi.org/10.1016/j.echo.2025.01.008

Hodnocení funkce PK při TR – zohlednění regurgitačního objemu

TR regurgitační objem
63ml (PISA)

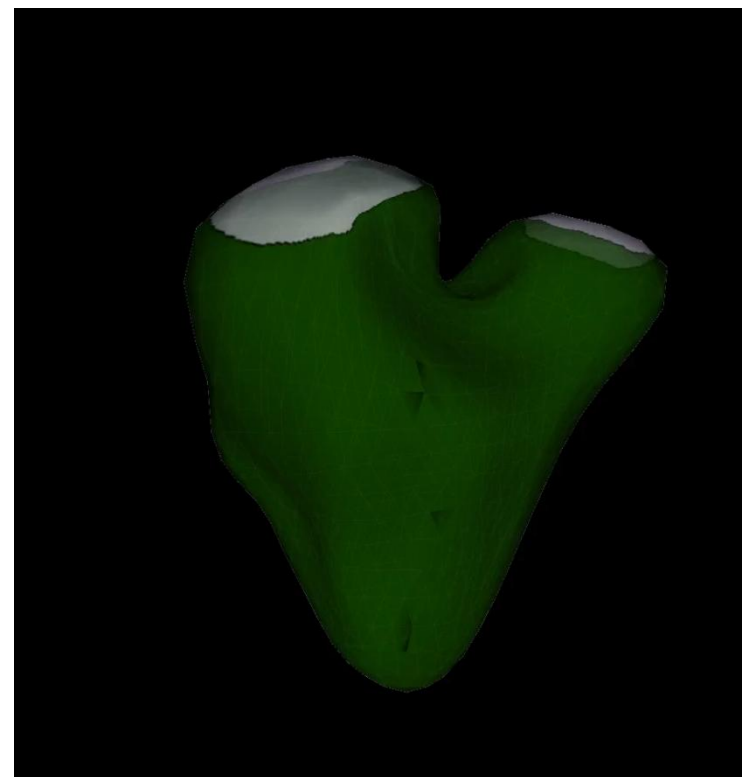
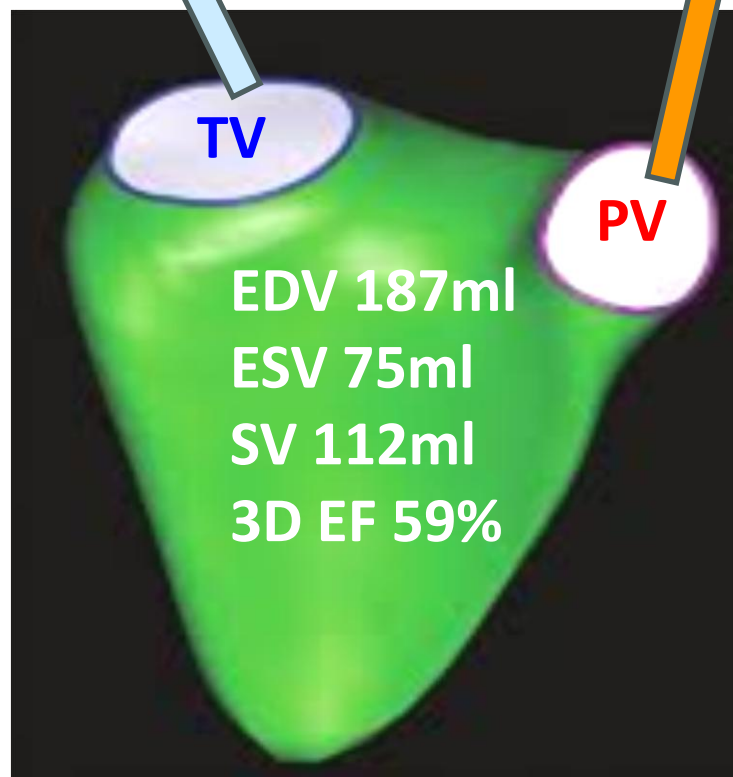


Efektivní tepový objem (SV-TR RV) = 49ml

Efektivní RVEF = 26%

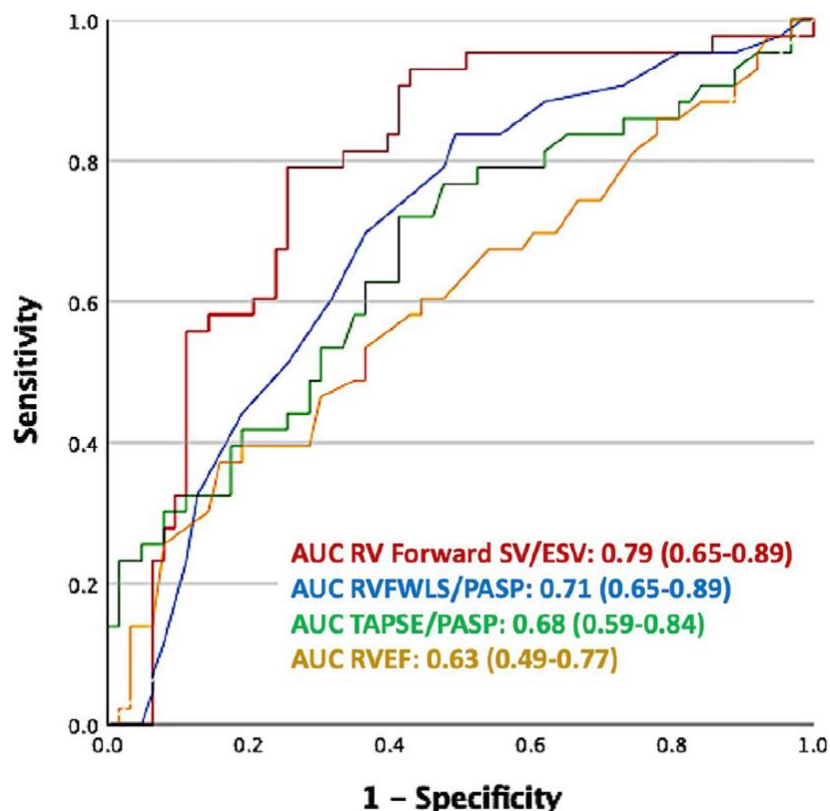
= efektivní SV/EDV = 49/187=26%

3D PK

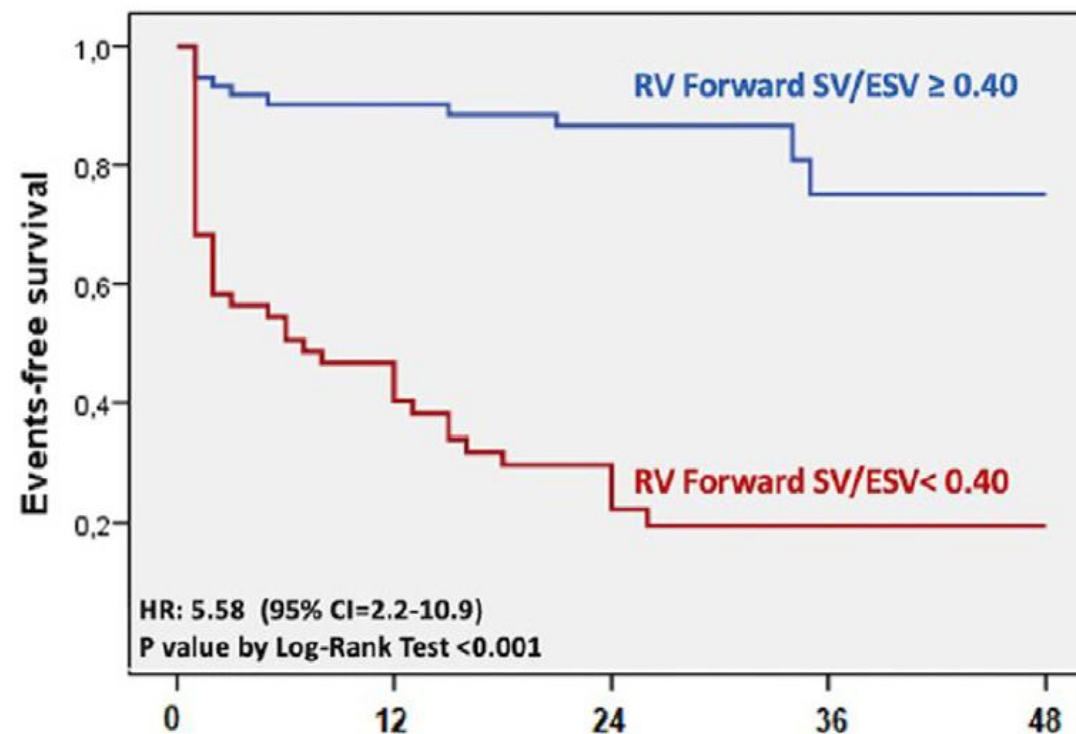


Ventrikulo–arteriální (RV-PA) coupling při TR

- **TAPSE/PASP < 0,41** (hodnocení PASP echokg může být při TR nepřesné)
- **Efektivní SV/ESV < 0.40**
- RVFWLS/PASP



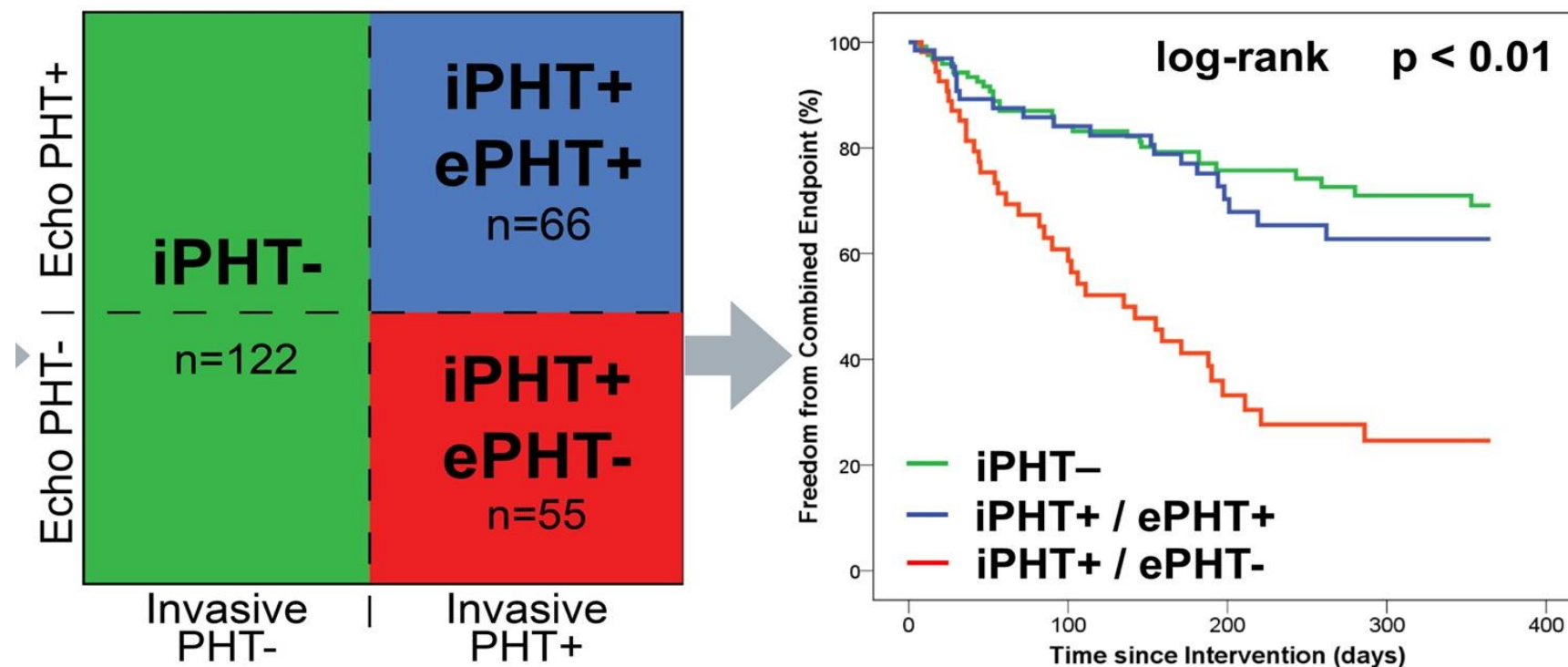
Efektivní SV/ESV < 0.40



Gavazzoni M. et al, JASE, 2023; 36(11): 1154-66

Plicní hypertenze u nemocných s významnou TR

- 243 pacientů s významnou TR, plicní hypertenze echokg a pravostrannou katetrizací
- 55% pacientů s invazivně zjištěným PASP > 50mmHg mělo echokg plicní hypertenzi (PASP > 50mmHg)
- iPHT+/ePHT- mají horší prognózu
- iPHT+/ePHT- a porušený RV-PA coupling (TAPSE/ iPASP<0,29) - nezávislými prediktory prognózu



Pravostranná katetrizace

- **Kvantifikace a typ plicní hypertenze**

- Tlak v PS, PK, plicnici, PCWP
- PVR

prekapilární

(PAMP > 20 PCWP ≤ 15 mmHg, PVR > 2 WU)

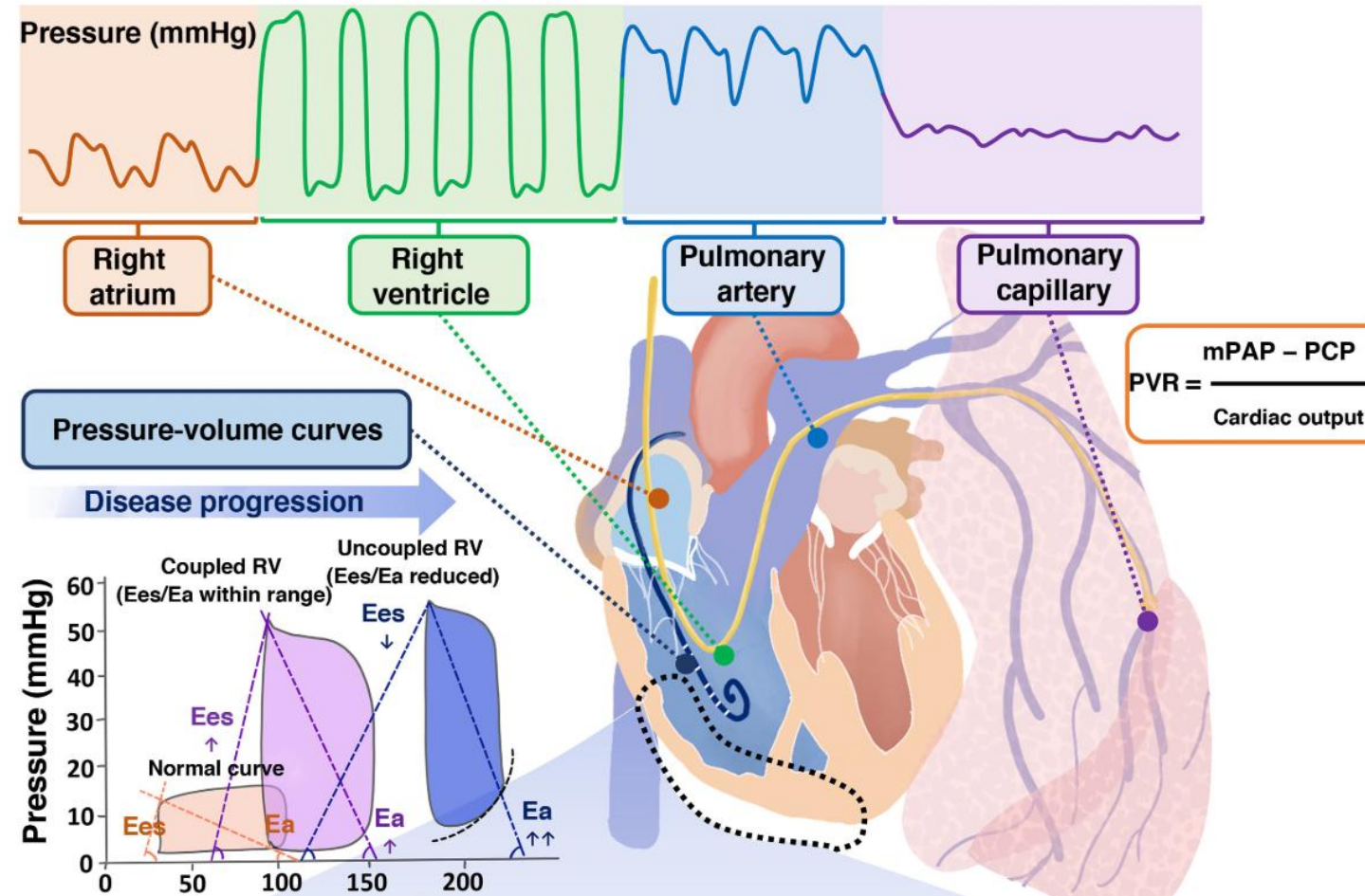
postkapilární

(PAMP > 20 PCWP > 15 mmHg)

smíšená

- **Parametry funkce PK**

- srdeční výdej CO
- index pulsatility PA (PASP-PADP)/RAP
- RV-PA coupling (Ees/Ea)



Klinický průběh trikuspidální regurgitace a postižení pravé komory

1. Demographic

e.g. age, Sex

2. Clinical symptoms

e.g. NYHA functional class

3. Comorbidities

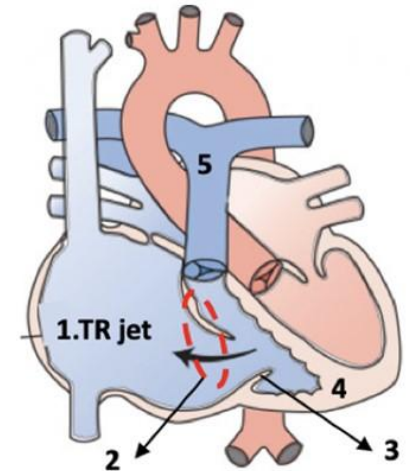
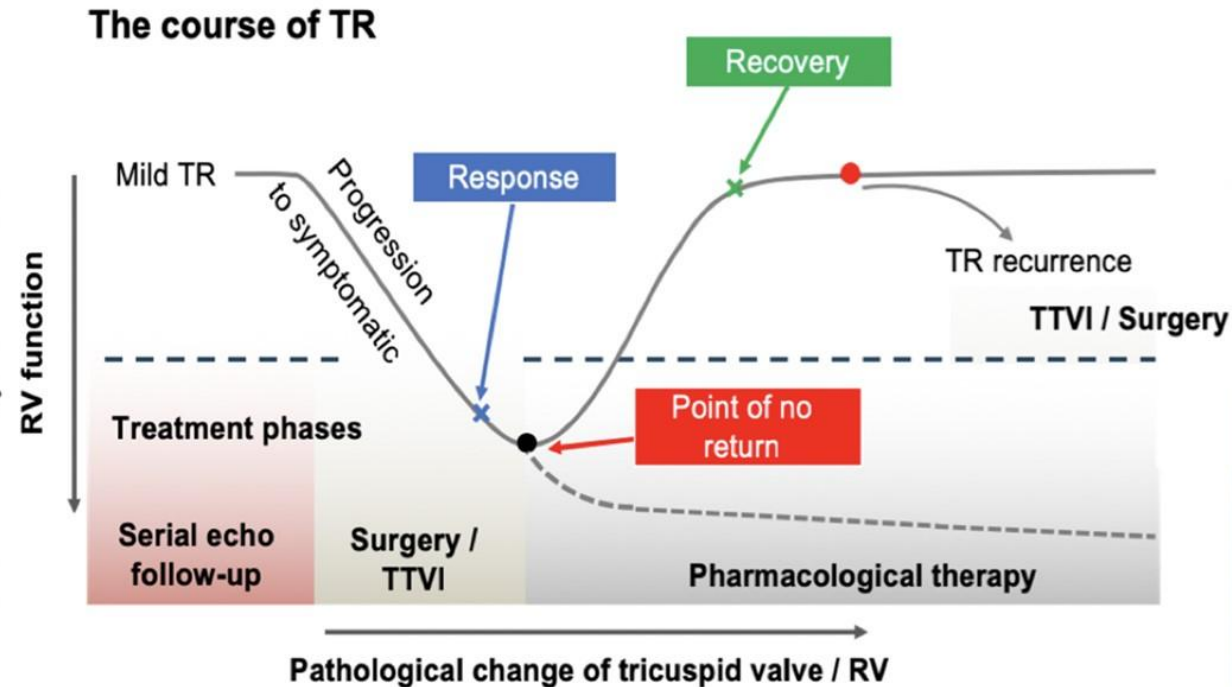
e.g. stroke, COPD, renal, liver failure

4. Cardiac disease

e.g. combined left-sided disease

5. Surgical characteristics

e.g. isolated, combined



1. TR severity

2. Annulus size

3. Tricuspid valve morphology

4. RV remodelling

5. Pulmonary vascular resistance

Patient risk stratification

Heart team decision-making

Cardiac pathological remodelling

Kdy už je příliš pozdě pro intervenci trikuspidální regurgitace?



Těžká dilatace/dysfunkce pravého srdce



RV-PA uncoupling



Pokročilý kardioresenální nebo kardiohepatální syndrom



Těžká plicní hypertenze s $PASPi > 60-70\text{mmHg}$, $PVR > 3-6\text{WU}$



Nevhodná anatomie

Závěr

- Dysfunkce pravé komory vzniká při **tlakovém či objemovém přetížení nebo myokardiálním postižení**, často společně s trikuspidální regurgitací
- **Při významné TR** většina **echokg** parametrů nadhodnocuje kontraktilní **funkci PK**
- Prognosticky významnými parametry funkce PK při TR jsou, **RVFWS, 3D EF a efektivní EF, indexy RV-PA couplingu**
- **Provedení pravostranné katetrizace** je nezbytnou součástí vyšetření při významné TR
- Správné načasování intervenci TR je zásadní pro zlepšení prognózy pacientů



Závěr

- Dysfunkce pravé komory vzniká při **tlakovém přetížení, objemovém přetížení přetížení nebo myokardiálním postižení**, obvyklá je kombinace příčin
- Dysfunkce pravé komory zásadně zhoršuj prognózu pacientů s TR
- **Při významné TR** většina **echokg** parametrů **nadhodnocuje** kontraktilní **funkci PK**
- Ne všechny echo parametry mají při TR stejnou senzitivitu k detekci dysfunkce PK a prognostické stratifikaci
- Důležitými prognostickými parametry funkce PK při významné TR jsou **3D EF, indexy RV-PA couplingu a efektivní SV a eEF**
- Při významné TR echo často podhodnotí plicní hypertenzi – **provedení PSK je nezbytné**
- Určení správného času pro operaci/intervenci TR je zásadní pro prognózu pacientů

