



Co limituje využití CT srdce a CT koronarografie v klinické praxi ?  
Pohled indikujícího kardiologa

Hana Línková

Kardiologická klinika FN Motol a 2.LF UK

XXXIII. Výroční sjezd České kardiologické společnosti

# Indikace CT v kardiologii

**Primární detekce ICHS:** kalciové skóre , CT koronarografie

**Sledování ICHS,** bypassy, stenty

**Vrozené srdeční vady,** detekce, upřesnění echo a MRI nálezu, pooperační stavy

**Získané srdeční vady,** detekce, upřesnění echo a MRI, strukturální výkony, pooperační stavy, IE

**Onemocnění aorty :** primární detekce ( disekce, aneurysma ), kontroly po intervencích:  
operace, stentgrafty

**Arytmologie :** před intervenčními výkony ( LS a plicní žíly, srdeční žíly a koronární sinus, ouško LS)

**Plicní tepny,** akutní plicní embolizace, sukcesivní plicní embolizace

# Indikace CT v kardiologii

**Primární detekce ICHS:** kalciové skóre , CT koronarografie

**Sledování ICHS,** bypassy, stenty

Vrozené srdeční vady, detekce, upřesnění echo a MRI nálezu, pooperační stavy

**Získané srdeční vady,** detekce, upřesnění echo a MRI, strukturální výkony, pooperační stavy, IE

Onemocnění aorty : primární detekce ( disekce, aneurysma ), kontroly po intervencích: operace, stentgrafty)

Arytmologie : před intervenčními výkony ( LS a plicní žíly, srdeční žíly a koronární sinus, ouško LS)

Plicní tepny, akutní plicní embolizace, sukcesivní plicní embolizace

# Limitace vyšetření

- Technické
- Klinické
- Dostupnost vyšetření

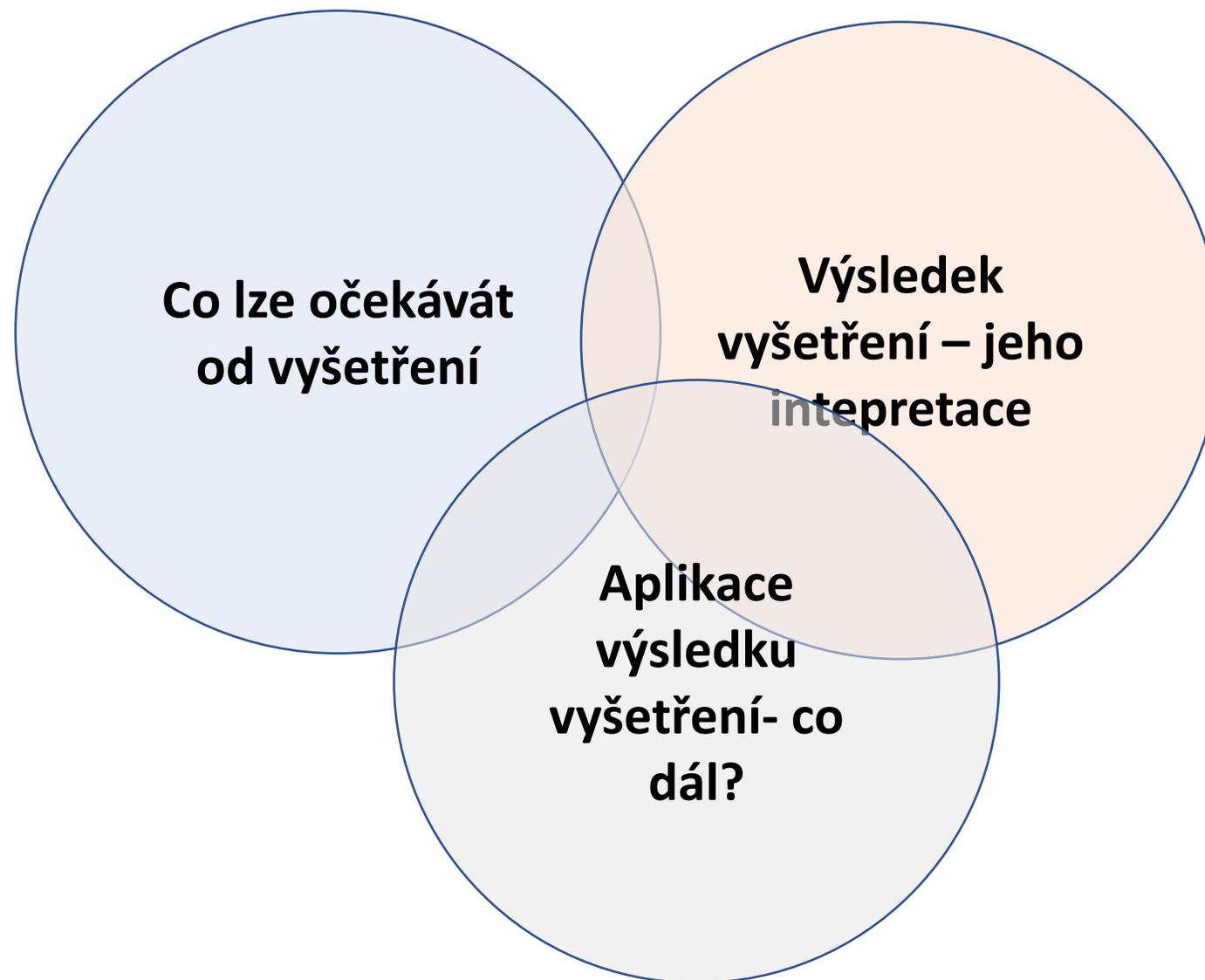
# Indikace CT v kardiologii

**Primární detekce ICHS:** kalciové skóre , CT koronarografie

**Sledování ICHS,** bypassy, stenty



# CT srdce a CT koronarografie , jak na to ?



# Klinické faktory limitující CT vyšetření

## Co je nutné vědět

- Tepová frekvence při náběru dat , případná možnost aplikace BB, NTG (CAVE AV blok (
- Spolupráce pacienta – schopnost zadržet dech
- Alergie
- Jodová kontrastní látka
- Renální insuficience
- Gravidita
- Obezita

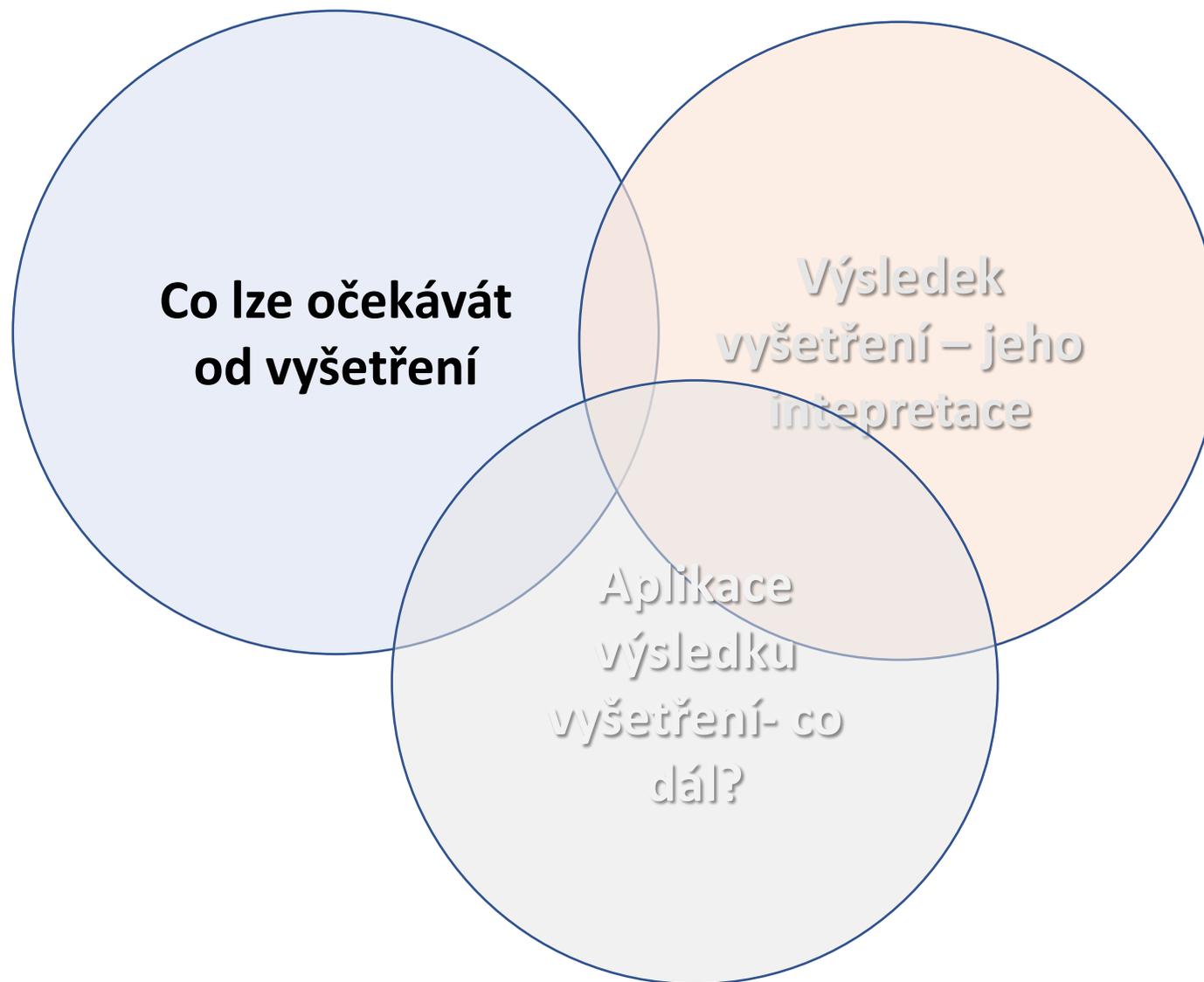
CCTA is not recommended in patients with severe renal failure (eGFR <30 mL/min/1.73 m<sup>2</sup>), decompensated heart failure, extensive coronary calcification, fast irregular heart rate, severe obesity, inability to cooperate with breath-hold commands, or any other conditions that can make obtaining good imaging quality unlikely.

III

C



# CT srdce a CT koronarografie , jak na to ?



# Test pravděpodobnosti ICHS

**1** Symptom score (0–3 points)

**Chest pain characteristics**

Type and location: Constricting discomfort located retrosternally or in neck, jaw, shoulder or arm (1 point)

Aggravated by: Physical or emotional stress (1 point)

Relieved by: Rest or nitrates within 5 min (1 point)

**Dyspnoea characteristics**

Shortness of breath and/or trouble catching breath aggravated by physical exertion (2 points)

**Symptom score**

Main symptom either:  
Chest pain (0–3 points)  
or  
Dyspnoea (2 points)

**2** Number of risk factors for CAD (0–5):  
Family history, smoking, dyslipidaemia, hypertension and diabetes

**3** Estimate the Risk Factor-weighted Clinical Likelihood (RF-CL) of obstructive CAD

Symptom score

Number of risk factors	0–1 point		2 points		3 points	
	Women	Men	Women	Men	Women	Men
Age 30–39	0 1 2	1 2 5	0 1 3	2 4 8	2 5 10	9 14 22
Age 40–49	1 1 3	2 4 8	1 2 5	3 6 12	4 7 12	14 20 27
Age 50–59	1 2 5	4 7 12	2 3 7	6 11 17	6 10 15	21 27 33
Age 60–69	2 4 7	8 12 17	3 6 11	12 17 25	10 14 19	32 35 39
Age 70–80	4 7 11	15 19 24	6 10 16	22 27 34	16 19 23	44 44 45

Clinical likelihood: ● Very low ● Low ● Moderate

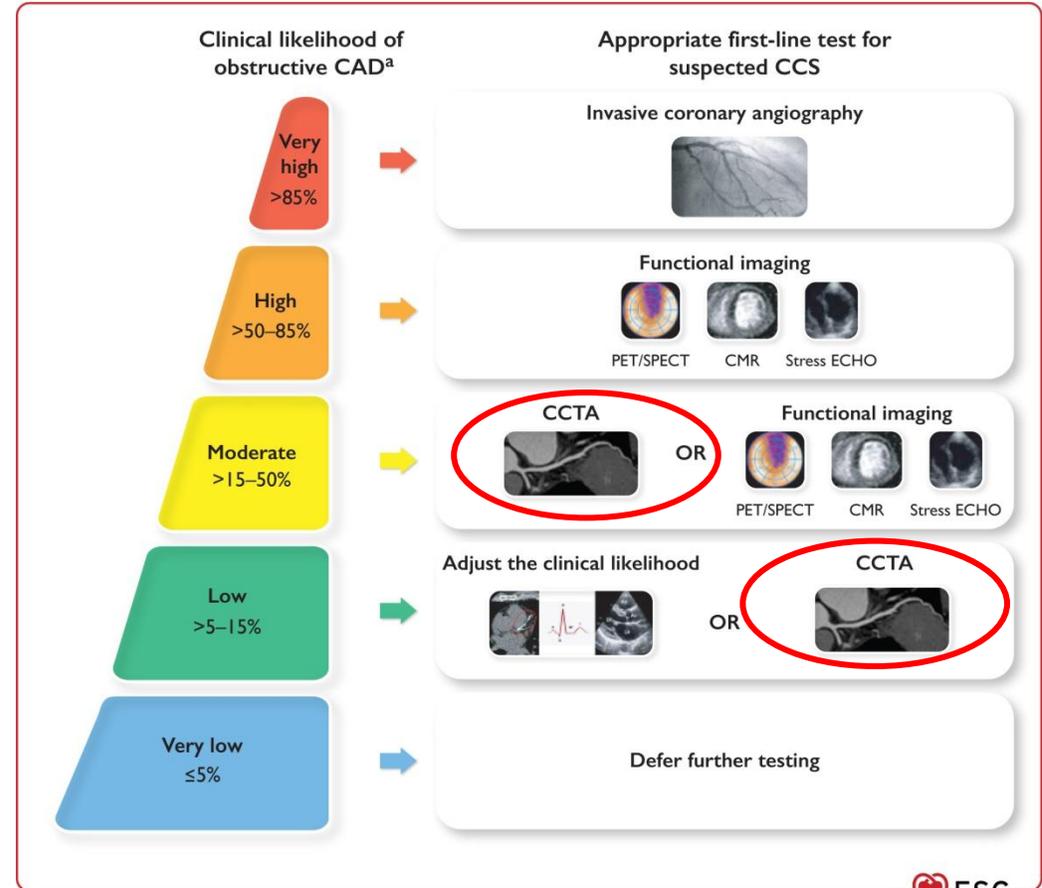
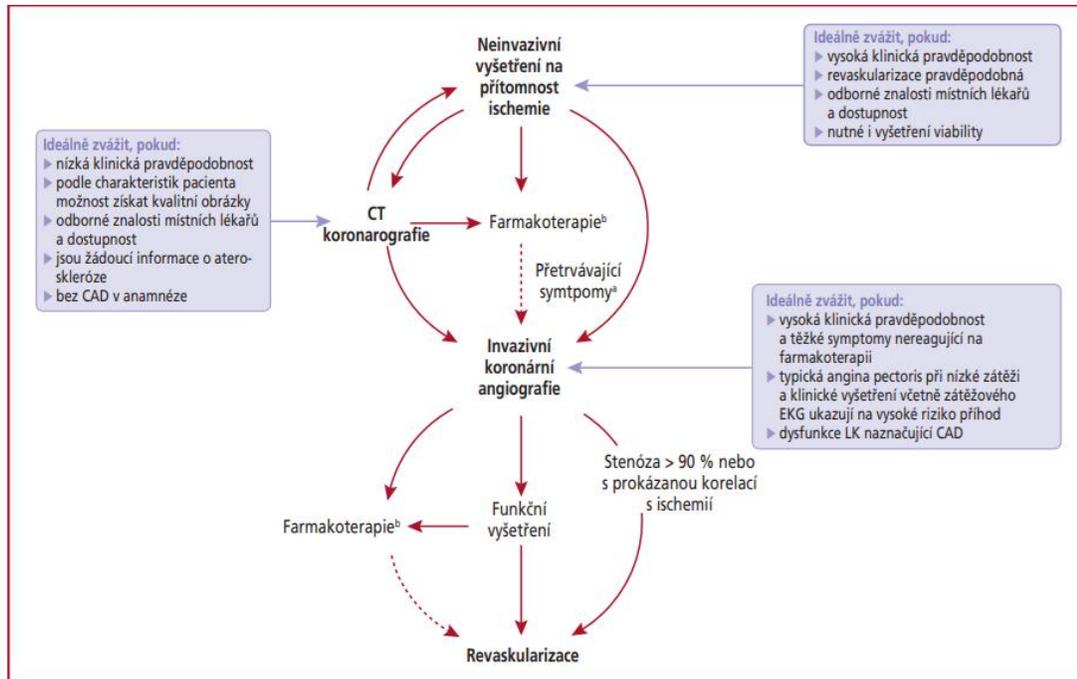
ESC

Age	Typical Angina		Atypical		Non-anginal		Dyspneu	
	Men	Women	Men	Women	Men	Women	Men	Women
30–39	3%	5%	4%	3%	1%	1%	0%	3%
40–49	22%	10%	10%	6%	3%	2%	12%	3%
50–59	32%	13%	17%	6%	11%	3%	27%	9%
60–69	44%	16%	26%	11%	22%	6%	27%	6%
70+	52%	27%	34%	19%	24%	10%	32%	12%

## Test pravděpodobnosti

Christiaan Vrints et al. , *European Heart Journal*, Volume 45, Issue 36, 21 September 2024, Pages 3415–3537

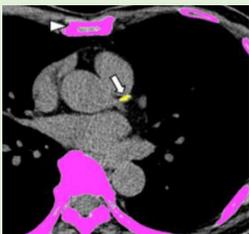
# Zobrazovací metody a koronární nemoc



# Indikace k CT koronarografii

## Využití CT je vhodné

### Kalciové skóre



Asymptomatictí pacienti se středním rizikem koronární nemoci

### Susp. chronická ICCHS



Pacienti s dosud neznámou ICCHS a typickou nebo atypickou AP a nebo ekvivalentem stenokardie

Pacienti s nepřesvědčivým zátěžovým testem

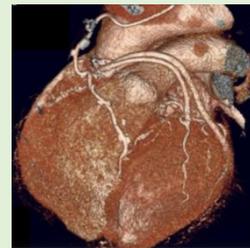
### Akutní bolesti na hrudi



Nízká až střední pravděpodobnost ICCHS s negativním / nepřesvědčivým EKG či troponinem

Stav ohrožující život (triple rule out – ICCHS, disekce aorty či PE)

### Předchozí koronární revaskularizace



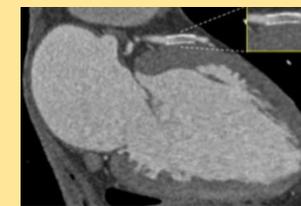
Evaluace aortokoronárních bypassů

Zhodnocení neznámých graftů před SKG

Lokalizace srdečních struktur před redosternotomií

## má být zvaženo

### Předchozí koronární revaskularizace

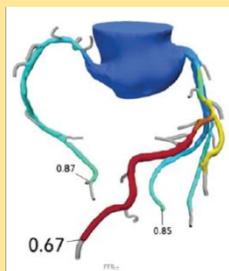


Symptomatictí pacienti se stentem  $\geq 3$  mm

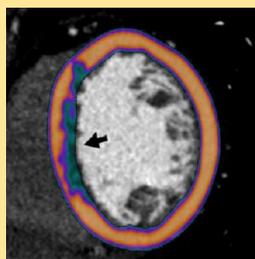
Evaluace nativních koronárních tepen u pacientů s CABG

# Indikace k CT vyšetření

## CT má být zváženo



FFR CT by mělo být zváženo jako alternativní metoda k ostatním stressovým testům



CTP by mělo být zváženo jako alternativní metoda k ostatním stressovým testům

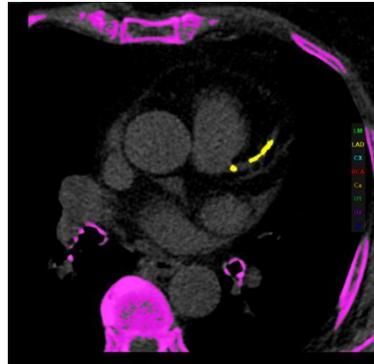


Ve vybraných případech by pozdní sycení jódem v CT zobrazení mohlo být užitečné k určení etiologie kardiomyopatie.

?

# Kalciové skóre

Artery	Lesions	Volume / mm <sup>3</sup>	Equiv. Mass / mg	Score
LM	0	0,0	0,00	0,0
LAD	3	306,9	74,92	393,1
CX	0	0,0	0,00	0,0
RCA	1	14,7	2,36	11,7
Ca	0	0,0	0,00	0,0
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>321,6</b>	<b>77,27</b>	<b>404,9</b>
U1	0	0,0	0,00	0,0
U2	0	0,0	0,00	0,0



A jak u pacientů s vysokým Ca skóre ?  
Má význam CT koronarografie ?

## The Prognostic Value of CAC Zero Among Individuals Presenting With Chest Pain



### A Meta-Analysis

Ali M. Agha, MD,<sup>a</sup> Justin Pacor, MD,<sup>b</sup> Gowtham R. Grandhi, MD, MPH,<sup>c</sup> Reed Mszar, MPH, MS,<sup>b</sup> Safi U. Khan, MD, MS,<sup>d</sup> Roosha Parikh, MD,<sup>d</sup> Tanushree Agrawal, MD,<sup>d</sup> Jeremy Burt, MD,<sup>e</sup> Ron Blankstein, MD,<sup>f</sup> Michael J. Blaha, MD, MPH,<sup>g</sup> Leslee J. Shaw, PhD,<sup>h</sup> Mouaz H. Al-Mallah, MD,<sup>d</sup> Alexandria Brackett, MA,<sup>i</sup> Miguel Cainzos-Achirica, MD, MPH, PhD,<sup>d</sup> Edward J. Miller, MD, PhD,<sup>j</sup> Khurram Nasir, MD, MPH, MSc<sup>d</sup>

**CONCLUSIONS** Among over 92,000 patients with stable or acute CP, the absence of CAC was associated with a very low prevalence of obstructive CAD, a low prevalence of nonobstructive CAD, and a low annualized risk of major adverse cardiac events. These findings support the role of CAC = 0 in a value-based health care delivery model as a "gatekeeper" for more advanced imaging among patients presenting with CP. (J Am Coll Cardiol Img 2022;15:1745-1757) © 2022 by the American College of Cardiology Foundation.

*JACC imaging; 2022*

The accuracy of coronary CT angiography in patients with coronary calcium score above 1000 Agatston Units: Comparison with quantitative coronary angiography

Alan C. Kwan<sup>a</sup> · Heidi Gransar<sup>a</sup> · Evangelos Tzolos<sup>a,b</sup> · ... · Victor Cheng<sup>d</sup> · Babak Azarbal<sup>a</sup> · Daniel S. Berman<sup>a</sup>  ... Show more

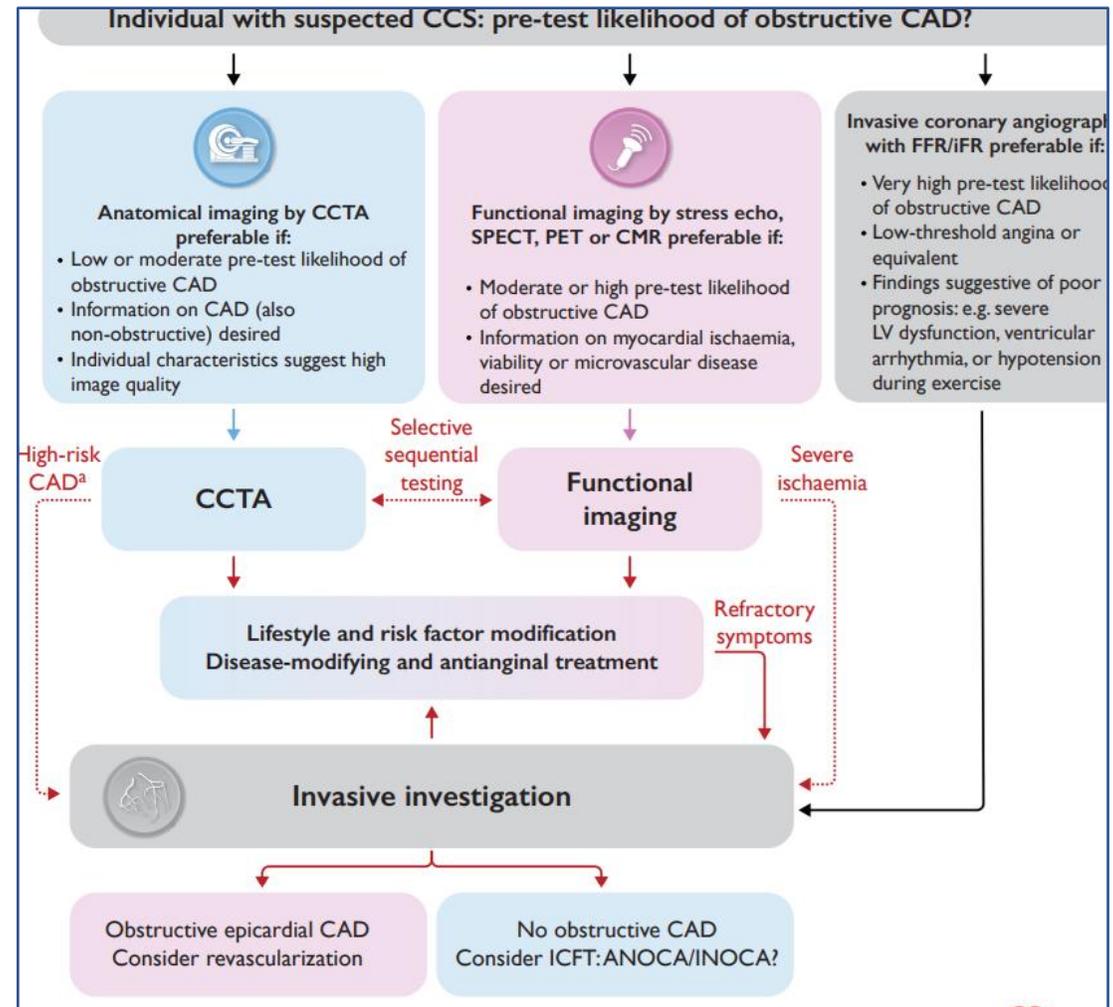
### Conclusions

In patients with very extensive CAC (>1000 Agatston units), CCTA retained a negative predictive value > 90% to identify lack of significant stenosis on a per-vessel and per-patient level, but frequently overestimated stenosis.

*JCCT; 2024*

# CT koronarografie- současná doporučení pro chronické koronární syndromy

Recommendations	Class <sup>a</sup>	Level <sup>b</sup>
<b>Selection of non-invasive testing</b>		
It is recommended to select the initial non-invasive diagnostic test based on pre-test likelihood of obstructive CAD, other patient characteristics that influence the performance of non-invasive tests, <sup>c</sup> and local expertise and availability. <sup>29,148</sup>	I	C
In symptomatic patients in whom the pre-test likelihood of obstructive CAD by clinical assessment is >5%, CCTA or non-invasive functional imaging for myocardial ischaemia is recommended as the initial diagnostic test. <sup>33,148,178,187,189,211,212,219,222,390</sup>	I	B
To rule out obstructive CAD in individuals with low or moderate (>5%–50%) pre-test likelihood, CCTA is recommended as the preferred diagnostic modality. <sup>29,148</sup>	I	B
CCTA is recommended in individuals with low or moderate (>5%–50%) pre-test likelihood of obstructive CAD if functional imaging for myocardial ischaemia is not diagnostic. <sup>391</sup>	I	B
Functional imaging for myocardial ischaemia is recommended if CCTA has shown CAD of uncertain functional significance or is not diagnostic. <sup>392–394</sup>	I	B
In patients with a known intermediate coronary artery stenosis <sup>d</sup> in a proximal or mid coronary segment on CCTA, CT-based FFR may be considered. <sup>395–401</sup>	IIb	B
<b>Subsequent invasive testing</b>		
Invasive coronary angiography with the availability of invasive functional assessments is recommended to confirm or exclude the diagnosis of obstructive CAD or ANOCA/INOCA in individuals with an uncertain diagnosis on non-invasive testing. <sup>36,49,308,384</sup>	I	B



# Frakční průtoková rezerva odvozená z počítačové tomografie

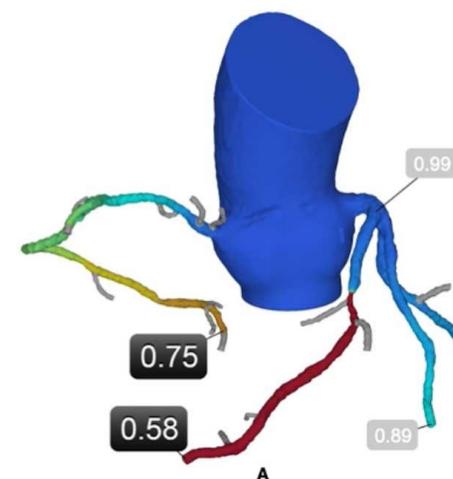
## Výhody

- FFR nevyžaduje aditivní skenování nebo farmakologickou zátěž
- Umožňuje přesnější funkční diagnostiku u morfologicky nejednoznačného nálezu
- Dobře validovaný proti invazivní FFR
- Vylepšené „prostorové rozlišení“ s informacemi o ischemii pro každý segment



## Nevýhody

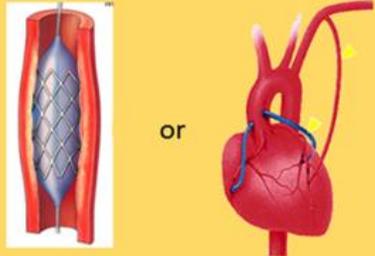
- Časová náročnost
- Zobrazovací artefakty mohou ovlivnit výpočty  $FFR_{CT}$ .
- Zatím nevalidováno u pacientů s předchozím CABG nebo PCI.



# FFR SYNTAX III Revolution

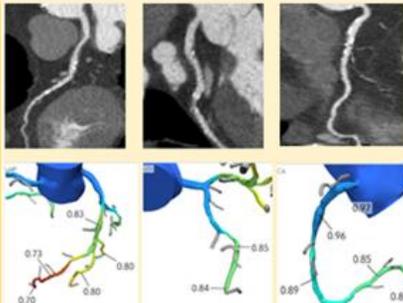
## Impact of FFR<sub>CT</sub> on Heart Team Treatment Decision-Making in Patients with Multivessel Coronary Artery Disease

FFR<sub>CT</sub> changed the treatment recommendation between PCI or CABG



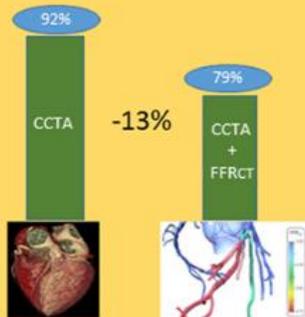
in 7% of patients

FFR<sub>CT</sub> changed the vessel to be revascularized



in 12% of patients

FFR<sub>CT</sub> reduced the number of patients with hemodynamically significant three-vessel CAD



Andreini et al, *Circulation CV Int.* 2019

**Circulation: Cardiovascular Interventions**

# FASTTRACK CABG

### Key Question

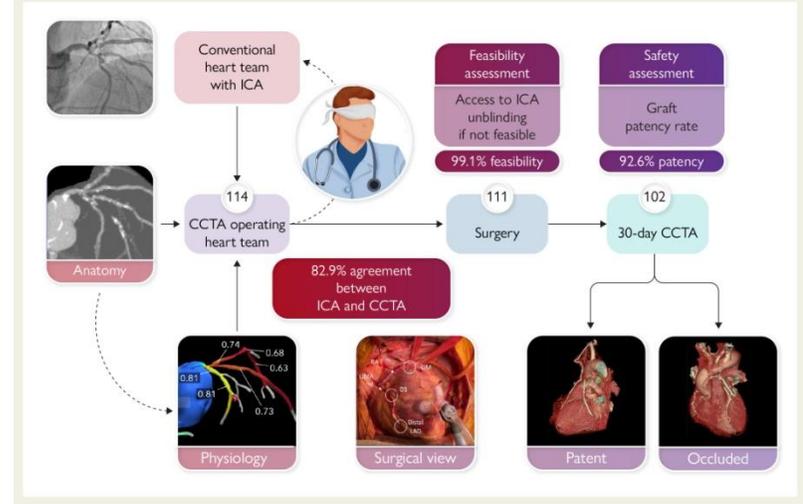
Is it safe and feasible to skip invasive coronary angiography before coronary artery bypass grafting (CABG)?

### Key Finding

Planning and execution of CABG based on coronary computed tomography angiography (CCTA) alone was feasible in a cohort of 114 patients with chronic coronary syndrome and low surgical risk. The 30-day follow-up CCTA in 92% of patients showed an anastomosis patency rate of 93%, whilst major cardiovascular event and bleeding rates were 7.2% and 2.7%, respectively.

### Take Home Message

CABG based on CCTA alone is feasible. Efficacy and safety of this innovative approach needs to be demonstrated in randomized control studies.



A současná realita ???

P.W.Serryus et al. *EHI* 2024  
Andreini et al. *Circulation CV* 2019

# Počítačová tomografie myokardiální perfuze (CT-MPI)

K posouzení atenuace myokardu po podání vasodilatačně aktivních látek (adenosin, dypiridamol či regadenoson).

## Výhody

- U statické CT-MPI umožňuje jeden sken anatomick i funkční vyhodnocení.
- Dávka záření ekvivalentní současnému zobrazování v nukleární medicíně.

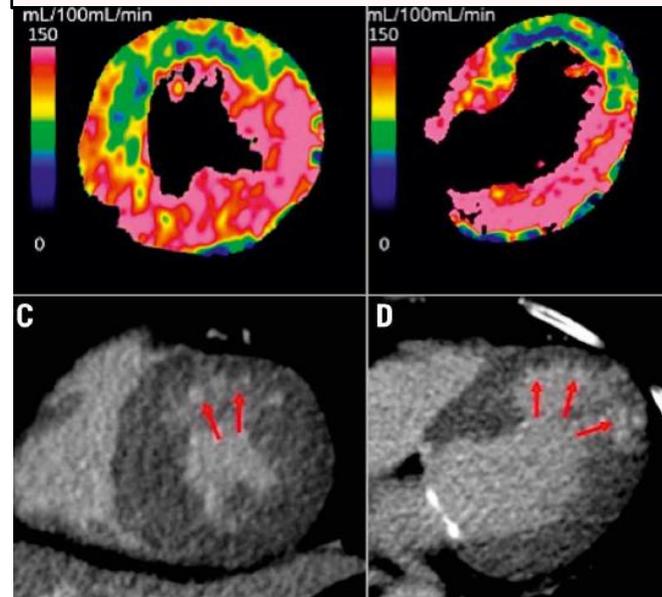


## Nevýhody:

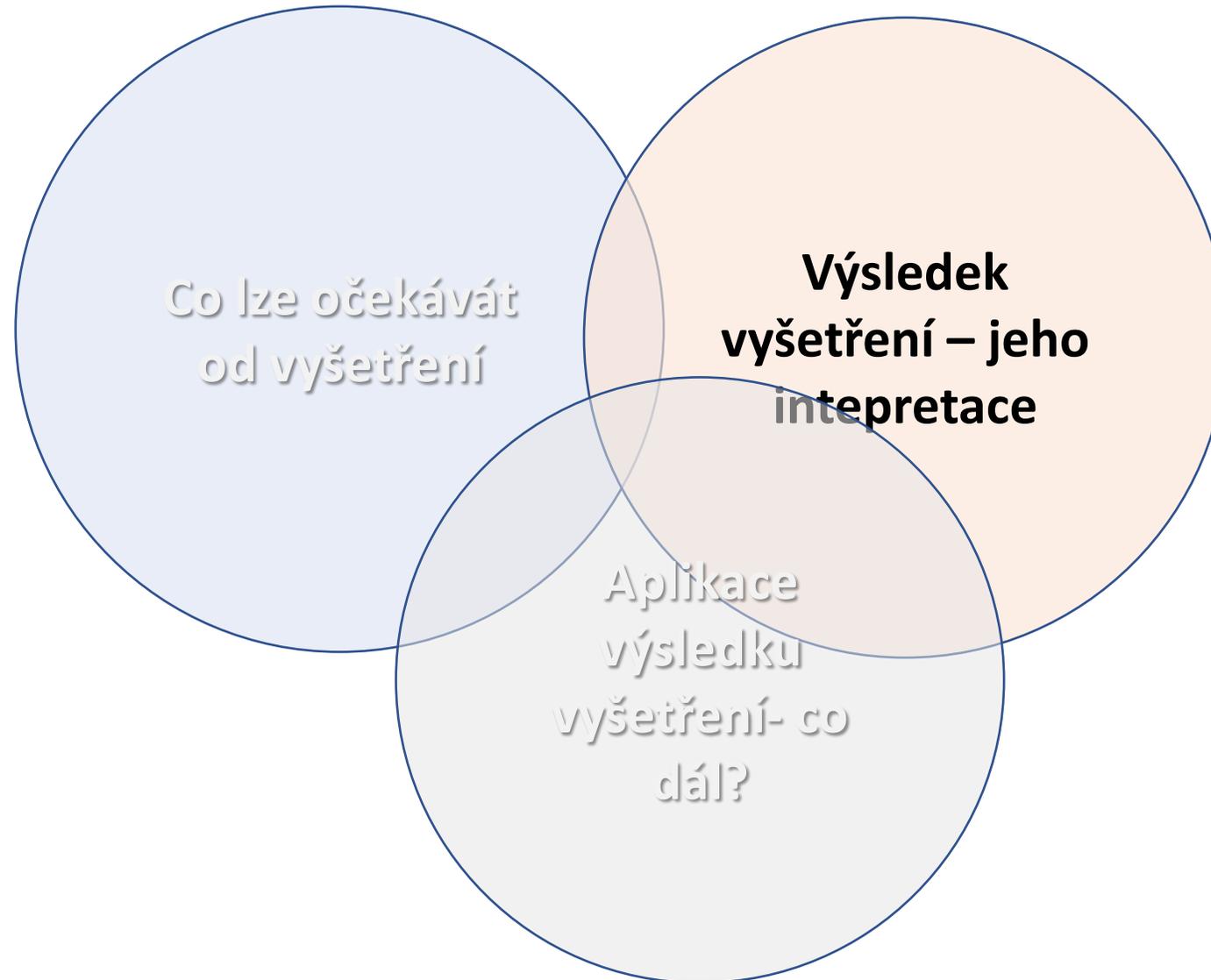
- CT perfuze vyžaduje aditivní skenování ( vyšší radiační zátěž, farmakologická zátěž
- Nutnost dvoudetektorového CT u dynamické perfuze
- Limitovaná data, alternativa jiné zátěžové testy



Stress CTP	Rest CTP	Interpretation
Perfusion defect (+) 	Negative (-) 	Myocardial ischemia in a defined coronary territory. CAD-RADS 3 or 4 / I+
Perfusion defect (+) 	Perfusion defect (+) 	Myocardial infarct or no evidence of ischemia in a defined coronary territory. CAD-RADS 3 or 4 / I-
Perfusion defect (+) 	Perfusion defect (+) 	Peri-infarct ischemia in a defined coronary territory. CAD-RADS 3 or 4 / I+



# CT srdce a CT koronarografie , jak na to ?



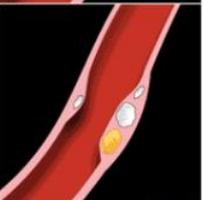
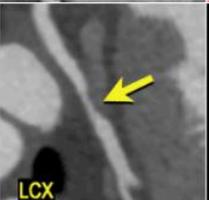
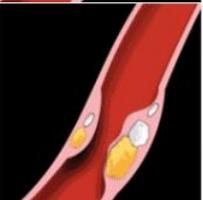
# Přesnost vyšetření u CT koronarografie

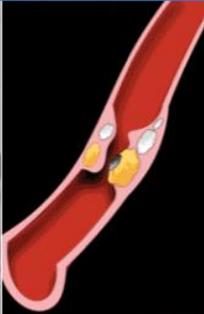
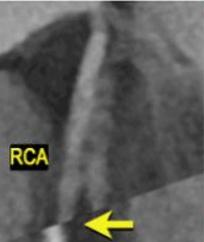
	Senzitivita	Specificita
Kalciové skóre	95–99 %	28–66 %
Koronární CT angiografie	95–99 %	64–86 %
CT zobrazování perfuze myokardu	42–94 %	71–98 %
FFR <sub>CT</sub>	84–90 %	54–79 %

Přístroje s ultra vysokým rozlišením (UHR-CT) zvyšují diagnostickou přesnost se specifitou až 88%

Rozlišovací schopnost 150-200  $\mu\text{m}$  zlepšuje vizualizaci stentovaných tepen a tepen s malým průměrem

# CT koronarografie – interpretace nálezu

Cad-Rads	Stenosis	CT imaging	Illustration	Additional Tests
Cad-Rads <b>0</b>	0% No stenosis			None
Cad-Rads <b>1</b>	1-24% Minimal stenosis			None
Cad-Rads <b>2</b>	25-49% Mild stenosis			None
Cad-Rads <b>3</b>	50-70% Moderate stenosis			Consider functional assessment

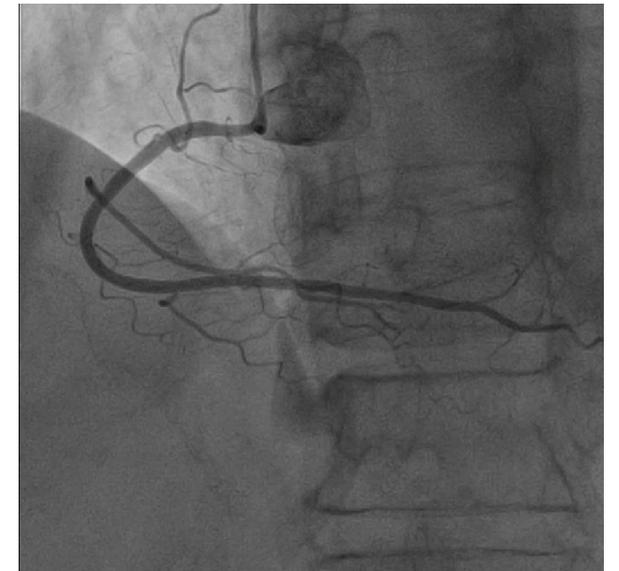
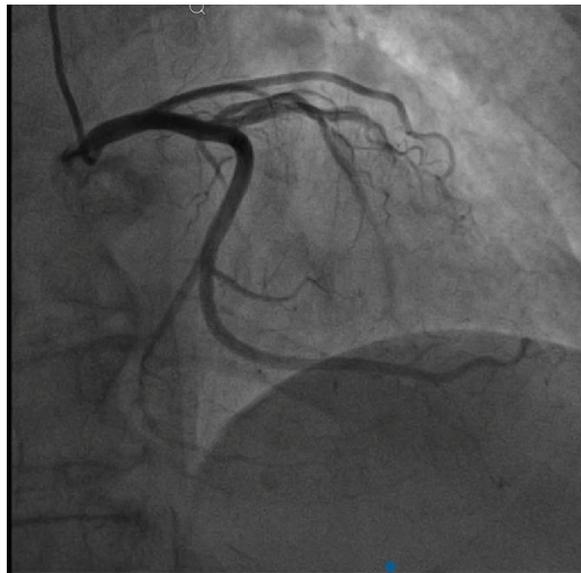
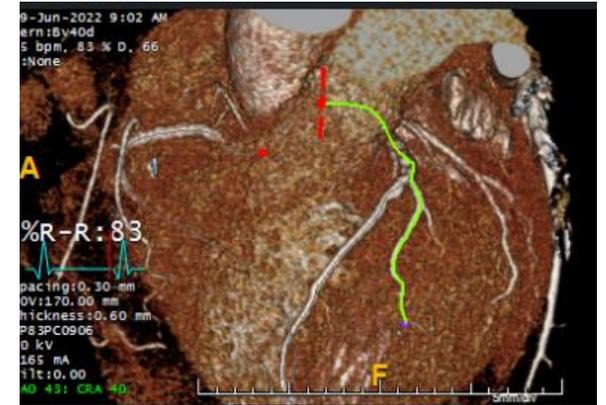
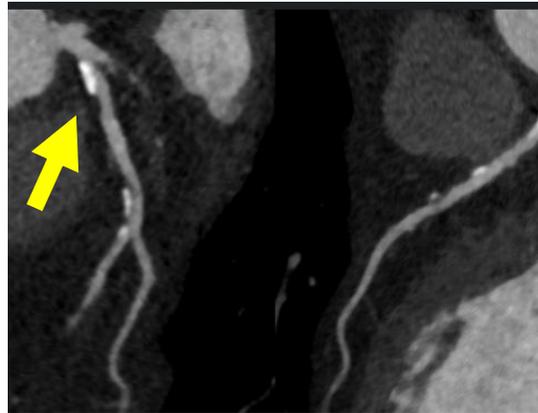
Cad-Rads	Stenosis	CT imaging	Illustration	Additional Tests
Cad-Rads <b>4</b>	A: 70-99% stenosis in 1 or 2 vessels B: >50% stenosis in the left main or >70% stenosis in 3-vessels			A: Consider functional assessment or ICA B: ICA is recommended
Cad-Rads <b>5</b>	100% total occlusion			ICA and/or viability assessment
Cad-Rads <b>N</b>	Non-diagnostic study			Additional evaluation

# Kazuistika 1

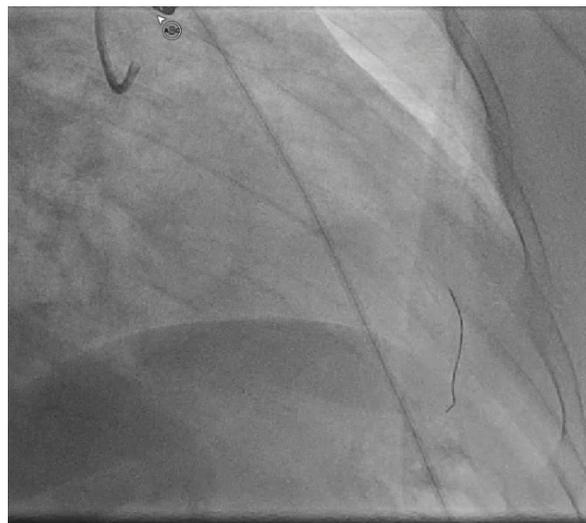
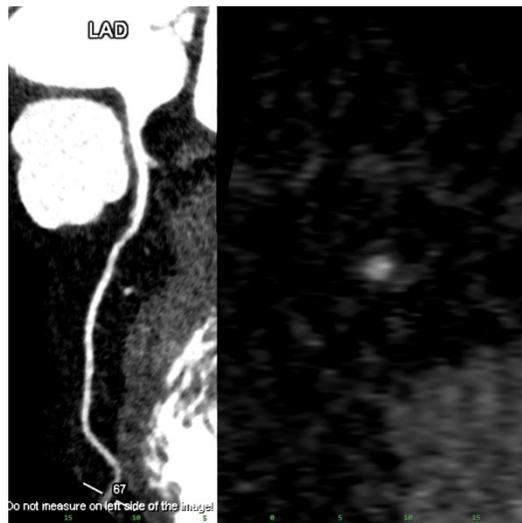


78 letá pacientka s atypickou bolestí na hrudi

- Anamnéza: hypertenze, DM 2.typu,
- Kalciové skóre 800

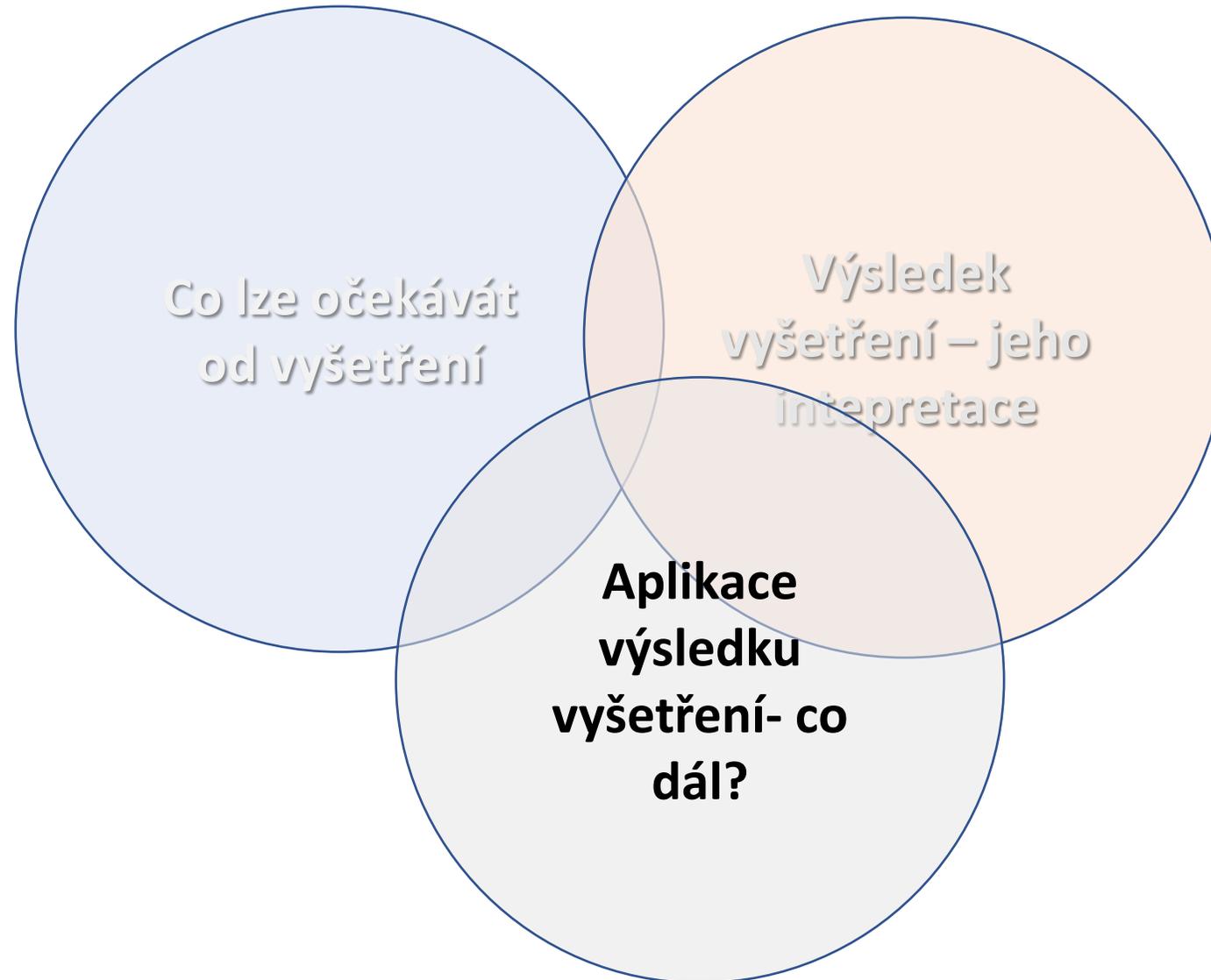


# Kazuistika 2

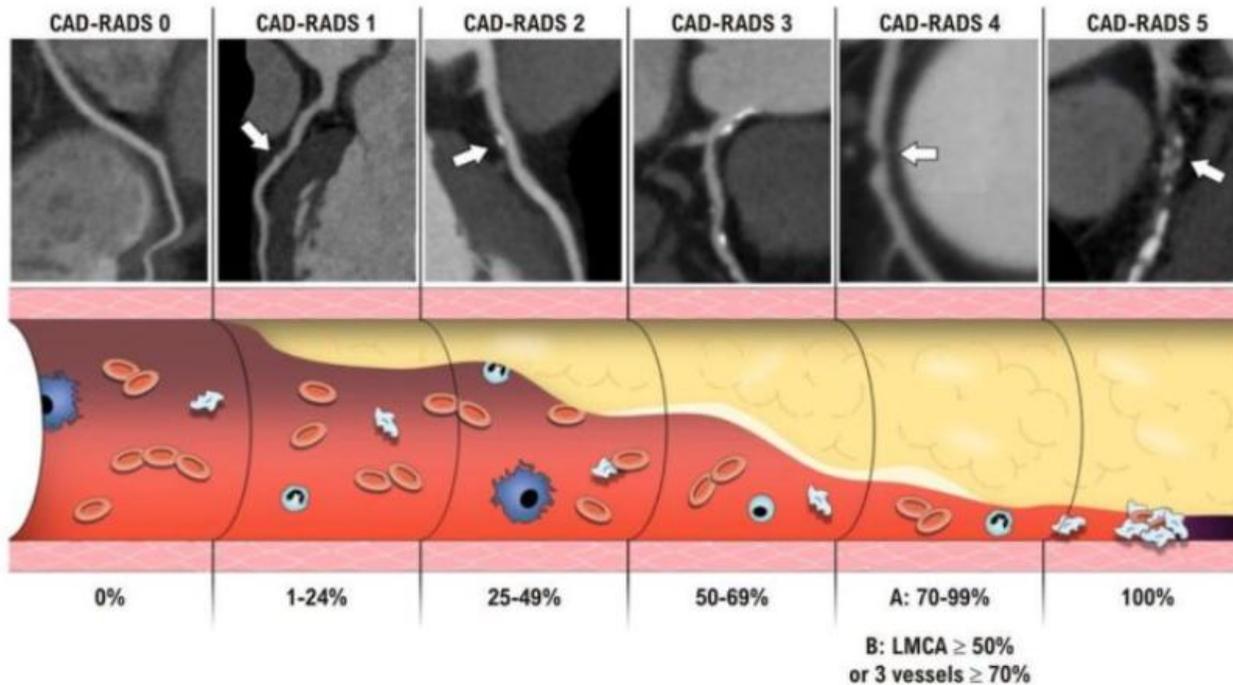


- 46 letá pacientka s bolestí na hrudi
- Anamnéza: bez rizikových faktorů
  - Kalciové skóre 10

# CT srdce a CT koronarografie , jak na to ?



# A co dál ?



Stupeň stenózy	Další doporučené vyšetření
0 %	žádné
1-24 % (minimální)	žádné
25-49 % (mírná)	žádné
50-69 % (střední)	zvážit funkční test
70-99 % (výrazná)	zvážit selektivní koronarografii
> 50% stenóza kmene/ nemoc tří tepen (> 70 %)	selektivní koronarografie
uzávěr	selektivní koronarografie nebo funkční test

Upraveno podle Celeng C et al., Coronary Artery Disease Reporting and Data System 2, 2023

Upraveno podle Baxa, Ferda, ČLČ, 2018

## Coronary CT angiography-guided management of patients with stable chest pain: 10-year outcomes from the SCOT-HEART randomised controlled trial in Scotland

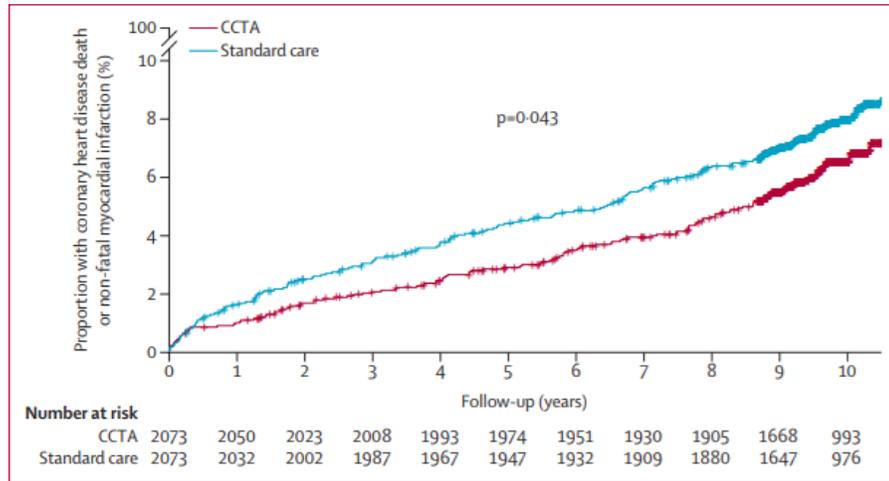


Figure 2: Cumulative incidence for the primary outcome of coronary heart disease death and non-fatal myocardial infarction

P value indicates the log-rank test. CCTA=coronary CT angiography.

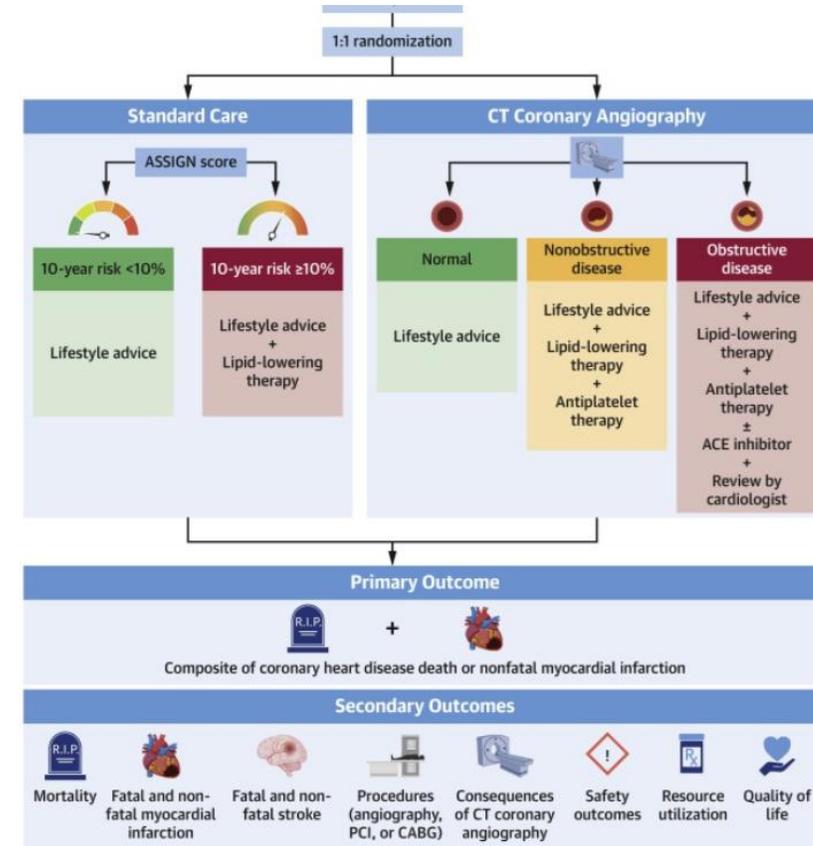
	Standard care (n=2073)	CCTA and standard care (n=2073)	HR (95% CI)	p value
Non-fatal myocardial infarction	129 (6.2%)	95 (4.6%)	0.73 (0.56–0.95)	0.019
Coronary heart disease death	19 (0.9%)	21 (1.0%)	1.10 (0.59–2.05)	0.760
Coronary heart disease death or non-fatal myocardial infarction	141 (6.8%)	111 (5.4%)	0.78 (0.61–1.00)	0.049

CCTA=coronary CT angiography. HR=hazard ratio.

Table 3: Post-hoc sensitivity analysis of clinical outcomes at 10 years using ICD-10 codes for myocardial infarction of I21, I22, I249, and I25.6, and for coronary heart disease death of I21, I22, I249, I25.6, and I46

## Rationale and Design of SCOT-HEART 2 Trial

### CT Angiography for the Prevention of Myocardial Infarction



# CT koronarografie – výhody versus limity

## Výhody



Neinvazivní (bez nutnosti katetrizace)  
Vysoká negativní prediktivní hodnota  
Rychlá dostupnost výsledku  
Hodnocení nejen stenózy, ale i plátů (soft, hard)  
Nižší riziko komplikací oproti invazivní angiografii  
Současné zobrazení srdce i ostatních struktur hrudníku umožňují snížení dávky záření  
Moderní technologie

## Limity



Vysoká TF nebo arytmie zhoršují kvalitu obrazu  
Přítomnost těžké kalcifikace (CAC >400)  
Riziko alergie na jódovou kontrastní látku  
Nutnost spolupráce pacienta (dechové pauzy)  
Vyšší radiační zátěž u některých protokolů  
Omezená přesnost u pokročilého onemocnění  
Omezená dostupnost špičkové technologie

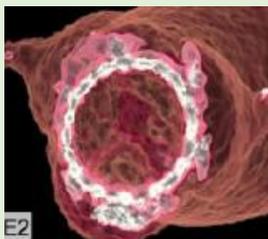
# Indikace CT v kardiologii

**Získané srdeční vady**, detekce, upřesnění echo a MRI, strukturální výkony, pooperační stavy, IE

# Indikace k CT

## Využití CT je vhodné

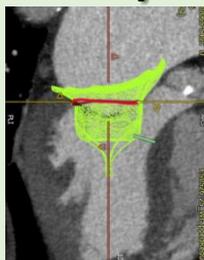
### Strukturální choroby



Ca score u pacientů s AS a diskordantním echo nálezem – stanovení významnosti

Plánování TAVI  
Zhodnocení trombozy chlopně, IE, degeneraci na TAVI

### Strukturální choroby srdce



Preprocedurální plánování intervence na Mi chlopni

Arytmologické výkony (RFA atd, uzávěr ouška LS

Vyloučení trombózy ouška LS

### Kardiomyopatie



Pacienti s dysfunkcí LK a nízkou/střední předtestovou pravděpodobností ICHS

Anatomie žilního koronárního systému před implantací levokomorové elektrody

### Koronární anomálie a VSV



Suspektní nebo známá anomálie koronárních tepen

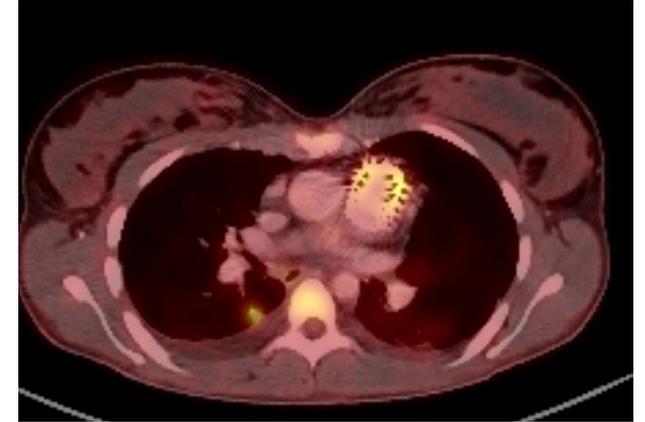
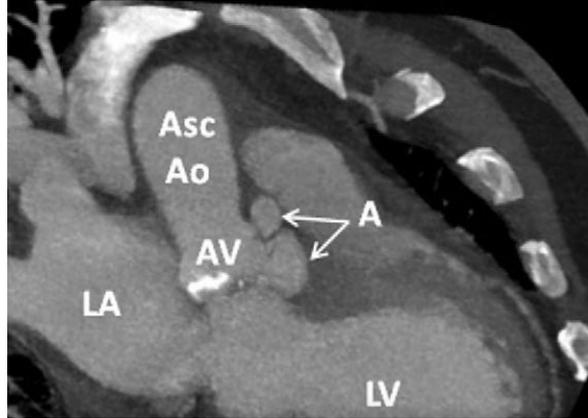
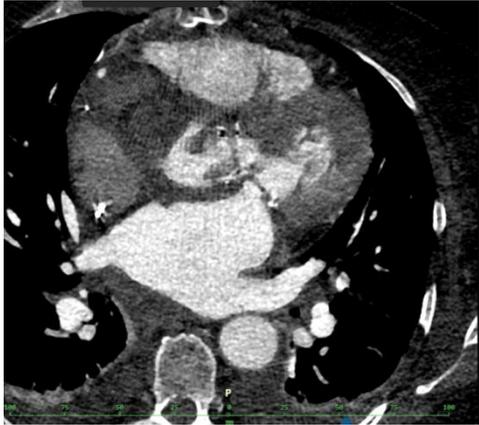
Koronární zobrazení a preprocedurální imaging u dětí s VSV

# Role CT u chlopenních vad

	CT
<b>Levé srdce</b>	
Aortální stenóza	Obtížná zobrazitelnost, LVOT měření, Ca skóre, před intervencemi- koronární tepny, porcelánová aorta, TAVI
Aortální regurgitace	Zobrazení chlopně a aorty
Mitrální stenóza	Zobrazení chlopně
Mitrální regurgitace	Subvalvulární aparát u intervencí, predikce obstrukce LVOT u perkutánních intervencích, kvantifikace kalcifikací mi anulu před MVP

	CT
<b>Pravé srdce</b>	
Trikuspidální regurgitace	nejsou jasné indikace
Pulmonální regurgitace	nejsou jasné indikace
Chlopenní náhrady	zobrazení cípů nebo okluderu k rozlišení PPM od patologické obstrukce
Endokarditida	Detekce abscesu kořene aorty lépe než echo , detekce vegetací. Anatomie kor. tepen před KCH výkonem

# CT a endokarditidy



- k detekci valvulárních lézí u NVE i PVE , dále paravalvulárního a paraprotézového šíření u NVE i PVE ( přidává hlavní kritérium)
- odhalení abscesu či PSA
- Postižení CNS či průkaz systémových embolizací ( malé kritérium) a jiných zdrojů bakteriémie,
- CT koronarografie před chirurgickým řešením
- Alternativní diagnóza

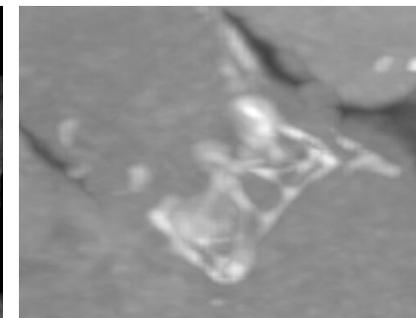
## **ALE:**

TEE citlivější na malé léze <10mm a perforace cípů a fistuly

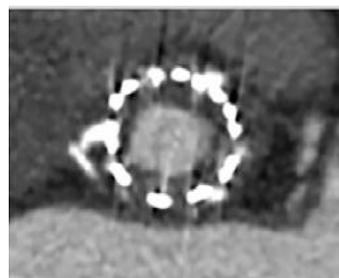
CAVE u pacientů s renální insuficiencí a nefrotoxickými ATB

# CT vyšetření u pacientů s degenerací bioprotézy

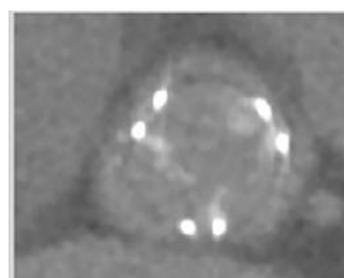
- Detekce hypoateuenních oblastí, ztlustění cípů, pannus, endokarditida, restrikce pohybu cípů
- Evaluace EOA, PPM, pozice bioprotézy
- Plánování procedury



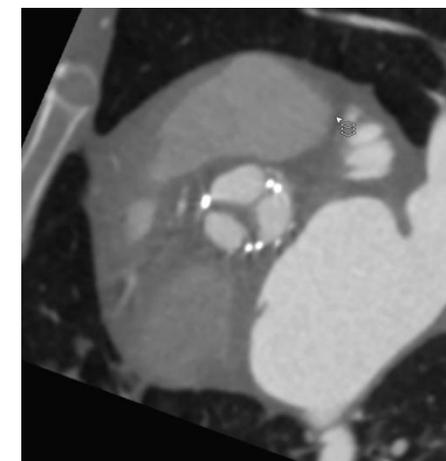
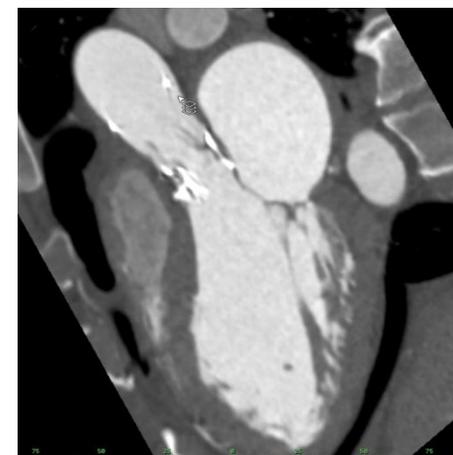
Trombus



Pannus



Kalcifikace



Chronický 0-145 HU  
Čerstvý < 90 HU

Pannus > 145 HU

# Multimodalitní hodnocení dysfunkce bioprotéz

	Structural valve deterioration (Stenosis / Regurgitation)	Non-structural valve deterioration PVR / PPM	Thrombus / HALT / Pannus	Infective endocarditis
TTE	+++	+++	+	++
TEE	+++	+++	++	+++
CCTA	+++	++	+++	+++
CMR	+	+	+	+
PET	-	-	-	+++

# Závěr - hlavní limitace CT srdce a CT koronarografie

- **Vysoká tepová frekvence nebo arytmie**

Při vyšší TF (>65–70/min) je těžší dosáhnout kvalitního obrazu, arytmie (např. fibrilace síní)

- **Nadváha a obezita**

Horší kvalita obrazu kvůli zvýšenému šumu, některé CT skenery mají omezení nosnosti stolu.

- **Neschopnost zadržet dech**

U pacientů, kteří nezvládnou klidný nádech/zadržení dechu, vznikají pohybové artefakty.

- **Kontrastní látka**

Riziko alergické reakce na jódovou kontrastní látku.

Riziko nefropatie (pozor u pacientů s chronickým onemocněním ledvin).

- **Radiační zátěž**

Přestože jsou moderní protokoly "low-dose", je nutné zvažovat indikaci, zejména u mladších pacientů.

# Závěr - hlavní limitace CT srdce a CT koronarografie

- **Kalcifikované pláty (vysoké Ca skóre)**

Velké množství kalcia ve stěnách tepen (zejména Agaston skóre >400) zhoršuje interpretaci kvůli artefaktům (blooming efekt). Hůře se hodnotí stupeň stenózy.

- **Limitace u pokročilé koronární nemoci**

Pokud je už známá významná stenóza, CT nemusí vždy dostatečně nahradit invazivní koronarografii

- **Správná interpretace a výstup vyšetření**

- **Technická dostupnost a zkušenost**

Kvalita CT koronarografie závisí na typu skeneru (např. počet detektorových řad) a zkušenostech pracoviště.

Děkuji za pozornost