



19.-20. září 2025 | Hotel NH Collection Olomouc

echodny 2025

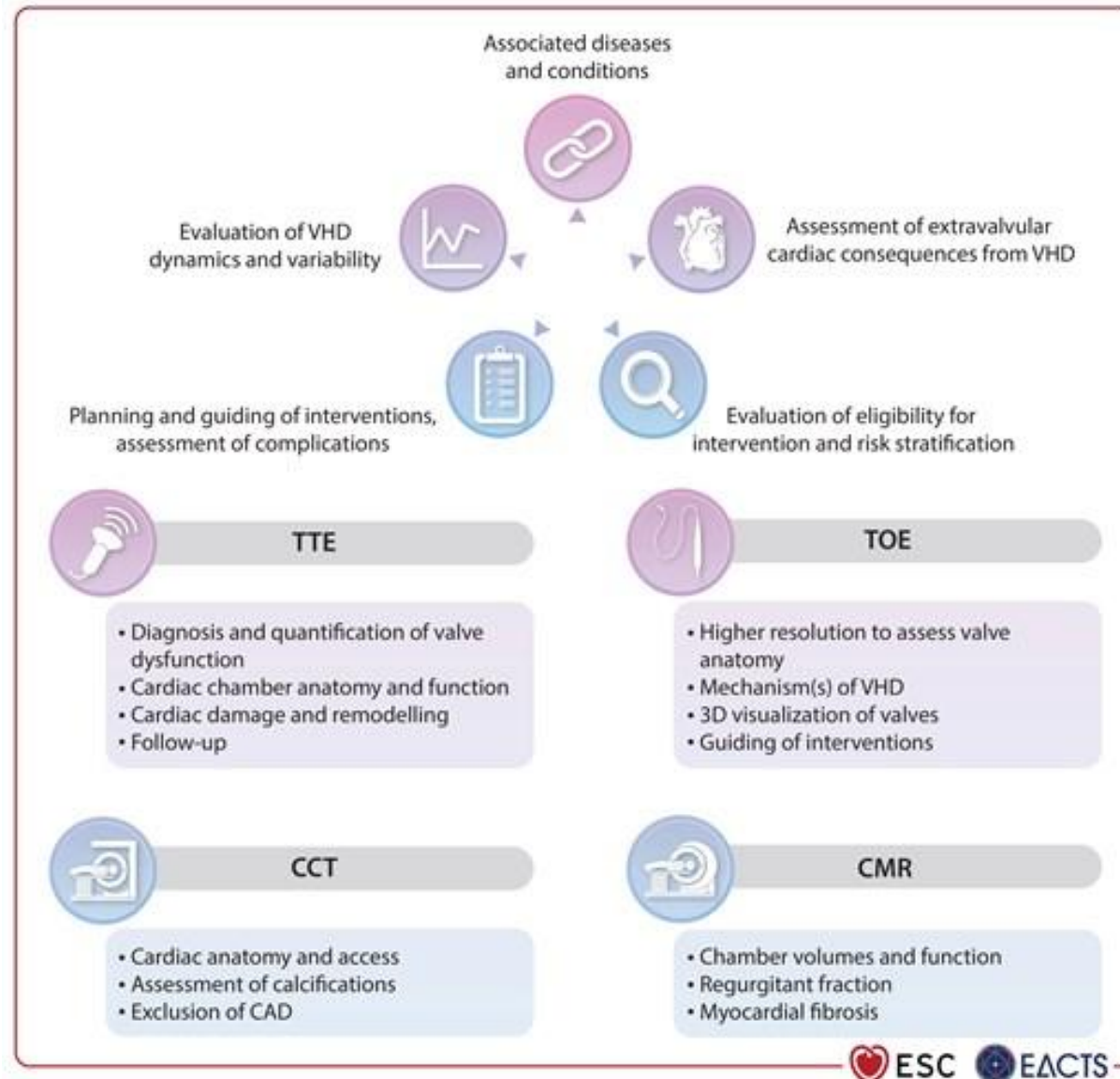
Zobrazovací metody u chlopenních vad a nová ESC doporučení z roku 2025 - část II

Využití CT a MR u chlopenních vad

MUDr. Theodor Adla

Pracoviště zobrazovacích metod, IKEM, Praha





Hodnocení koronárního řečiště

- Vyloučení CAD před chlopenní intervencí (nízké/střední riziko CAD)
- Alternativa ke koronarografii

Plánování TAVI

- Sizing aortálního anulu
- Hodnocení přístupových cest
- Riziko obstrukce koronárních tepen

Kvantifikace kalcifikací

- Aortální chlopeň - calcium scoring
- Mitrální anulární kalcifikace (MAC)

Anatomické hodnocení

- Vztah chlopně k okolním strukturám
- Přístupové cesty pro intervence

Bikuspidální aortální chlopeň

- Morfologie a klasifikace
- Hodnocení aortopatie

Chlopenní protézy

- Trombóza (HALT) / pannus
- Infekční endokarditida

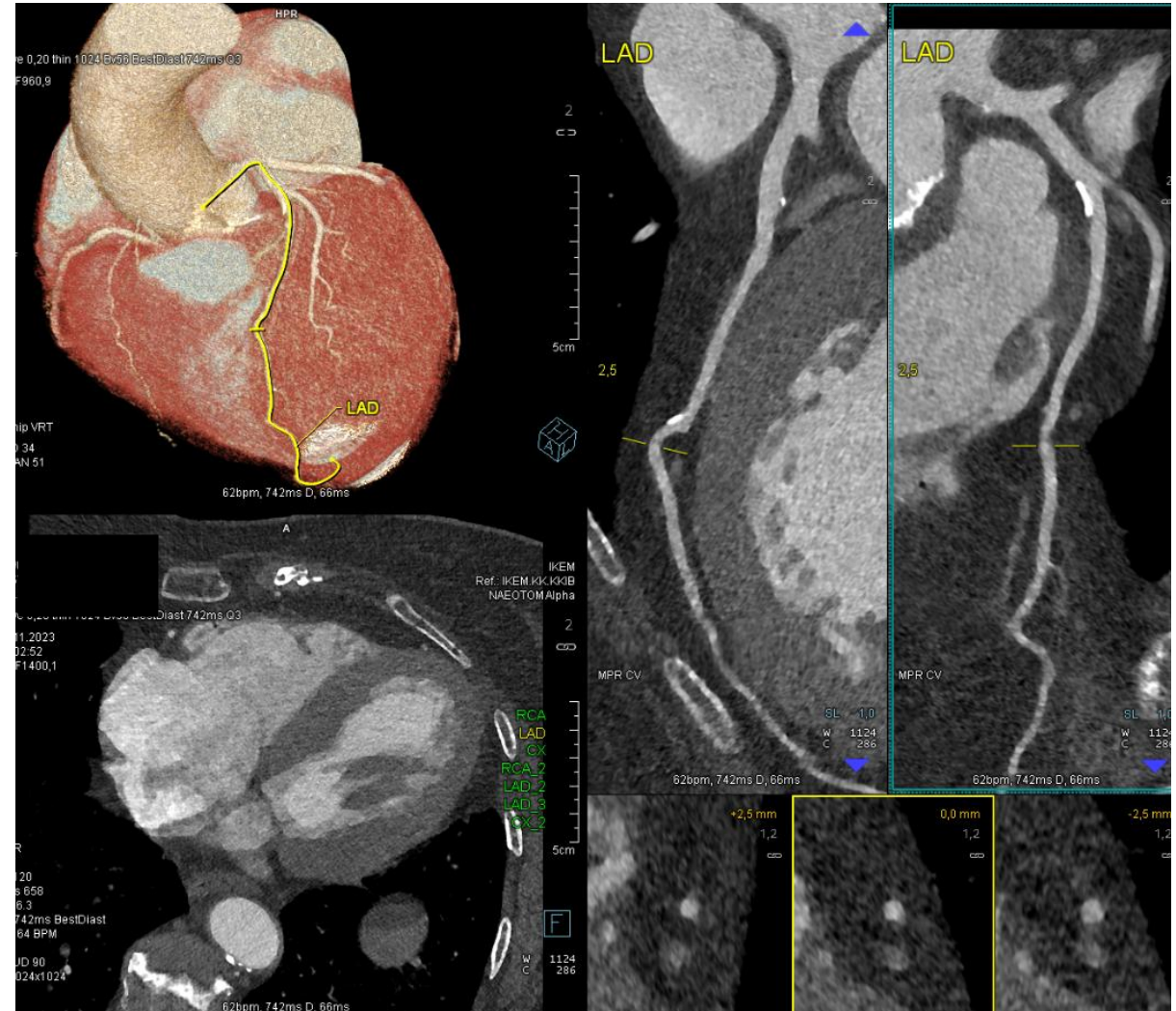
CT při vyšetřování CAD u chlopenních vad

CCTA jako screening CAD

- Indikováno: Nízké/střední riziko CAD ($\leq 50\%$ pravděpodobnost)
- Senzitivita: 95-97% pro detekci obstrukční CAD
- Specifita: 68-73% (limitace: kalcifikace, AF)
- Vynechání SKG by mělo být zváženo u plánování TAVI pokud je CT dostatečné k vyloučení významné CAD

Management CAD při TAVI

- PCI doporučena: Stenóza $\geq 90\%$ ve velkých cévách $\geq 2.5\text{mm}$
- PCI zvážit: Stenóza $\geq 70\%$ dle symptomů
- Timing: Většinou před TAVI, zvážit typ chlopně a komplexitu léze



CT při hodnocení aortální stenózy: Calcium scoring aortální chlopně (AVCS)

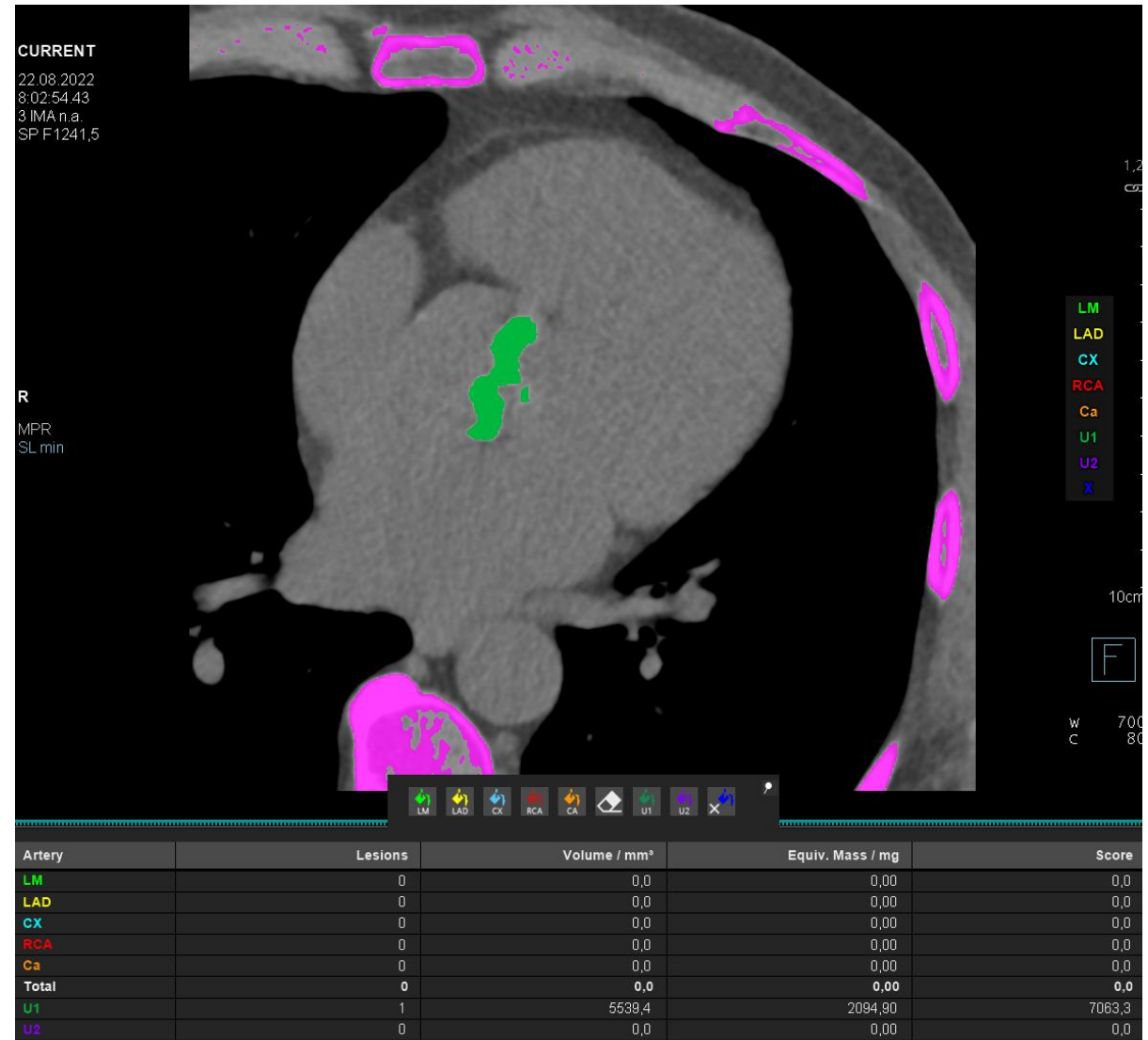
Indikace

- Nejasná echokardiografická závažnost AS
- Low-flow, low-gradient AS

Cut-off hodnoty pro AVCS

- Těžká stenóza
 - $M > 2000$, $W > 1200$ sensitivita a specificita ($\sim 85\%$)
 - $M > 3000$, $W > 1600$ velmi specifické
- Nepravděpodobná těžká stenóza
 - $M < 1600$, $W < 800$ AU (Agatston Units)
- Nezávislé na měření toku
- Vysoká reprodukcibilita
- Prognostická hodnota

AVCS nemusí platit u amyloidózy, porevmatické, poradiační, pozánětlivé stenózy



Anulus

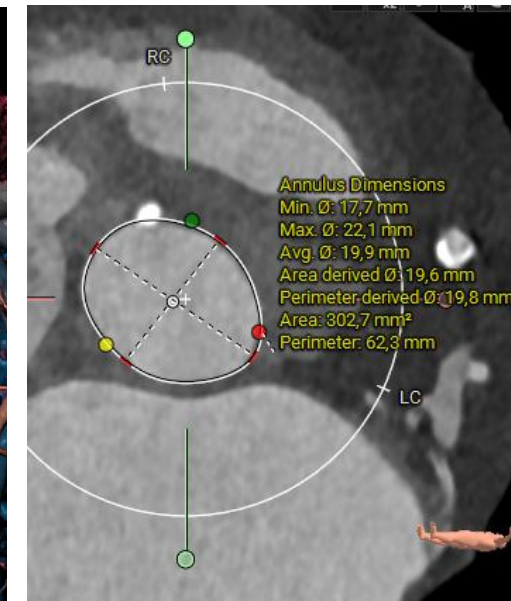
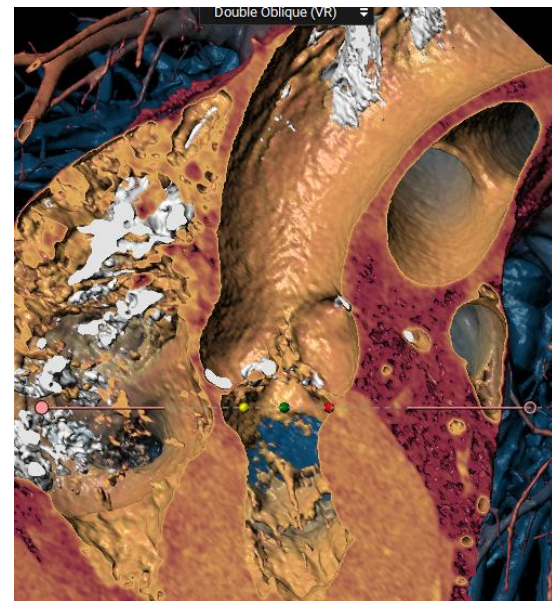
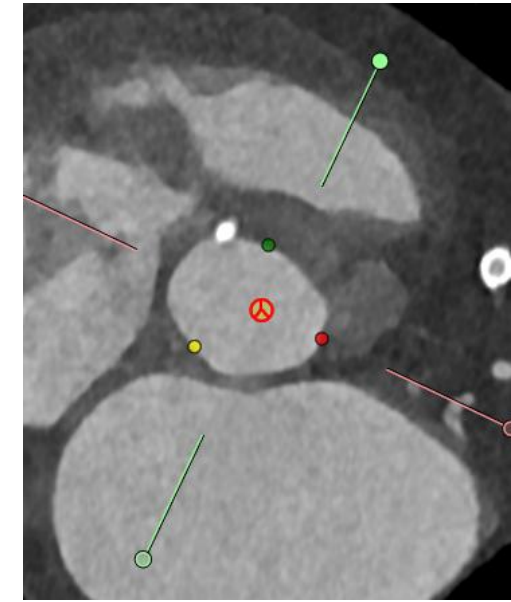
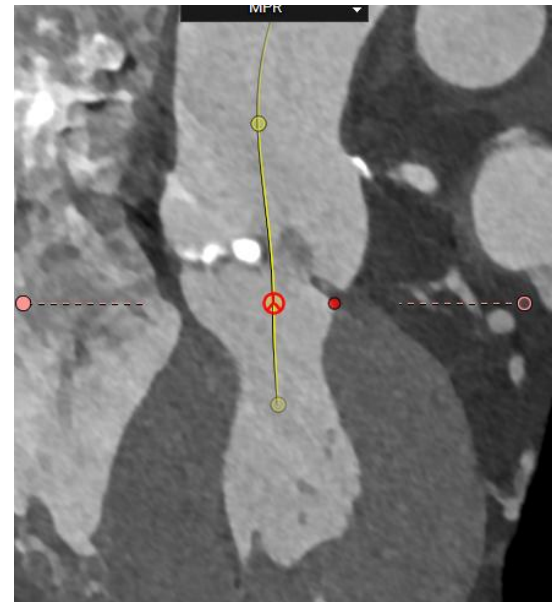
- Rovina měření
 - Bazální rovina - nadíry všech 3 cípů
 - Systolická fáze (20-30% RR)
- Perimetr - nejpřesnější pro sizing
- Area - plocha anulu
- Diametry:
 - Minimální průměr
 - Maximální průměr
 - Průměrný průměr

LVOT

Valsalvovy siny

Sino-tubární junkce

Ascendentní aorta



CT v plánování TAVI – Kořene aorty: Hodnocení rizikových faktorů

Riziko koronární obstrukce

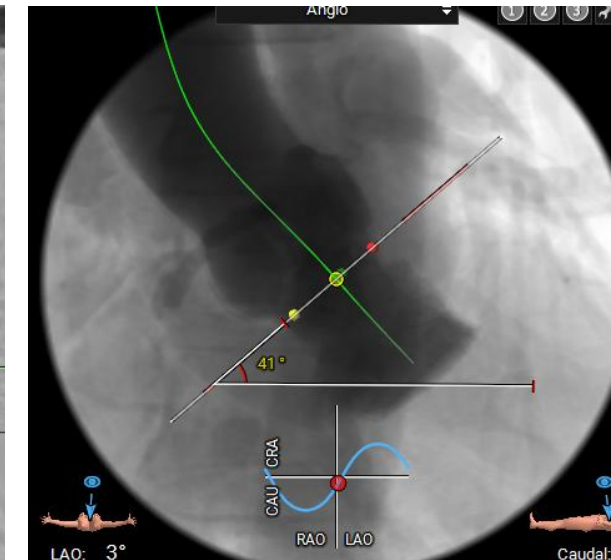
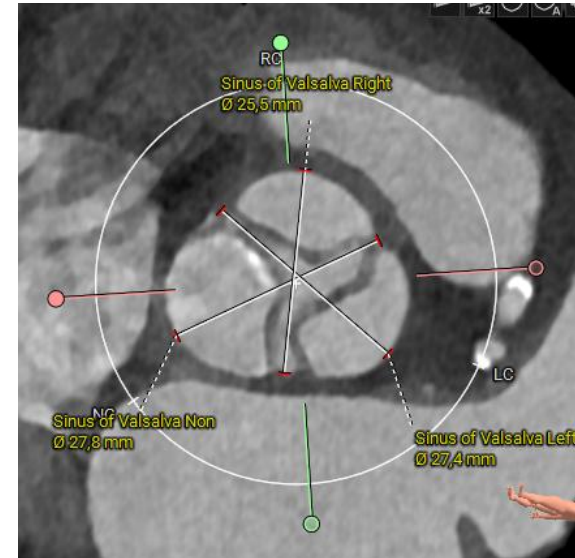
- High-risk anatomy:
- Výška koronárních ústí: <10-12 mm
- Sinus of Valsalva průměr: <30 mm
- Bulky kalcifikace cípů

LVOT kalcifikace:

- Riziko ruptury anulu
- Riziko převodní poruchy
- Suboptimální expanze protézy

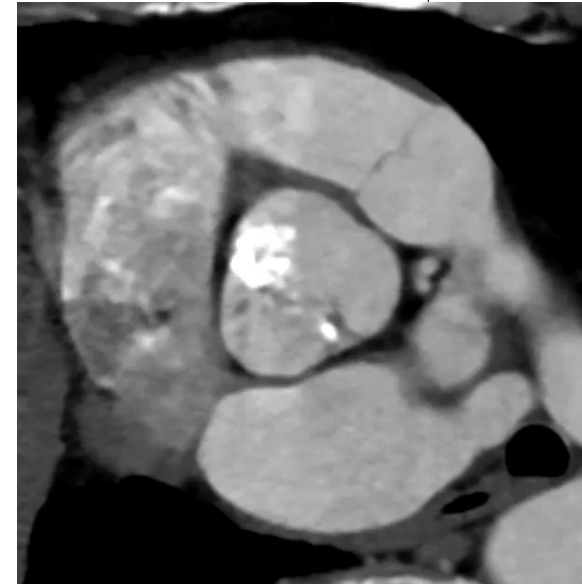
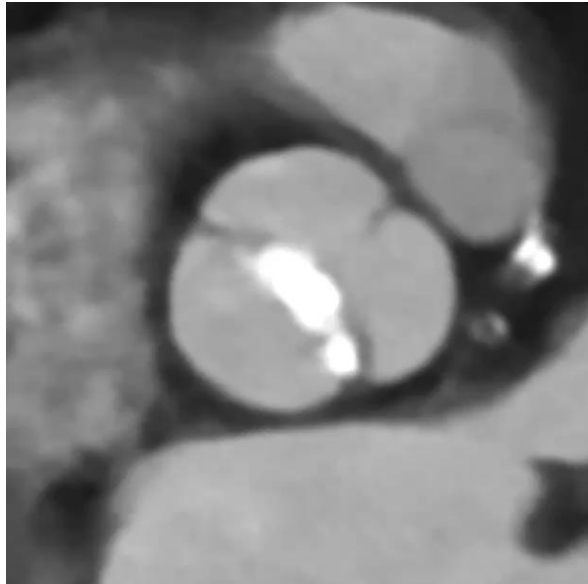
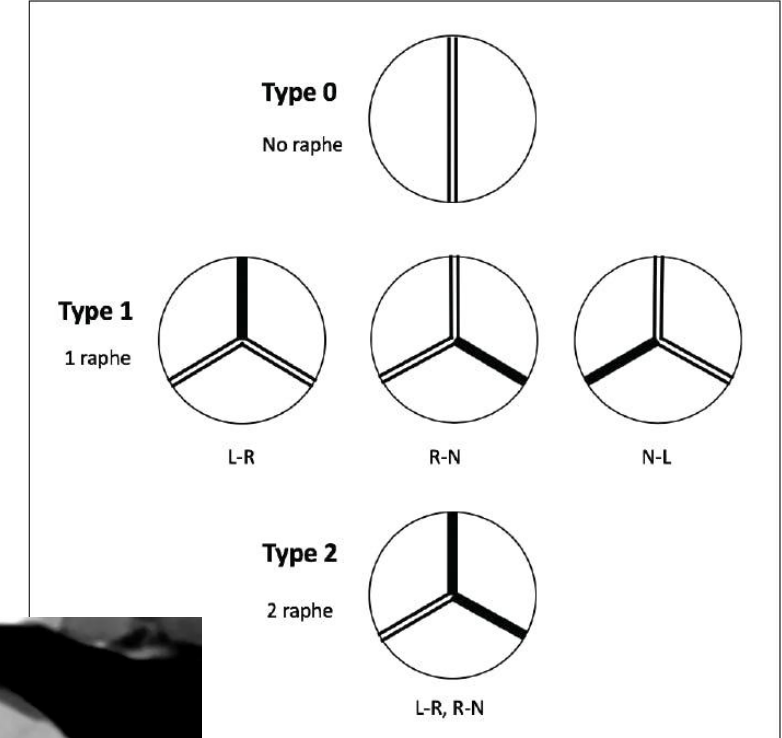
Horizontální aorta:

- Úhel >48-50°
- Obtížná navigace
- Vyšší riziko cerebrální embolizace



Nepříznivé faktory u BAV

- Eliptický anulus - větší asymetrie
- Kalcifikované raphe - riziko suboptimální expanze
- Asociovaná aortopatie - dilatace ascendentní aorty

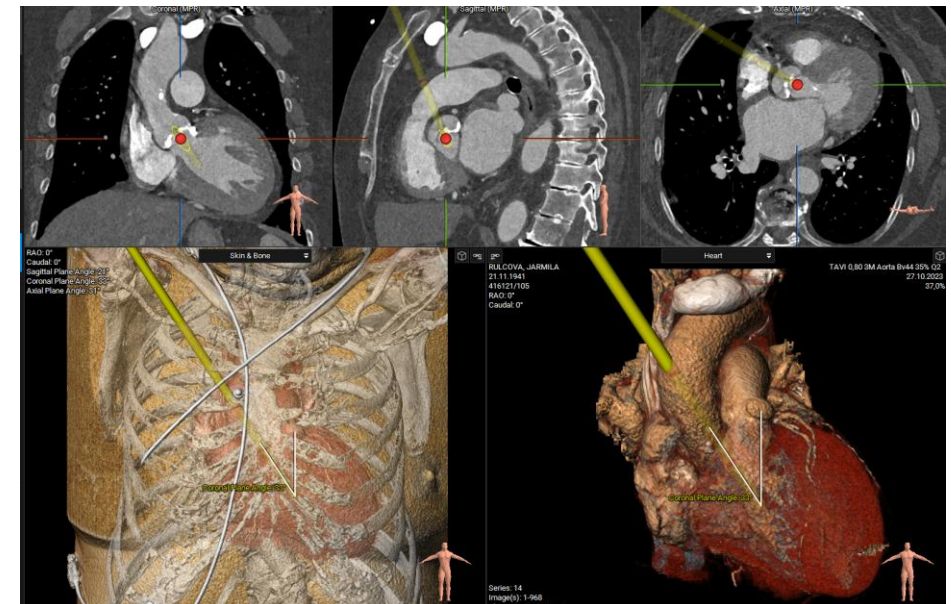
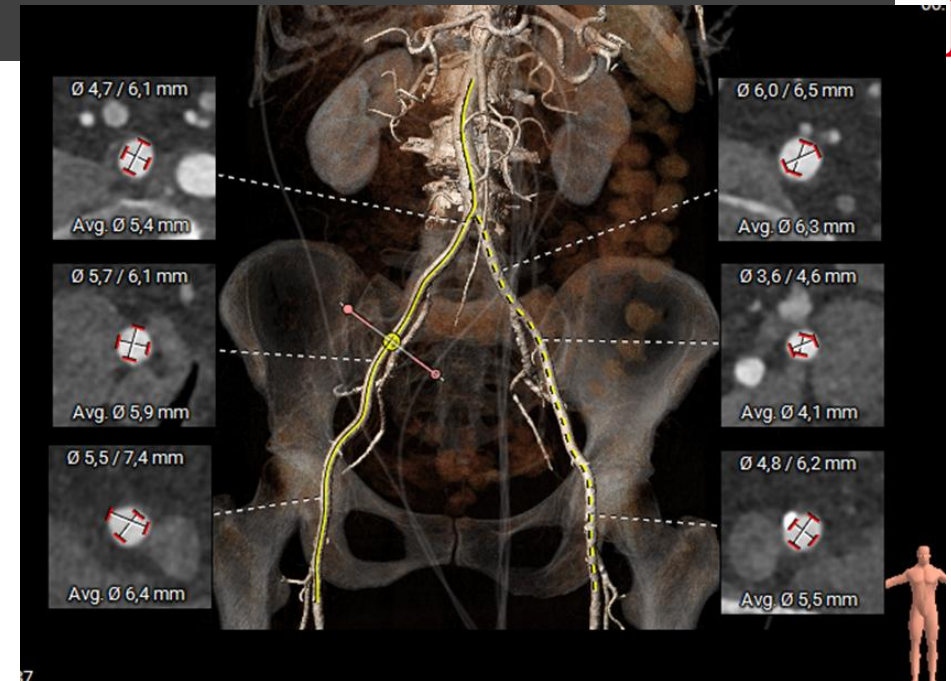


Hodnocení femorálních tepen

- Minimální požadavky
 - Průměr: $\geq 5,5$ -6,5 mm (dle typu protězy)
- Kalcifikace:
 - Absence těžkých cirkulárních kalcifikací
 - Hodnocení dle stupnice (mild/moderate/severe)
- Vinutí a angulace
- Přítomnost aneuryzmat
- Předchozí intervence (stent, stentgraft, bypass)

Alternativní přístupy při nevhodném femorálním

- Subklaviální/axilární: průměr ≥ 6 mm
- Karotický: emerging option
- Transapikální: při absenci cévních přístupů
- Transaortální: přímý přístup

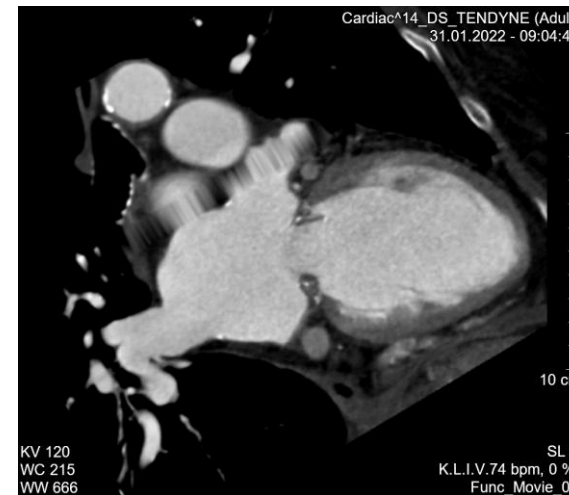
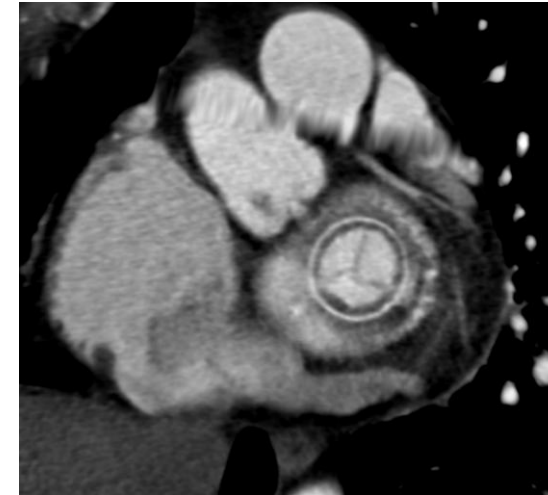


CT mitrální chlopně – TMVI

- Nativní Mi chlopeň



- Po chirurgické náhradě Mi chlopně



CT mitrální chlopně (MAC – mitrální anulární kalcifikace)

Hodnocení rozsahu

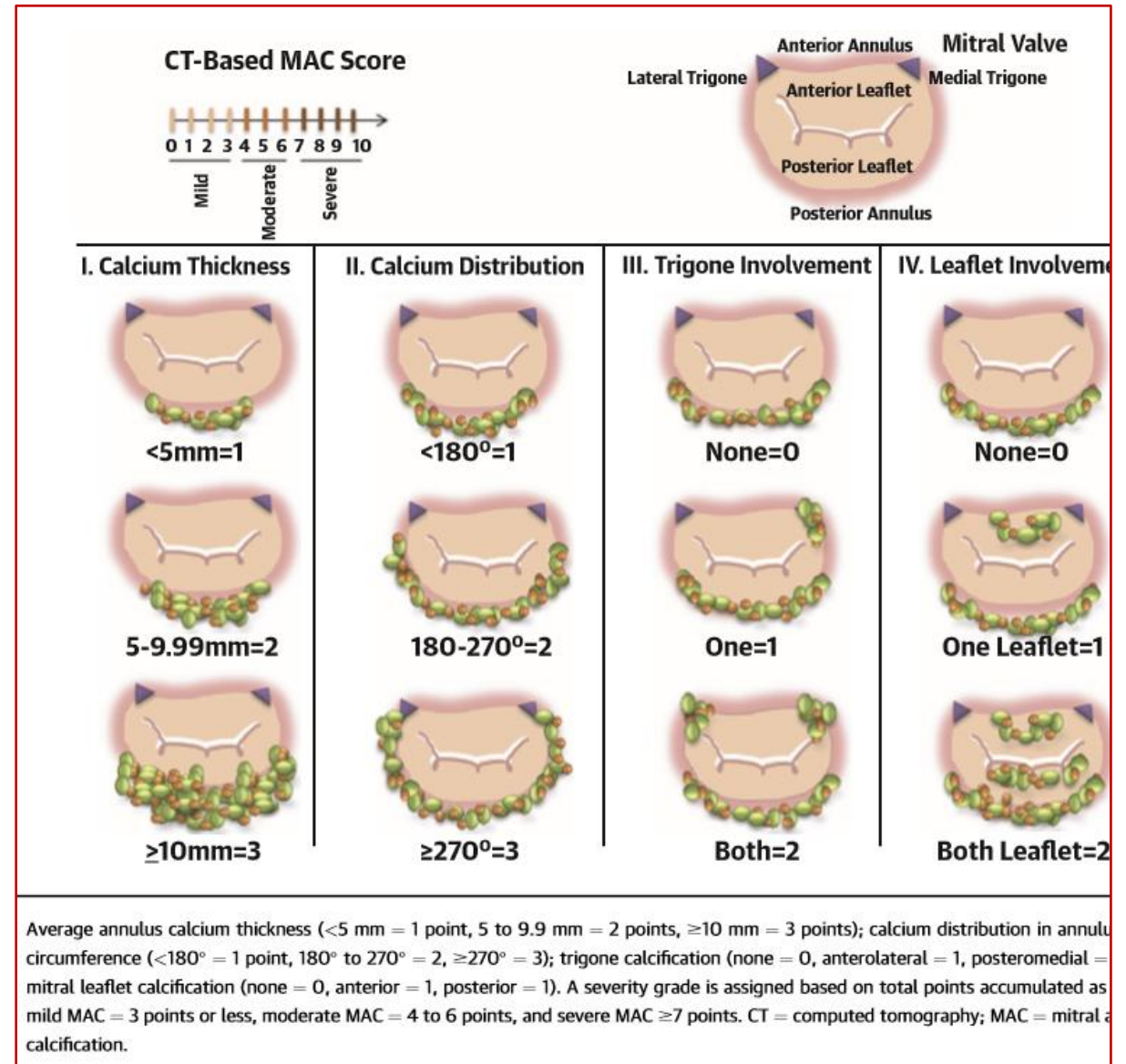
- Cirkumferenciální vs. fokální
- Tloušťka kalcifikací
- Postižení cípů

Význam pro intervenci

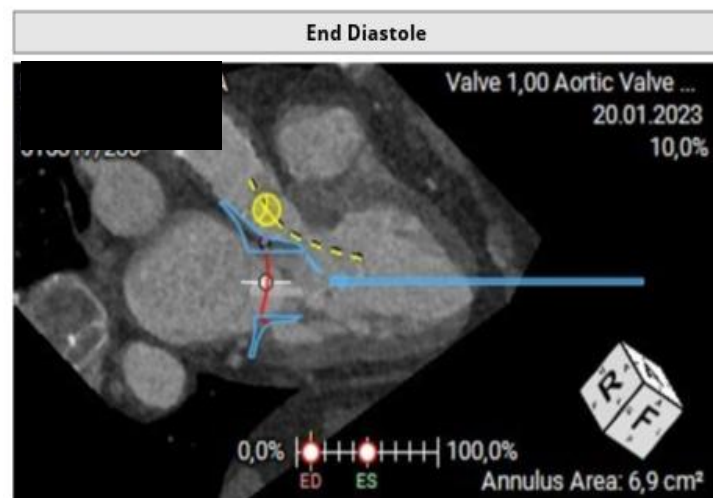
- Riziko ruptury anulu při chirurgické náhradě
- Semicirkulární výhodné pro TMVI
- Nepravidelné – nerozvinutí TMVI chlopně, regurgitace

Plánování mitrálních intervencí

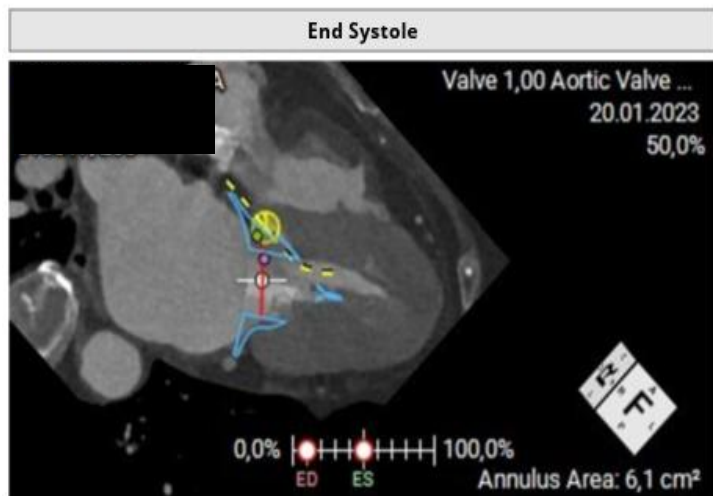
- Neo-LVOT sizing
- Vzdálenost k papilárním svalům



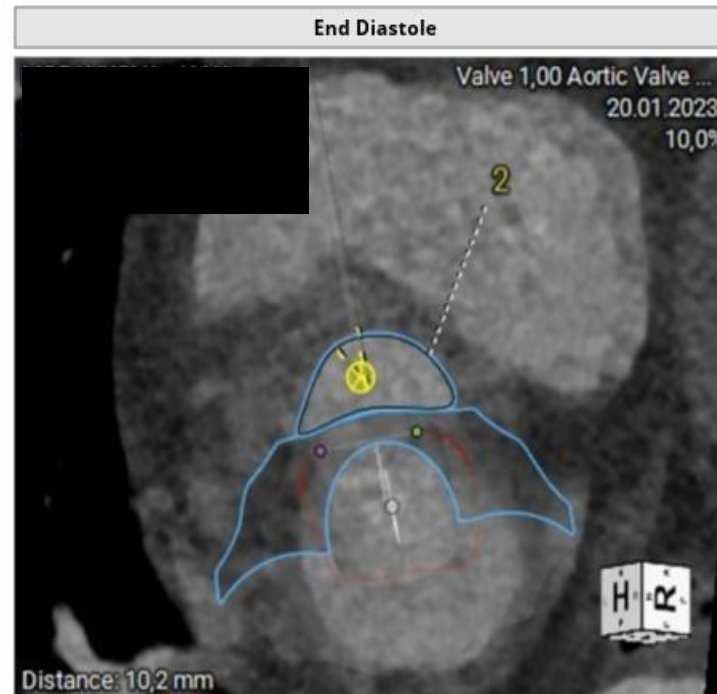
CT mitrální chlopně – TMVI neo-LVOT



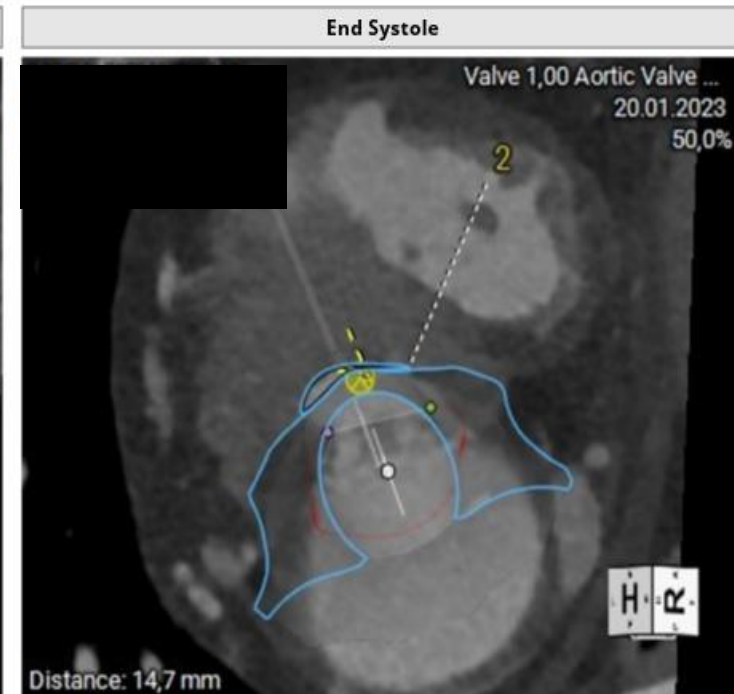
ID Type	Label	Value
1	Mitral Valve Annulus Area	6,9 cm²



ID Type	Label	Value
---------	-------	-------



ID Type	Label	Value
1	Mitral Valve Annulus Area	6,9 cm²
2	Polygon	
	neo-LVOT Dimensions (ED) - Min. Ø	11,9 mm
	neo-LVOT Dimensions (ED) - Max. Ø	25,3 mm
	neo-LVOT Dimensions (ED) - Avg. Ø	18,6 mm
	neo-LVOT Dimensions (ED) - Area derived Ø	18,4 mm
	neo-LVOT Dimensions (ED) - Perimeter derived Ø	22,3 mm
	neo-LVOT Dimensions (ED) - Area	267,1 mm²
	neo-LVOT Dimensions (ED) - Perimeter	70,1 mm
	Avg. Pixel Value	358 HU
	Std. Deviation	61,4 HU



ID Type	Label	Value
1	Mitral Valve Annulus Area	6,1 cm²
2	Polygon	
	neo-LVOT Dimensions (ES) - Min. Ø	2,6 mm
	neo-LVOT Dimensions (ES) - Max. Ø	12,2 mm
	neo-LVOT Dimensions (ES) - Avg. Ø	7,4 mm
	neo-LVOT Dimensions (ES) - Area derived Ø	6,5 mm
	neo-LVOT Dimensions (ES) - Perimeter derived Ø	13,7 mm
	neo-LVOT Dimensions (ES) - Area	33,7 mm²
	neo-LVOT Dimensions (ES) - Perimeter	43,2 mm
	Avg. Pixel Value	287 HU
	Std. Deviation	105,9 HU

Skenovací protokol

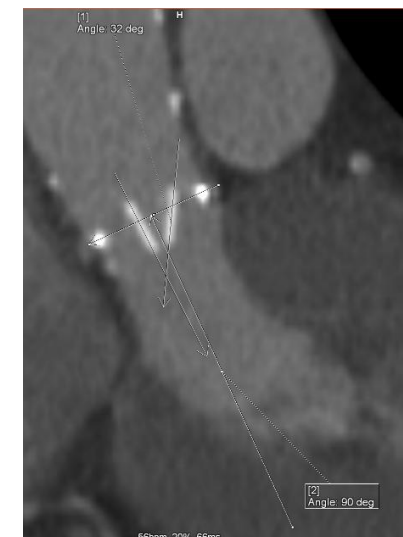
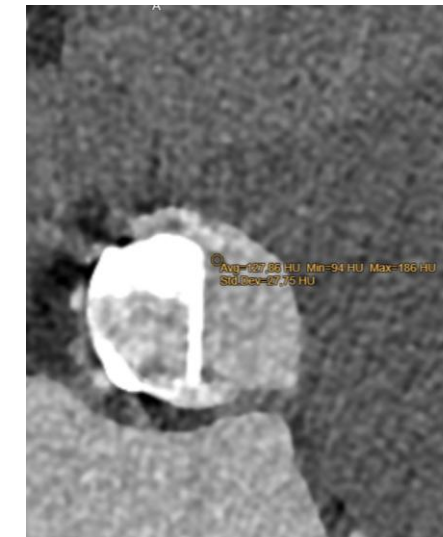
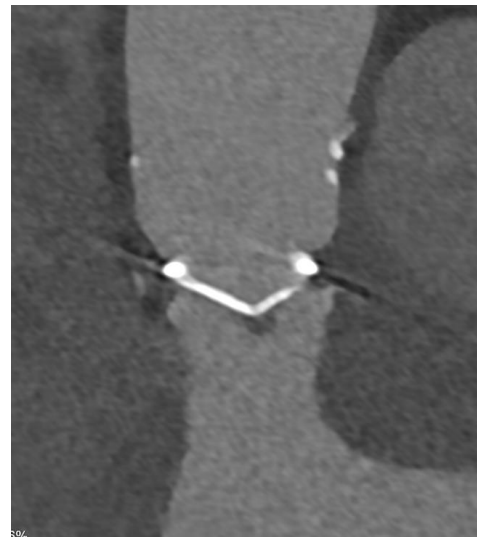
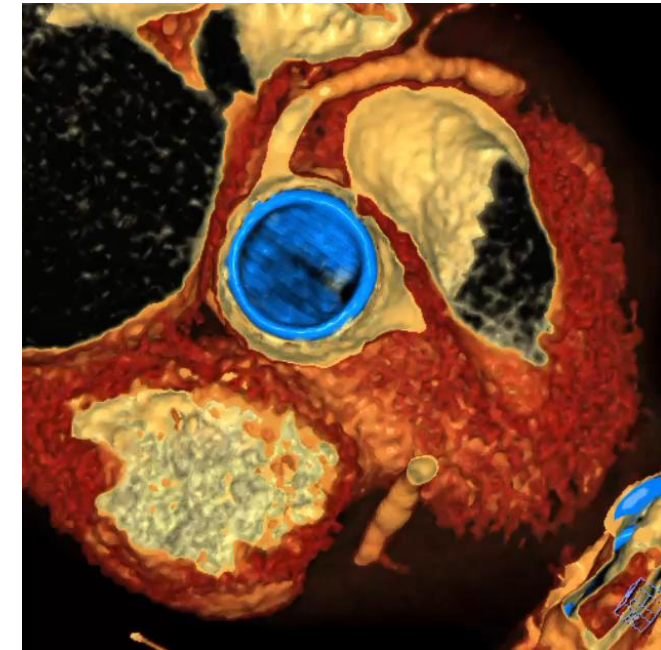
- Nejlépe v retrospektivní gating bez modulace proudu s rekonstrukcí v 10 až 20 fázích srdečního cyklu
- V ESC doporučení uvedeno jako **4D-CT**)

Chlopně

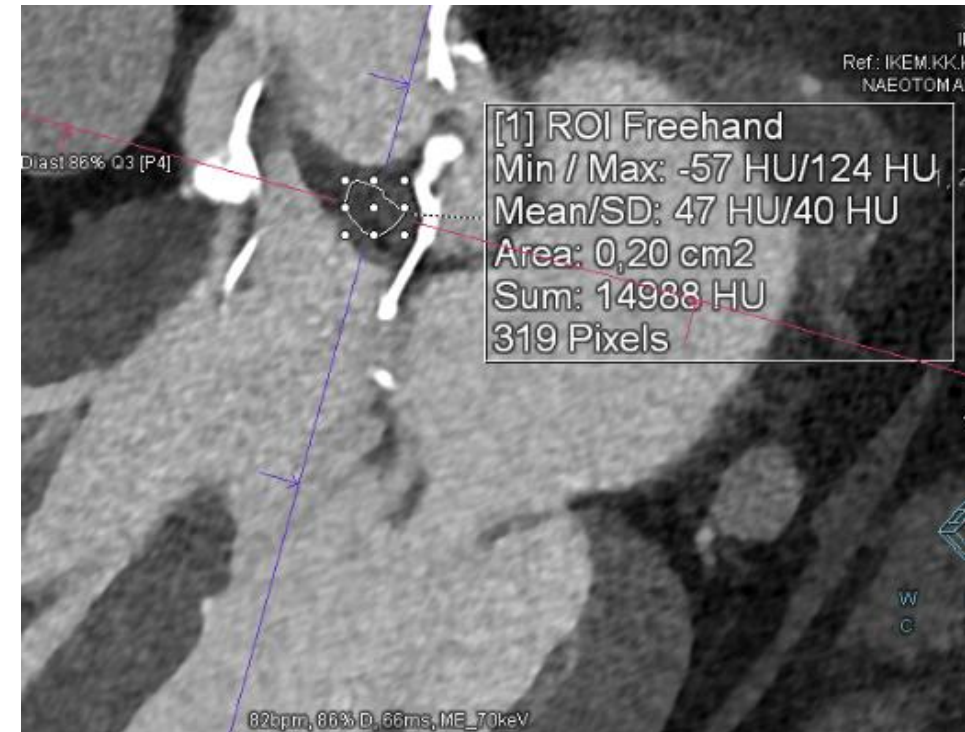
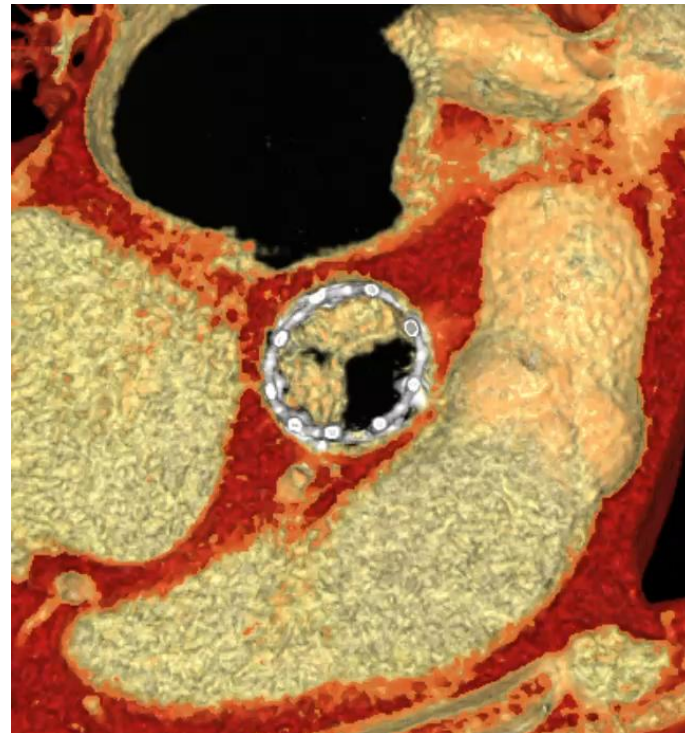
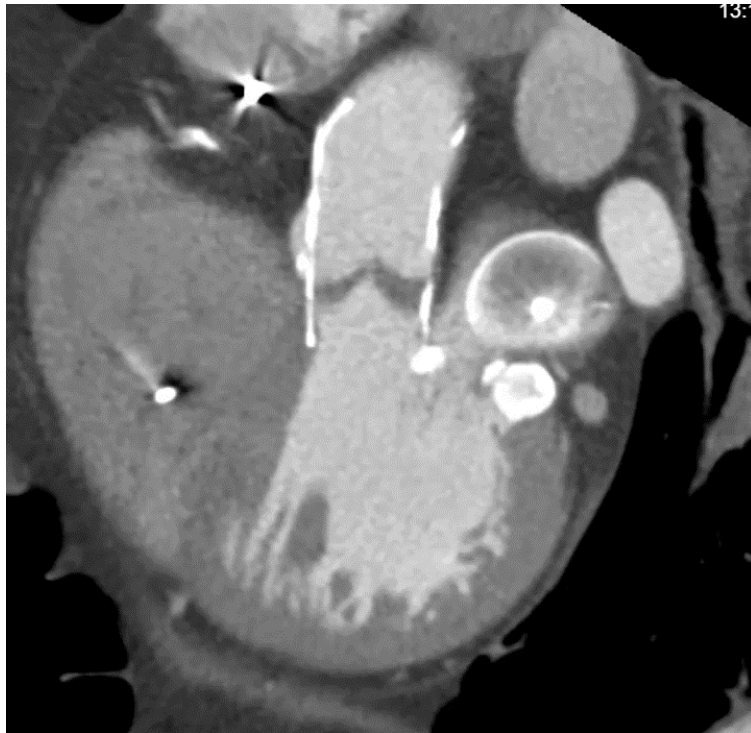
- Biologické
- Mechanické

Patologie

- Trombus (HALT)
- Pannus
- Degenerace (kalcifikace)
- Infekční endokarditida



- HALT (hypoattenuated leaflet thickening) - zesílení cípů chlopně
- Trombóza - výskyt < 1% během prvních dvou let po TAVI, re-stenóza, regurgitace
- Regrese po farmakoterapii



(trombus < 90 HU, pannus > 145 HU)
Gündüz. Circ Cardiovasc Imaging 2015

Kdy je CMR doporučeno dle ESC 2025

Hodnocení funkce komor

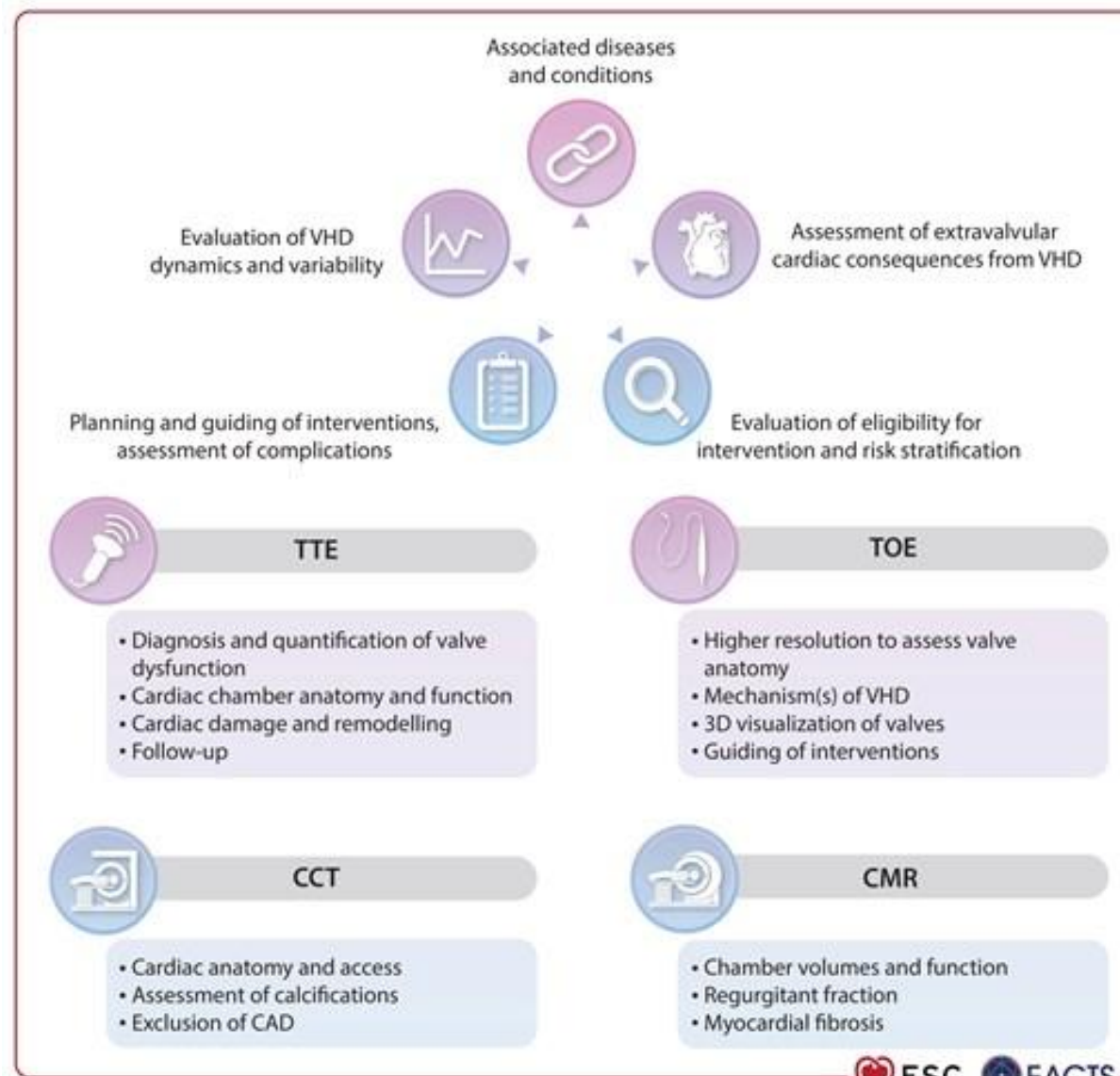
- LV/RV objemy a funkce

Kvantifikace regurgitací

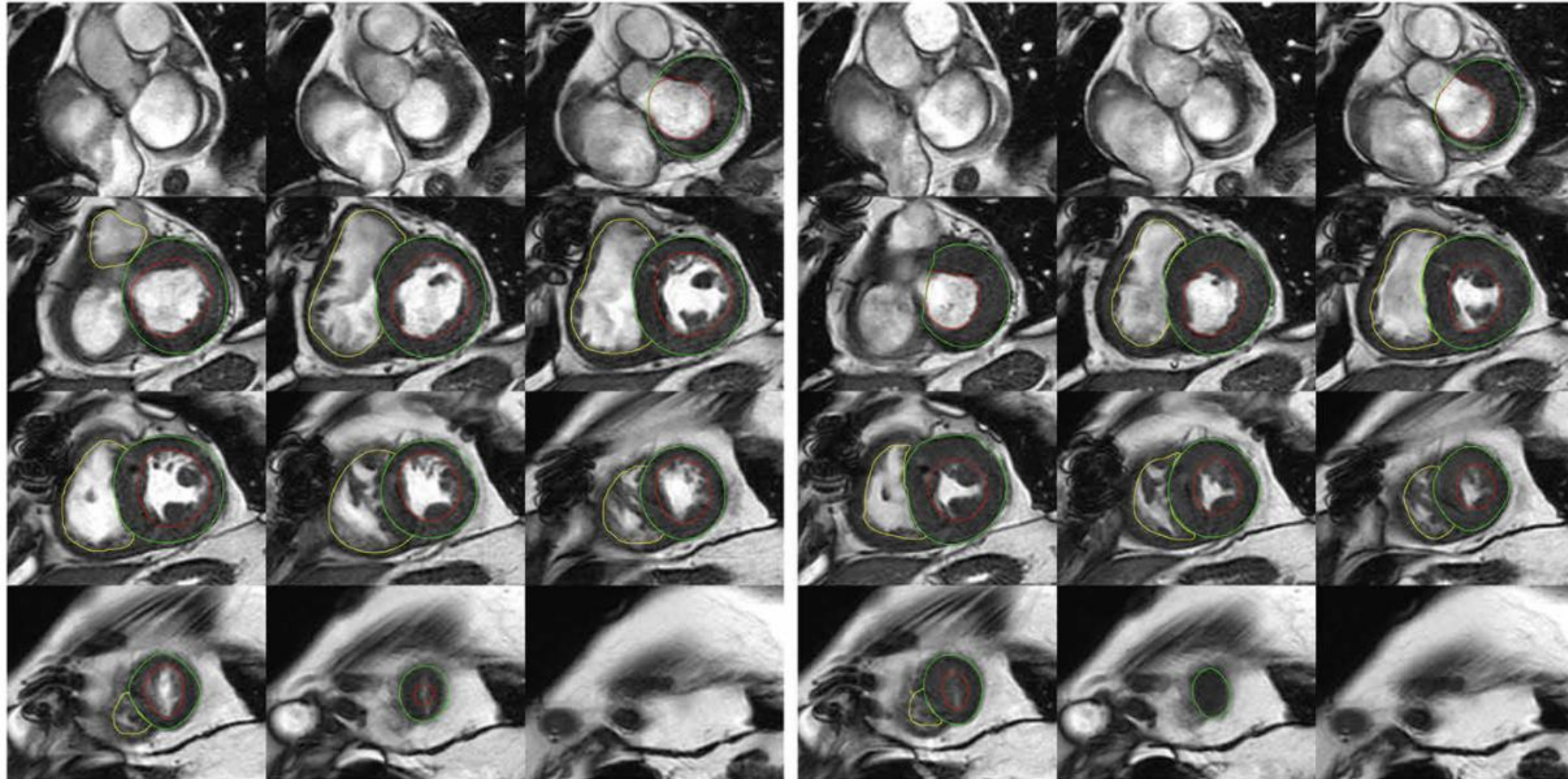
- Aortální regurgitace - zlatý standard
- Mitrální regurgitace - při nejasném ECHO nálezů

Fibróza myokardu

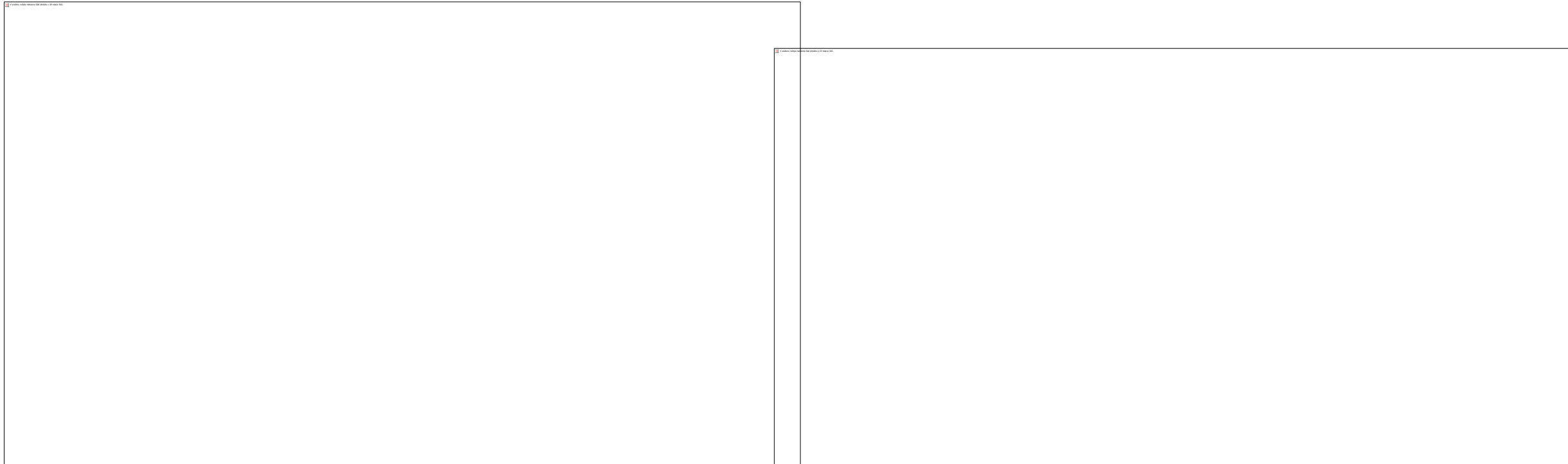
- Prognostická stratifikace
- Neischemická fibróza myokardu
- Viabilita myokardu



Standardized image interpretation and post-processing in cardiovascular magnetic resonance - 2020 update (Schulz-Menger et al 2020)



- **Meta-Analysis of Normal Reference Values for Right and Left Ventricular Quantification by Cardiovascular Magnetic Resonance** (Zhan et al. Circulation: Cardiovascular Imaging. 2024)



Late Gadolinium Enhancement (LGE) u chlopenních vad

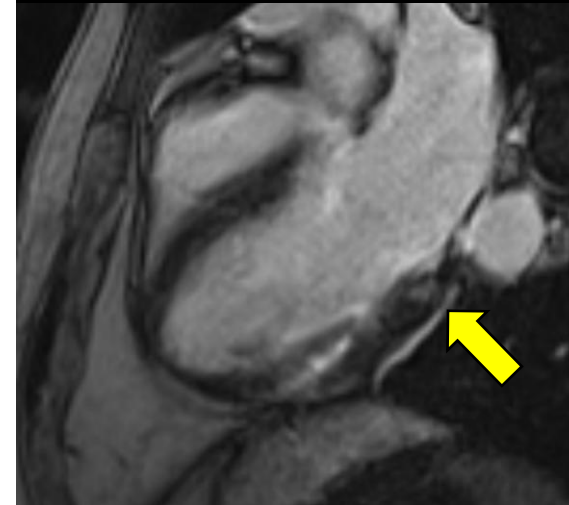
Prognostický význam:

- Rozsah fibrózy koreluje s:
 - Post-operační mortalitou
 - Reverzní remodelací po intervenci
 - Rizikem arytmií

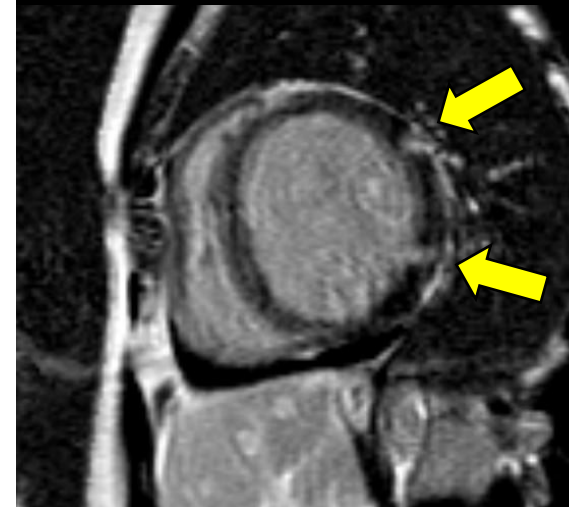
Lokalizace fibrózy:

- **AS:** Mid-wall fibróza v bazálním septu
- **AR:** Subendokardiální/transmurální
- **MR:** Variabilní, často inferiorně/laterálně

LGE při MAD s Mi reg



LGE Ao regurgitace



Výhody CMR:

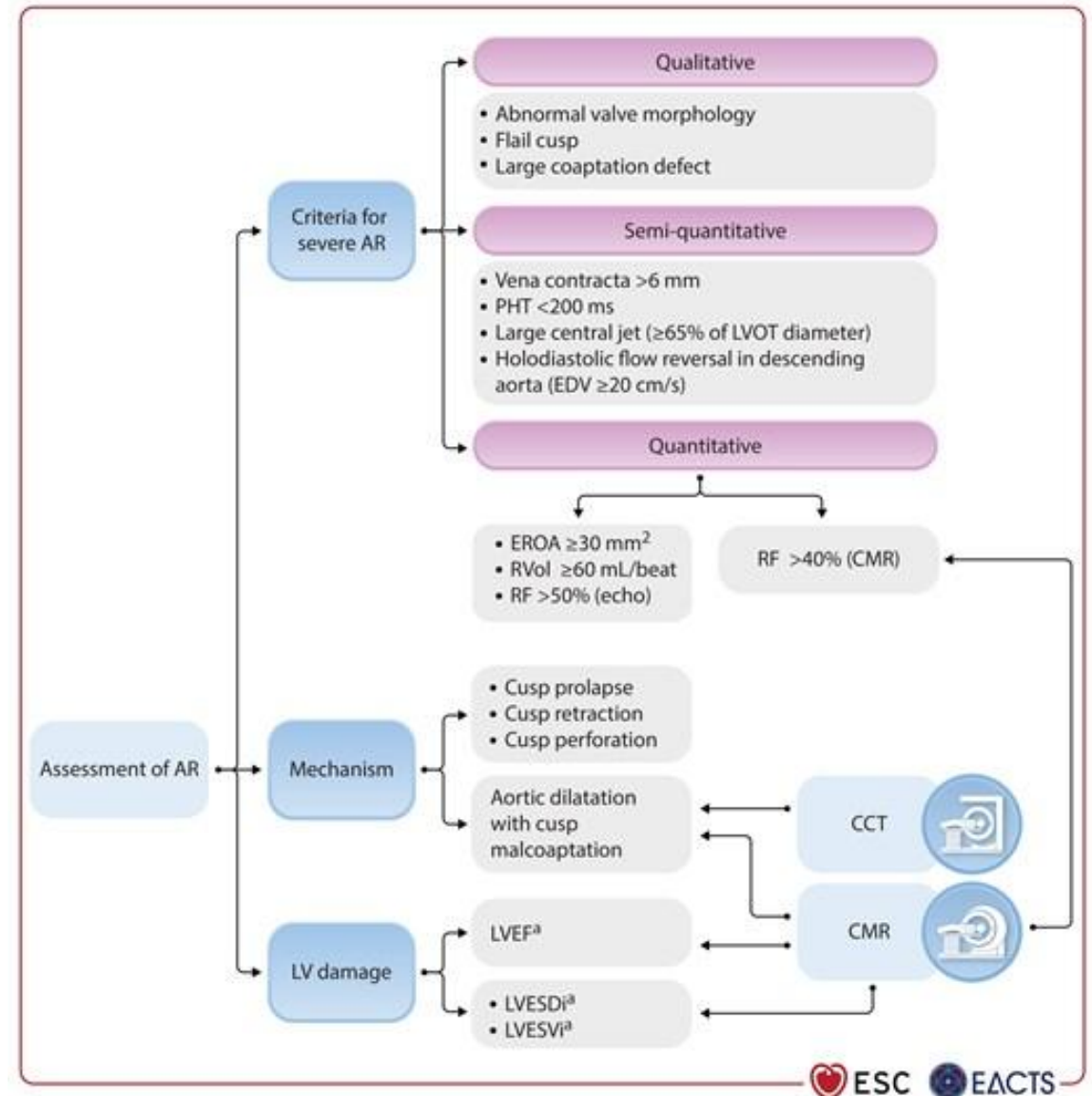
- Přesná kvantifikace bez geometrických předpokladů
- Hodnocení LV remodelace
- Detekce myokardiální fibrózy

Parametry hodnocení:

- RF >40%

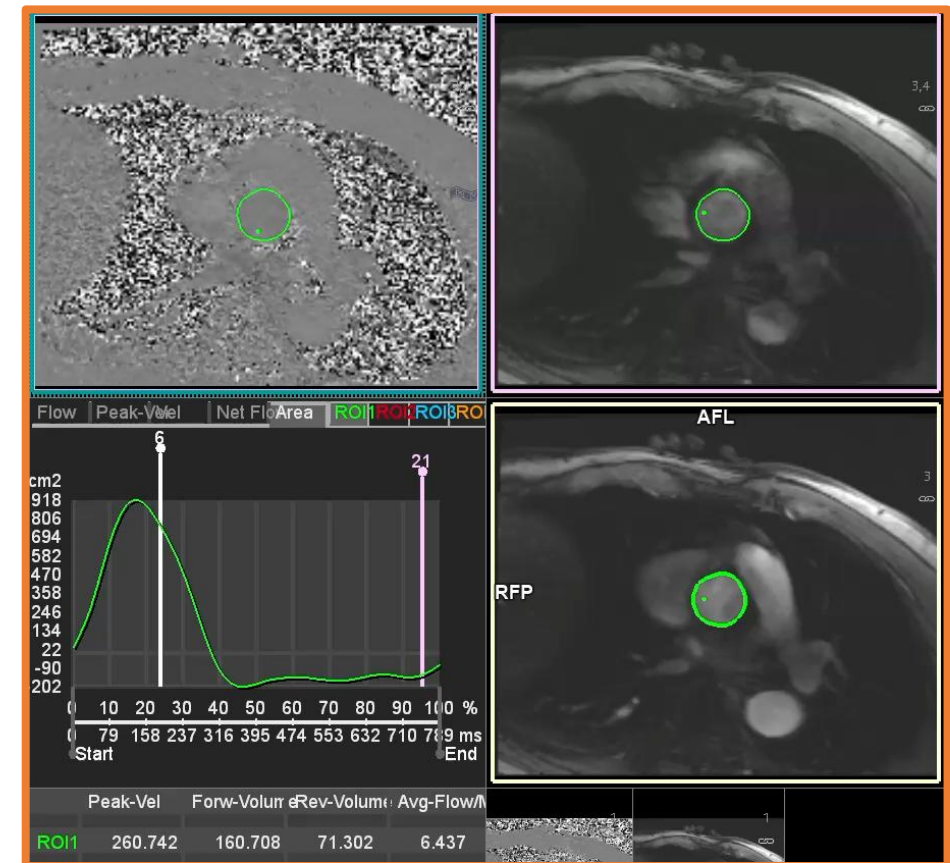
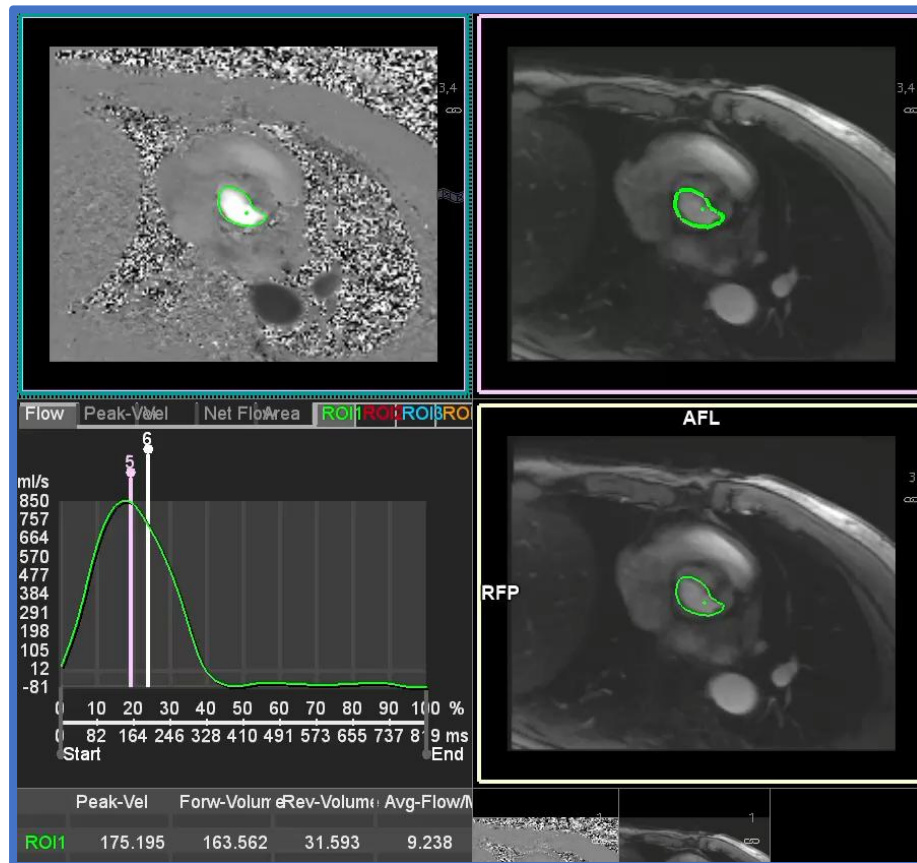
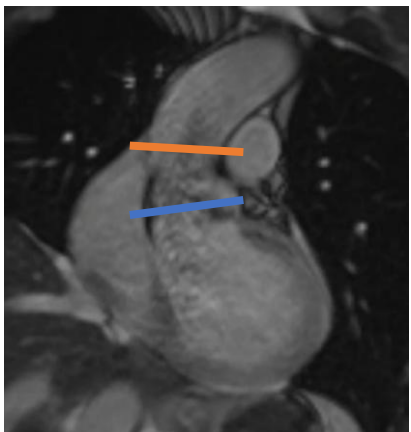
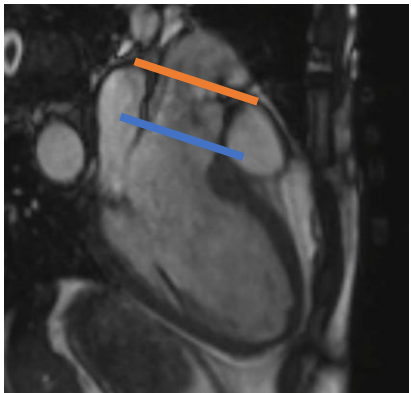
Stupeň	RF	RV
Lehká	<15 %	<30 ml
Střední	15-30 %	30-50 ml
Těžká	>30 %	>50 ml

Myerson et al., Heart 2012



CMR při aortální regurgitaci

- Výpočet regurgitační frakce
 - Regurgitační frakce (RF, %) = (regurgitační objem (RV, ml) / celkový dopředný objem (FV, ml) x 100
- Přímé měření - například v aortě přímé měření dopředného a zpětného toku



CMR při mitrální regurgitaci

Indikace:

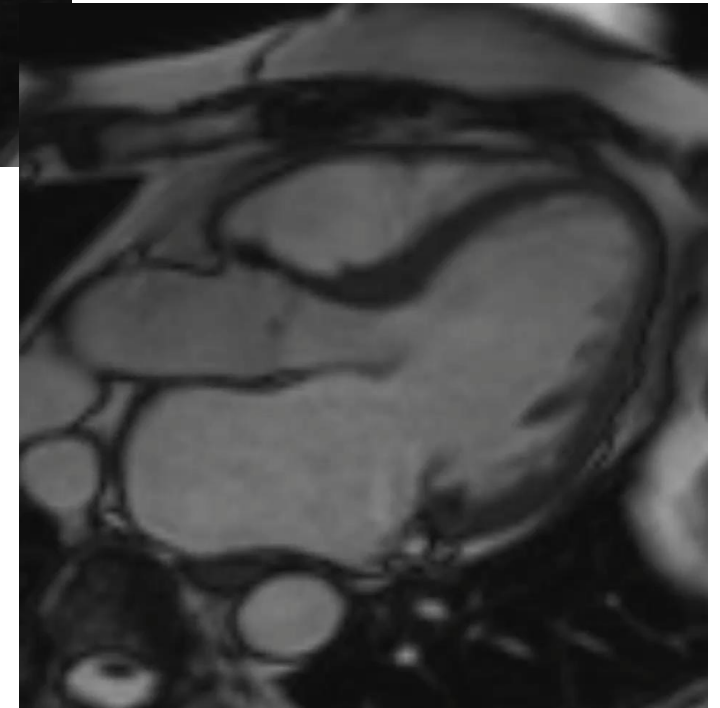
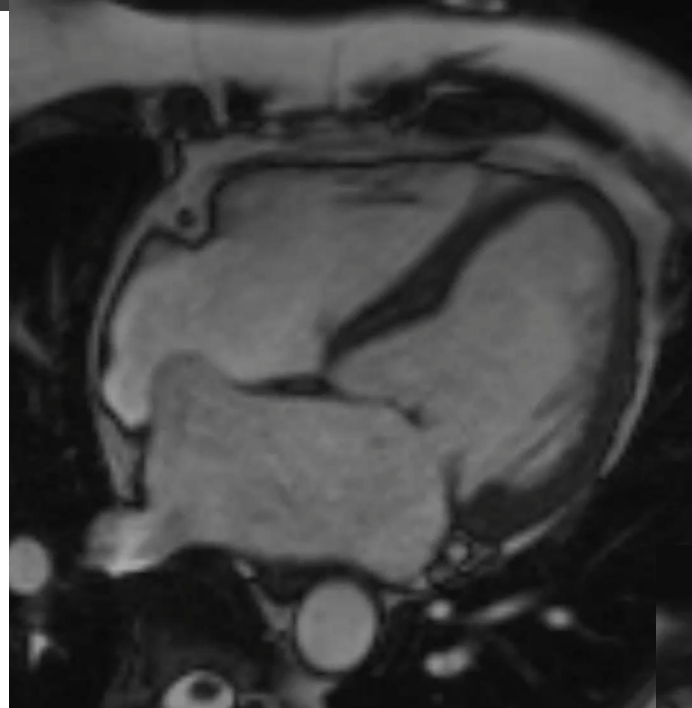
- Nejasná závažnost dle ECHO
- Diskrepance mezi parametry
- Špatné akustické okno

Kvantifikace Mi regurgitace

- EROA a tok přímo obtížně
- Nepřímá kvantifikace (SV LK, Tok Ao)

Hodnocení LK

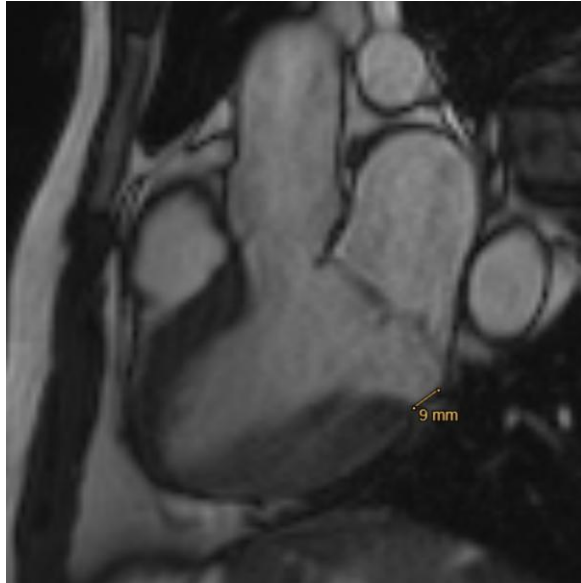
- Funkce
- Detekce regionálních poruch kinetiky
- Myokardiální fibróza (mitral annular disjunction)



Mi chlopeň: Mitrální annulární disjunkce

- Mitral annular disjunction (MAD)
- Separace annulu mitrální chlopně od myokardu levé komory v systole
- Disjunkce bývá spojena s fibrózou bazálně inferolaterálně (LGE na MRI)
- Asociováno s vyšším výskytem arytmií

Sabag 2022 Europace



ESC 2025:

- The combination of planimetered volumetric methods and phase contrast measurement of the MV inflow are used for this purpose (odkaz)

Naoum et al. Circulation: Cardiovascular Imaging, 2017

1. Planimetered LV stroke volume (SV) minus aortic forward SV by phase contrast.
2. Mitral valve inflow by phase contrast minus forward aortic SV by phase contrast.
3. Planimetered LV SV minus planimetered RV SV in the absence of other valvular regurgitation.

Neboli

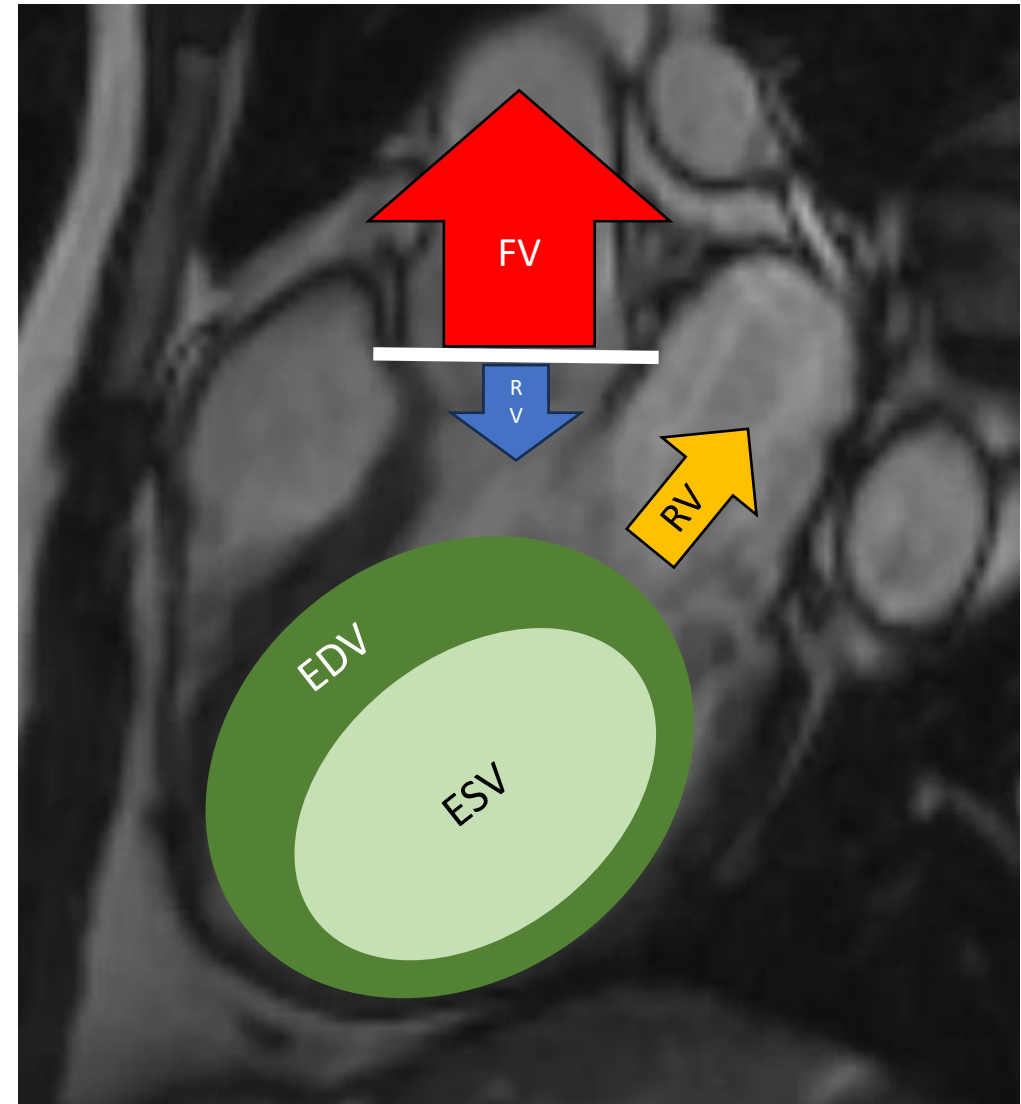
1. Tepový objem LK – Dopředný tok do aorty
2. Dopředný tok přes Mi chlopeň – Dopředný tok do aorty
3. Tepový objem LK – Tepový objem PK

Nepřímá kvantifikace

Nutno počítat i s Ao regurgitací

LV SV se skládá z toho, co jde do aorty (Ao FV), ale z části se vrací v diastole zpět (Ao RV). Zbytek jde do síně (Mi RV) ... tedy Ao RV je součástí LV SV, ale není součástí celkového Mi FV

- Mi reverse volume = LV SV - Ao FV
- Mi forward volume = LV SV - Ao RV
- Mi regurg fraction = $(\text{Mi RV} / \text{Mi FV}) * 100 [\%]$



Algoritmus výběru modality:

- **První linie:** ECHO (TTE + TEE)
- **Druhá linie:** CT nebo CMR dle indikace
- **Integrace:** multi-modalitní zobrazení u komplexních případů

	Přednosti	Limitace
CT	• Kalcifikace • Koronární tepny • Plánování (TAVI, TMVI) • Rychlost	• Radiace • Kontrastní látka • Kvantifikace regurgitací
MR	• Funkce • Kvantifikace toků • Charakterizace myokardu • Bez radiace	• Časová náročnost • Kontraindikace • Dostupnost

CT:

- Anatomické plánování intervencí
- CTA jako first-line pro CAD screening u nízkého a středního rizika
- Calcium scoring AoS standardní součást

CMR:

- Kvantifikaci regurgitací (zejména AR)
- Hodnocení myokardiální fibrozy (prognostická stratifikace)

Heart Team

- Specialista na zobrazování je zásadní součástí

