

# Hodnocení a komplikace chlopenních náhrad

Zuzana Hlubocká

**II. interní klinika kardiologie a angiologie**

**Komplexní kardiovaskulární centrum**

**VFN a 1. LF UK**

**Praha**



**VFN PRAHA**

# Klasifikace chlopenních náhrad

**Mechanické:**

**dvoulítkové**



**jednodiskové**



**kuličkové**



**Biologické:**

**stentované**



**bezstentové**



**bezstehové (sutureless)**



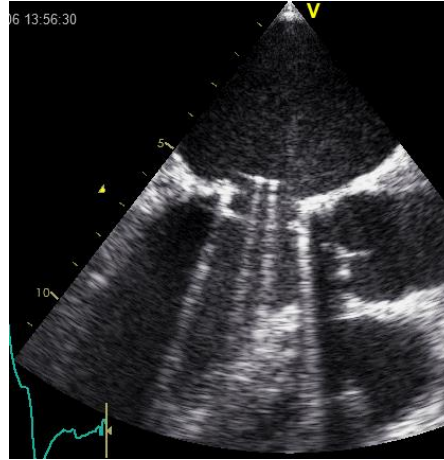
**perkutánní**



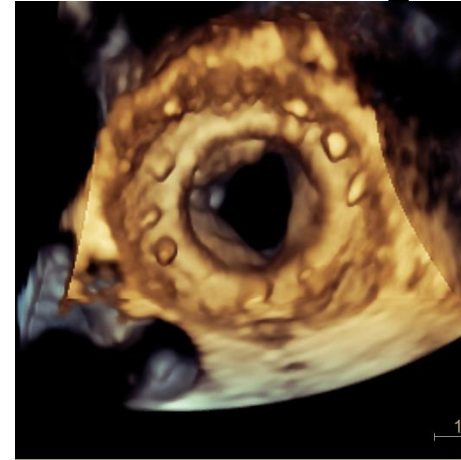
# Zobrazovací metody u chlopenních protéz

- **Echokardiografie**  
TTE, TEE, 3D-TEE, zátěžová
- Fluoroskopie
- CT srdce
- MRI
- Nukleární metody – PET CT

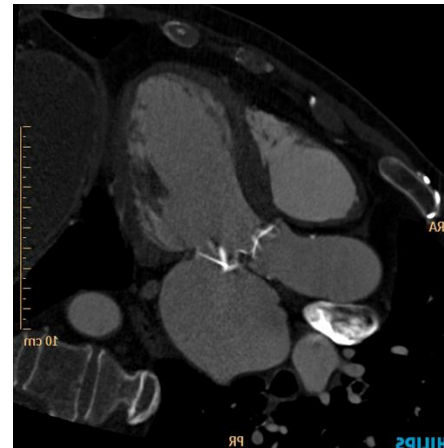
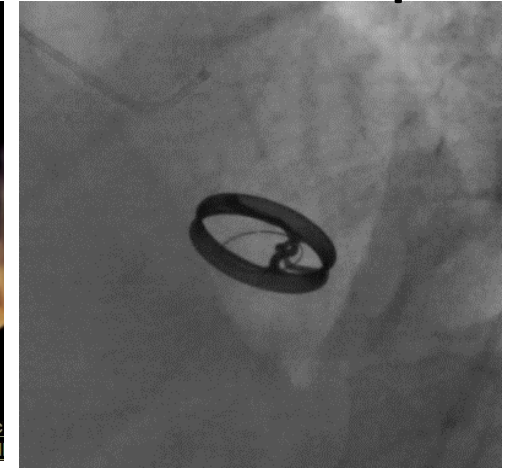
2D-TEE



3D echokg



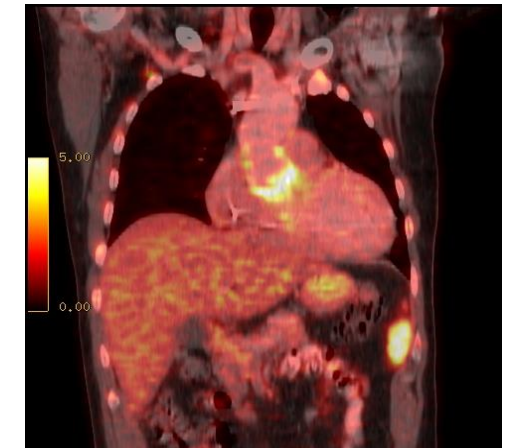
Fluoroskopie



CT



MRI



PET-CT

# Echokardiografické hodnocení protéz

## Komplexní posouzení protéz

Klinické informace

typ, velikost protézy, TK, TF, BSA, symptomy

2D/3D zobrazení

Dopplerovské vyšetření

Základní/podpůrné echokg parametry

**Srovnání s vstupním vyšetřením**

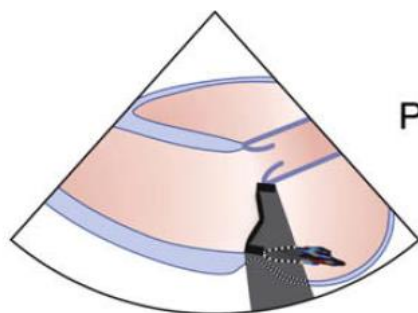
Lancelloti P. et al Recommendations for the imaging assesmet of prosthetic valves, EHJ 2016, May 5:1-47  
Zoghbi WA et al. , JASE 2009; Volume 22, 975-1014



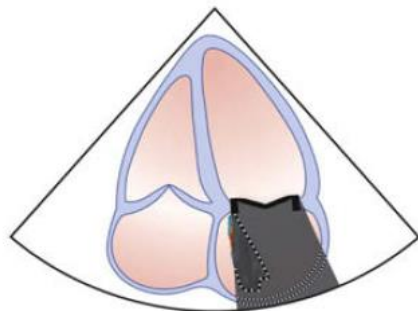
# Limitace echokg hodnocení protéz - artefakty

- akustické stínění za protézou, reverberace, zrcadlové artefakty...
- TTE – stínění zejména u mechanických mitrálních a trikuspidálních protéz

## Mitrální protézy

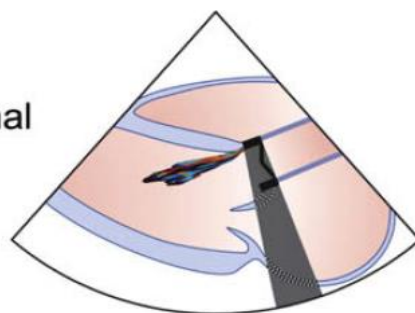


Parasternal

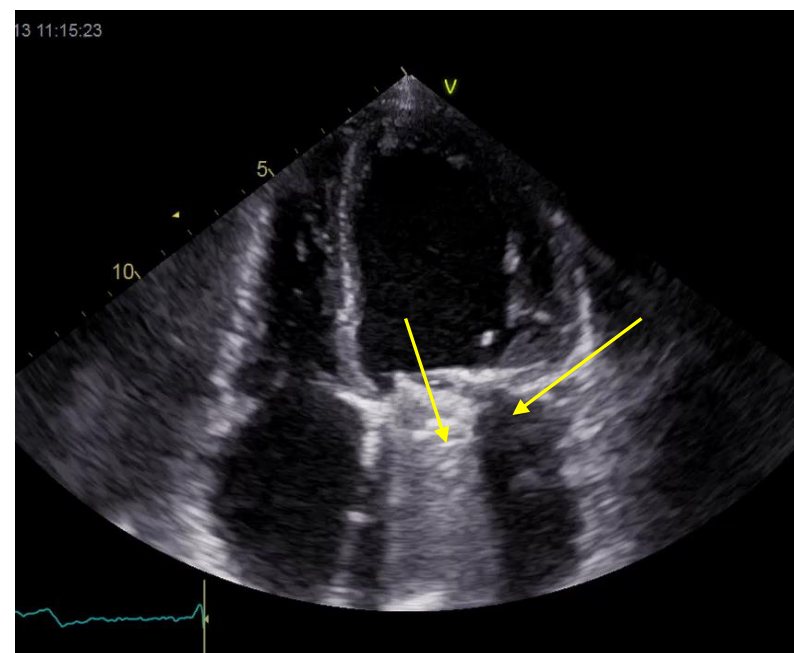


Apical

## Aortální protézy



## Reverberace a stínění na Mi protéze



- TEE – stínění a reverberace na komorové straně Ao a Mi protéz

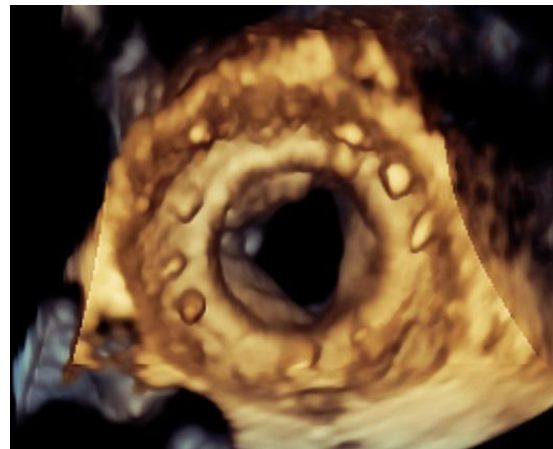


# Další nálezy na chlopenních náhradách

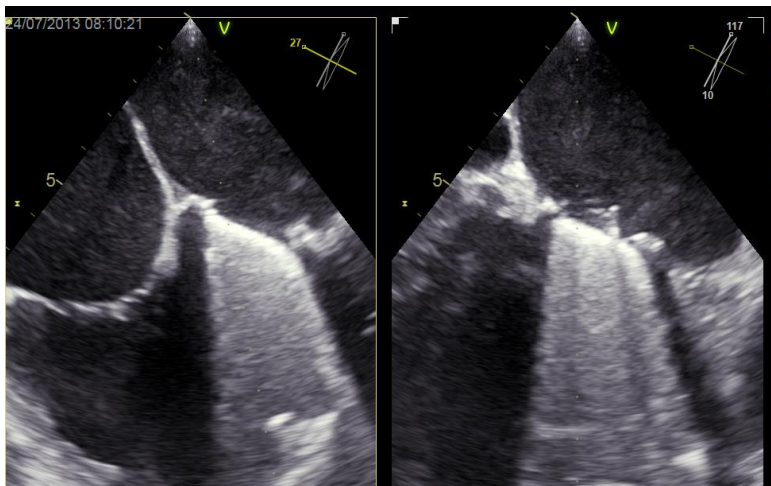
## Strands



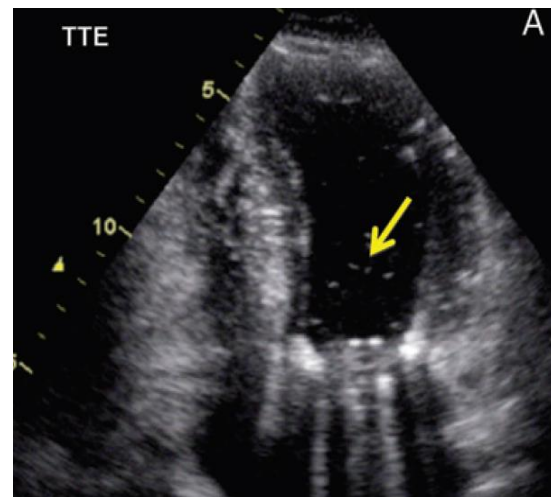
## Stehy



## Spontánní echokontrast



## Mikrokavitace



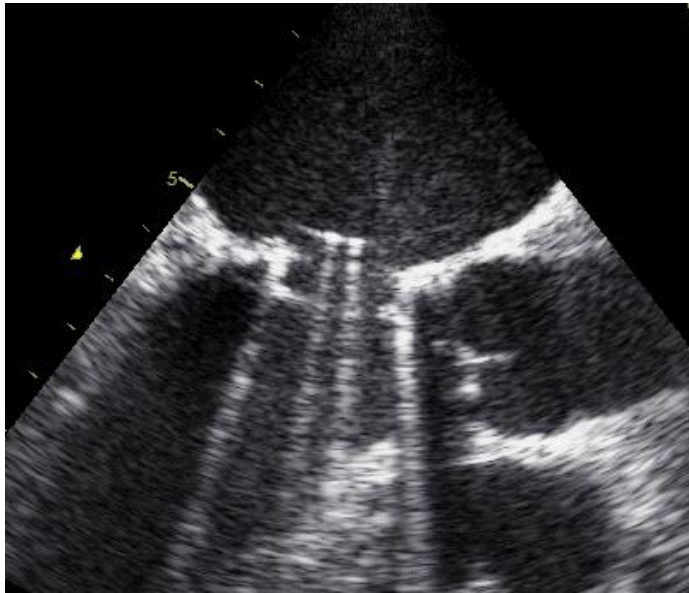
Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice a Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2014;15(11):1226-1230

# 2D/3D hodnocení u mechanických protéz

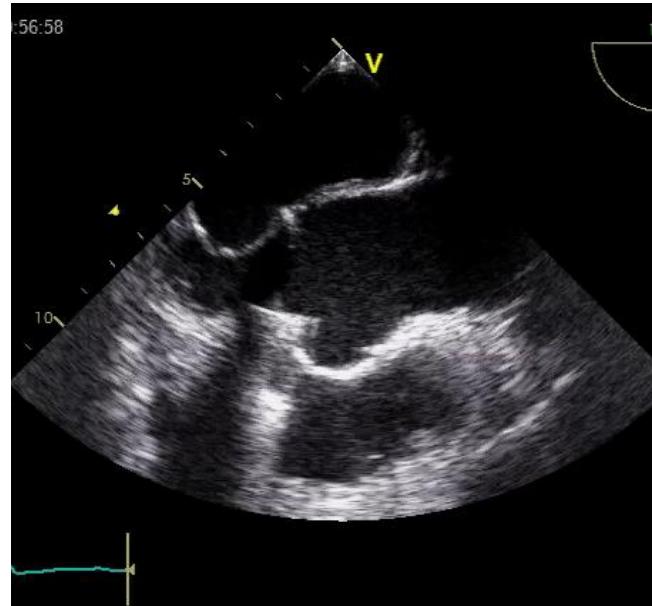
Pohyblivost disků (okludéru)

Přítomnost patologických struktur - na protéze (vegetace, tromby, pannus, kalcifikace)  
- na prstenci a v okolí (absces)

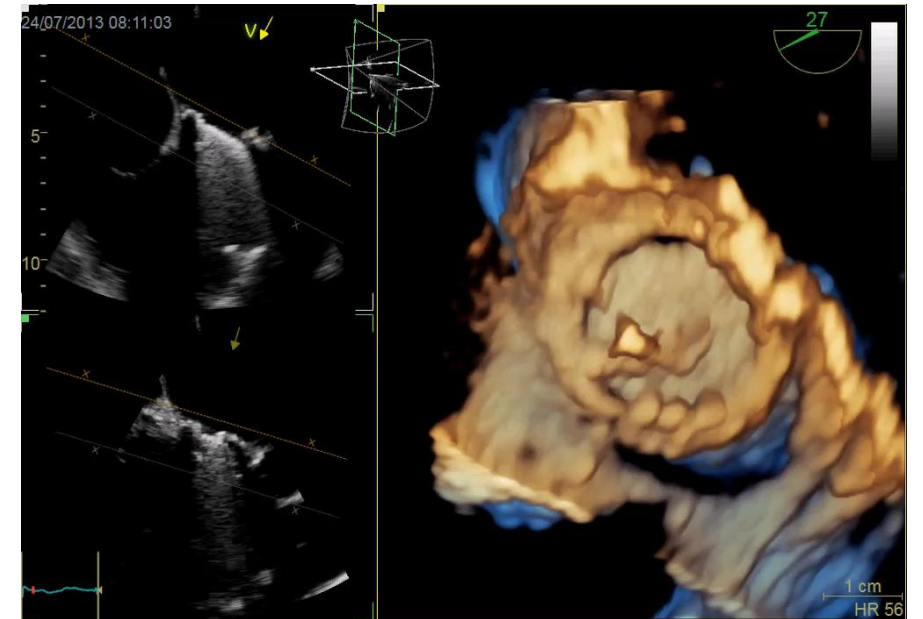
Dehiscence, uvolnění prstence



**Mi dvoulístková protéza  
protéza**



**Ao mechanická protéza**



**Ao jednodisková**

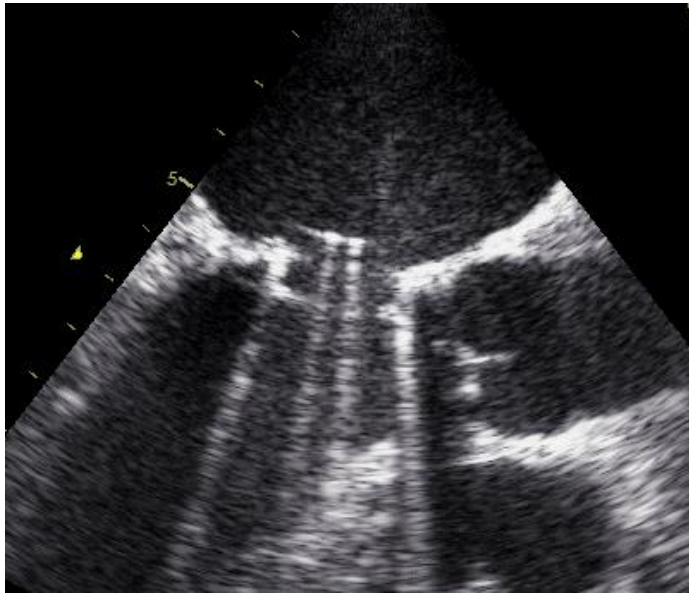
Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

# 2D/3D hodnocení u mechanických protéz

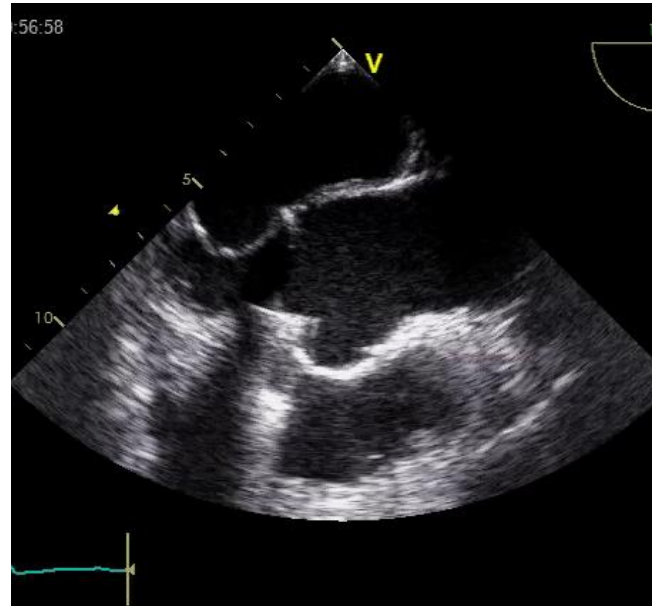
Pohyblivost disků (okludéru)

Přítomnost patologických struktur - na protéze (vegetace, tromby, pannus, kalcifikace)  
- na prstenci a v okolí (absces)

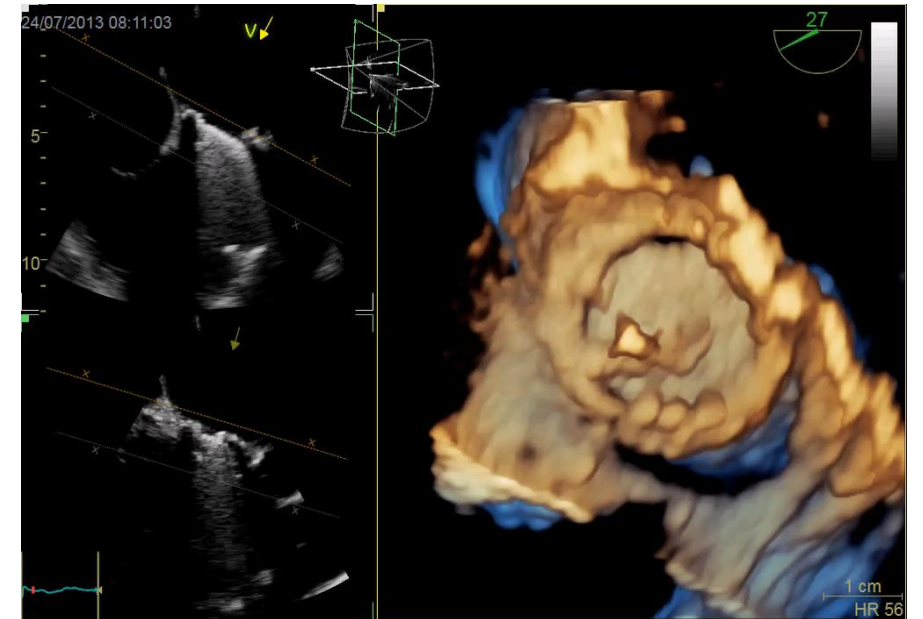
Dehiscence, uvolnění prstence



**Mi dvoulístková protéza  
protéza**



**Ao mechanická protéza**



**Ao jednodisková**

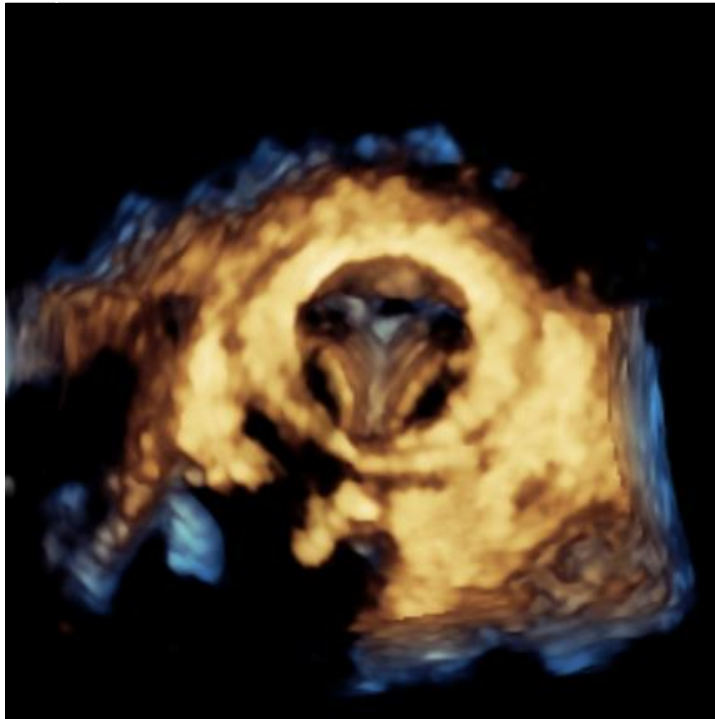
Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice v Praze



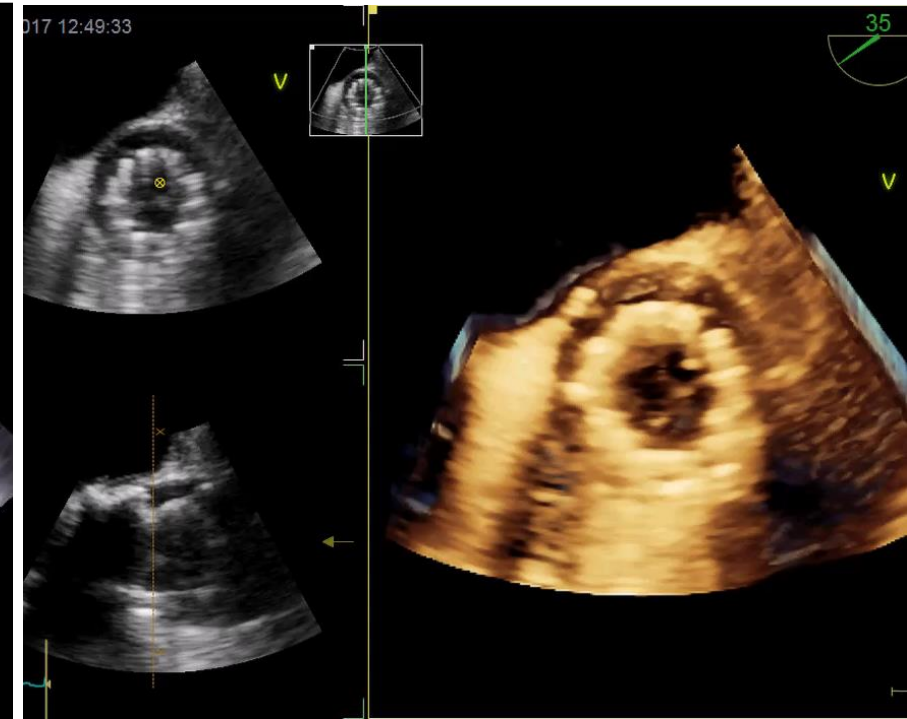
# 2D/3D zobrazení u bioprotéz

Pohyblivost cípů, morfologie

Přítomnost patologických struktur (vegetace, tromby, pannus, absces), dehiscence



Stentovaná aortální bioprotéza



Katetrizační bioprotéza Core Valve

# Dopplerovské hodnocení protéz

	PARAMETRY
<b>Dopplerovské hodnocení</b>	Maximální rychlost ( $V_{max}$ ) Maximální/střední gradient, VTI Tvar dopplerovské křivky (AT, PHT) Výpočet efektivní plochy ústí (EOA) Dopplerovský poměr rychlostí (DVI) Fyziologická/patologická regurgitace
<b>Základní/podpůrné echokg parametry</b>	Velikost a funkce LK, PK, síní Postižení jiné chlopně, aorta Odhad tlaku v plicnici



Lancelloti P. et al. EHJ 2016, May 5:1-47



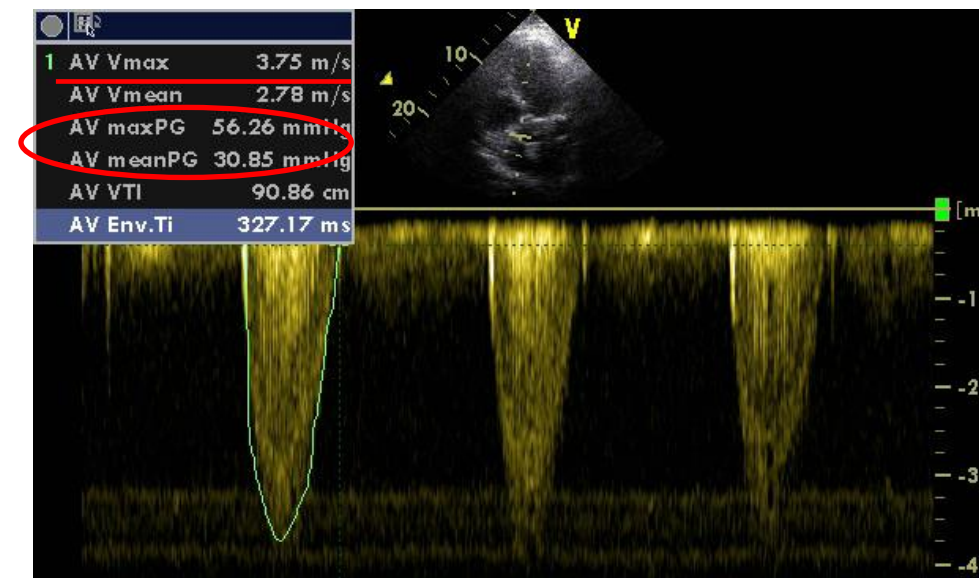
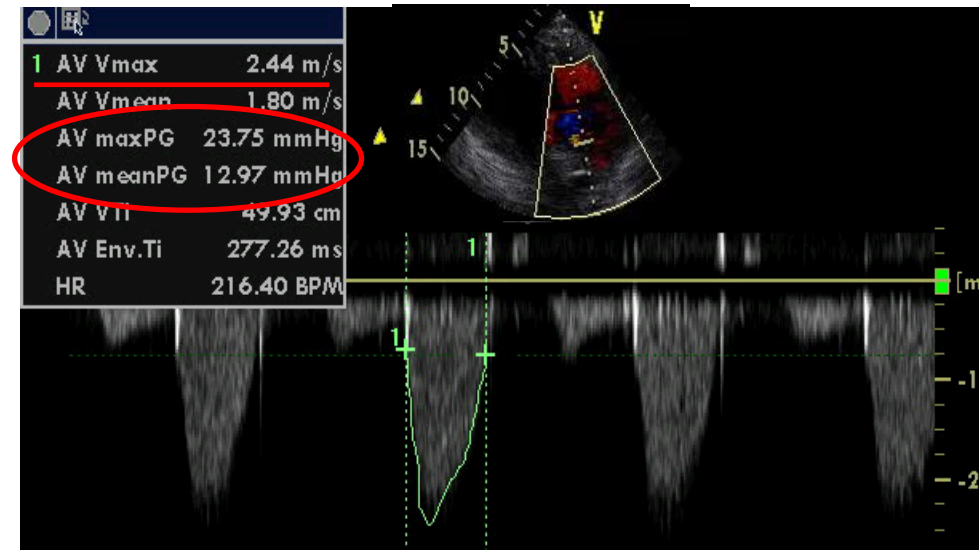
# Dopplerovské hodnocení aortálních protéz

- CW, PW a barevný Doppler
- **Maximální/střední rychlost a tlakový gradient** (PGmax/mean)

Bernouliho rovnice:  $PG = 4 \times V_{max}^2 - (V_{mean})^2$

**Ao protézy:  $V_{max} < 3m/s$ ,  $PG_{mean} < 20mmHg$**

- gradienty jsou ovlivněny srdečním výdejem, velikostí protézy, regurgitací ...
- **Vysoké gradienty** – nemusí vždy znamenat dysfunkci protézy (a naopak)

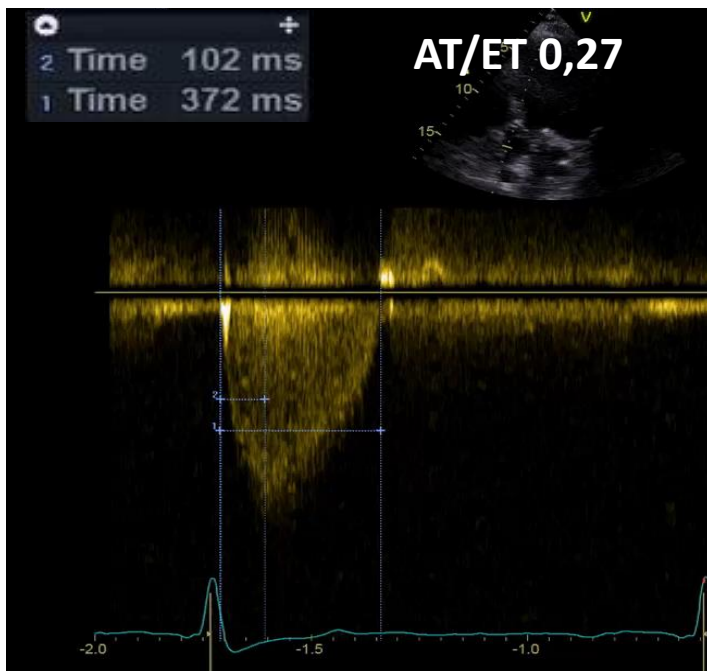


# Dopplerovské hodnocení aortálních protéz - akcelerační čas (AT)

Akcelerační čas  $AT < 100\text{ms}$   
 $AT/ET$  (ejekční čas)  $< 0,32$   
triangulární tvar křivky



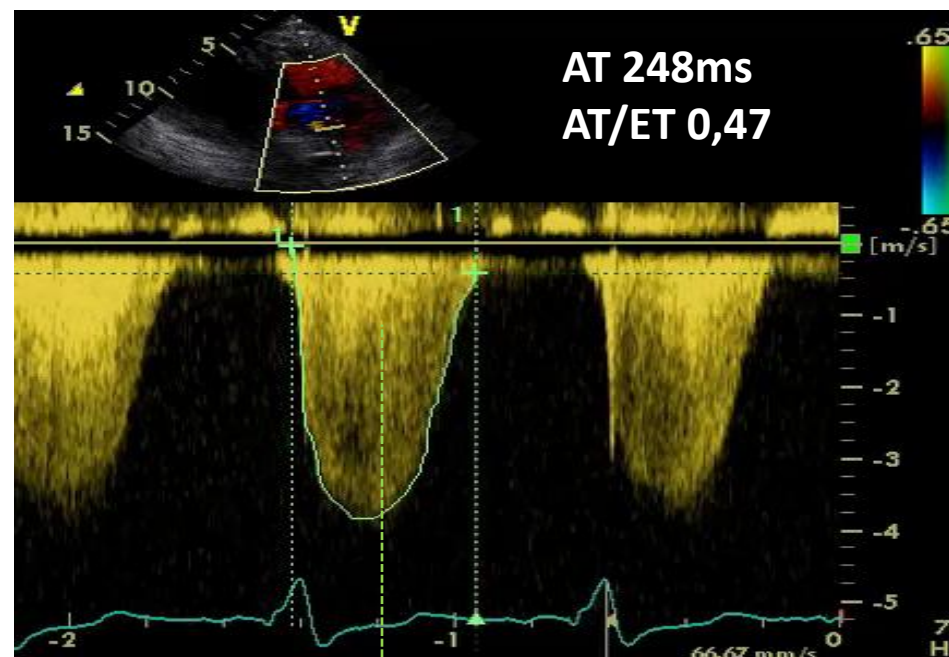
Normální funkce



Akcelerační čas  $> 100\text{ms}$   
 $AT/ET > 0,37$   
parabolický tvar křivky



Obstrukce protézy



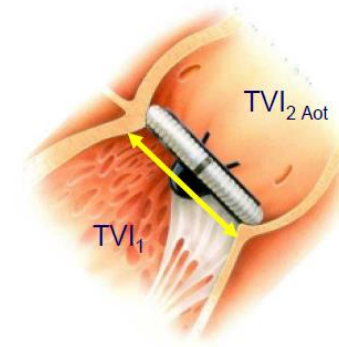
Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice v Praze



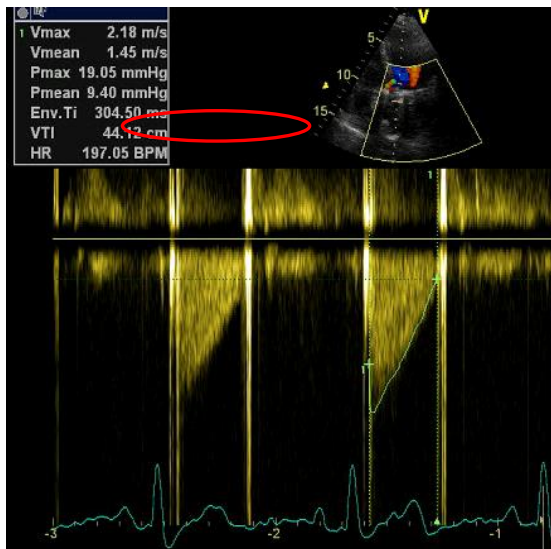
# Efektivní plocha ústí protězy (EOA)

- závisí na typu a velikosti protězy
- výpočtem z rovnice kontinuity

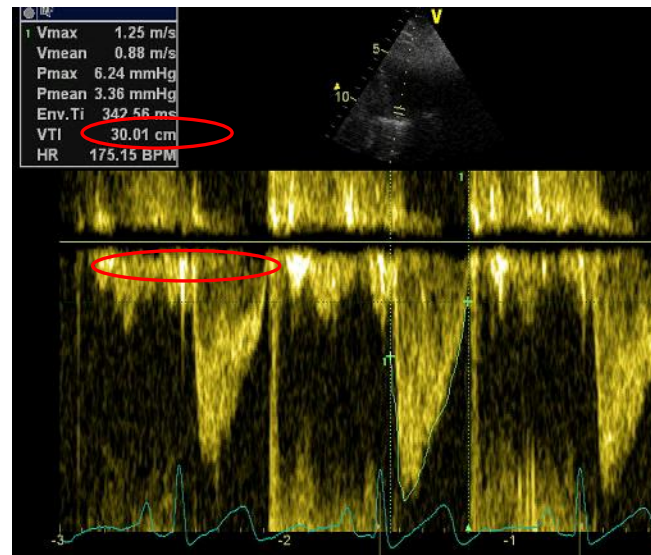
u aortální náhrady:  $EOA = \pi \cdot LVOT^2/4 \times VTI_{LVOT} / VTI_{Ao}$



VTI Ao



VTI LVOT



LVOT



# Efektivní plocha ústí – aortální protézy

**Table 7** Normal reference values of effective orifice areas for the prosthetic aortic valves

Prosthetic valve size (mm)	19	21	23	25	27	29
Stented bioprosthetic valves						
Mosaic	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.3	1.4 ± 0.3	1.7 ± 0.4	1.8 ± 0.4	2.0 ± 0.4
Hancock II	–	1.2 ± 0.2	1.3 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.2	1.6 ± 0.2
Carpentier-Edwards Perimount	1.1 ± 0.3	1.3 ± 0.4	1.5 ± 0.4	1.8 ± 0.4	2.1 ± 0.4	2.2 ± 0.4
Carpentier-Edwards Magna	1.3 ± 0.3	1.5 ± 0.3	1.8 ± 0.4	2.1 ± 0.5	–	–
Biocor (Epic)	1.0 ± 0.3	1.3 ± 0.5	1.4 ± 0.5	1.9 ± 0.7	–	–
Mitroflow	1.1 ± 0.2	1.2 ± 0.3	1.4 ± 0.3	1.6 ± 0.3	1.8 ± 0.3	–
Trifecta	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
Stentless bioprosthetic valves						
Medtronic Freestyle	1.2 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.3	2.0 ± 0.4	2.3 ± 0.5	–
St Jude Medical Toronto SPV	–	1.3 ± 0.3	1.5 ± 0.5	1.7 ± 0.8	2.1 ± 0.7	2.7 ± 1.0
Prima Edwards	–	1.3 ± 0.3	1.6 ± 0.3	1.9 ± 0.4	–	–
Mechanical valves						
Medtronic-Hall	1.2 ± 0.2	1.3 ± 0.2	–	–	–	–
St Jude Medical Standard	1.0 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.5	2.1 ± 0.4	2.7 ± 0.6	3.2 ± 0.3
St Jude Medical Regent	1.6 ± 0.4	2.0 ± 0.7	2.2 ± 0.9	2.5 ± 0.9	3.6 ± 1.3	4.4 ± 0.6
MCRI On-X	1.5 ± 0.2	1.7 ± 0.4	2.0 ± 0.6	2.4 ± 0.8	3.2 ± 0.6	3.2 ± 0.6
Carbomedics Standard and Top Hat	1.0 ± 0.4	1.5 ± 0.3	1.7 ± 0.3	2.0 ± 0.4	2.5 ± 0.4	2.6 ± 0.4
ATS Medical <sup>a</sup>	1.1 ± 0.3	1.6 ± 0.4	1.8 ± 0.5	1.9 ± 0.3	2.3 ± 0.8	–

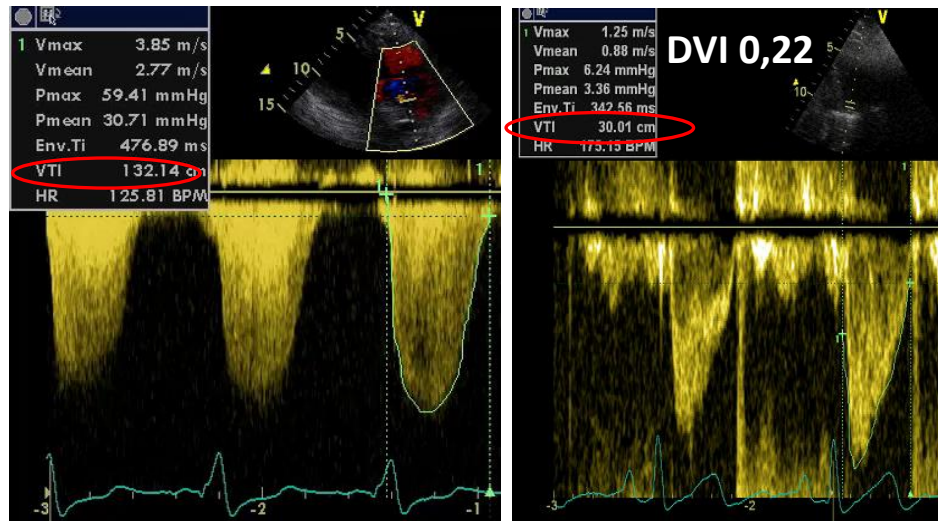
Effective orifice area is expressed as mean values available in the literature. Further studies are needed to validate these reference values.

<sup>a</sup>For the ATS medical valve, the label valve sizes are 18, 20, 22, 24, and 26 mm. High velocities are common in size 19 or 21 prostheses. Adapted with permission from Ref. 7.

# Dopplerovský poměr rychlostí - DVI

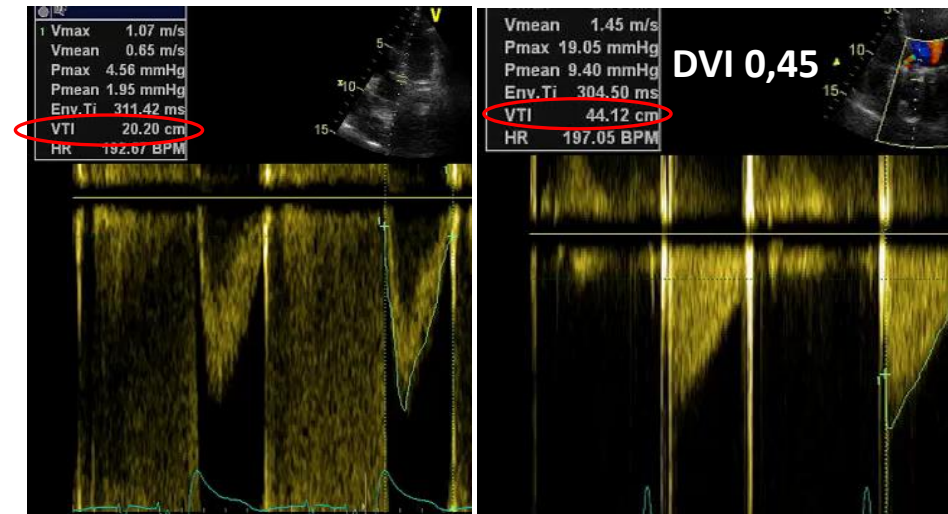
- poměr rychlostí, resp. VTI v LVOT a na protěze, bez měření LVOT

$$DVI = VTI_{LVOT} / VTI_{Ao}$$



**DVI < 0,25 + AT >100ms**

**významná obstrukce protězy**



**DVI ≥ 0,35**

**normální funkce protězy, ev. PPM**

# Dopplerovské parametry aortálních náhrad

Parametry	Normální	Možná stenóza	Významná stenóza/obstrukce
Maximální rychlost (m/s)	<b>&lt;3</b>	3-4	>4
Střední tlakový gradient (mmHg)	<b>&lt;20</b>	20-35	>35
DVI Doppler. index rychlostí	<b>&gt;0.29</b>	0.29-0.25	<0.25
EOA (cm <sup>2</sup> ) Efektivní plocha ústí	<b>&gt;1.2</b> <b>&gt; reference + 1SD</b>	1.2-0.8	<0.8
Tvar dopplerovské křivky na protéze	<b>Triangulární časný vrchol</b>	Triangulární až parabolická	Parabolická pozdní vrchol
AT - akcelerační čas (ms)	<b>&lt;80</b>	80-100	>100



# Dopplerovské hodnocení mitrálních protéz

- maximální rychlost
- tlakové gradienty PGmax/mean

mechanické dvoulístkové protézy

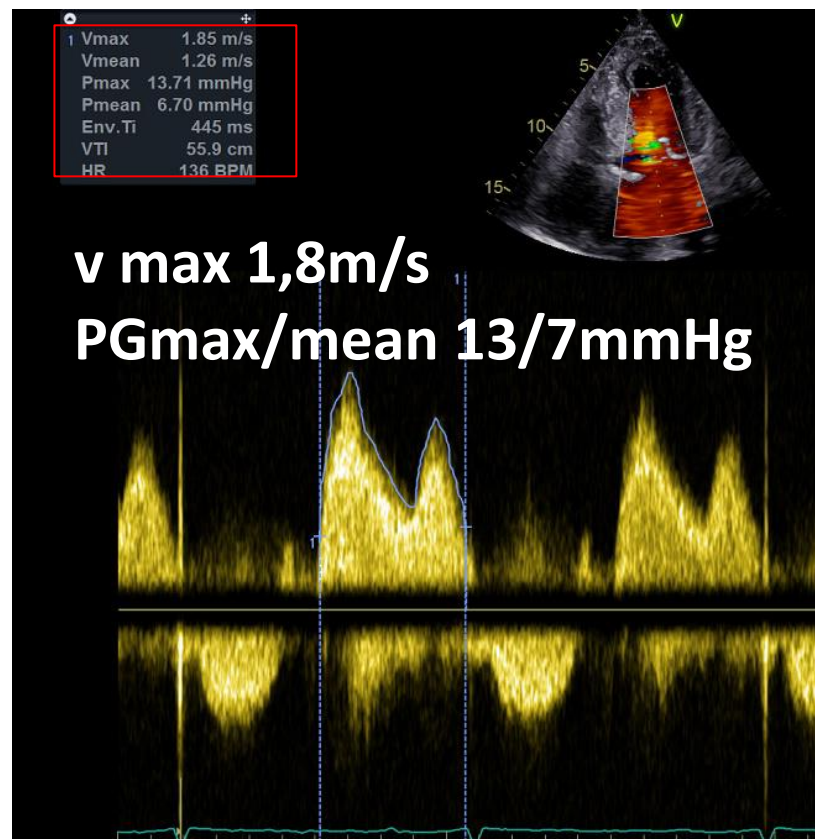
max E velocity < 1,9m/s

**PG mean < 6 mmHg**

perikardiální, porcinní bioprotézy

max E velocity < 2,3m/s (2,7m/s)

**PG mean < 6 (8-10) mmHg**



Lancellotti P. et al Recommendations for the imaging assesment of prosthetic valves, EHJCVI, 2016;17(6):58

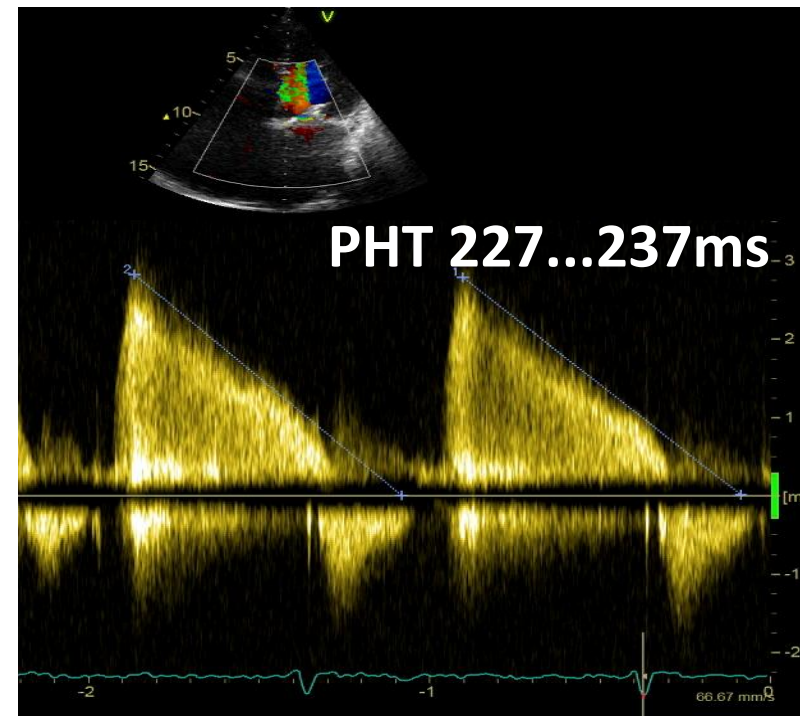
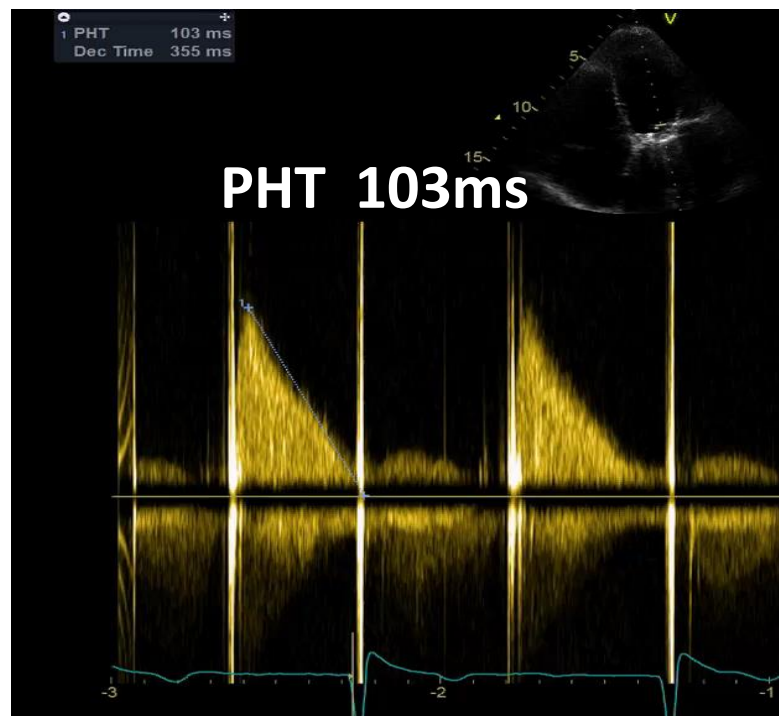
Obrázek - Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice, Praha

# Dopplerovské hodnocení mitrálních protéz

## PHT – pressure half time

**PHT < 130ms → normální funkce**      **x**      **PHT >200ms → obstrukce**

PHT není vhodným parametrem k výpočtu EOA protězy



Blauwet LA et al: Prog Cardiovasc Dis 57(2014):100-110

Lancellotti P. et al Recommendations for the imaging assesment of prosthetic valves,EHJCVI, 2016;17(6):589

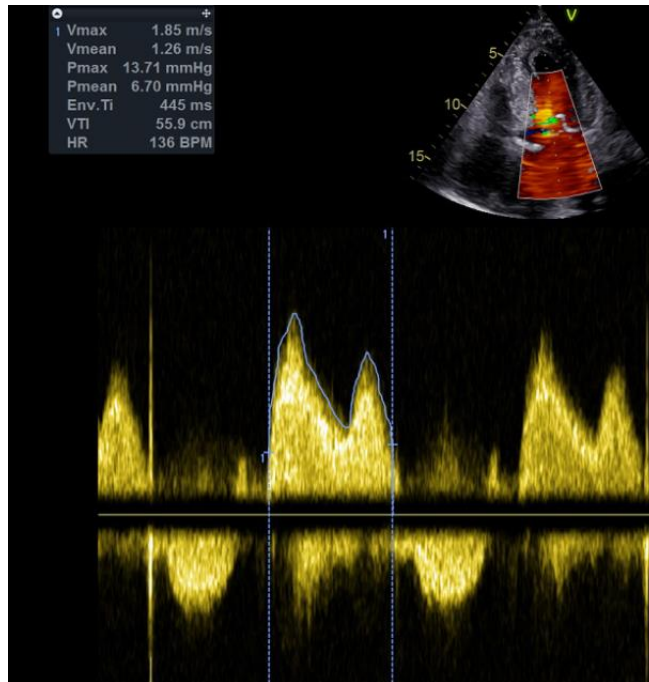
# Efektivní plocha ústí protězy (EOA)

- Výpočtem z rovnice kontinuity, nelze použít při významnější Mi, Ao regurgitaci

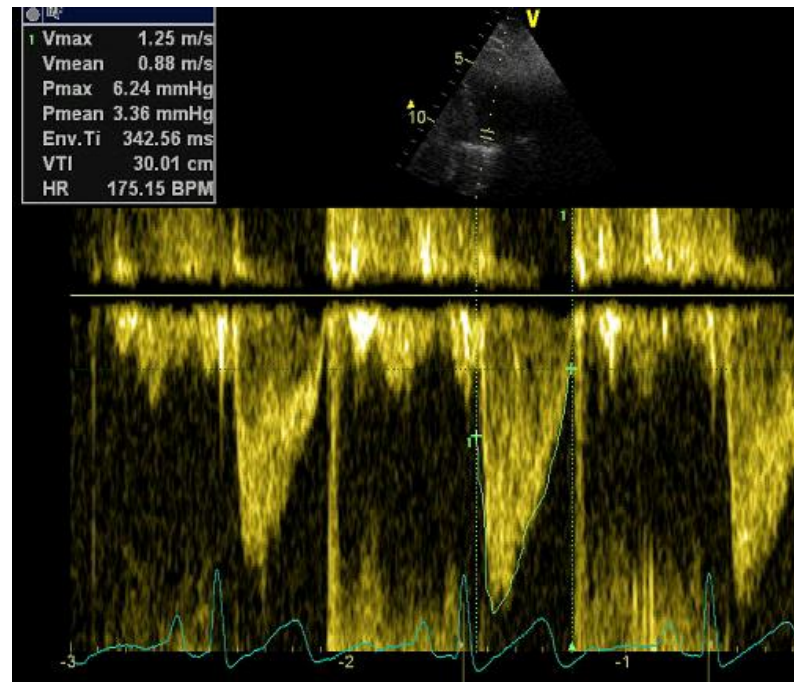
$$\text{EOA} = \pi \cdot \text{LVOT}^2 / 4 \times \text{VTI}_{\text{LVOT}} / \text{VTI}_{\text{Mi}}$$

- efektivní plocha ústí závisí na typu a velikosti protězy

VTI Ao



VTI LVOT





# Dopplerovský poměr rychlostí - DVI

- poměr rychlostí, resp. VTI na protěze a v LVOT, bez měření LVOT

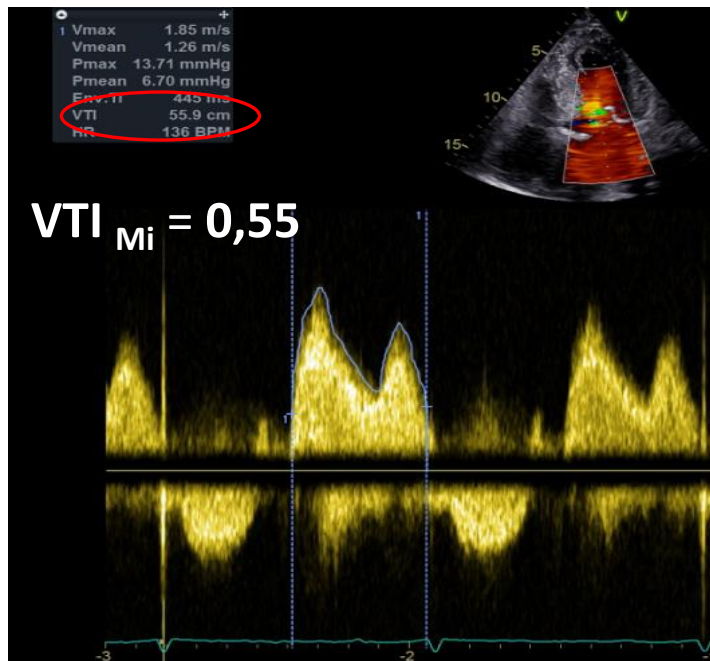
$$DVI = VTI_{Mi} / VTI_{LVOT}$$

DVI < 2,2

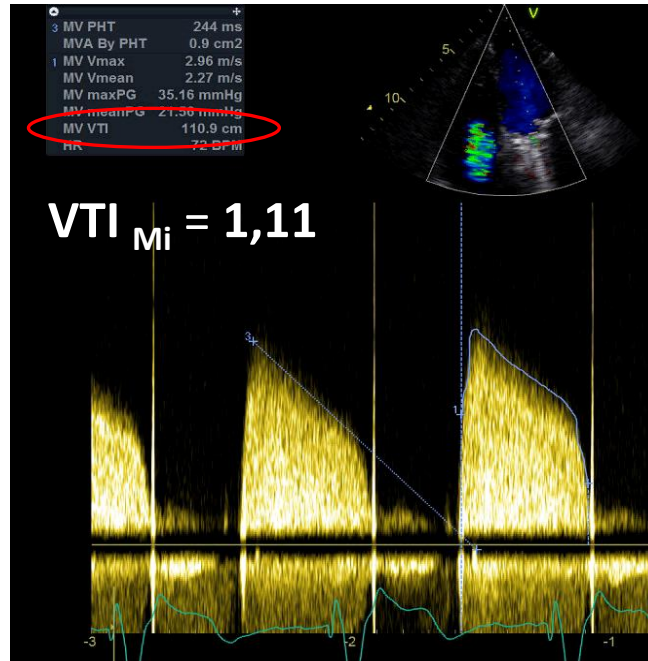
normální funkce protězy

DVI ≥ 2,5 a PHT > 130ms

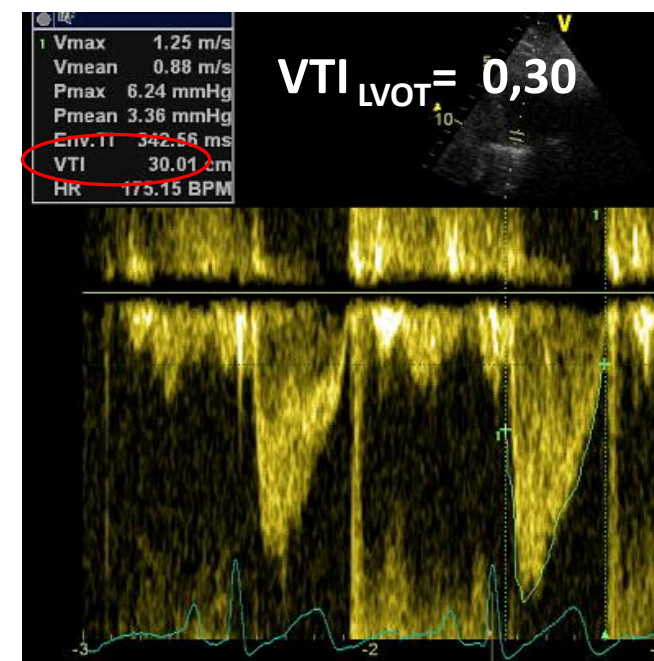
významná obstrukce protězy



$$DVI = 55/30 = 1,8$$



$$DVI = 110/30 = 3,6$$



Obrázky: Všeobecná fakultní nemocnice v Praze



## Dopplerovské parametry Mi protéz

	Normální	Možná stenóza	Významná stenóza/obstrukce
<b>Maximální rychlost</b> (m/s)	<2,0	1.9-2.5	>2.5
<b>Střední gradient</b> (mm Hg)	<6	6-10	>10
<b>DVI</b> ( $VTI_{Mi}/VTI_{LVOT}$ )	<2.2	2.2-2.5	>2.5
<b>Efektivní plocha ústí</b> (cm <sup>2</sup> )	≥2 Reference + 1SD	1-2	<1 Reference – 2SD
<b>PHT</b> (ms)	<130	130-200	>200

# Normální parametry trikuspidálních a pulmonálních protéz

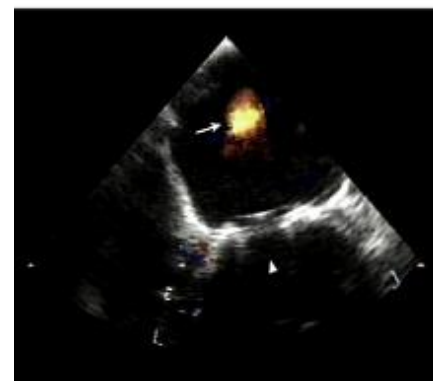
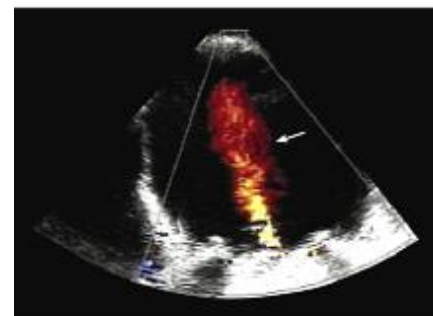
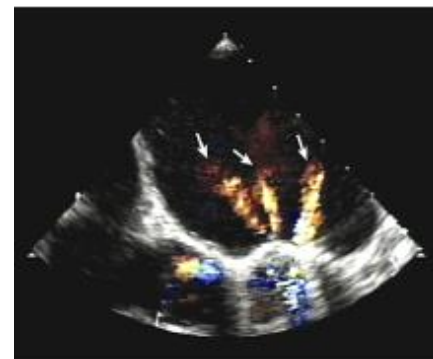
<b>Trikuspidální protézy</b>	<b>Normální</b>	<b>Možná obstrukce</b>	<b>Pulmonální protézy</b>	<b>Normální</b>	<b>Možná obstrukce</b>
<b>Max rychlost</b> (m/s)	<1,9	>1.9	<b>Max rychlost</b> (m/s)	<3,2	>3,2
<b>Střední gradient</b> (mm Hg)	<6	>6	<b>Střední gradient</b> (mm Hg)	<20	>20
<b>DVI</b> ( $VTI_{TV}/VTI_{LVOT}$ )	<2	>2	<b>DVI</b>	Nejsou data	
Efektivní plocha ústí	Nejsou data		Efektivní plocha ústí	Nejsou data	
<b>PHT</b> (ms)	<130	>130	<b>PHT</b> (ms)	<230	>230

# Protézové regurgitace

- fyziologická x patologická
- transprotetická x paraprotetická

## Fyziologická regurgitace

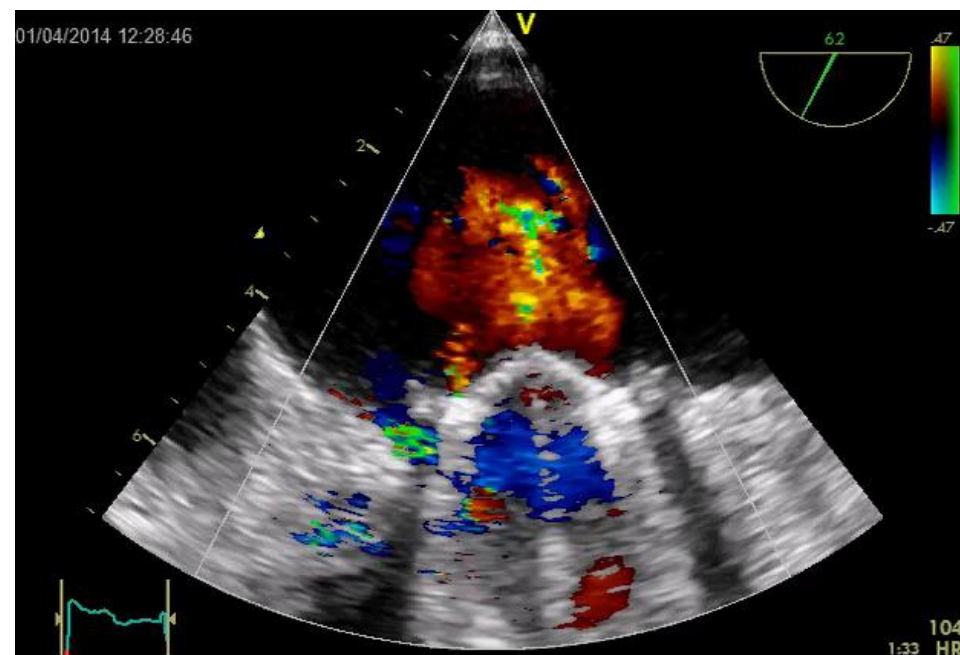
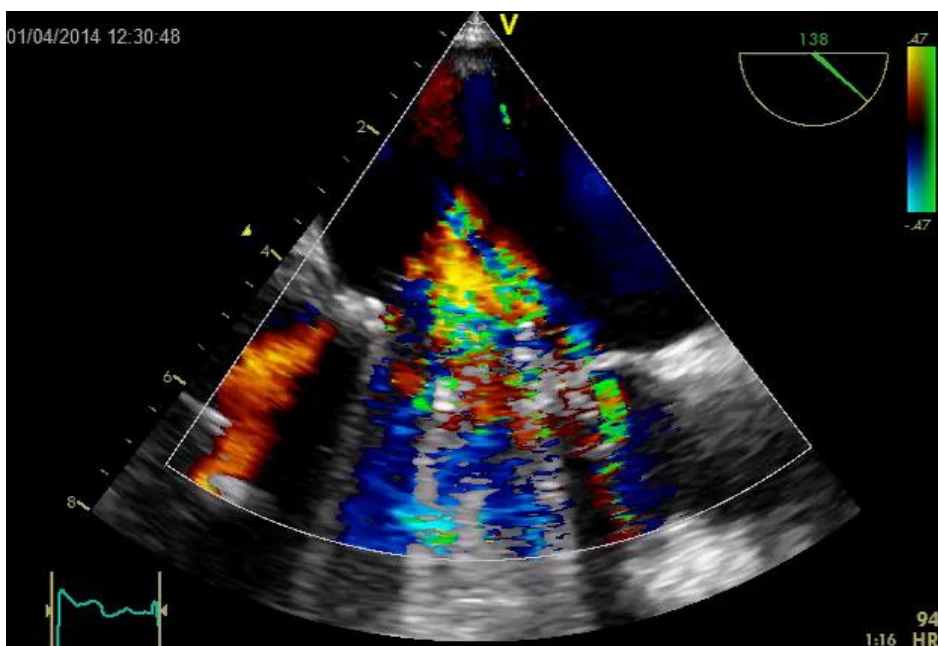
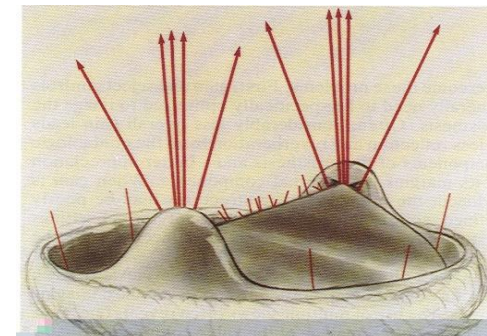
- na všech mechanických náhradách
- symetrické, úzké, krátce trvající jety
- transprotetické
- prevence stázy krve a vzniku trombů ( „proplachové jety“)



# „Fyziologická“ regurgitace

## Mechanická dvoulístková protéza

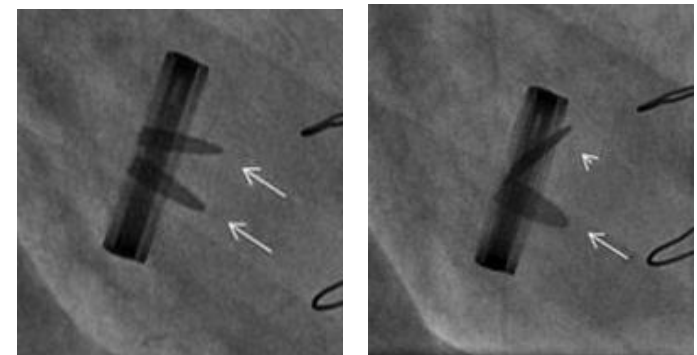
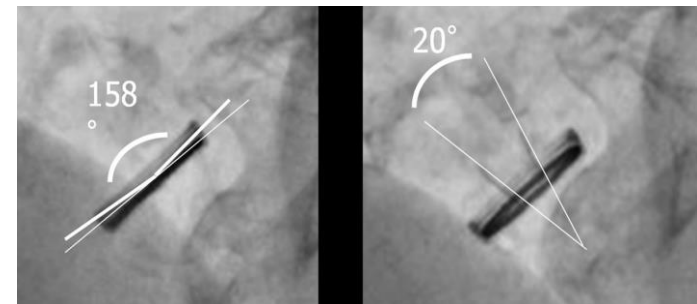
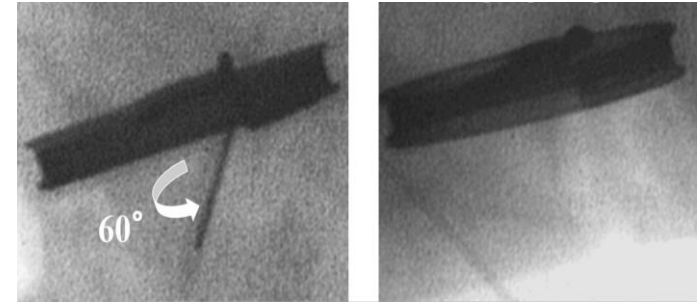
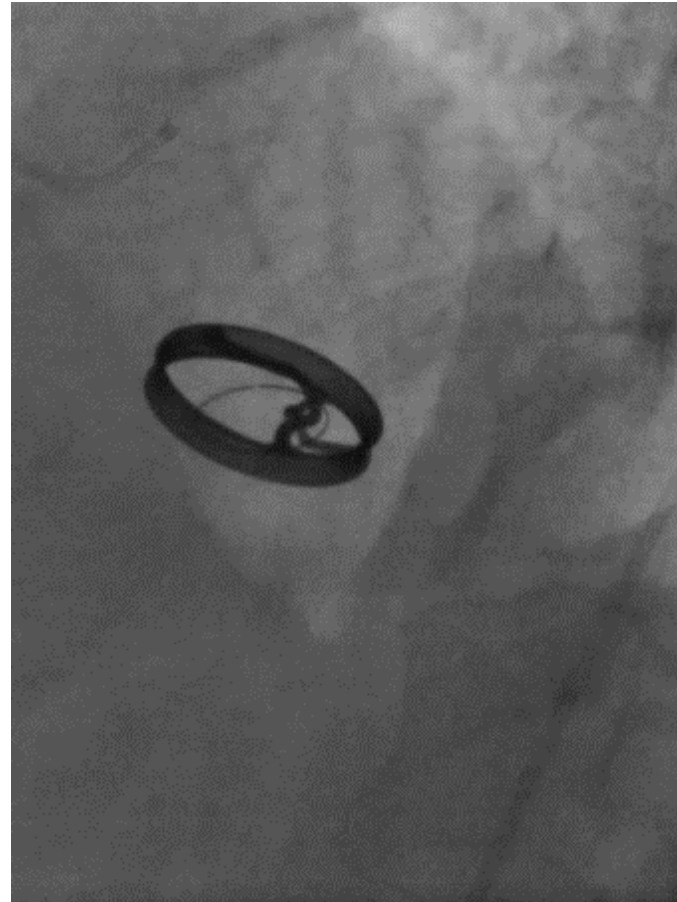
- jety vznikají v místě styku disků s prstencem
  - ↳ Uzavírací objem - zpětný tok při uzavírání disků
  - ↳ Unikající objem - tok přes uzavřenou protézu





# Využití dalších zobrazovacích metod Fluoroskopie

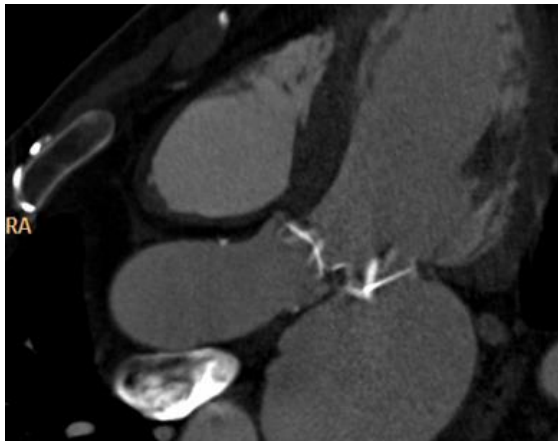
- Hodnocení **mechanických protéz**
- Zjištění otvíracích a uzavíracích úhlů
- Dif dg vysokých gradientů na aortálních protézách
- Porucha pohybu disků x ne etiologie



# CT srdce

- **Alternativa fluoroskopie** – hybnost a úhly disků mechanických protéz
- **Paravalvulární postižení** (pseudoaneurysma, absces)
- Podezření na trombózu protézy
- Dif dg **trombus vs. pannus**
- CT koronarografie
- Před KCH operací

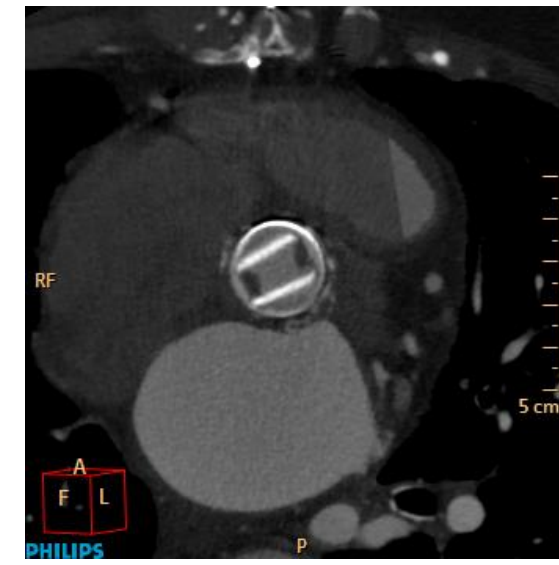
pohyby disků



paravalvulární postižení



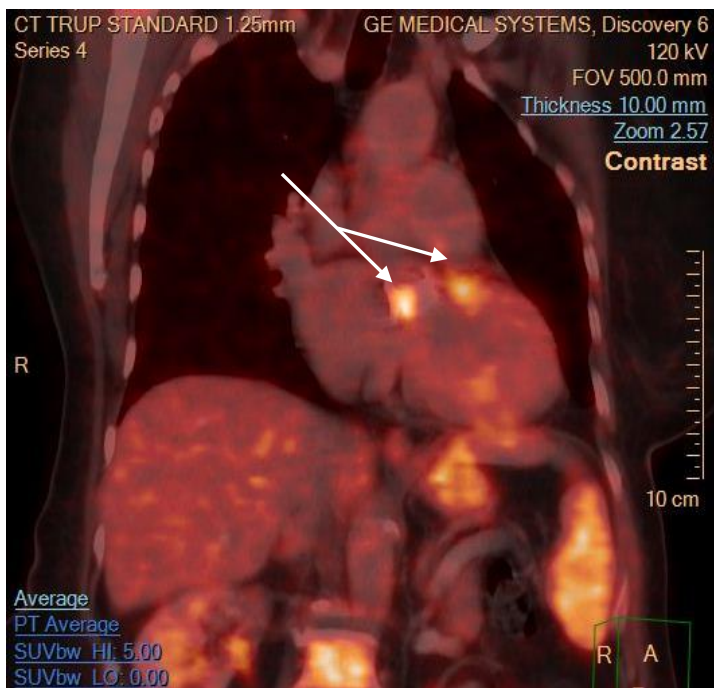
absces u asc. Aorty



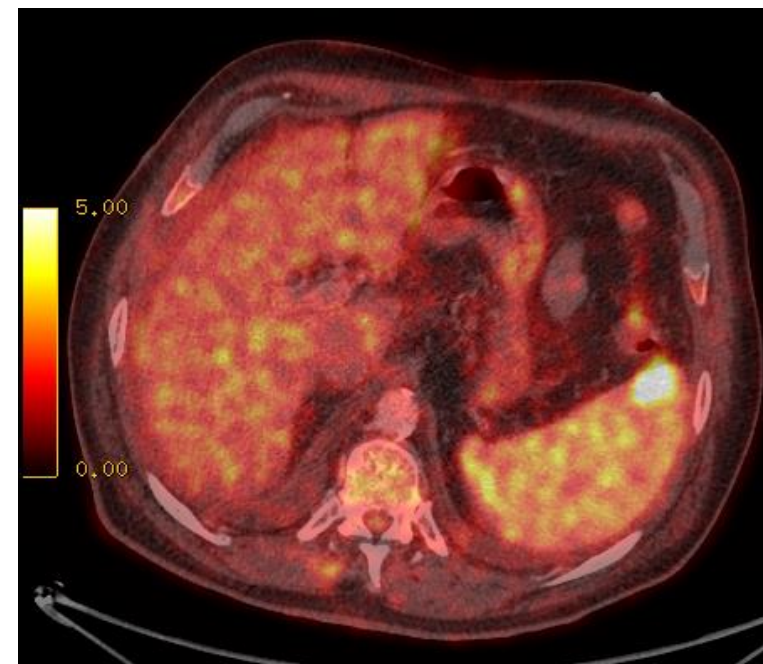
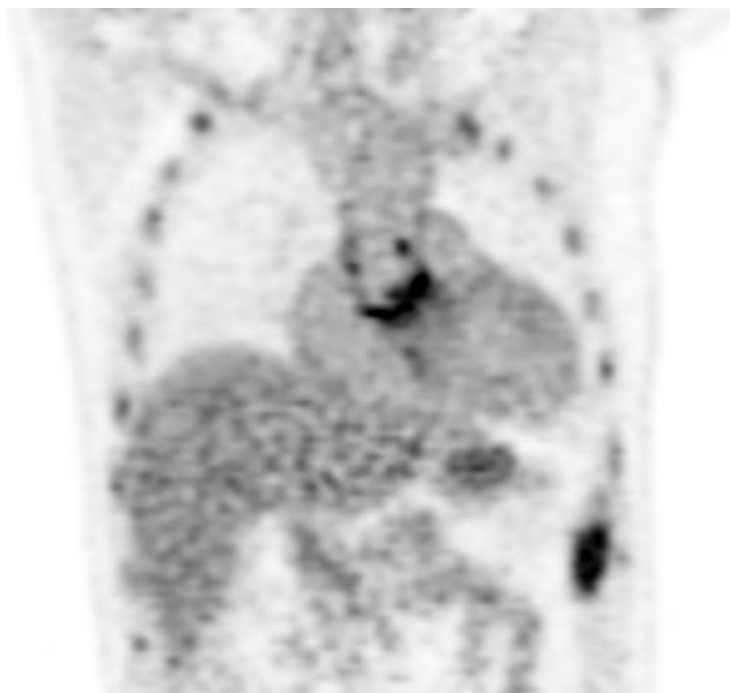
trombóza protézy

# Metody nukleární medicíny - 18F- FDG PET/CT

- Při podezření na protézovou endokarditis
- Chlopenní náhrady i za normálních okolností mírně, homogenně akumulují FDG
- Limitace - nelze provádět do 3 měsíců od operace



Akumulace FDG v aortální protéze



akumulace ve slezině

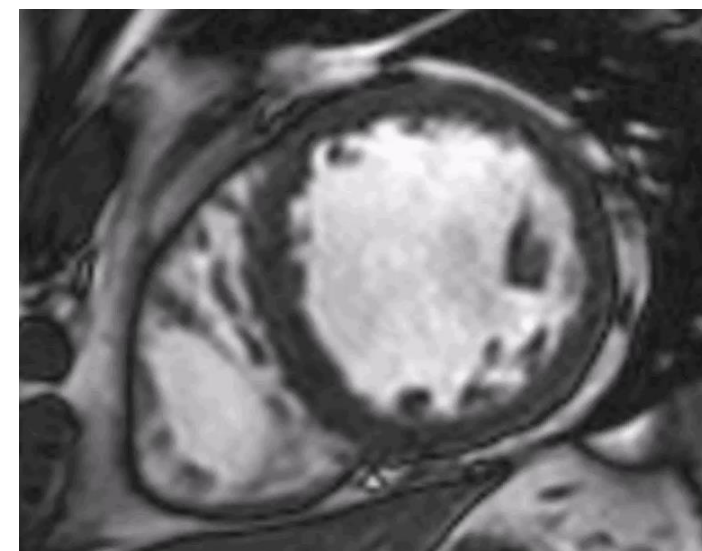


# MRI srdce

- **mechanická protéza není kontraindikací**
- posouzení hybnosti disků
- omezená data k MRI hodnocení regurgitací, obstrukcí na protézách
- **hodnocení velikosti/funkce komor**, detekce fibrózy
- posouzení **hrudní aorty**

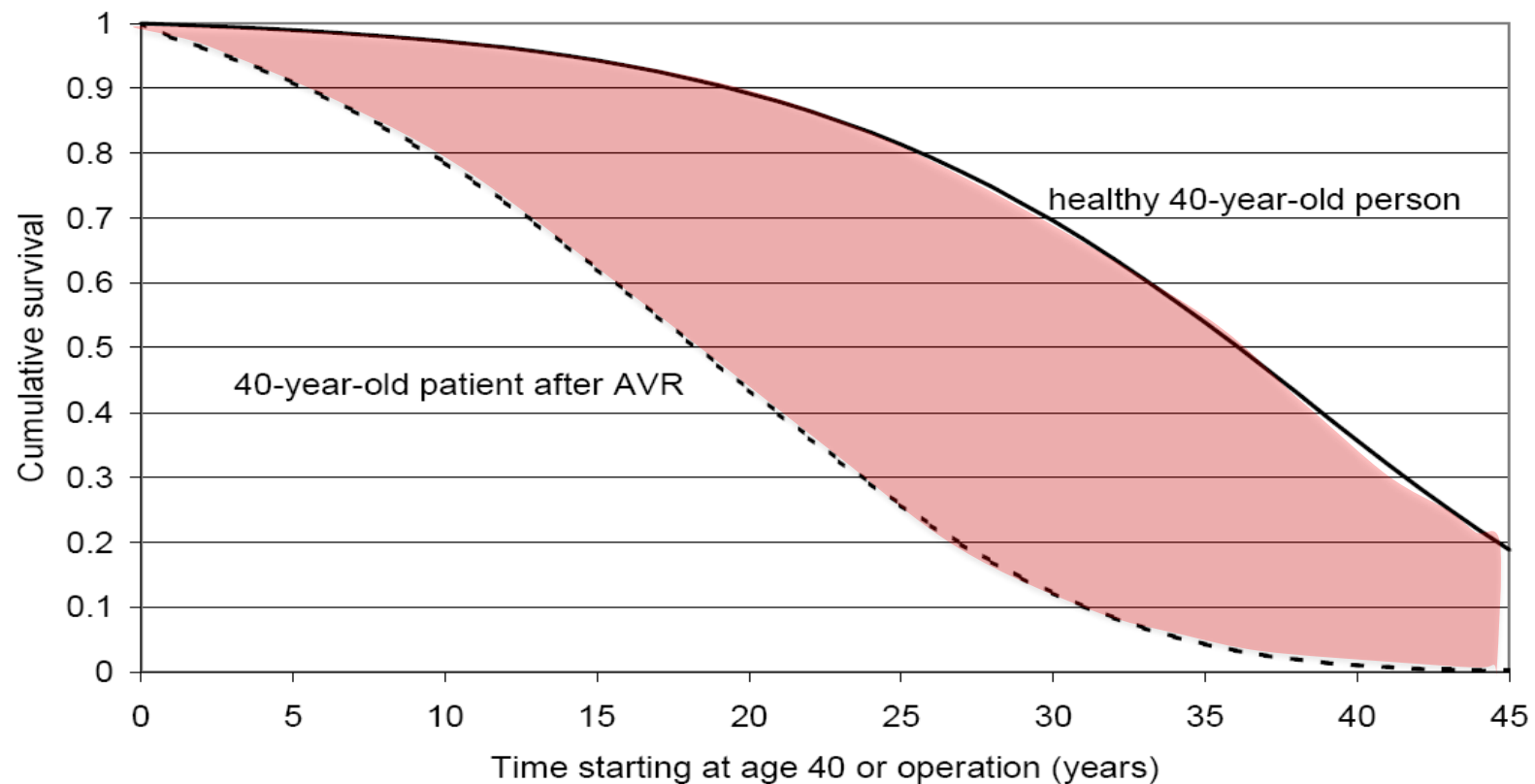


Mechanická Ao protéza





# Prognóza pacientů s chlopenní protézou



Takkenberg JJ, Microsimulation: estimated AVR outcome

## Komplikace spojené s chlopenní náhradou

- **Tromboembolické komplikace** (1-1,5% / rok)

- **Krvácivé komplikace** (1% / rok)

- **Dysfunkce chlopenní protézy**

trombóza protézy (0,4-2% / rok)

protetická endokarditida (0,3-1,2%/rok)

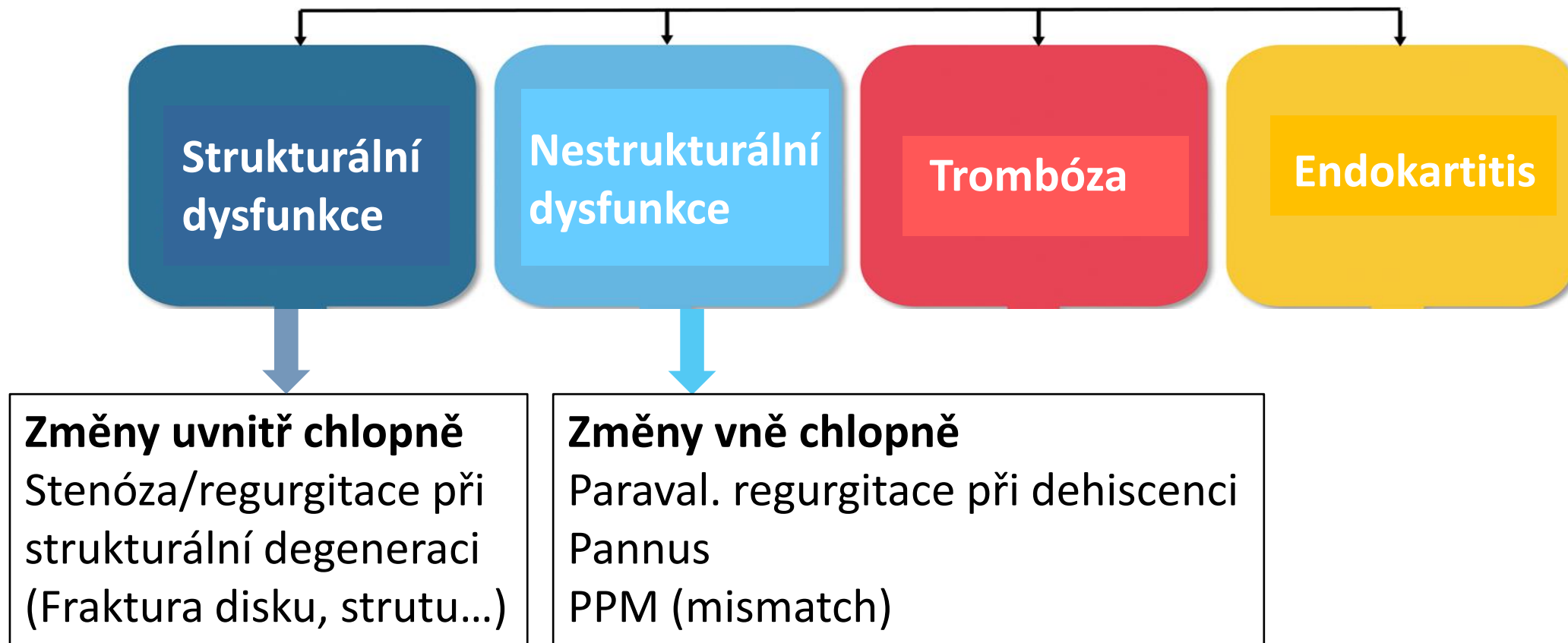
strukturální degenerace

nestructurální poškození

**25-45% / 10 let**

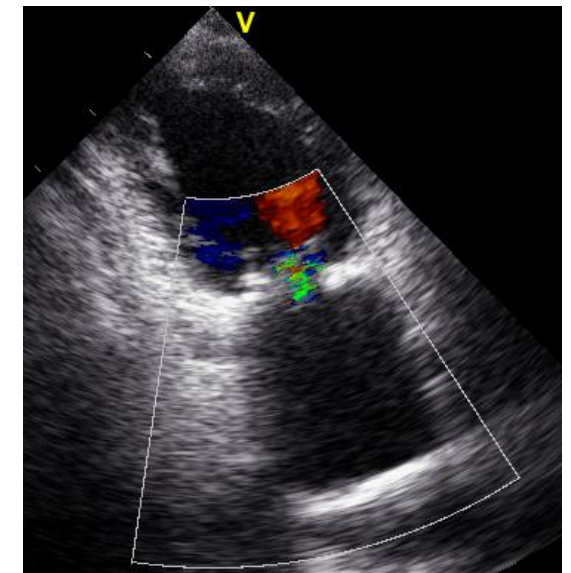
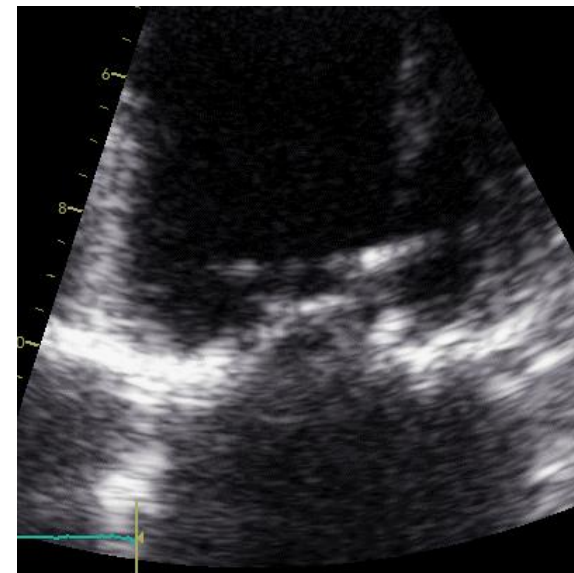
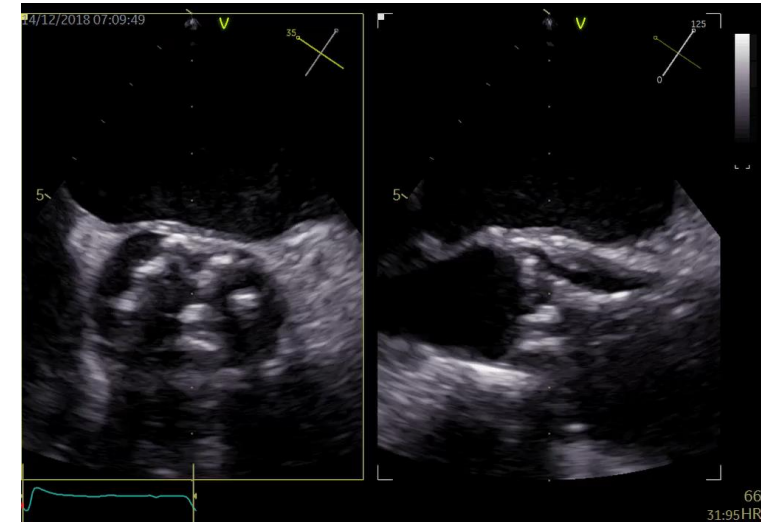


# Dysfunkce chlopenních protéz



# Strukturální dysfunkce protězy

- u mechanických protéz raritní
- **strukturální degenerace bioprotéz**
  - chirurgických i katetrizačních
- progresivní trvalé poškození bioprotězy
  - zesílení, kalcifikace, natržení cípů
  - **rozvoj stenózy nebo regurgitace**
- **rizikové faktory**
  - nižší věk, renální selhání, poruchy Ca metabolismu, mitrální pozice



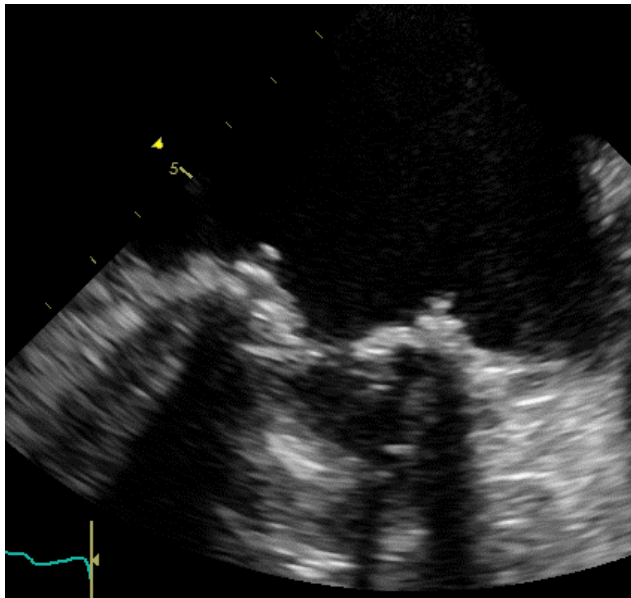


# Strukturální degenerace mitrální bioprotézy

65-letá nemocná 5 let po náhradě mitrální chlopně bioprotézou CE Perimount 25mm

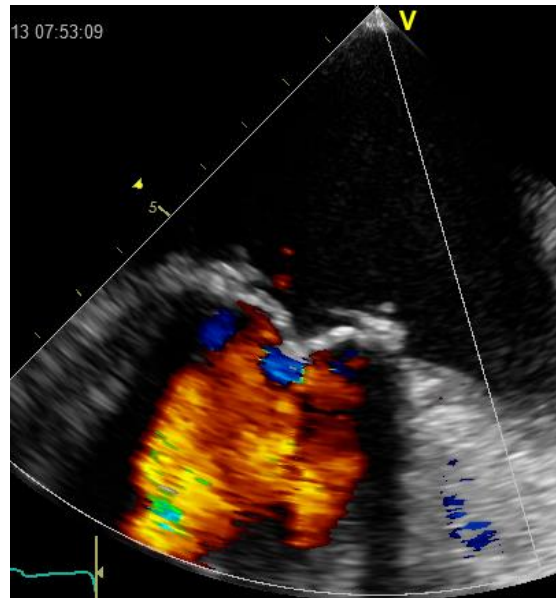
## 2D-TEE

Kalcifikace, imobilita cípů



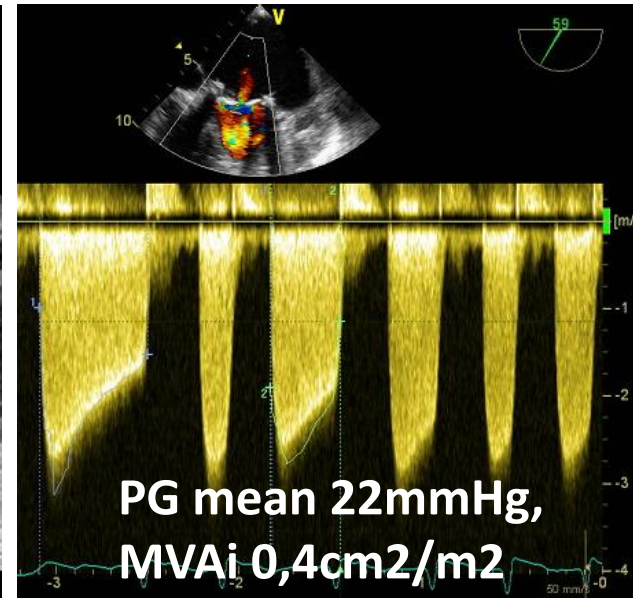
## CFM TEE

akcelerace průtoku

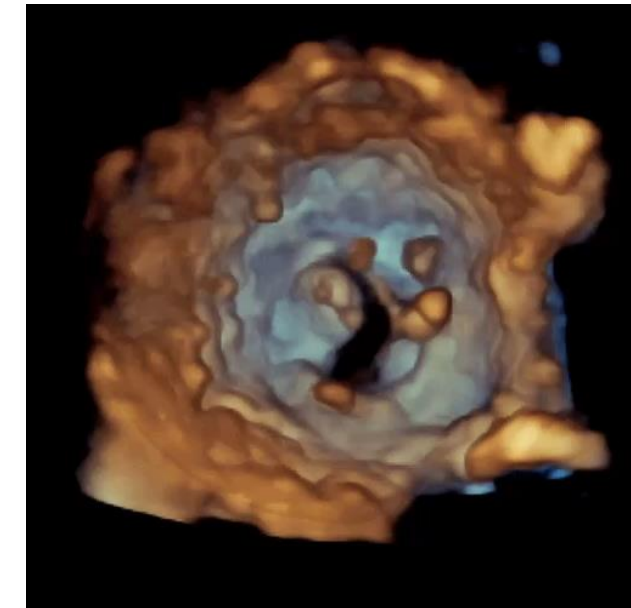


## cw Doppler

vysoké PG, malá EOA



## 3D- echokg



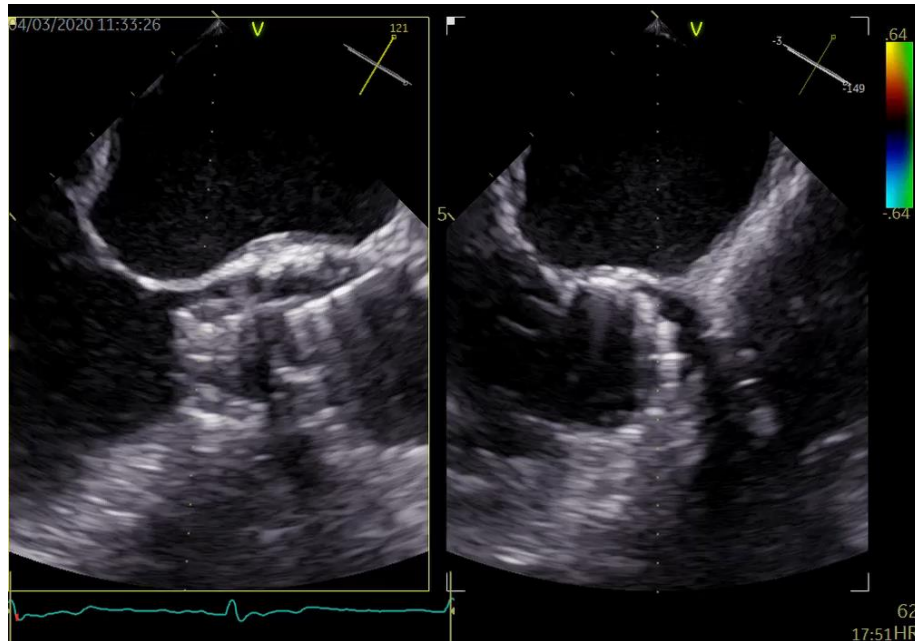
Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

# Nestrukturální dysfunkce protězy

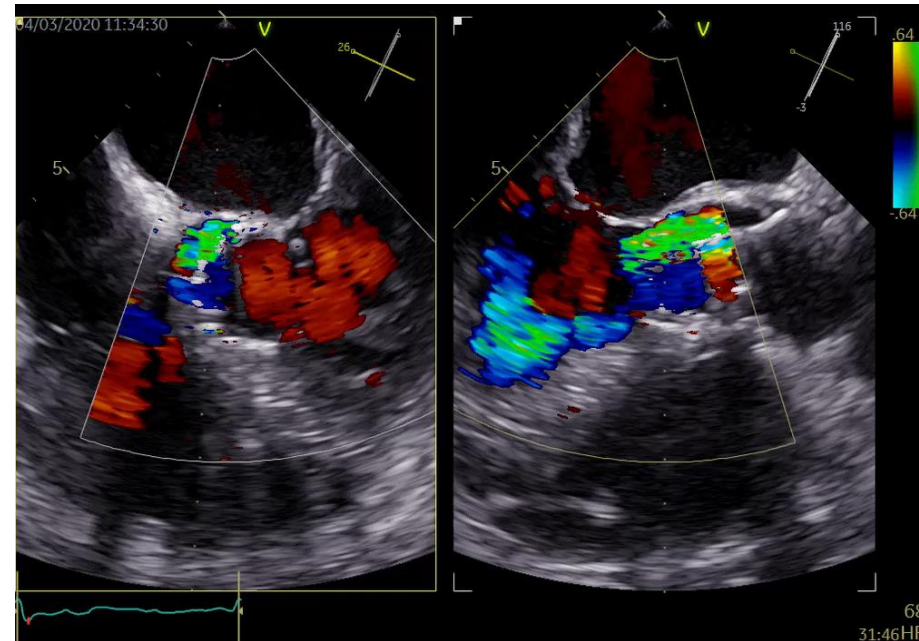
## Paravalvulární regurgitace

- Vyskytuje se na biologických i mechanických, chirurgických i katetrizačních protézách
- Obvykle přítomné již od operace/výkonu , pozdější dehiscence často při IE

porucha apozice TAVI protězy



významná paravalvulární regurgitace

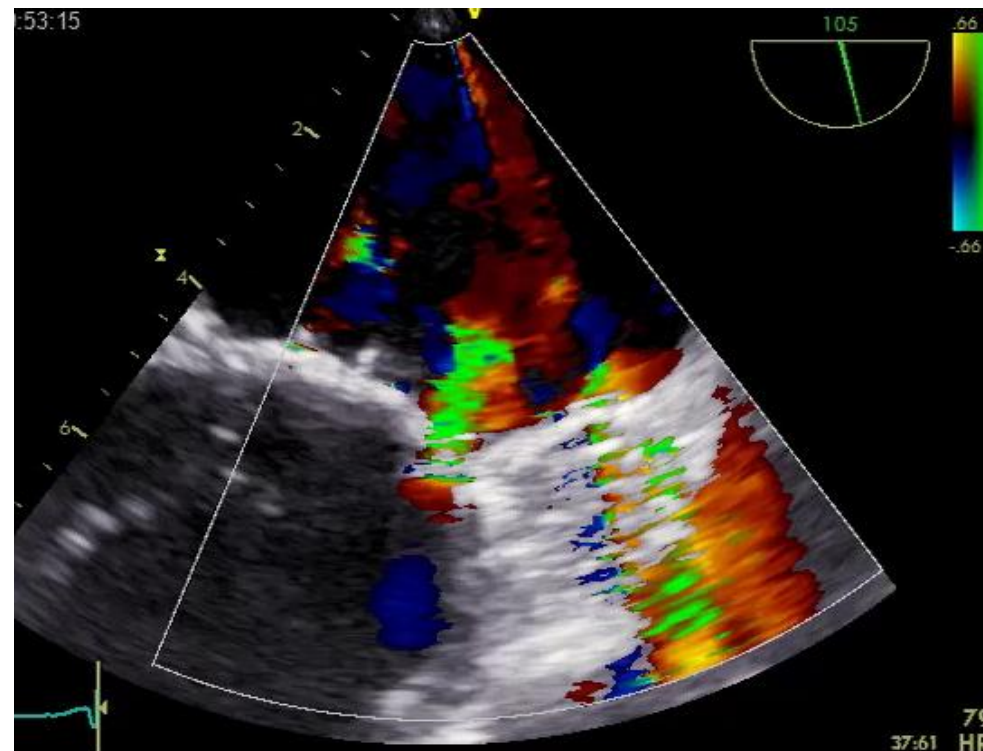
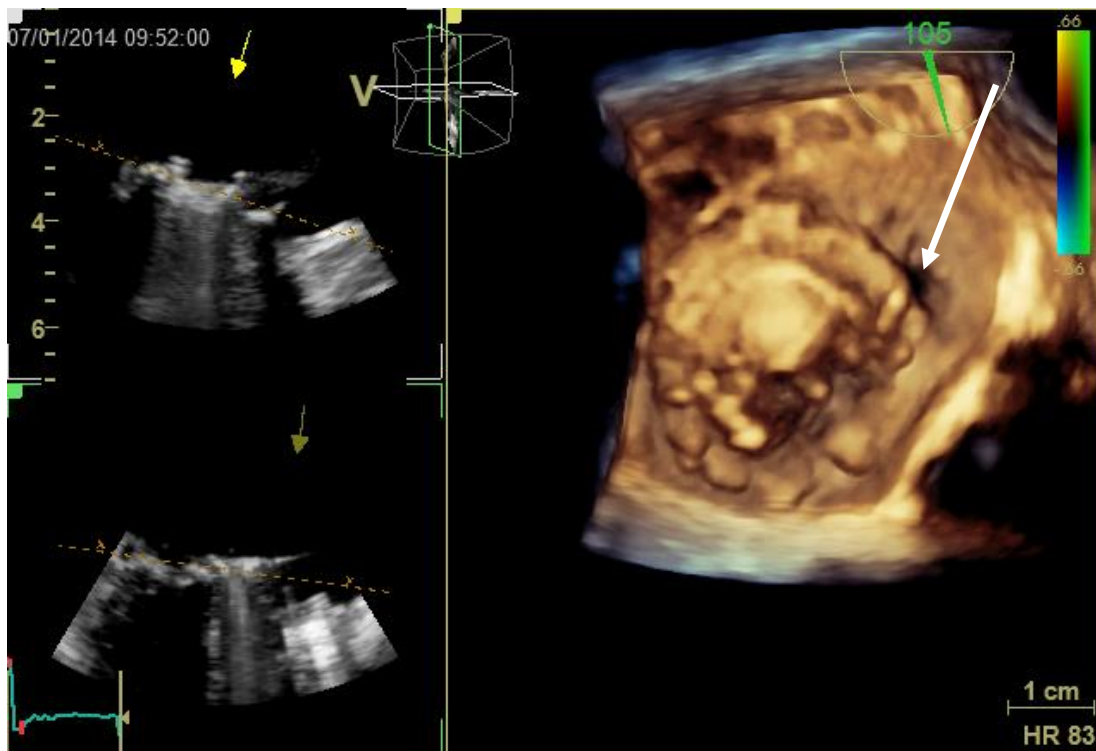


AR při aortografii



# Paravalvulární regurgitace

60-letá nemocná s mechanickou mitrální protézou SJM 29mm  
- paravalvulární regurgitace při uvolnění stehu





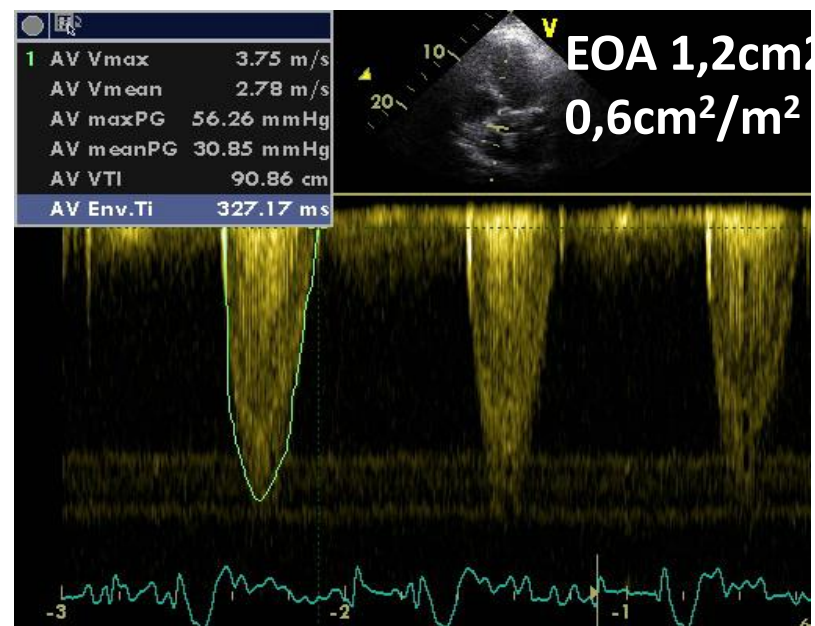
# Patient-prosthesis mismatch

- efektivní plocha ústí příliš malá k velikosti pacienta (BSA)
- Lehký PPM:  $EOA < 0,85\text{cm}^2/\text{m}^2$  - u 30-60%
- **Významný PPM:  $EOA < 0,65\text{cm}^2/\text{m}^2$**  (při  $\text{BMI} > 30 < 0,55\text{cm}^2/\text{m}^2$ )  
u 2-10% pacientů  
je spojen s vyšší mortalitou

Table 1. Normal Reference Values of EOAs for the Aortic Prostheses

	Prosthetic Valve Size, mm				
	19	21	23	25	27
Aortic stented bioprosthesis					
Mosaic	1.1±0.2	1.2±0.3	1.4±0.3	1.7±0.4	1.8±0.4
Hancock II	...	1.2±0.1	1.3±0.2	1.5±0.2	1.6±0.2
Carpentier-Edwards Perimount	1.1±0.3	1.3±0.4	1.50±0.4	1.80±0.4	2.1±0.4
Carpentier-Edwards Magna*	1.3±0.3	1.7±0.3	2.1±0.4	2.3±0.5	...
Biocor (Epic)*	...	1.3±0.3	1.6±0.3	1.8±0.4	...
Mitroflow*	1.1±0.1	1.3±0.1	1.5±0.2	1.8±0.2	...

Lancellotti P. ,EHJCVI, 2016;17(6):589



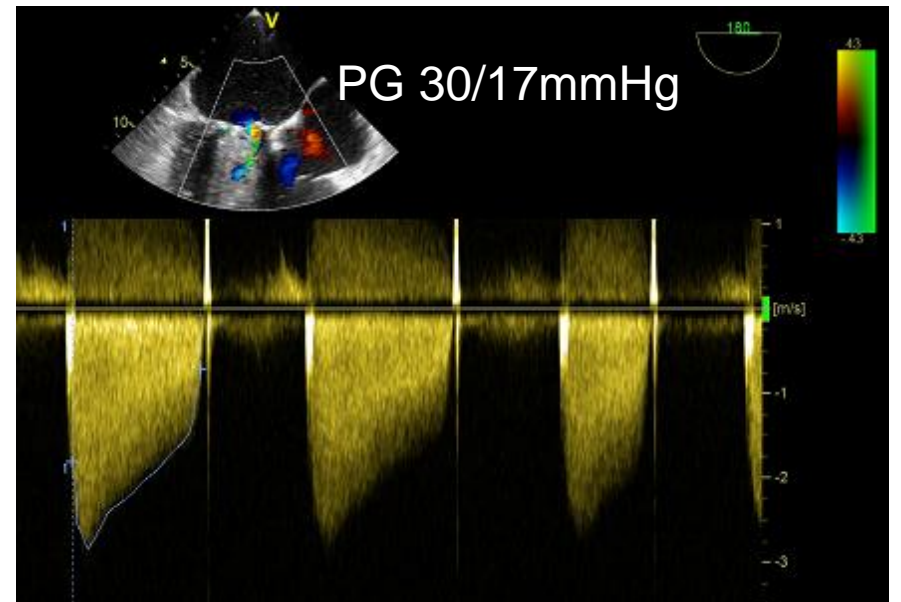
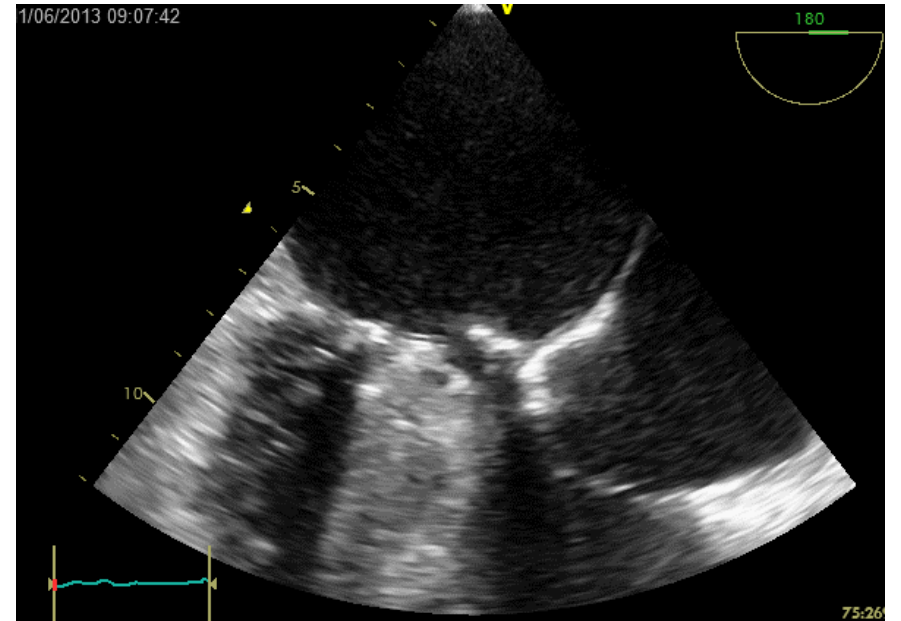
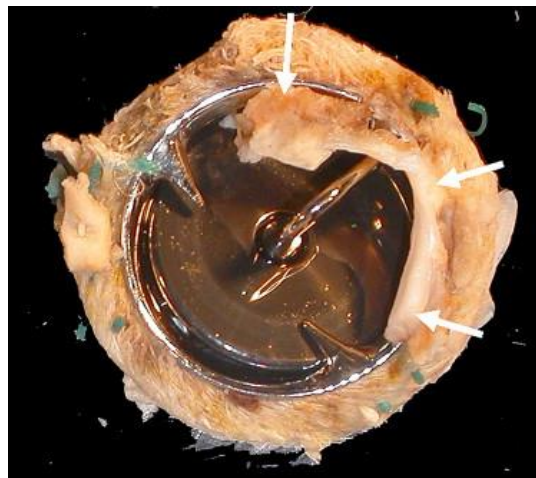
Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice Praha



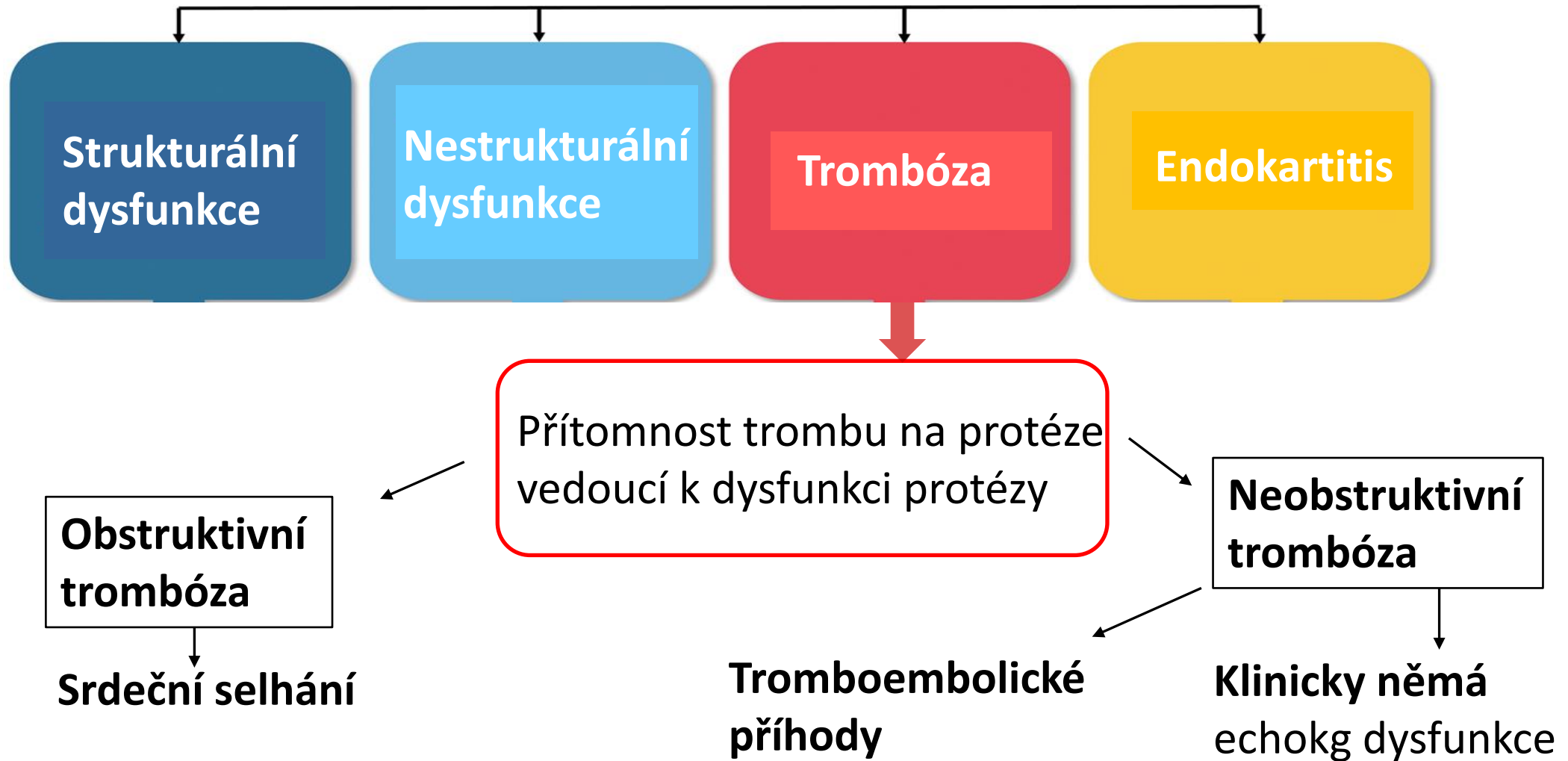
# Nestrukturální dysfunkce protězy

## Pannus

- Přerůstání **fibrózní tkáně** do ústí protězy
- Reakce organismu na cizí materiál
- Vyvíjí se postupně, rozvoj obstrukce
- Častěji u mechanických protéz
- **Dif dg - trombus**

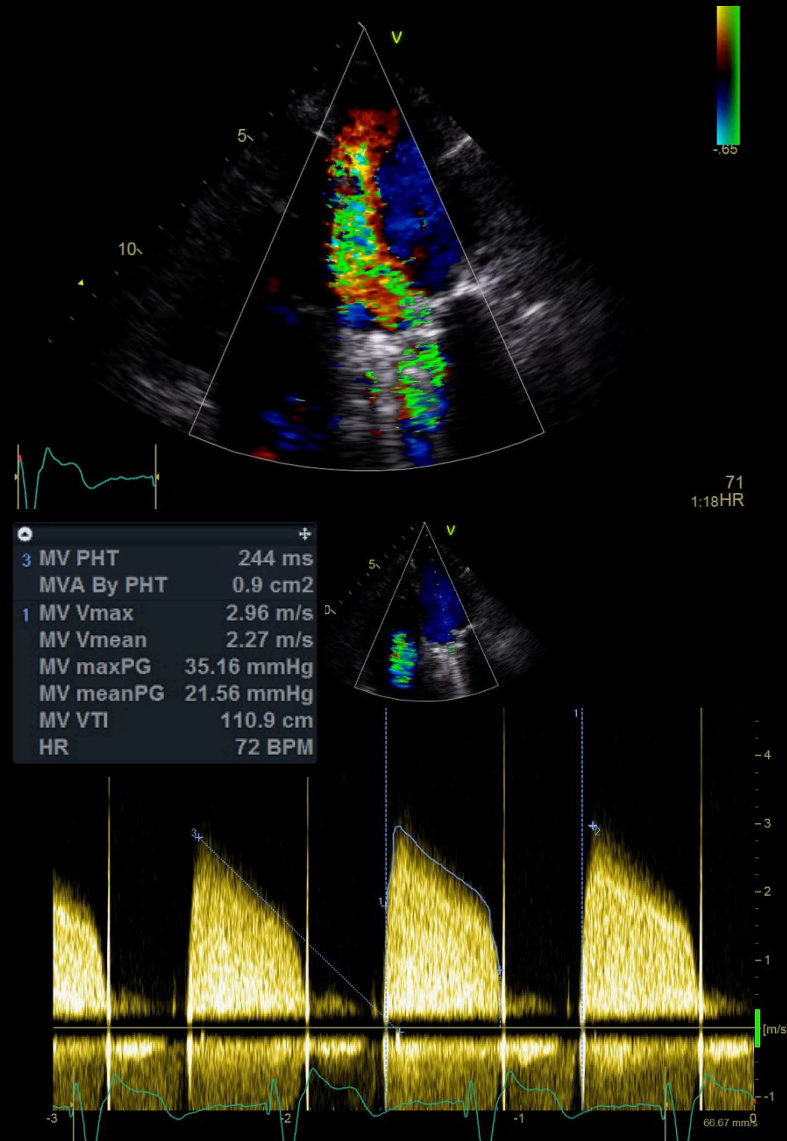


# Trombóza chlopenní protézy



# 78-let, mechanická protéza SJM 29, náhle vzniklá dušnost, INR 1,8

TTE



PGmean 21mmHg  
PHT 244ms  
EOA 0.9cm<sup>2</sup>

# 78-let, mechanická protéza SJM 29, náhle vzniklá dušnost, INR 1,8

27/10/2008 14:06:27

TTE



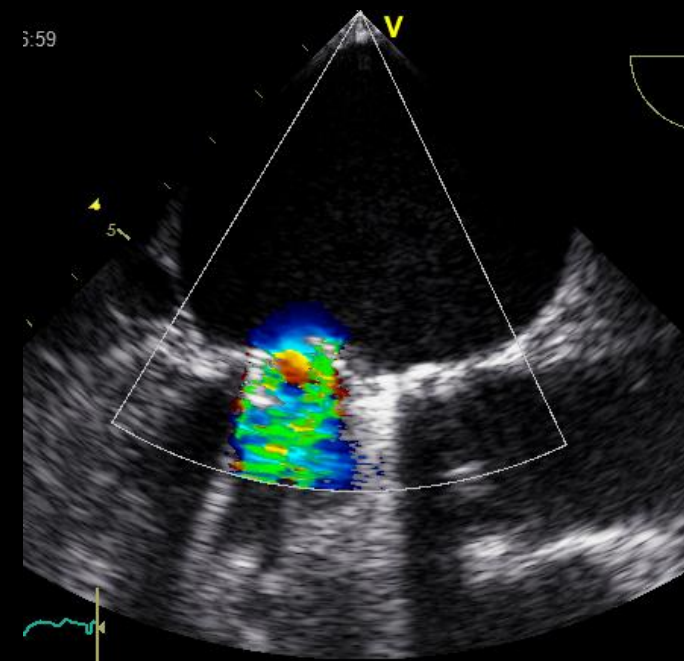
3	MV PHT	244 ms
	MVA By PHT	0.9 cm <sup>2</sup>
1	MV Vmax	2.96 m/s
	MV Vmean	2.27 m/s
	MV maxPG	35.16 mmHg
	MV meanPG	21.56 mmHg
	MV VTI	110.9 cm
	HR	72 BPM

16 14:16:50

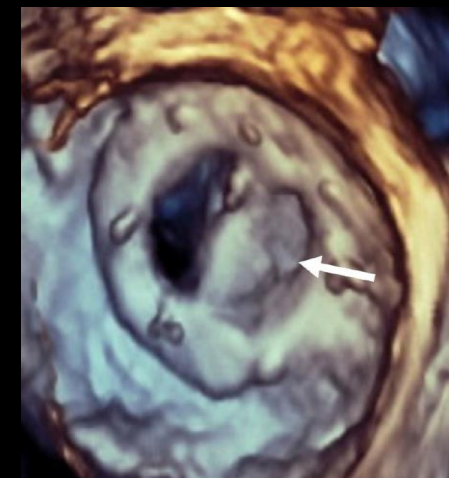
TEE



3:59

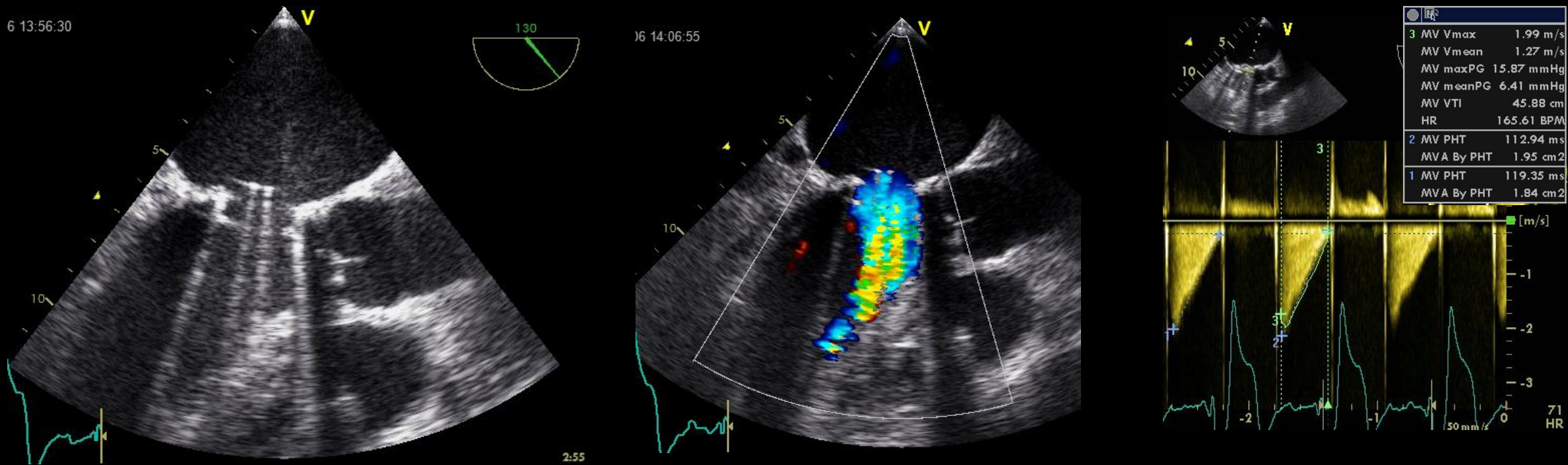


**Obstruktivní trombóza  
mechanické Mi náhrady**

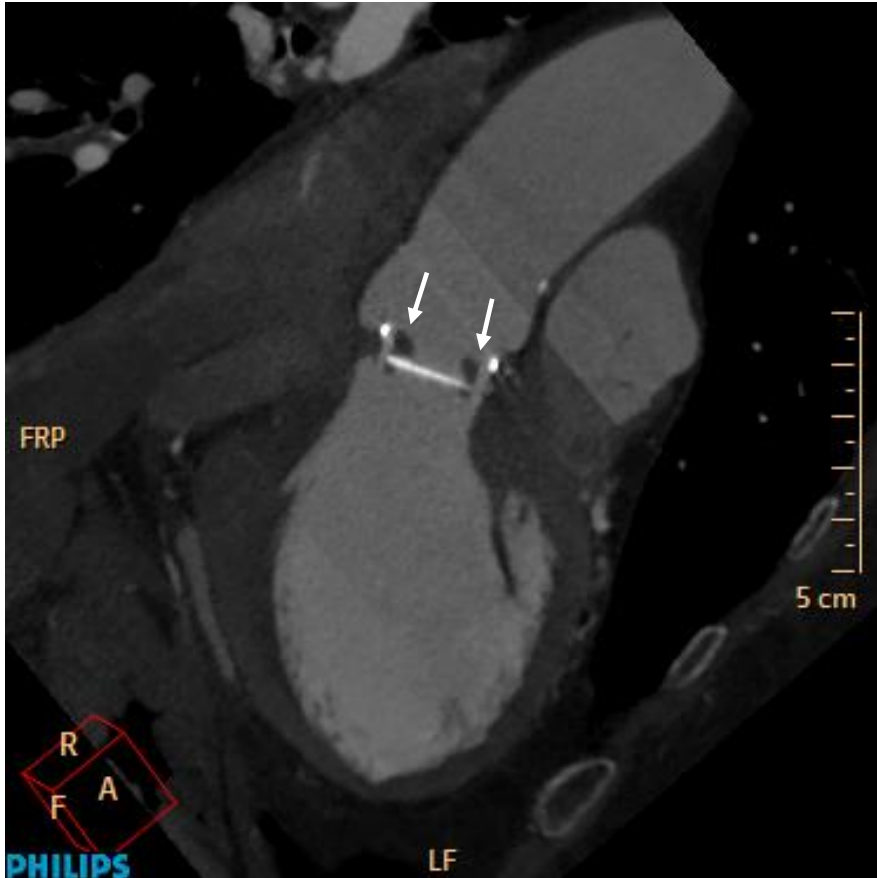




# Léčba fibrinolýzou



# CT srdce



Při okrajích disků  
hypodenzní struktury  
(denzita < 100HU)



**Trombóza protězy**  
pannus nepravěpodobný

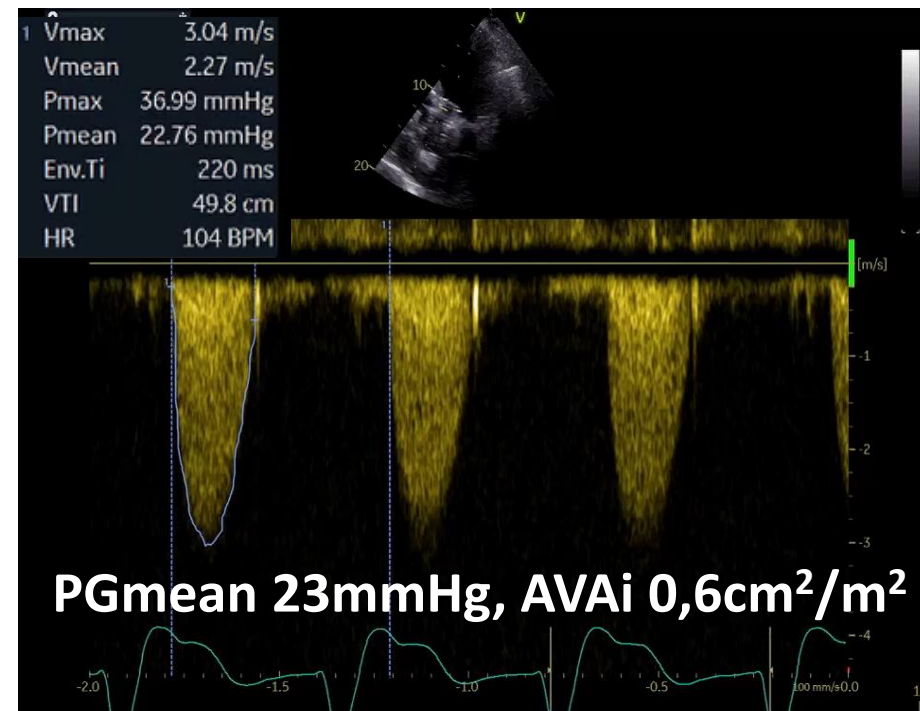
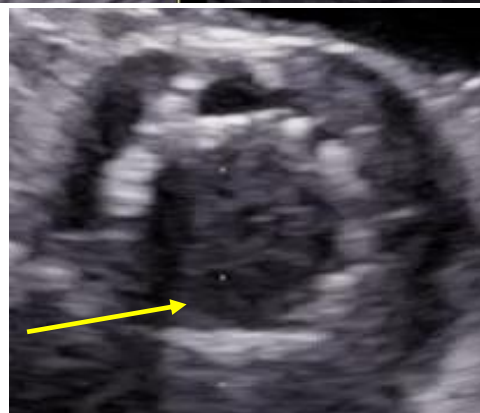
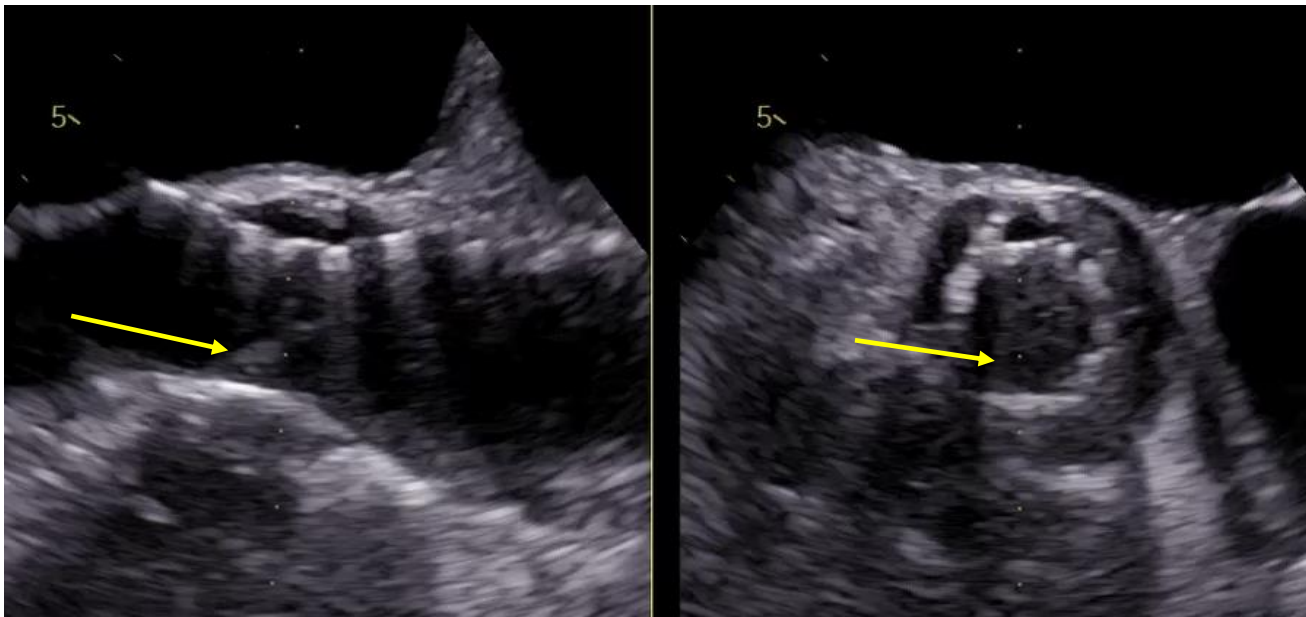


Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice v Praze

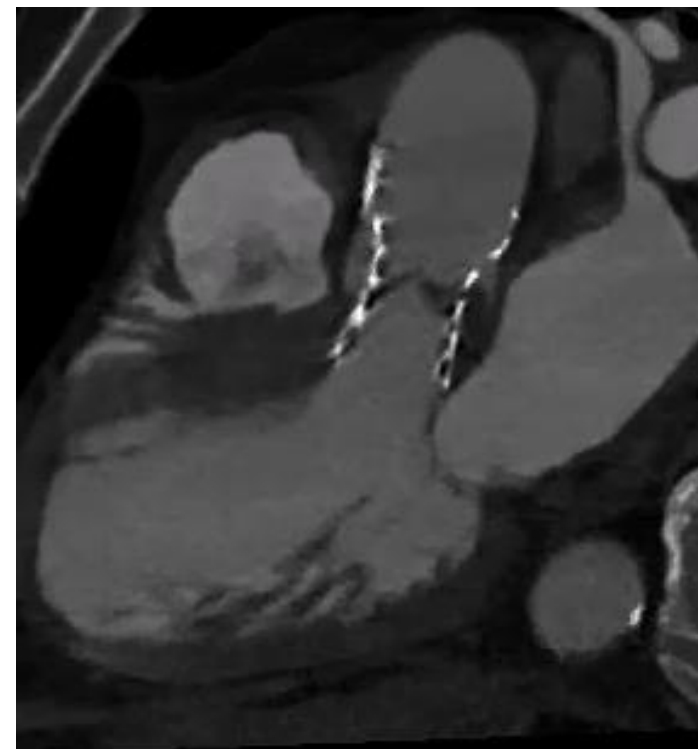
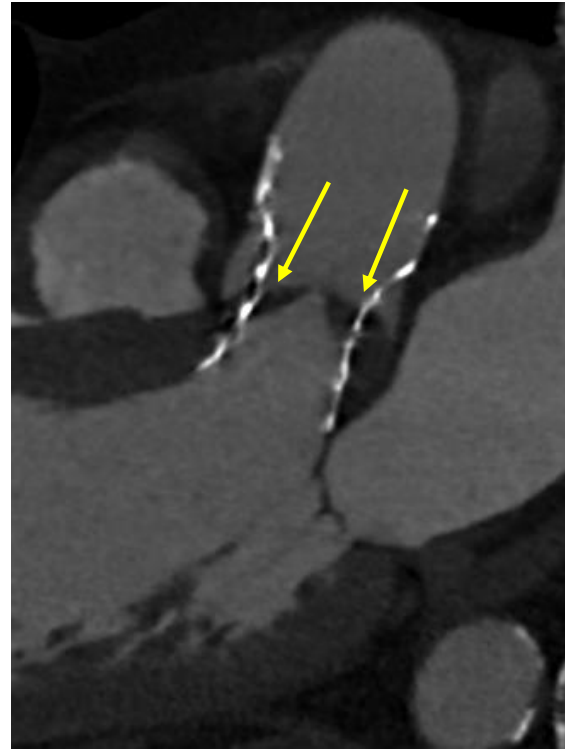
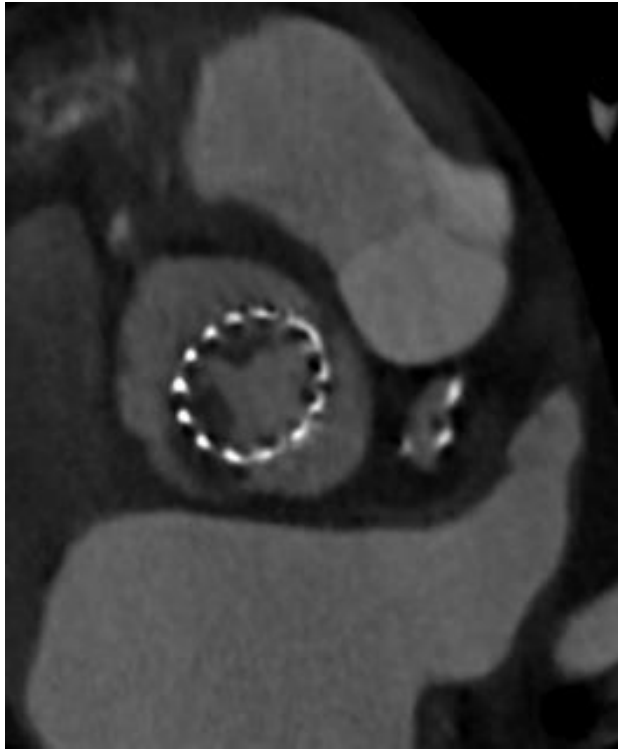
# Trombóza na bioprotéze - TAVI

- TTE + TEE

patologická struktura 6x3mm u RCC, omezené otevírání cípů, nárůst gradientů



# CT angiografie aortální chlopně

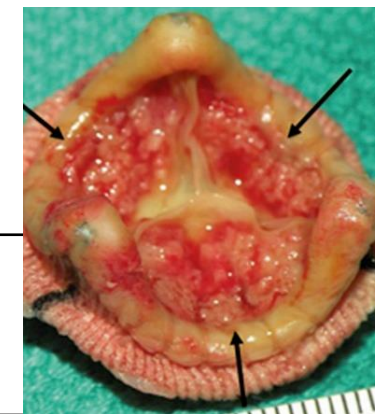


- hypodenzní zesílení v oblasti cípů, pravého sinu (HALT)
- omezená pohyblivost a zesílení 2 cípů

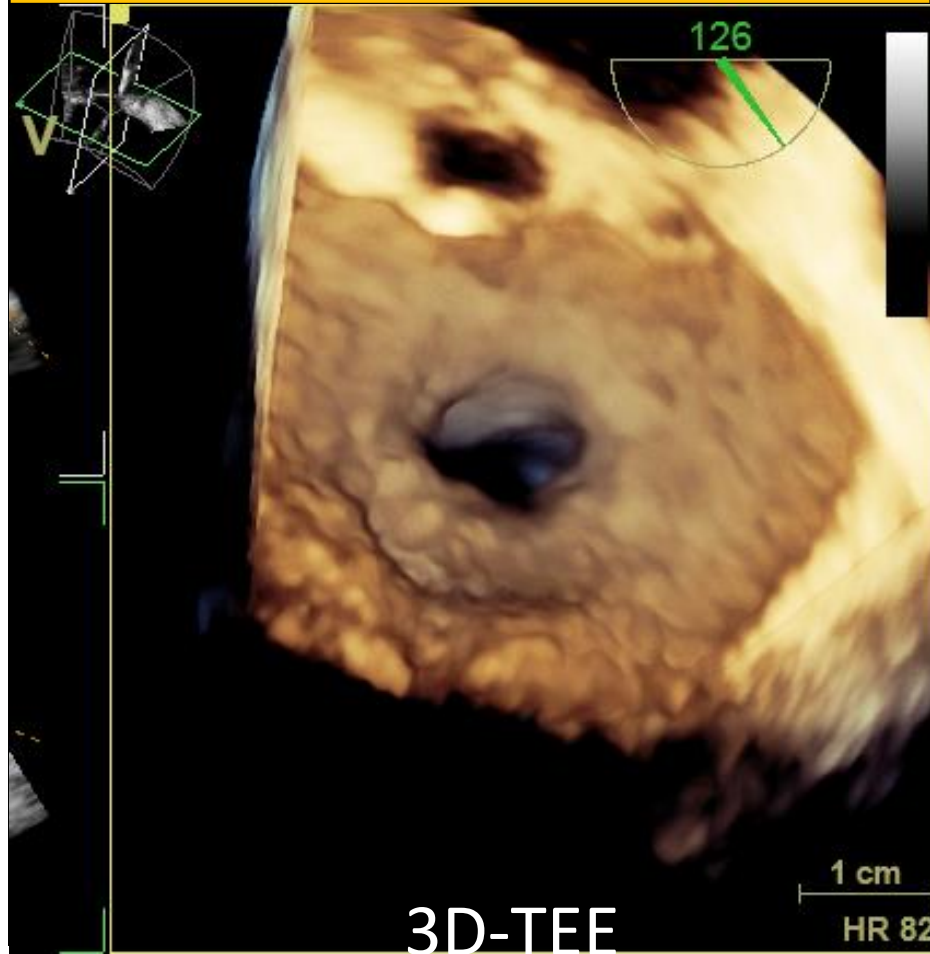


# Odlišení trombus x pannus

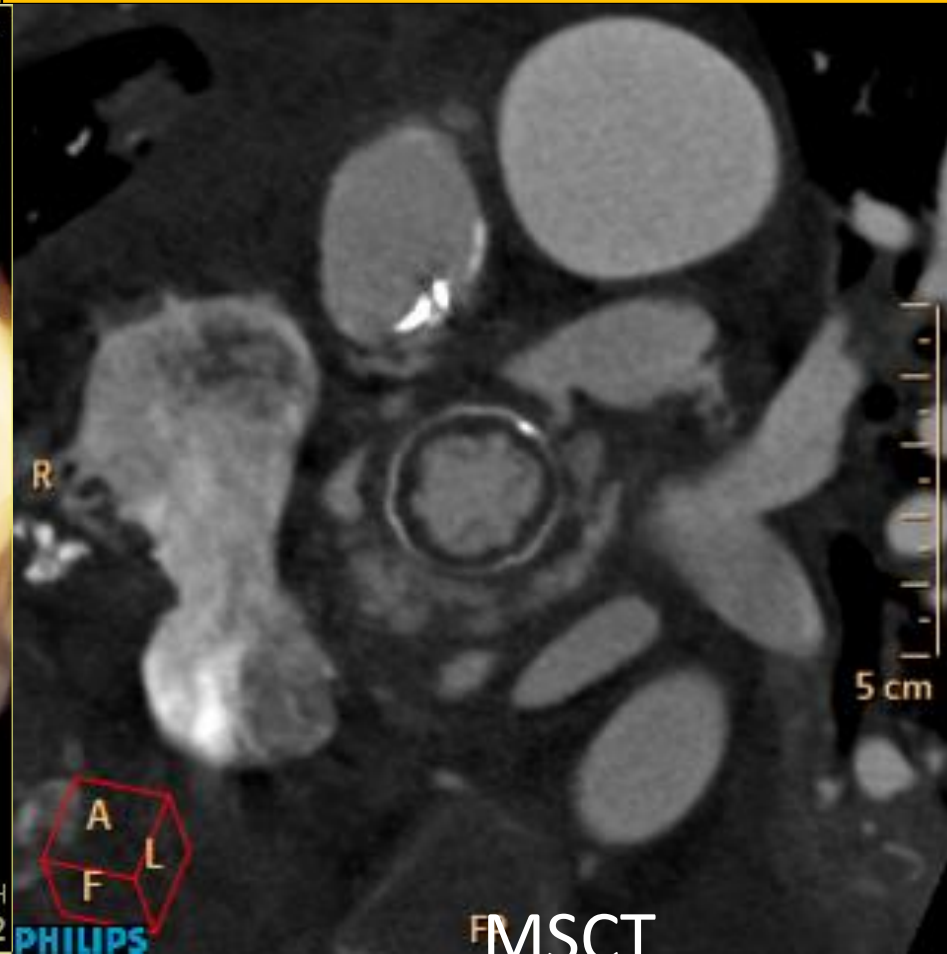
	Pannus	Trombus
Doba manifestace	více než 12měsíců od operace pozvolný nástup obtíží	kdykoliv náhlý vznik obtíží nedostatečná antikoagulace
Lokalizace	komorová strana protéz	aortální strana AVP, síňová strana MVP
Morfologie - zobrazovací metody	cirkulární struktura přerůstající okraj prstence vyšší echodenzita	nepravidelné hmoty vázané na protézu větší objem tkáně menší echodenzita
CT atenuace	nad 145 HU	pod 145HU



## Pannus



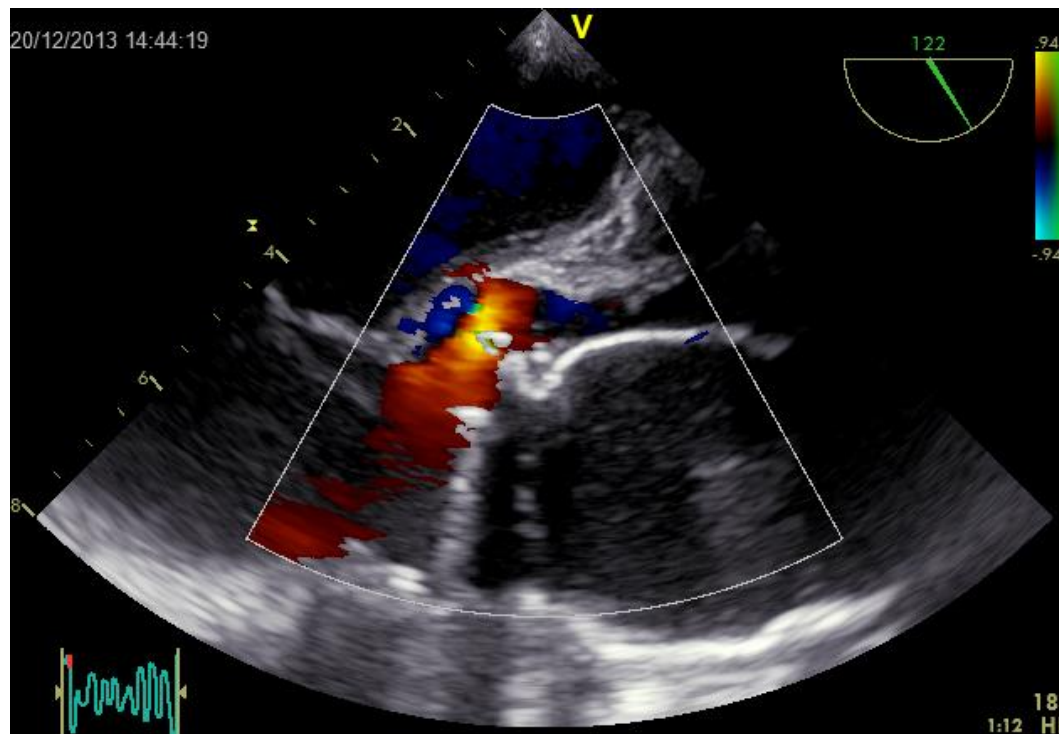
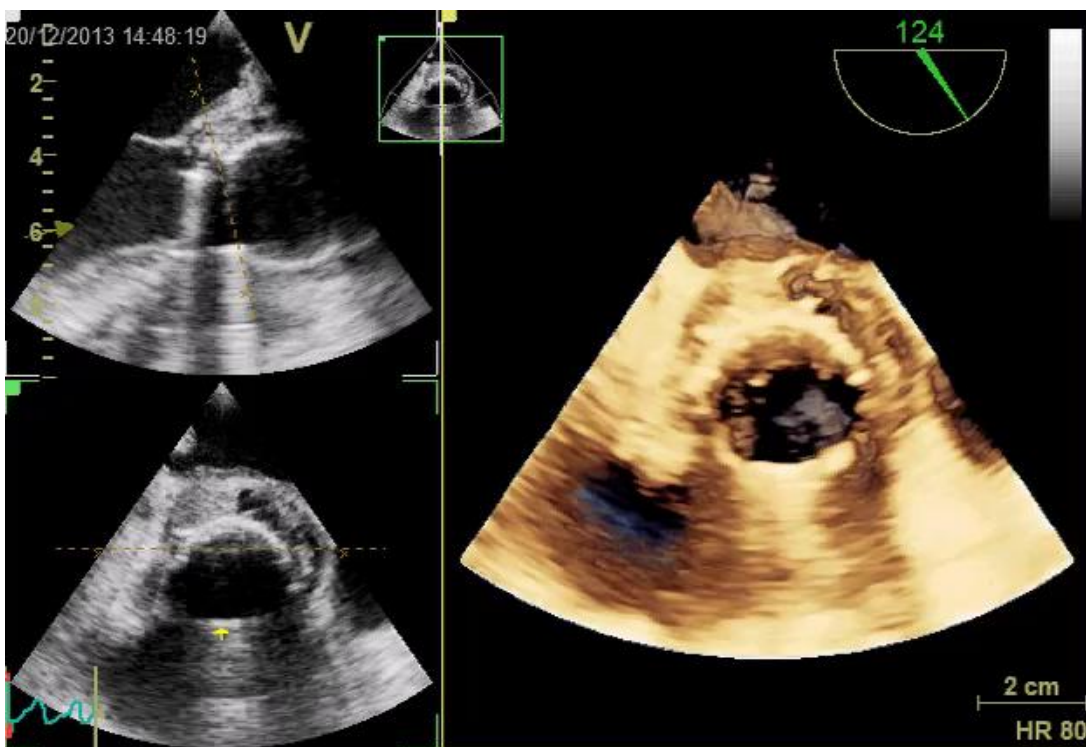
## Trombus



Zdroj: Všeobecná fakultní nemocnice

# Protézová endokarditida

- 20-30% všech IE , stejně častá na mechanických a biologických náhradách
- **Časná PVE** – do 1 roka od operace, postižení perivalvulární tkáně, Stafylokoky  
**Pozdní PVE** – blíží se endokarditis na nativních chlopních



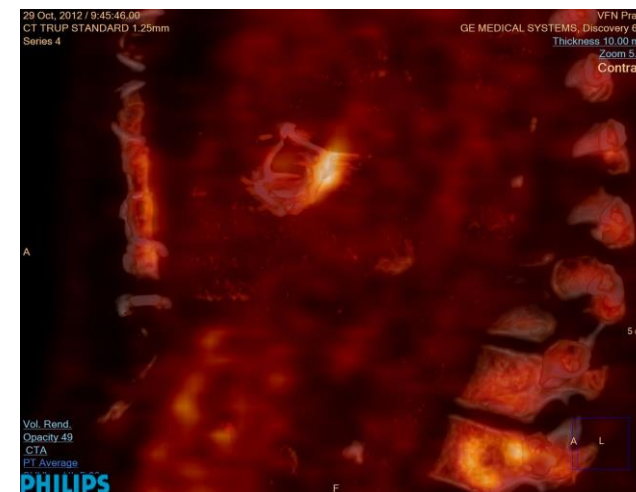
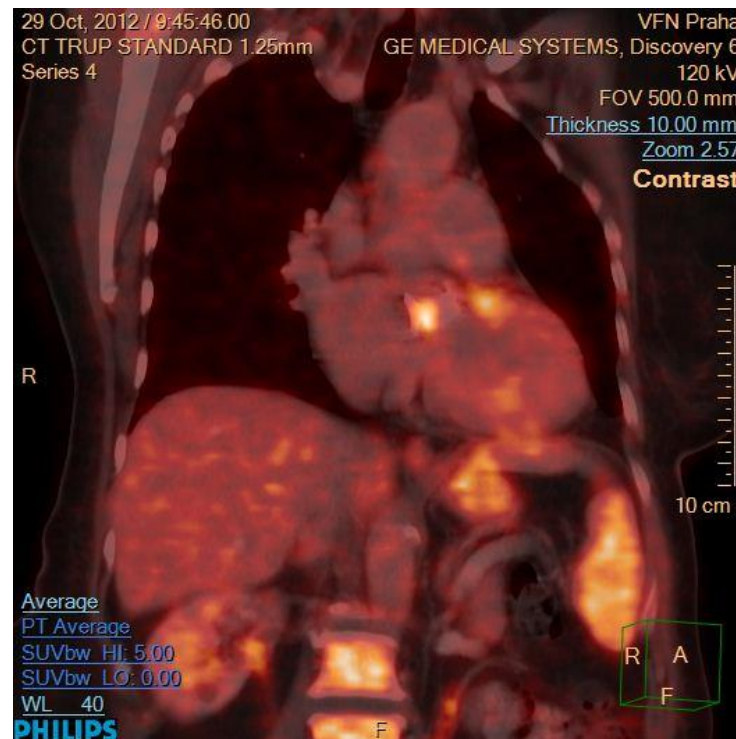
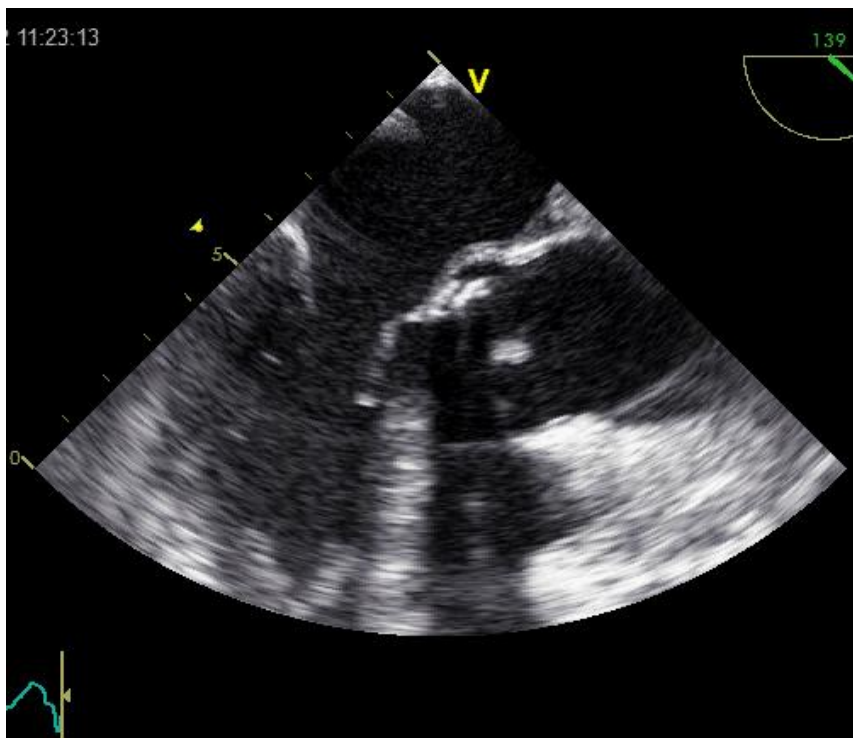


# Protézová endokarditida

Pacientka s aortální bioprotézou, nejasné febrilie, negativní hemokultury

Nejednoznačný TEE nálezn

Nukleární metody - 18F-FDG PET-CT





## Závěr

- Echokardiografie je základní metodou hodnocení funkce protéz
- Echokg hodnocení náhrad je komplexní (morfologické, dopplerovské parametry, podpůrné parametry)
- Při podezření na dysfunkci protézy využíváme TEE, fluoroskopii, CT, MRI srdce, nukleární metody
- Pacienti s chlopenní náhradou jsou ohroženi komplikacemi, nutné je pravidelné sledování a prevence komplikací





