

# Kam dospělo „koronární“ CT v r. 2026

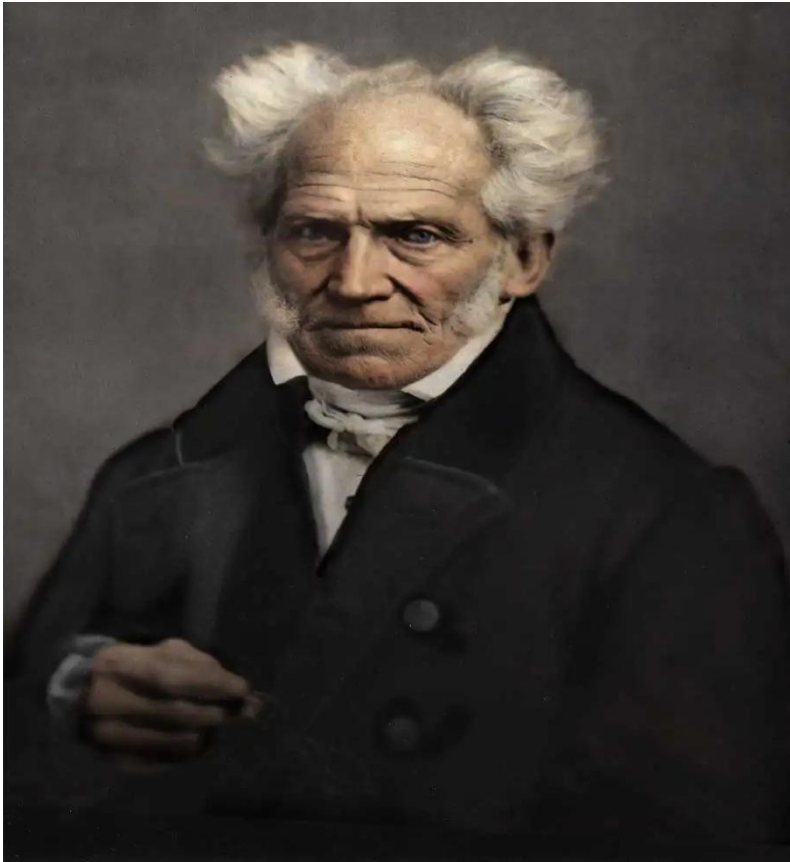


**MUDr. Igor Nykl**  
Kardiologické oddělení  
Kardiocentrum Třinec

Vendryně, 16. 4. 2026



# Motto přednášky : citát platný pro „koronární“ CT ( i pro renální denervace!)



**Arthur Schopenhauer**

(německý filosof, 1788-1860)

**„ All truth passes through 3 stages :**

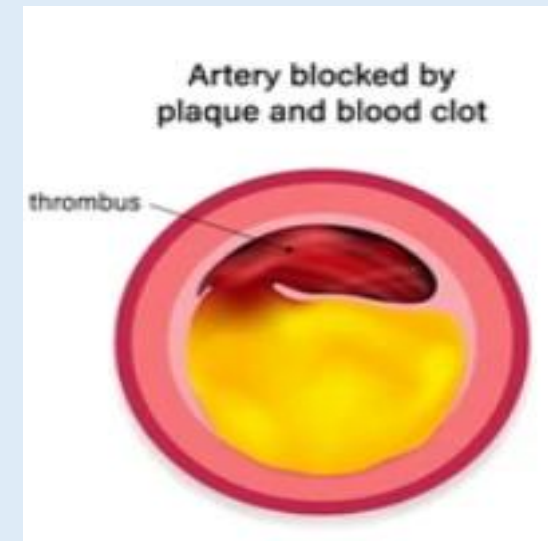
**-First, it is ridiculed (= posměch)**

**-Second, it is violently opposed (=oponovat)**

**-Third, it is accepted as self evident ! „**

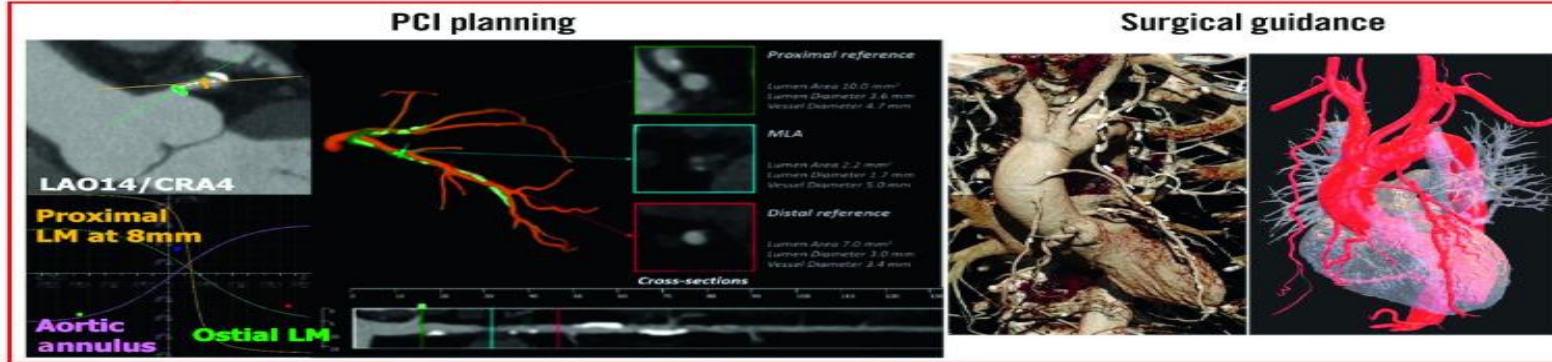
# Stručná odpověď na otázku (=obsah prezentace)

- Není již jen diagnostická metoda historicky určená především **vyloučení koronární stenosis** u „koronárně nízkorizikových pacientů“
- Dnes sofistikovaná metoda zasahující do mnoha oblastí kardiologie **mimo STEMI a „high risk“ NSTEMI ACS:**
  - přesnější stanovení kardiovaskulárního **rizika**  
( **časná detekce** charakteristika a objem plátů... zánět plátů)
  - **funkční** zhodnocení významnosti stenosis
  - **nahrazení SKG** u části „chronických“ pacientů se susp. koronární nemoci
  - optimální „**triage**“ pacientů s „akutní“ bolesti na hrudi

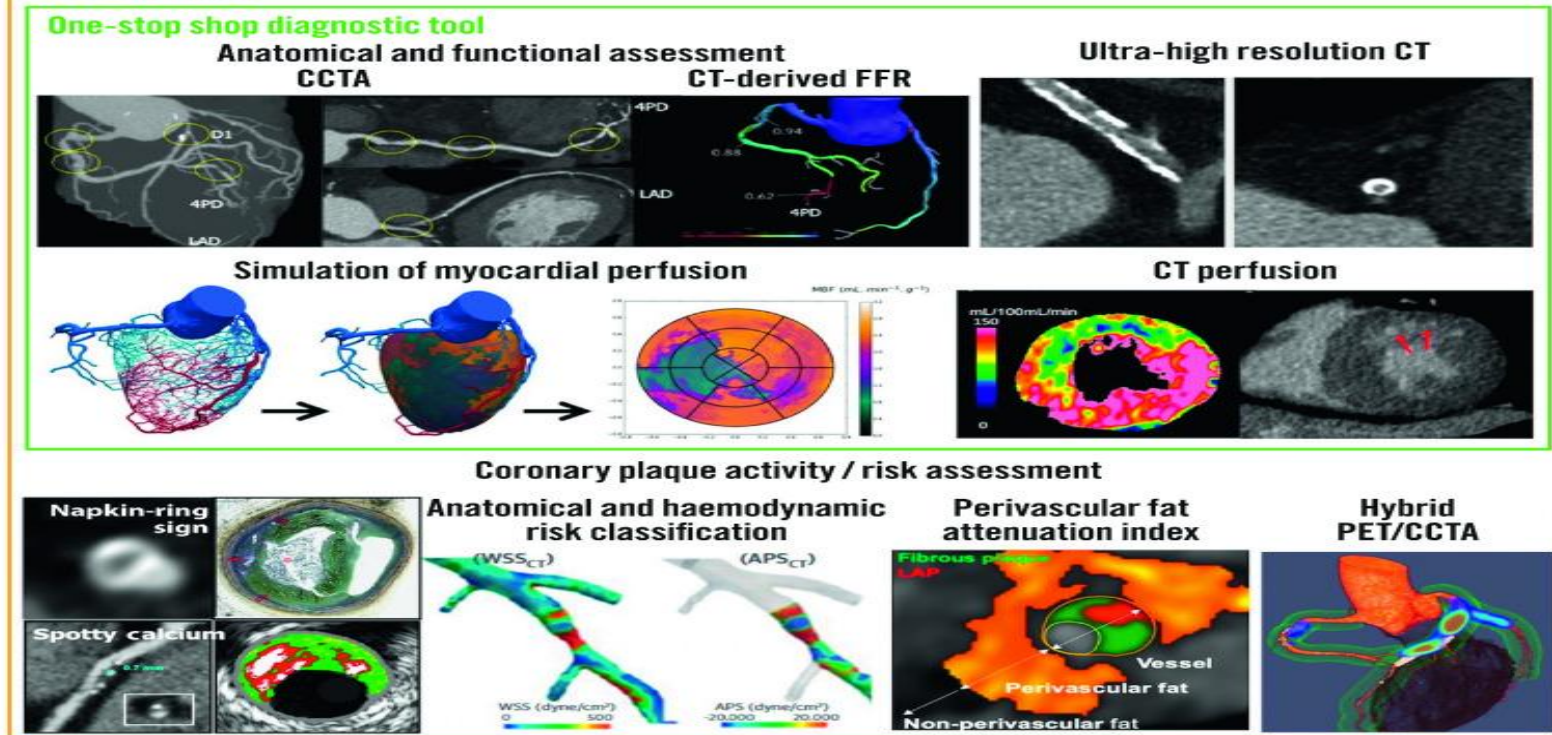


# „Sofistikované“ použití CCTA

## Treatment planner



## Decision maker



- **přesnější kvantifikace stenosis (PC CT)**
- **nástavbové softwary**
  - a) zhodnocení **funkční významnosti stenosis** (Heart flow CT- FFR)
    - b) provedení „**plaque analýzy**“ (Heart flow Plaque Analysis)
      - c) zhodnocení i **myokardu** podobně jako s MRI
        - perfúzní mapy
        - CT LE : CT late enhancement (obdoba LGE MRI)

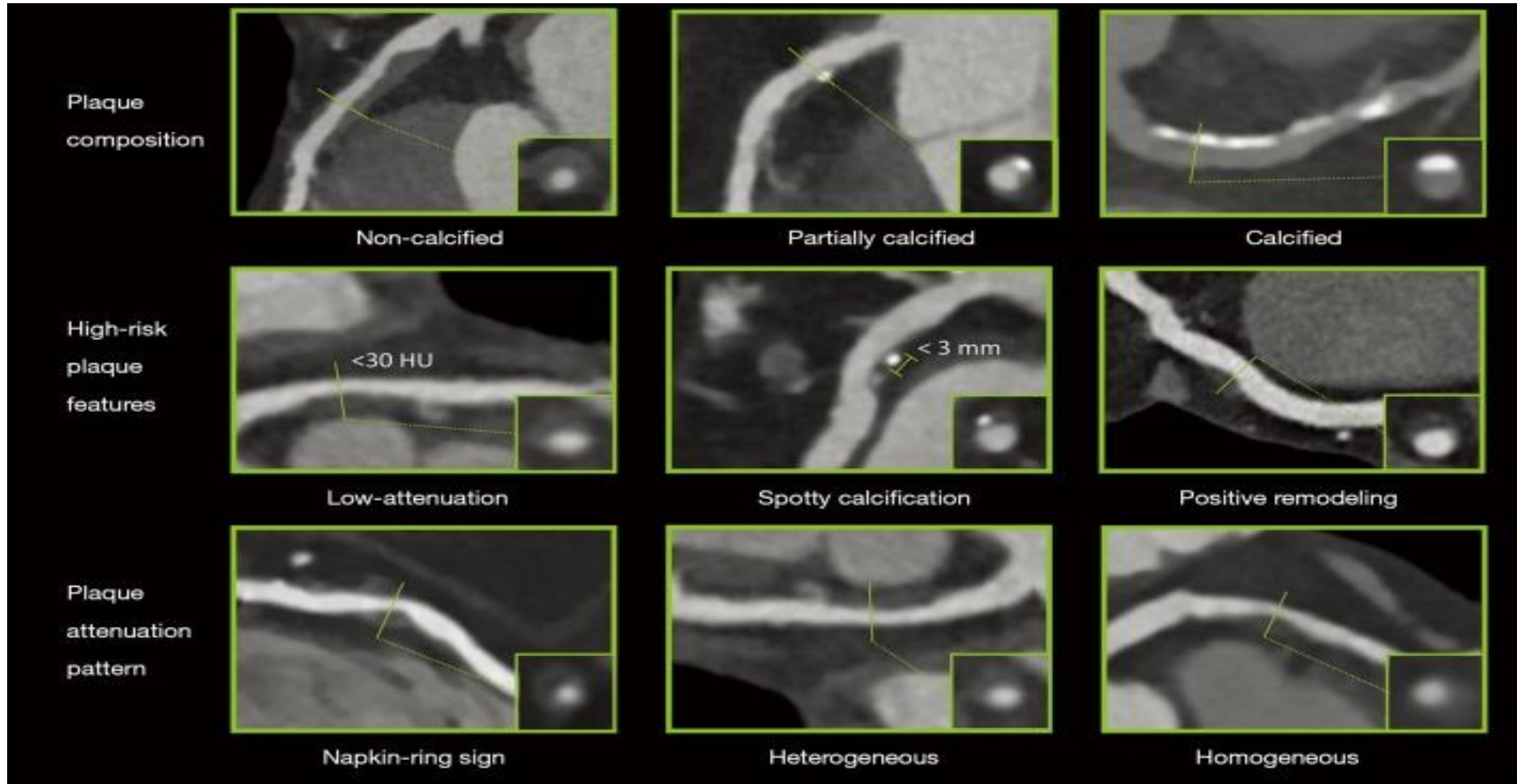
# Rekonstruované CT obrazy



**cMPR**: zakřivená (curved) multiplanární rekonstrukce

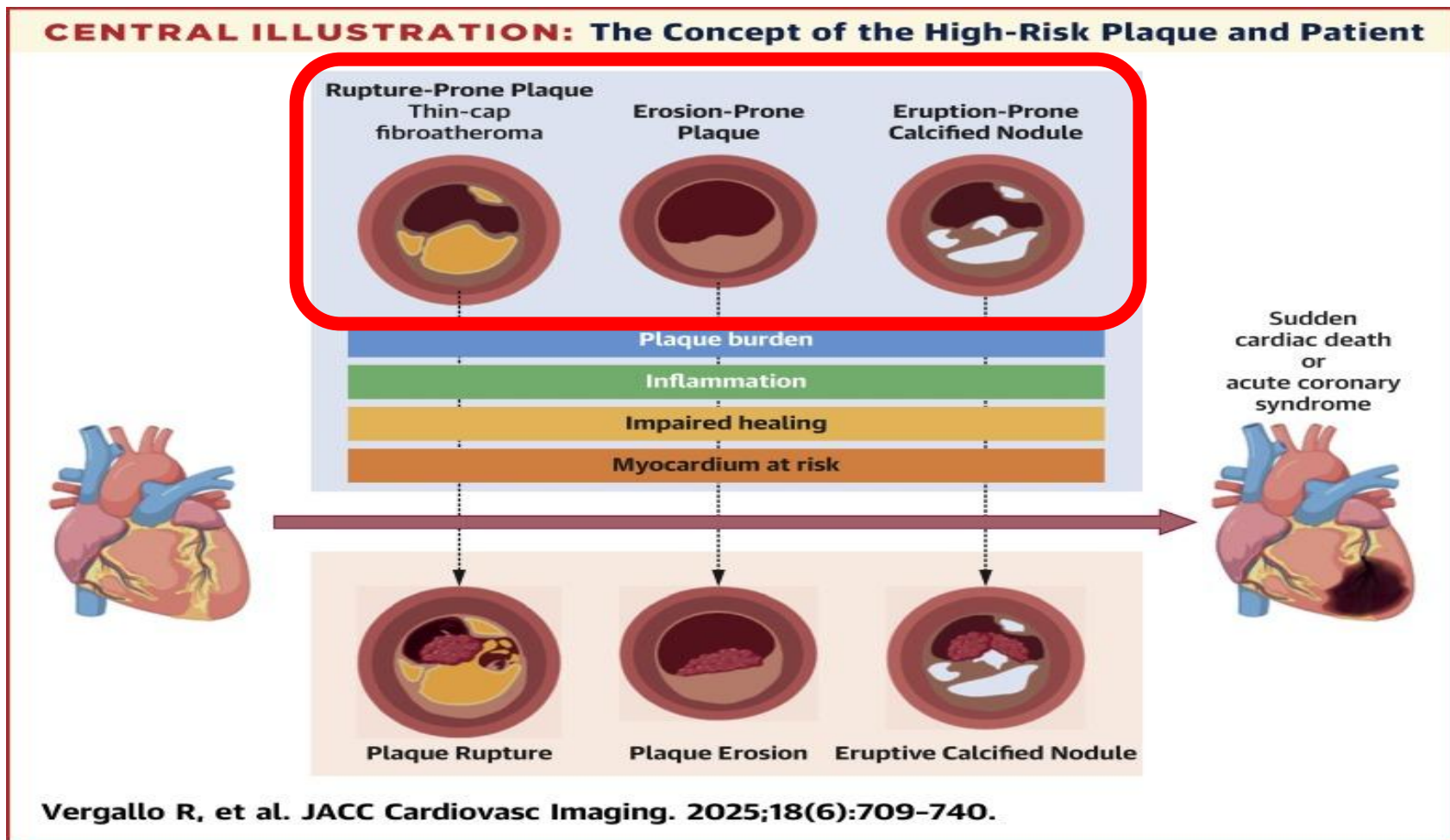
**VRT**: volume rendering technika

# CCTA: typy AS plátů



**High risk plát** : 1) není sám o sobě indikací k PCI – nejdříve intenzivní farmakoterapie  
2) další postup dle funkčního zhodnocení ( CT- FFR, CTP...)

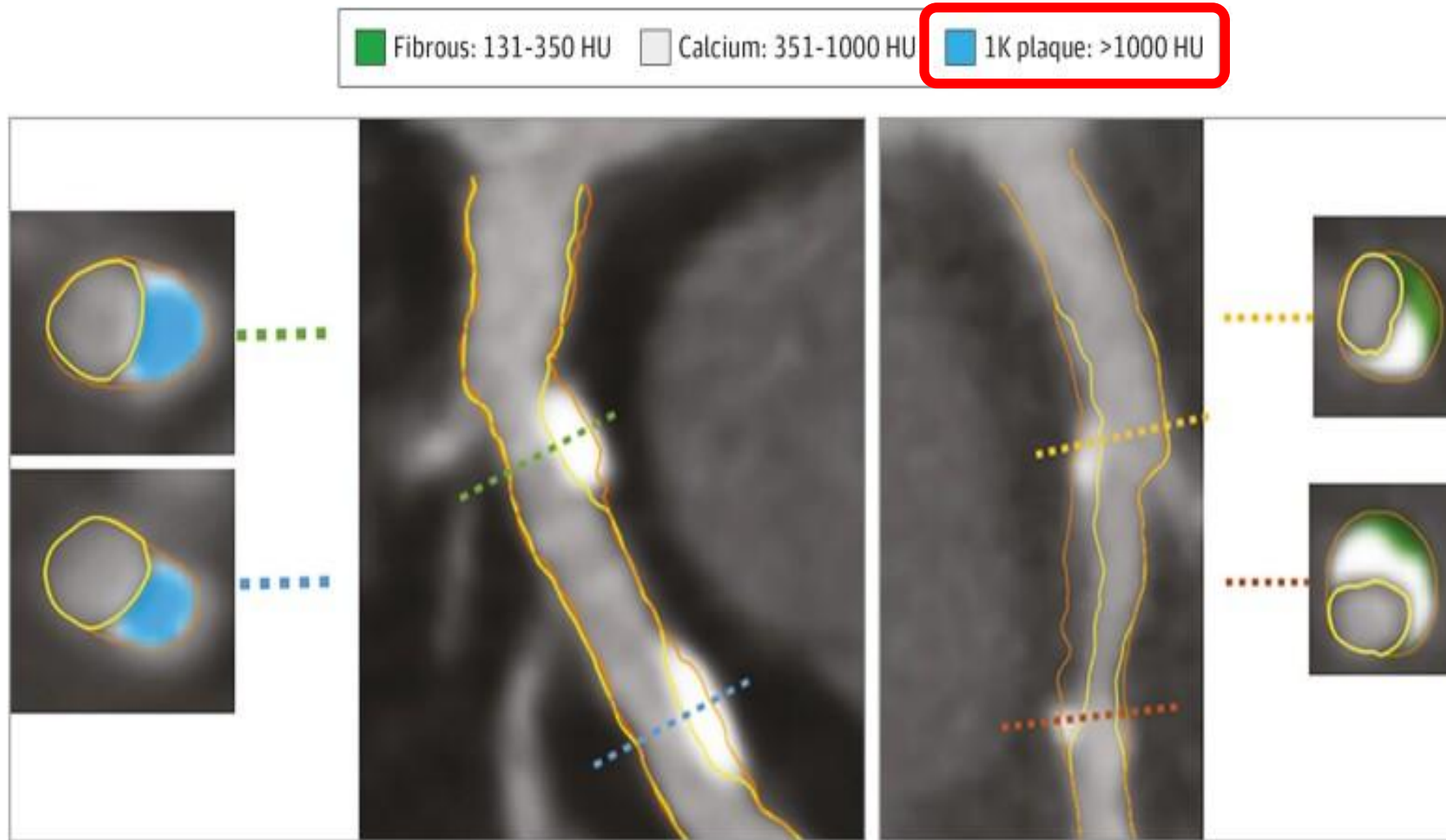
# „High risk“ plát (dříve „vulnerabilní“ plát) vr. 2025



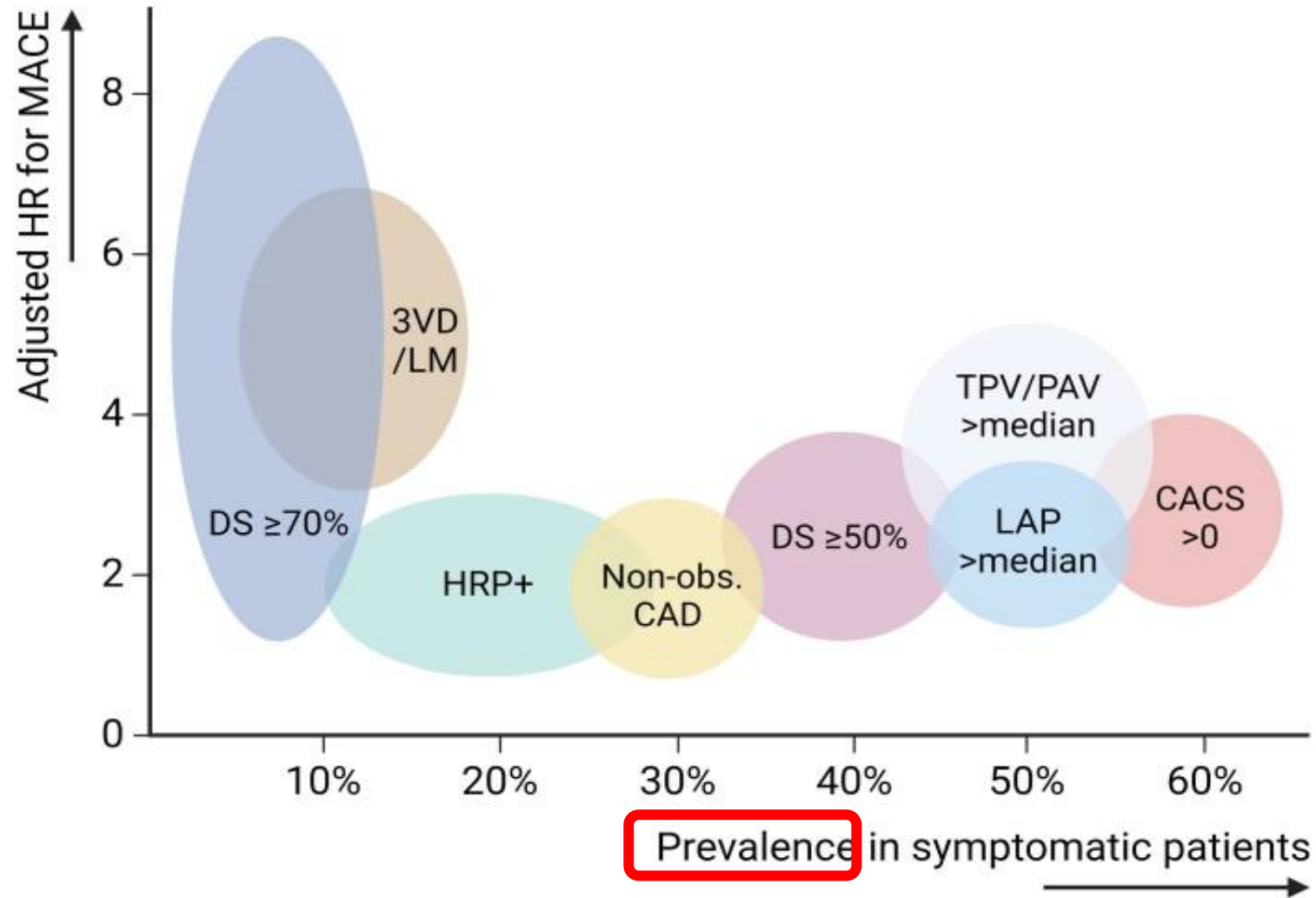
*JACC: Cardiovascular  
Imaging:  
Position Statement  
2025*

**Riziko AIM/úmrtí** ne v naprosté většině přítomnosti těžce kalcifikovaných plátů či CTO, ale přítomnosti „high risk“ plátů!

# Kalcifikace plátů a prognóza pacienta



# CCTA nálezy a následné MACE:



# The Lancet Commission on rethinking coronary artery disease: **moving from ischaemia to atheroma!**

(= přechod od ischemie k atheromu!)

- 50 stránkový dokument, 357 literárních odkazů
- 26 autorů z celého světa
  - vedeno 2 **intervenčními kardioložkami**
  - Sarah Zaman MD, Faculty of Medicine University of Sydney
  - Rasha K Al - Lamee, NHL Institute, Imperial College London

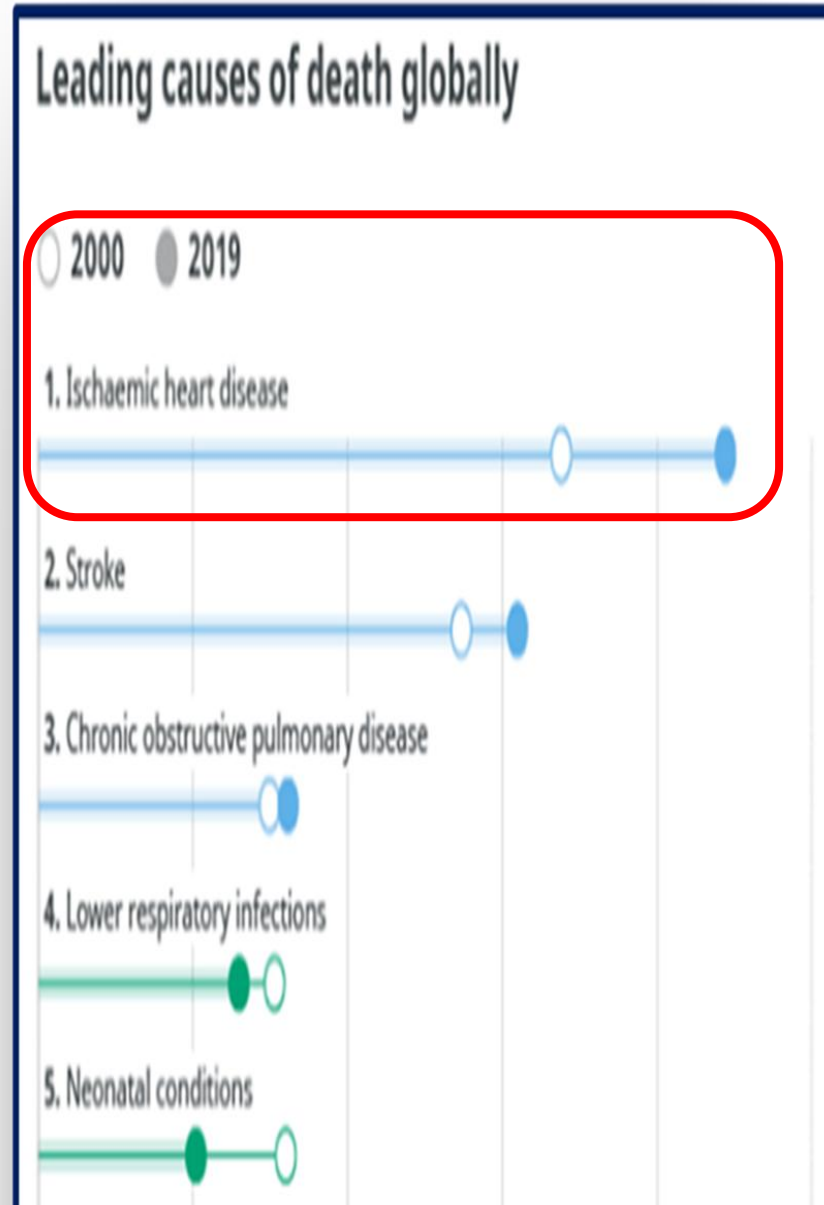


**THE LANCET**

**Lancet 2025** April 12, 405 : 1264 - 1312

# Nutnost **rethinkingu** - vysvětlení

- Manifestace ischemie = **pozdě** pro optimální th.:
    - vznik systolické dysfunkce LKS, jizev...
  - 2/3 AKS navíc vznikají na **non obstruktivních AS plátech** (= stenosa < 50% diametru) – jak je včas identifikovat a léčit ?
  - Přes „jakoby neuvěřitelné“ pokroky v kardiologii CAD nadále globálně vedoucí příčinou **mortality**:
    - nedostatečnost tradičního na ischemii založeného přístupu
- ~~„**ischemic - centric approach**“ to CAD?~~



# Teoretický vliv „rethinkingu“ na pokles mortality ACAD

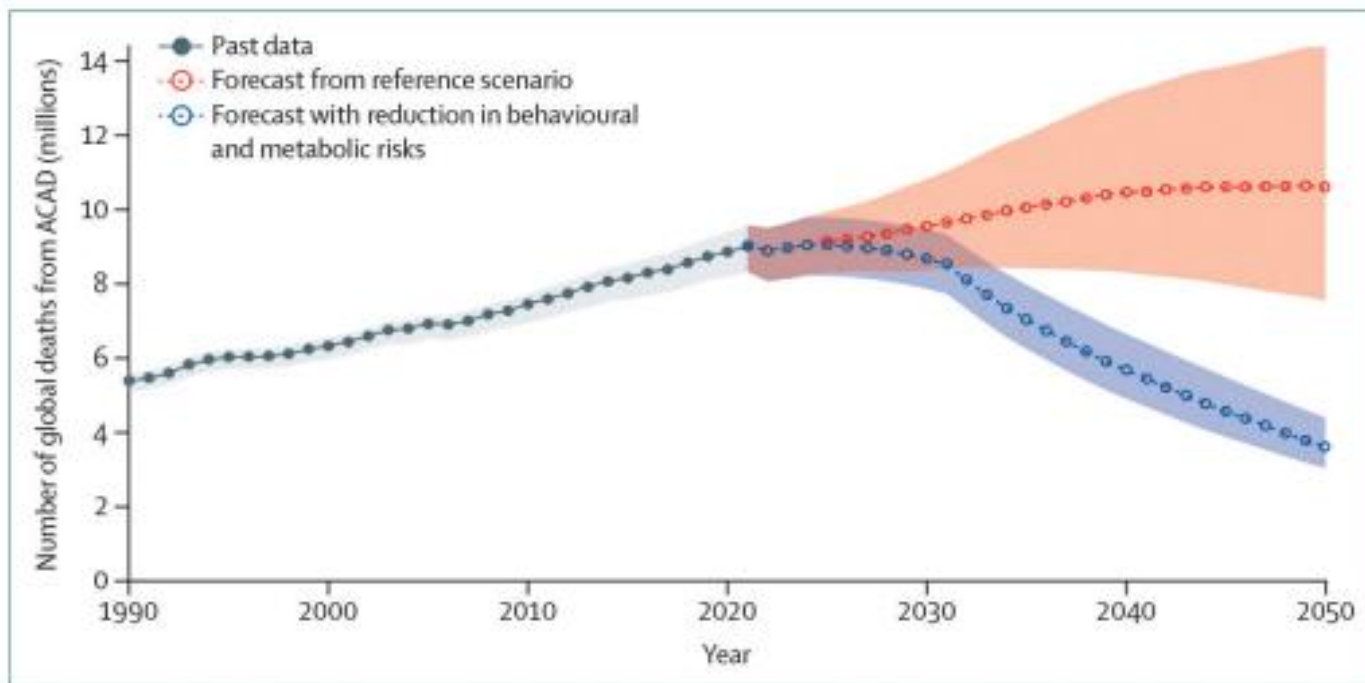


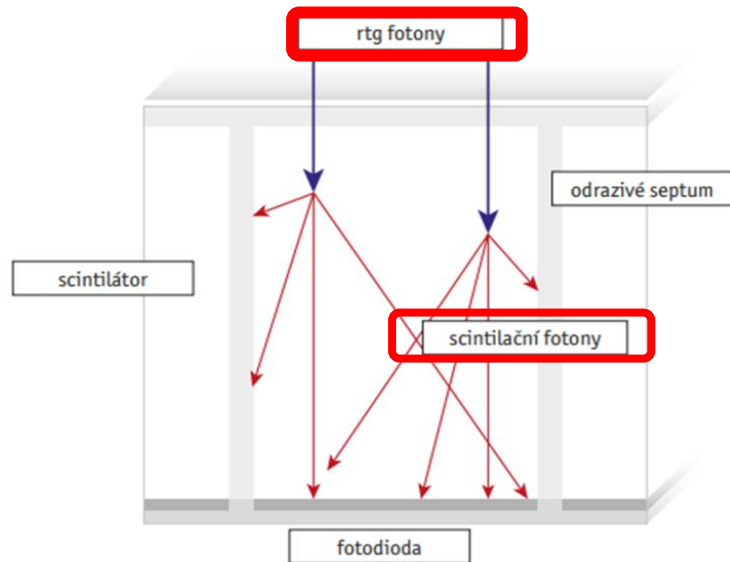
Figure 1: Number of deaths from ACAD from 1990 to 2021 and projection to 2050 with and without elimination of metabolic and behavioural risk factors

- Časná dg. AS a následné th. kroky = do roku 2050 snížení mortality ACAD o 82,1%!
- Potenciálně zachránění 8,7 milionů životu ročně !
- Nutno výrazně více užívat sofistikované „cardiac „CT !!!

# Správná terminologie u „cardiac CT“ (=srdeční CT)

- **Photon counting CT** (=fotony počítající CT) - PCD CT
- **Konvenční CT** - EID CT (= CT s energií integrujícími detektory)

## Detekce RTG fotonů u EID



### Fotodioda :

připevněna na zadní straně každého detektorového elementu

- viditelné světlo je tak převedeno na elektrický signál
- nízkenergetický analogový signál fotodiody je **snadno ovlivnitelný elektronickým šumem**
- současně již nelze zvýšit prostorové rozlišení polovodičových scintilačních detektorů

### Motto :

- všechny CT jsou fotonové!
- používání výrazu „**fotonové CT**“ je **oxymoron!**

**Foton** : základní částice elektromagnetického vlnění (= RTG, světlo, radiové vlny...)

# Výrobci „photon counting“ CT

- **United Imaging Healthcare (China):** r. 2025
- **Siemens Naeotom Alpha Class:** r. 2021- okolo 500 publikací!



**Naeotom Alpha Prime :**  
-single source 1x 144 slice



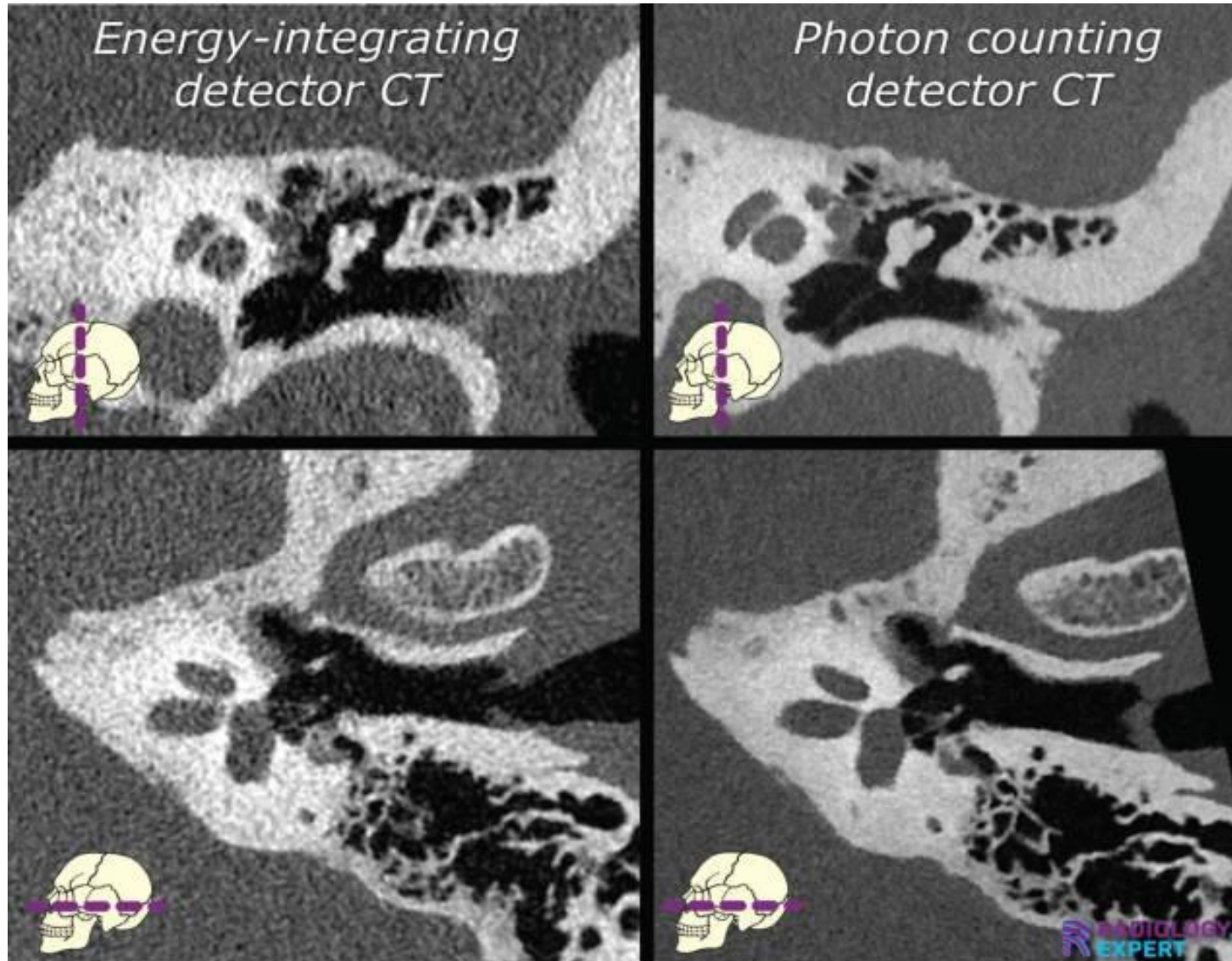
**Naeotom Alpha Pro:**  
- Dual source 2x 96 slices



**Naeotom Alpha Peak:**  
Dual source 2x 144 slice

**Česko 3 přístroje Siemens :** FN Plzeň, IKEM Praha, Kardiocentrum Třinec - Vítkovice (10/2025)

# Modelové srovnání EID CT a PCD CT: střední ucho

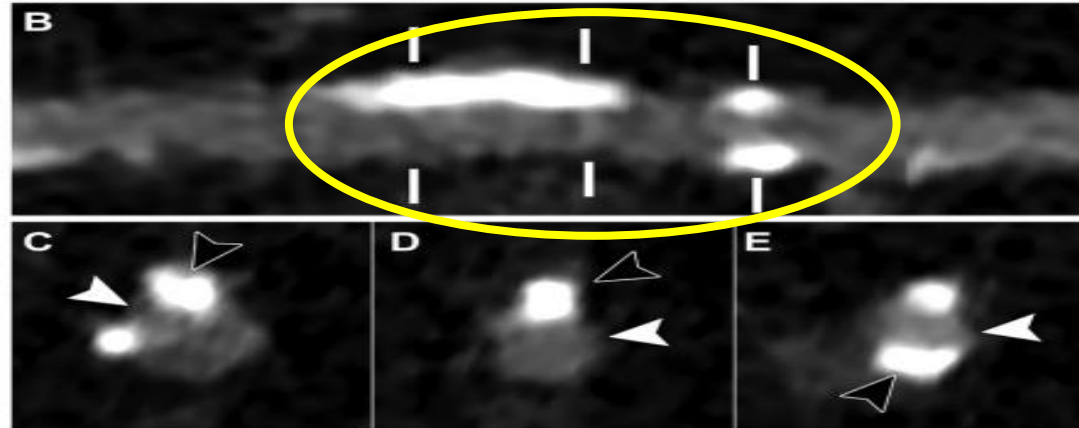


## **PC detektory poskytují data**

- s velmi vysokým prostorovým rozlišením
- bez elektronického šumu
- s nižší radiační dávkou.“
- s možnou redukcí kontrastní látky

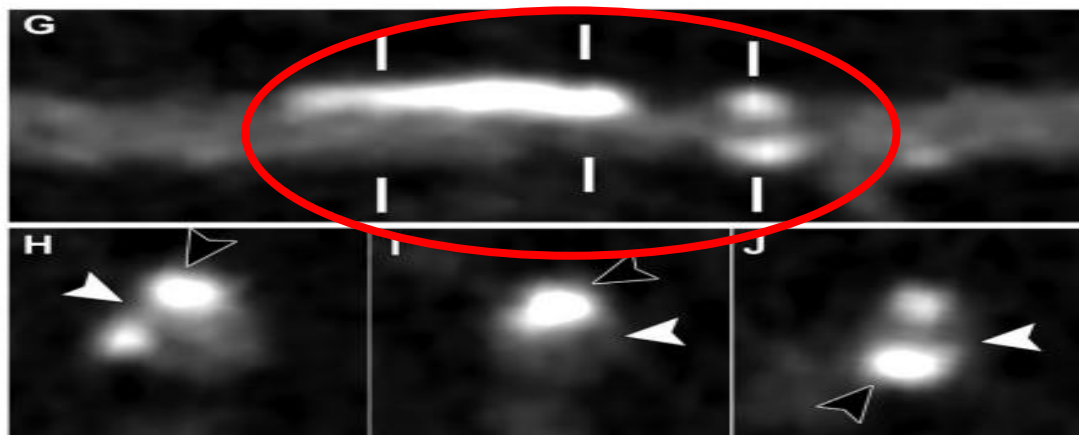
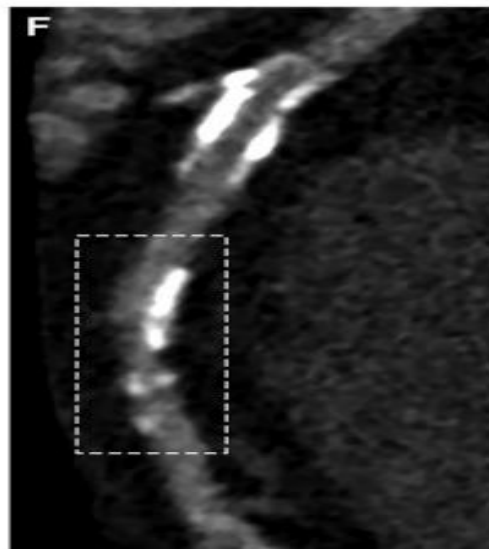
*Prof. Dr. Ph. Thomas Flohr  
vedoucí fyzik výpočetní tomografie  
z výzkumného centra Siemens  
Healthineers*

# EID-CT versus PCCT : zobrazení kalcifikovaného plátu



• Obrázky A- E : PCCT

= redukce **blooming** efektu kalcia !



• Obrázky F-J: EID- CT

# Klinický přínos PCD-CT oproti EID-CT: metaanalýza

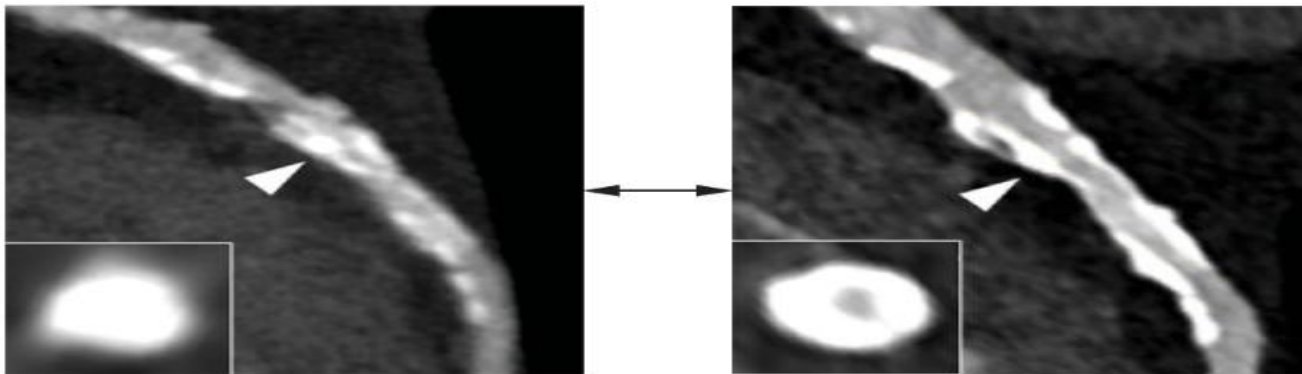
## Single-Center Experience With Photon-Counting Detector CT in Evaluation of CAD

### Energy-Integrating Detector CT (EID-CT) (N = 3,957)

- Scintillator/photodiode
- Indirect conversion of photon energies
- Reflective Septa

### Photon-Counting Detector CT (PCD-CT) (N = 3,876)

- Semiconductor
- Direct conversion of photon energies
- Elimination of septa



Improved Spatial Resolution, Less Noise, Less Blooming Artifact

### Clinical Impact of PCD-CT

- ▼ ICA referral (9.9% vs 13.1%)
- ▼ Unnecessary ICA (5.6% vs 8.4%)
- ▲ Revascularization if referred (43.4% vs 35.5%)

### Excellent Diagnostic Performance of PCD-CT

- ↑ Accuracy: 97.2%
- ↑ PPV: 83.3%
- ↑ Specificity: 98.0%

u EID CT jen 63% !

U EID CT 93%...ale u lézí s Ca score < 400 H.u.

Mezi EID-CT a PCD-CT není rozdíl v **senzitivitě** (= 90,9%) a **negativní prediktivní hodnotě** (=98%) pro obstrukční CAD !

- Najdu téměř všechny nemocné
- Již méně dobře vyloučím zdravé
- Negativní nález je téměř jistota
- Pozitivní nález není vždy pravda!

Sakai et al: JACC, Feb 2025  
(New York, 7 833 pac., 1:1)

# CT- FFR : základní fakta

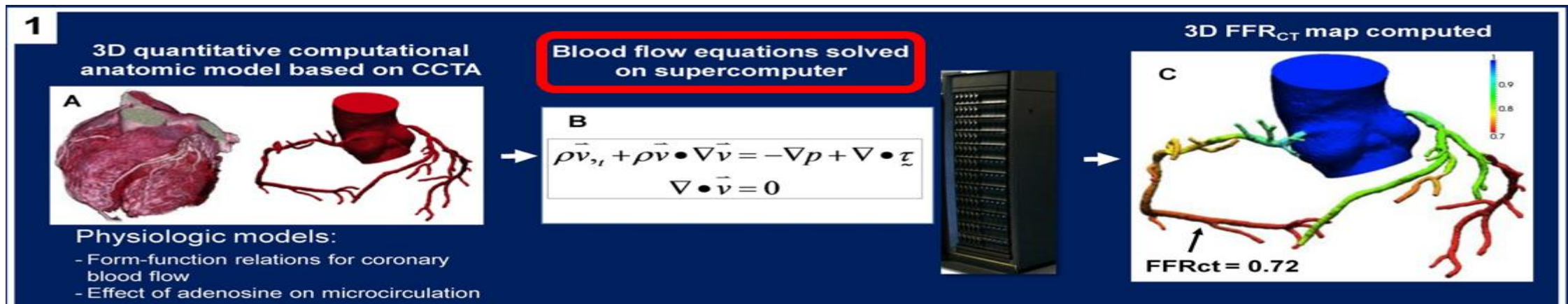
- **Definice** : postprocesingová výpočetní CT technika k určení fyziologického významu koronární stenozy - vytvořená více firmami

- Heart Flow inc. – USA ... **CE mark 2011, FDA approval 2014!**

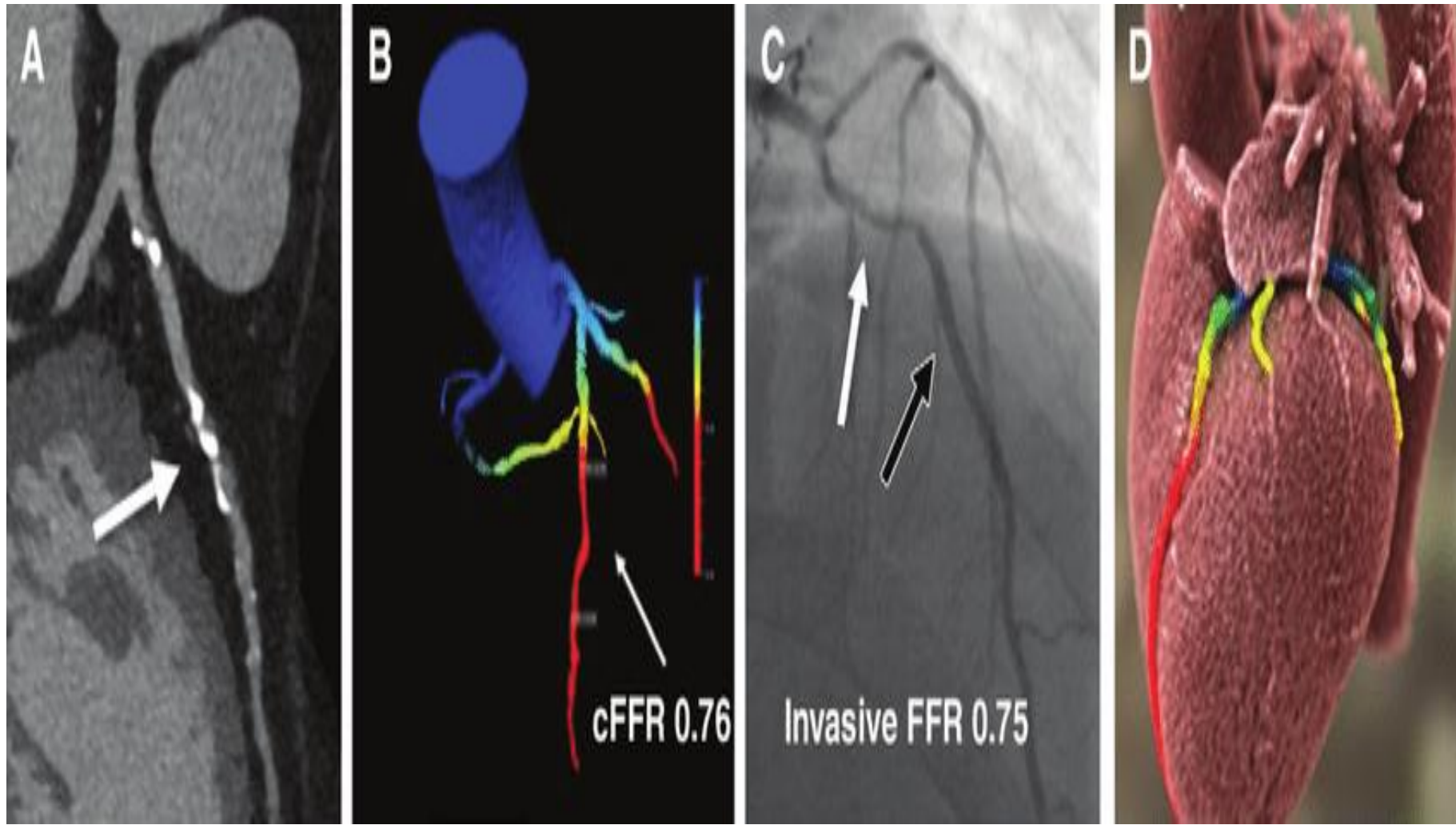
class 2a/B ACC/AHA Chest pain guidelines 2021

class 2b/B ESC guidelines CCS 2024

- nejlépe validovaná
- výpočet je založen na principu „ výpočetní dynamiky tekutin“
- „Off site“ metoda ( data z CCTA → vzdálený „supercomputer“ v Mountain View (Ca,USA)
- Za 3-4 hodiny výsledek : „roadmap“ barevná analýza s číselnými hodnotami FFR-CT



# Srovnání CT –FFR Heart Flow a invazivně změřeného FFR



Heart Flow CT-FFR : více než **600 odborných publikací**

- použito u více než 500 tisíc pac., používá **cca 1400 nemocnic**

# CT- FFR : další výrobci



- **„Deep learning algorithms“** derived FFR-CT:
  - výpočet FFR z CCTA pomocí umělé inteligence(= deep learningu), bez nutnosti složitých fyzikálních simulací proudění tekutin
  - model natrénovaný na tisících případech CCTA+ CFD + invazivního FFR
  - přímo „odhaduje“ FFR z CCTA
- **„On site“** hodnocení
- **Rychlé** hodnocení (výsledek v „pár minutách“)
- Dle studií **vysoká diagnostická přesnost** ve srovnání s invazivním FFR
  - AUC = 0,93 !

# Kardiocentrum Třinec : CT-FFR ( od 4/2026)

The Careverse logo, featuring a stylized blue 'C' icon followed by the word 'Careverse' in a purple sans-serif font. The logo is enclosed in a red rounded rectangular border.

## Careverse Technology

World Leading In

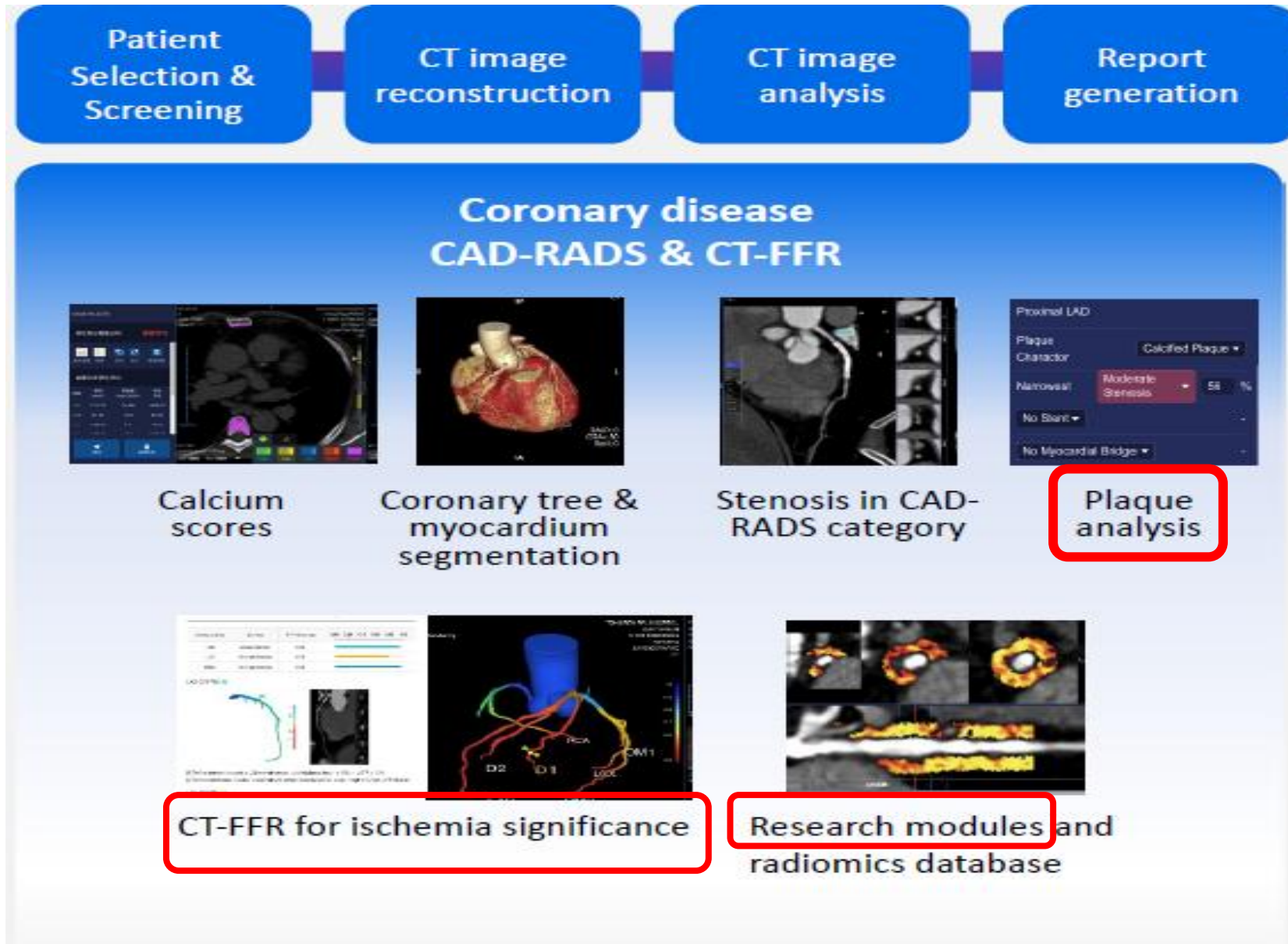
### Company profile

Původně **ShuKun Technology**:  
globální leader AI v zdravotnictví

- ❑ Founded in **2017**, China business headquartered in **Beijing**, overseas business headquartered in **Singapore**
- ❑ **9 CE MDR marks**, **2 FDA 510(K)** approvals, **14 NMPA Class III** certificates
- ❑ More than **4,000 Healthcare Institutions** coverage
- ❑ Included in **the 2024 Global Unicorn List**

careverse.com

# Careverse : „Digital Heart“ software



- **Plně automatický** scan- to- report Workflow
- **Schválená „excelece“** - otestování v klinických studiích
- **Výsledek vytvořen na 3 minuty !**

# Careverse : Digital Heart + Digital Chest

## Acute chest pain Triple rule-out



### Coronary CTA

Identify obstructive lesions causing the acute symptom, plaque rupture risk assessment



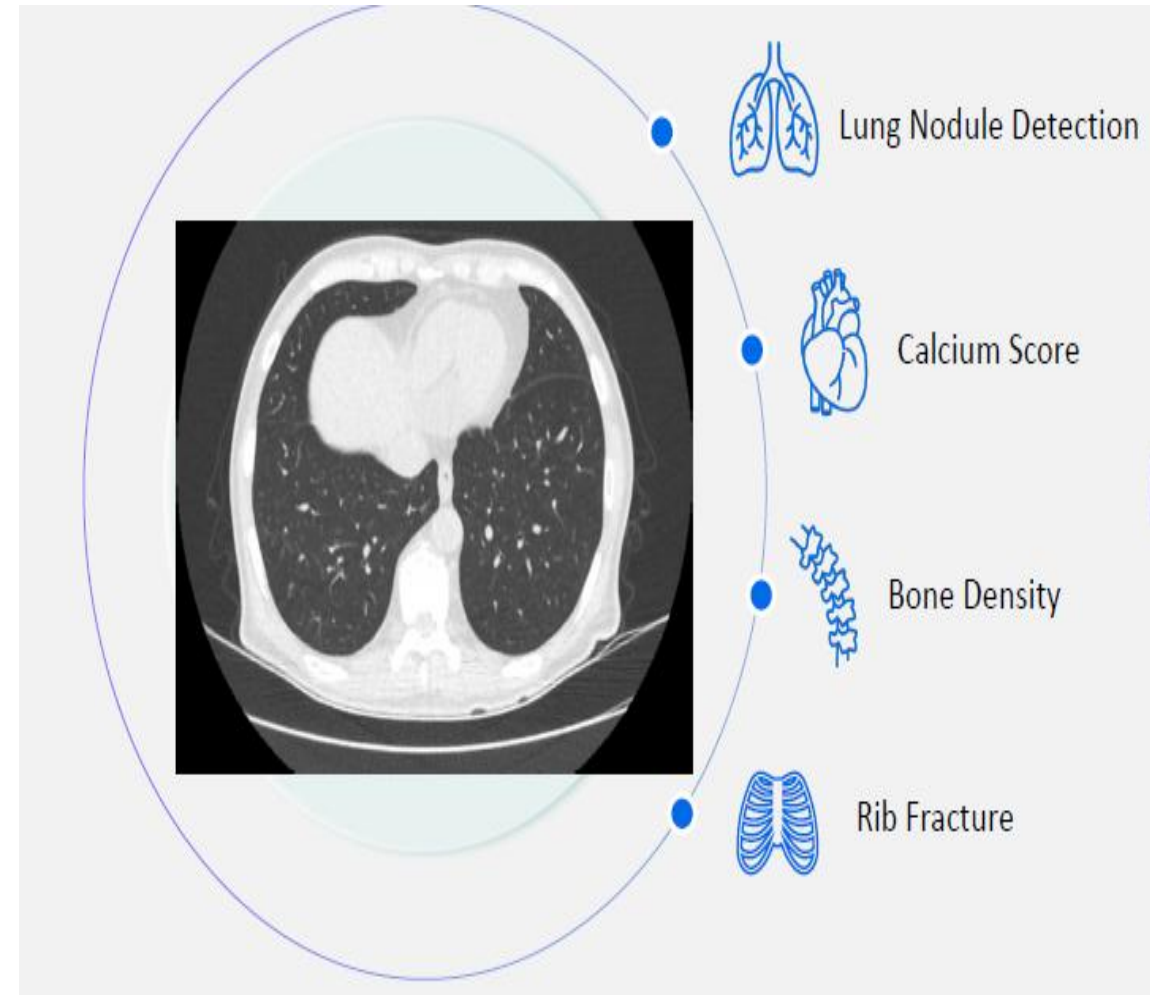
### Pulmonary CTA

Segmentation of pulmonary arteries, veins and embolus, embolism quantitative analysis




### Aorta CTA

Segmentation of aorta, Type A/B dissection classification, false/true lumen measurement, artery involvement analysis



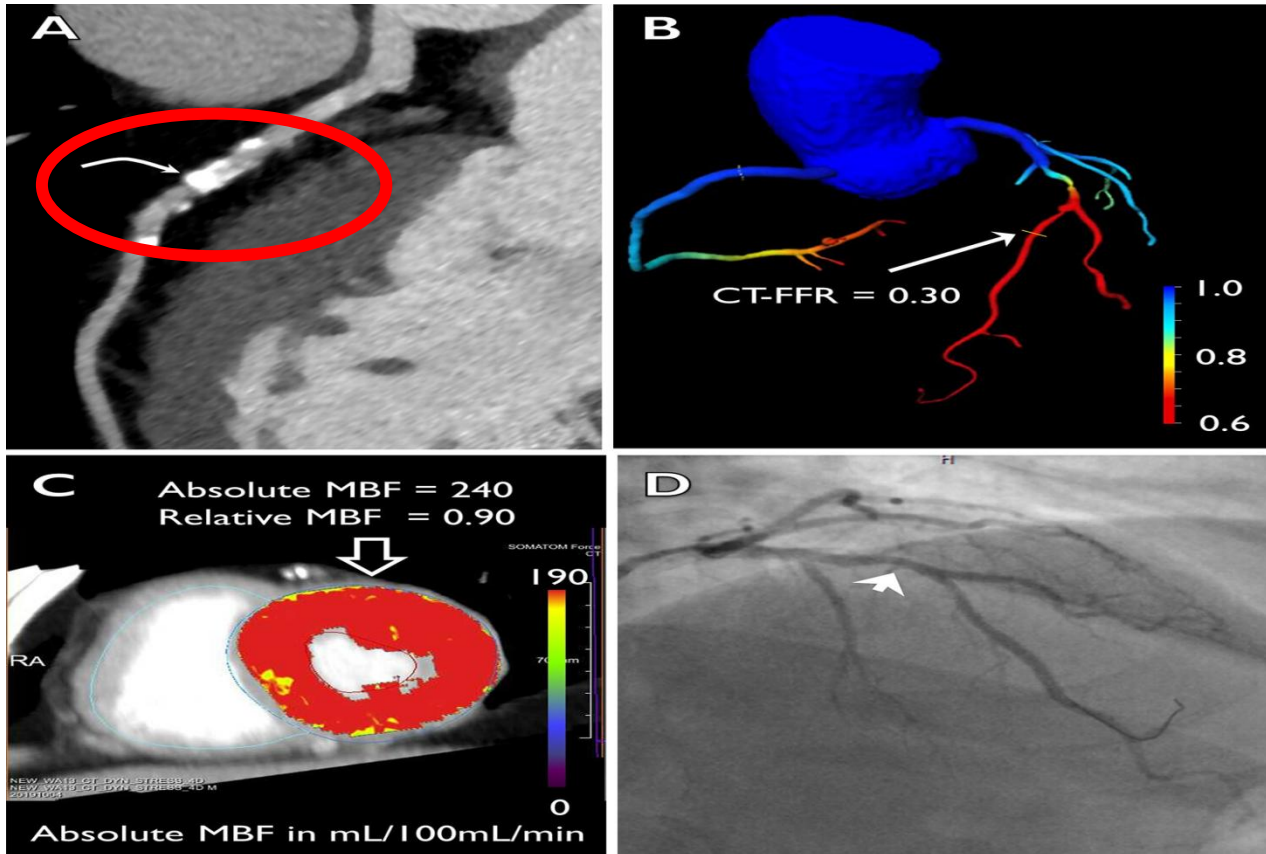
# FFR- CT: základní fakta

FFR <sub>CT</sub> ERROR		
FFR <sub>CT</sub>	COLOR	AVERAGE ERROR TO Invasive FFR <sup>†</sup> ± 1SD
≤ 0.70		-0.07 ± 0.12
0.71 - 0.75		-0.07 ± 0.12
0.76 - 0.80		-0.06 ± 0.07
0.81 - 0.85		-0.04 ± 0.05
0.86 - 0.90		-0.02 ± 0.07
0.91 - 1.0		-0.01 ± 0.04
0.0 - 1.0		-0.03 ± 0.07

- **technicky proveditelné u 91-95% CCTA**
  - problémové u extenzivních kalcifikací ( Ca score>1000)
- validováno na tepny diametru ≥ 1,8 mm
- **nevalidováno na koronární stenty a CABG**
- přesnost 86% ve srovnání s invazivním FFR
- proti CCTA zvýšení specificity z 40 % na 82%!  
( u kalcifikovaných plátů s Ca score>400 H.u.)
- vede k snížení následné SKG po CCTA o 69%!
- **u hodnot 0,70- 0,85 „ uvážené hodnocení“** v souladu v souladu s klinikou, charakterem léze

# CT myokardiální perfúze

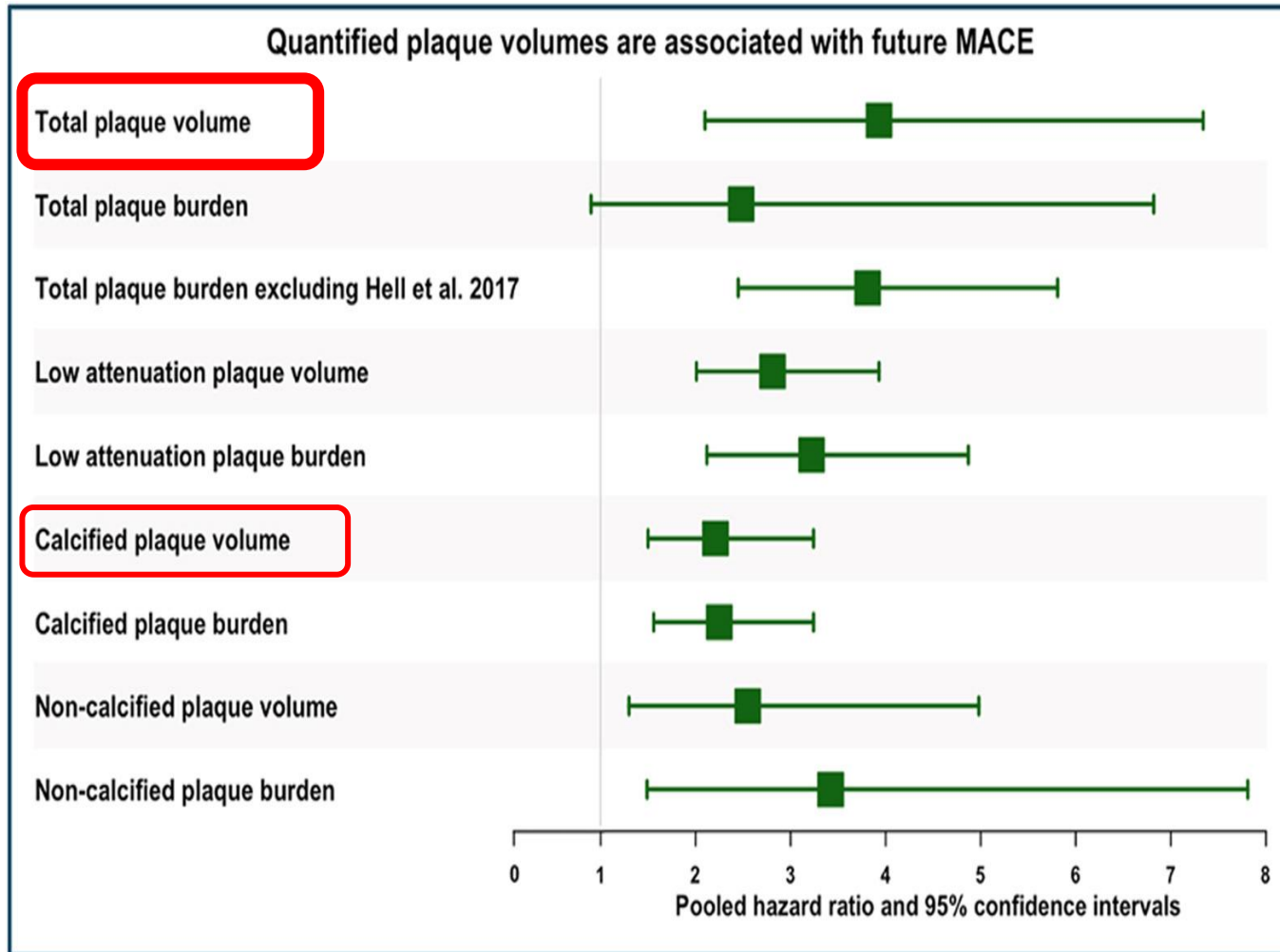
Rozsah kalcia v plátu v.s.zkreslil výsledek CT- FFR : výhodnější užít perfúzi



61-letý muž s atypickou AP  
+ rizikové faktory ICHS

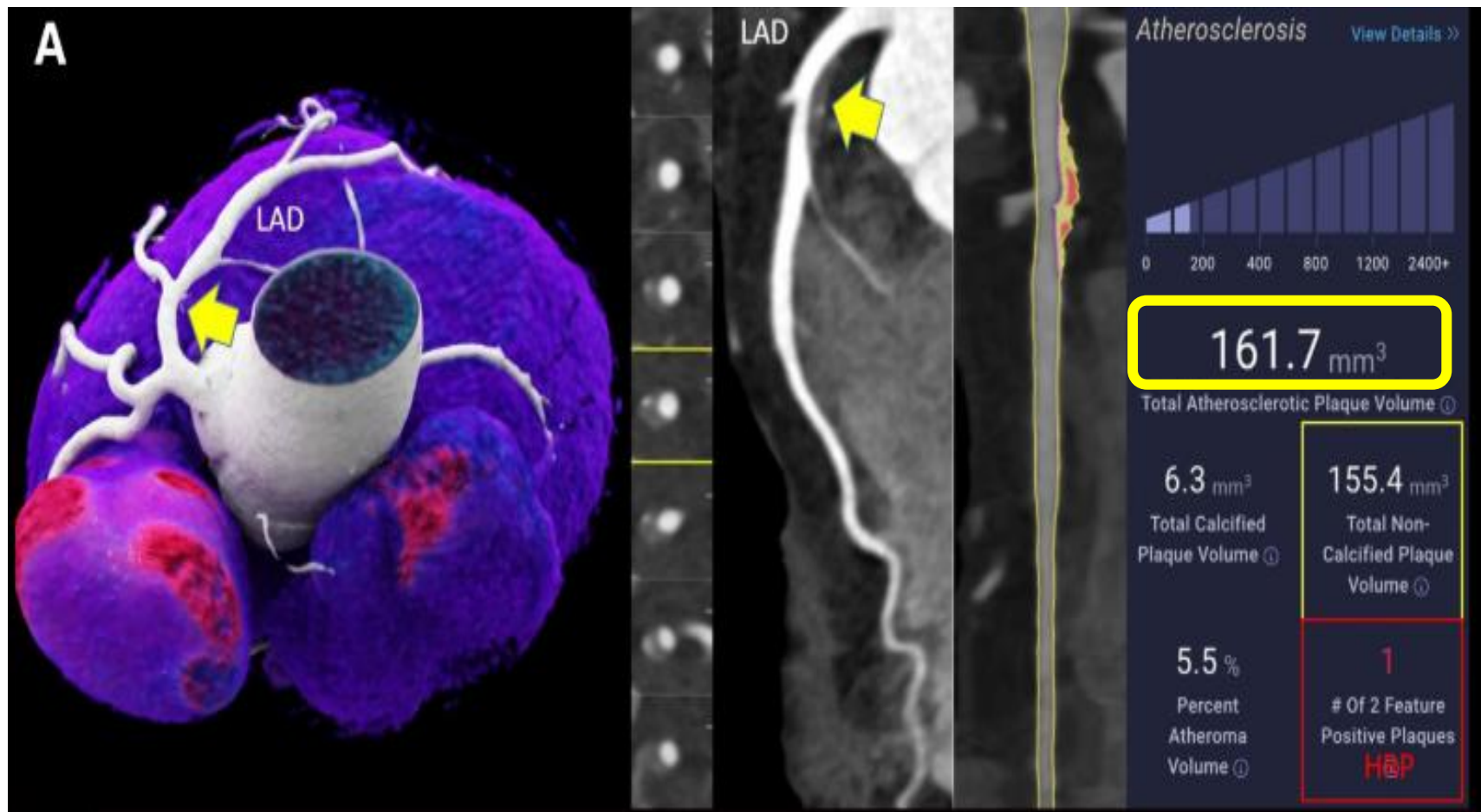
- **CCTA:** „ severe“ stenosa rozhraní proxim.a střední RIA
- **SKG :** 44% (= hraniční )stenosa střední RIA – s invazivním FFR 0,86
- **CT perfúze :** norma

# Klinický význam kvantifikace plátů: budoucí MACE



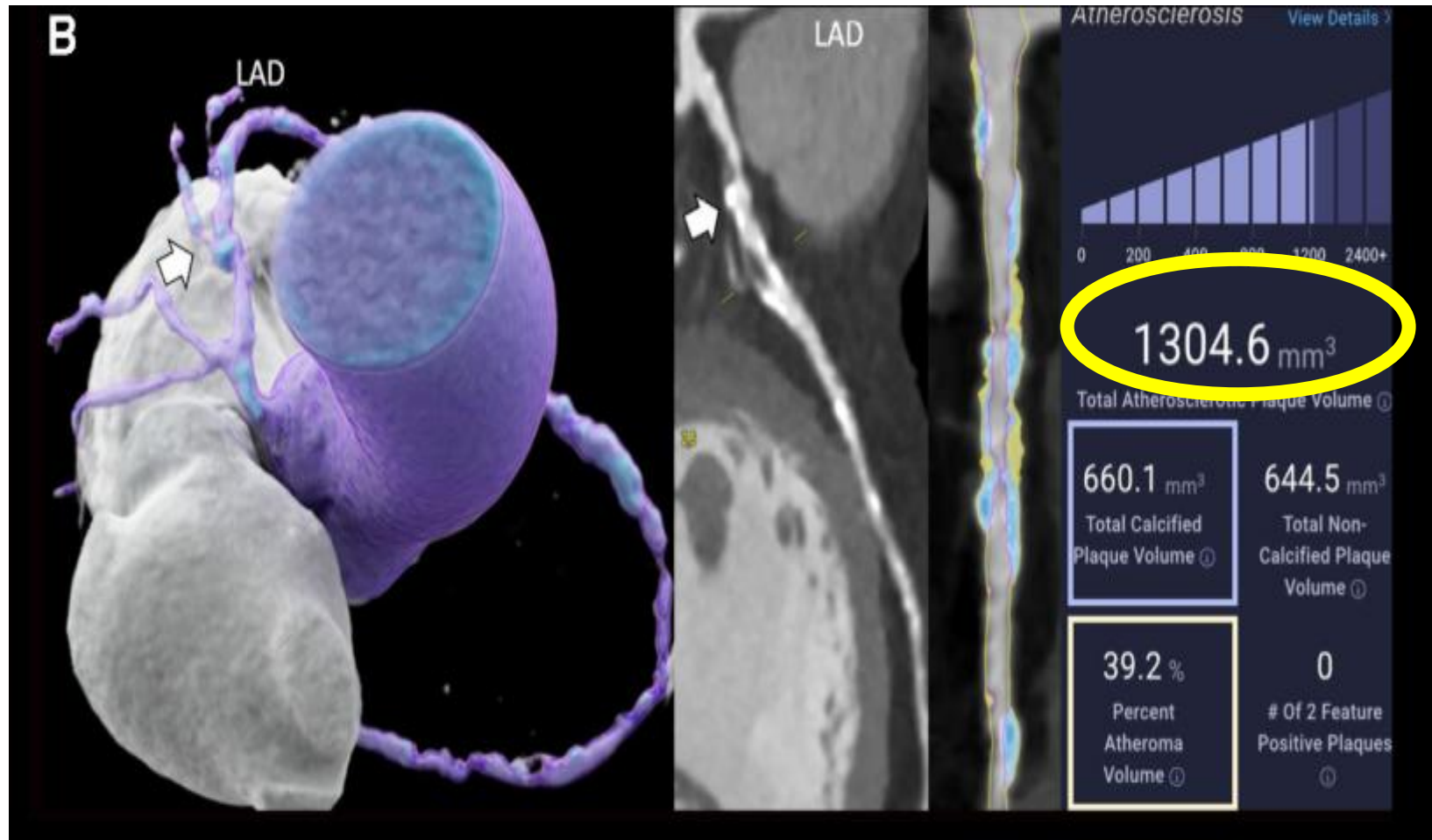
Amount of Plaque	Total Plaque Volume, mm <sup>3</sup>
Mild	1-100
Moderate	101-250
Severe	251-750
Extensive	>750

# Plaque volume : case 1



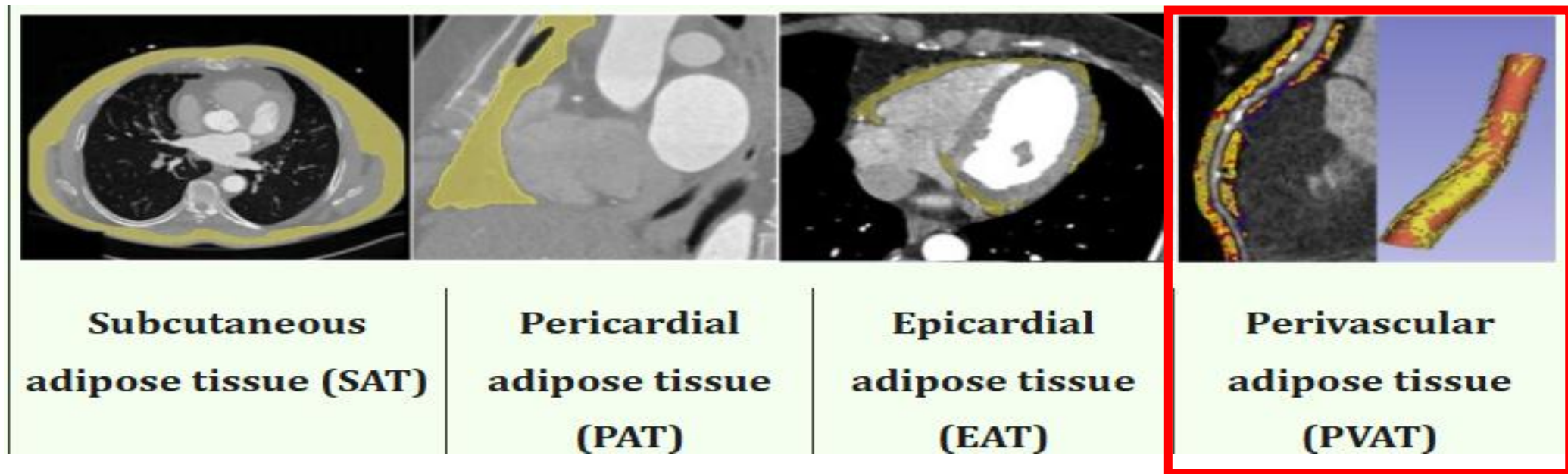
55 - letá žena s atypickými bolestmi na hrudi : konzervativní léčba

# Plaque volume : case 2



65 - letý muž s atypickými bolestmi na hrudi + RF ICHS: **PCI RIA + intenzivní farmakoterapie !**

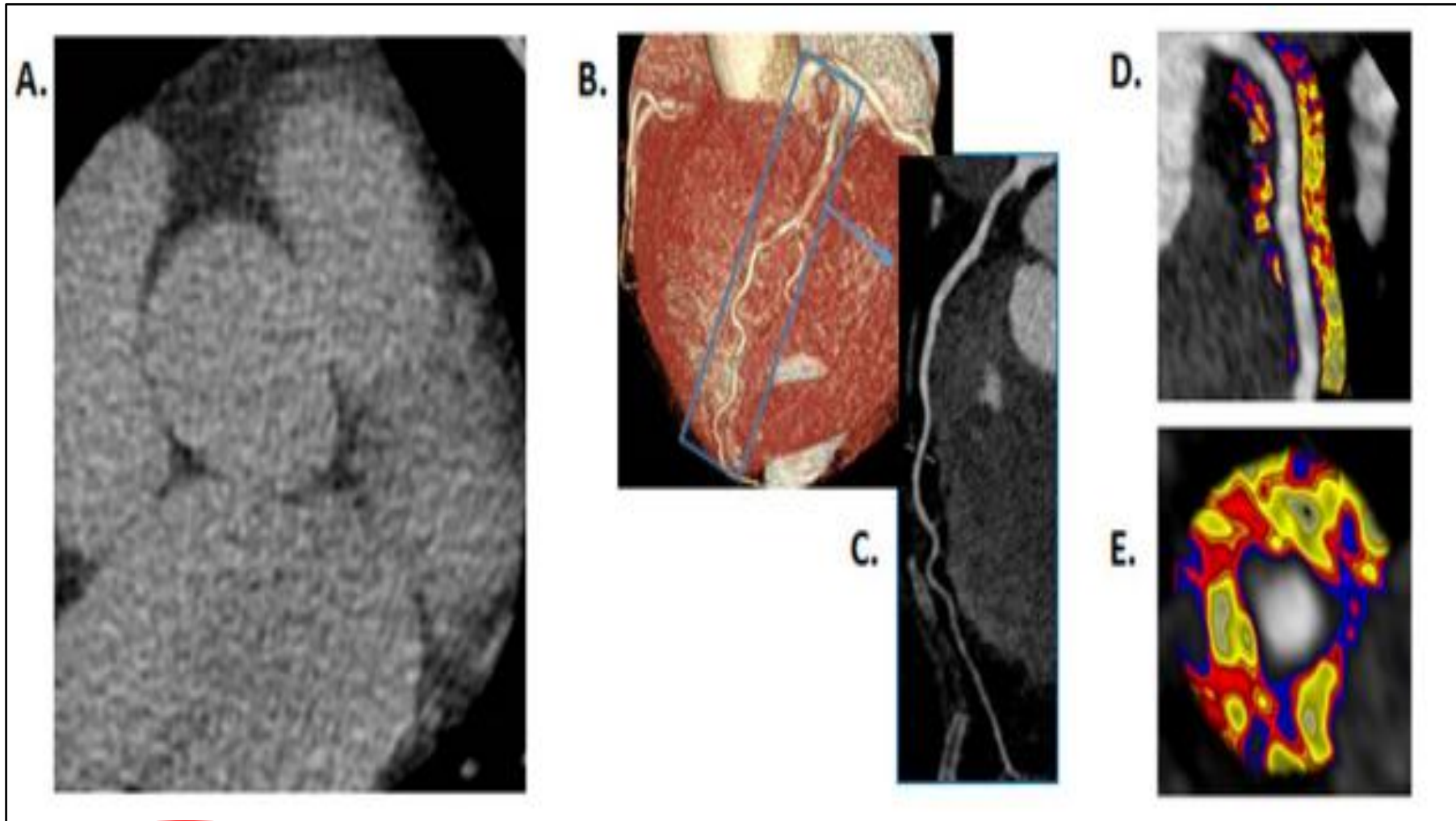
# CCTA k upřesnění koronární „rizikovosti“ pacienta



## **PVAT :**

- Metabolicky aktivní tkáň ovlivňující působky cévní stěnu
  - pozitivní vliv ( vasodilatace...)
  - negativní vliv ( produkce zánětlivých látek – progrese AS, nestabilita plátů...)
- Podstata hodnocení: v oblasti „ high risk“ plátů se zvýší densita PVAT !
- První software k hodnocení : firma **CARISTO** (Oxford) – vr.2018

# Perivascular adipose tissue : case



- **FAI score- percentilová kategorie:**

- vysoká > 75 th percentil
- nízká < 50 th percentil

- **FAI :**

- Hodnota  $\geq -70$  H.u.
- = zvýšení mortality i NSTEMI s HR 5!

**A) Ca score : 0**

**B/C) CCTA : RIA bez stenosis**

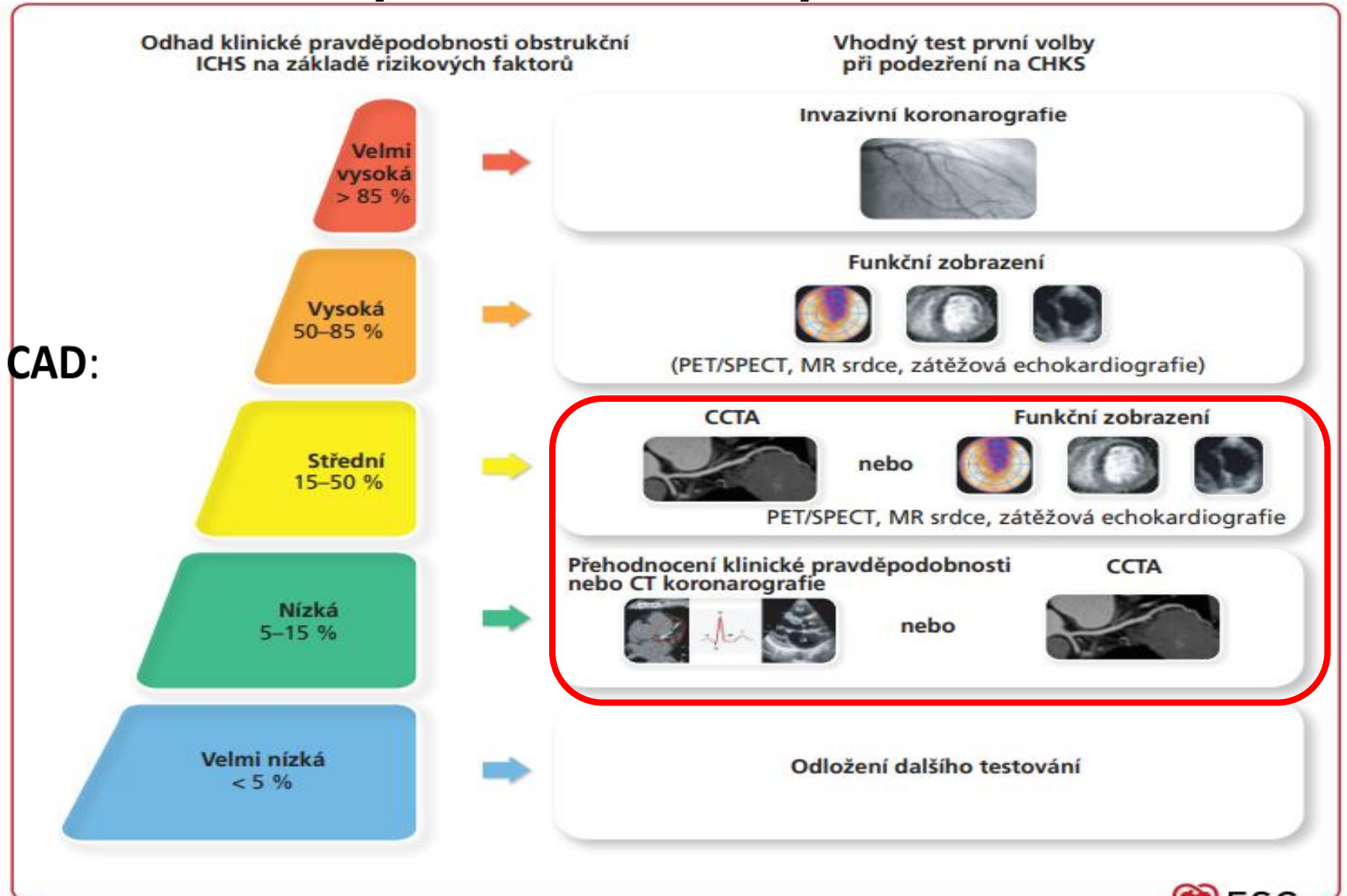
**D/E) : patolog. FAI (= - 69,4) + FAI score (87th perc.)**

# Testy první volby u symptomatických jedinců s podezřením na chronický koronární syndrom


## SKG při nižší pravděpodobnosti CAD:

- Málo výtěžné
- Nízká cost/efektivita
- Riziko komplikací !

- Proto SKG jen u velmi vysoké pravděpodobnosti (> 85%)!



# Kalkulátor pravděpodobnosti CAD - ESC 2024

**CADence** 

ESC 2024 CCS Guideline-Based Probability Calculator for Coronary Artery Disease

Your companion for evidence-based CAD assessment, integrating ESC guidelines, risk factor analysis, and diagnostic recommendations into one seamless workflow.

## Patient Characteristics

Age ?

Gender

Male

Female

Select Primary Symptom:

Chest Pain  Dyspnoea

Chest Pain Classification (select all which apply):

Substernal chest discomfort  Provoked by exertion/stress  Relieved by rest/nitroglycerin

**Non-anginal Chest Pain (0-1 characteristics present)**

## Risk Factors

Diabetes  Current/Past Smoking  Dyslipidemia  Hypertension  Family History of Early CAD




„RF-CL“:  
risk faktor  
weighted  
clinical  
likelihood

# Kalkulátor pravděpodobnosti CAD - ESC 2024

## Risk Assessment

Risk Factor-weighted Clinical Likelihood (RF-CL)

4.0%

- >  ESC Recommends:  
Adjust RF-CL based on Clinical Findings
- >  Have results of calcium score?  
Enter them here for a CACS-CL
- >  Have results of prior testing?  
Enter them here for a post-test probability

## Recommendations

Select which score you would like to base recommendations off of:

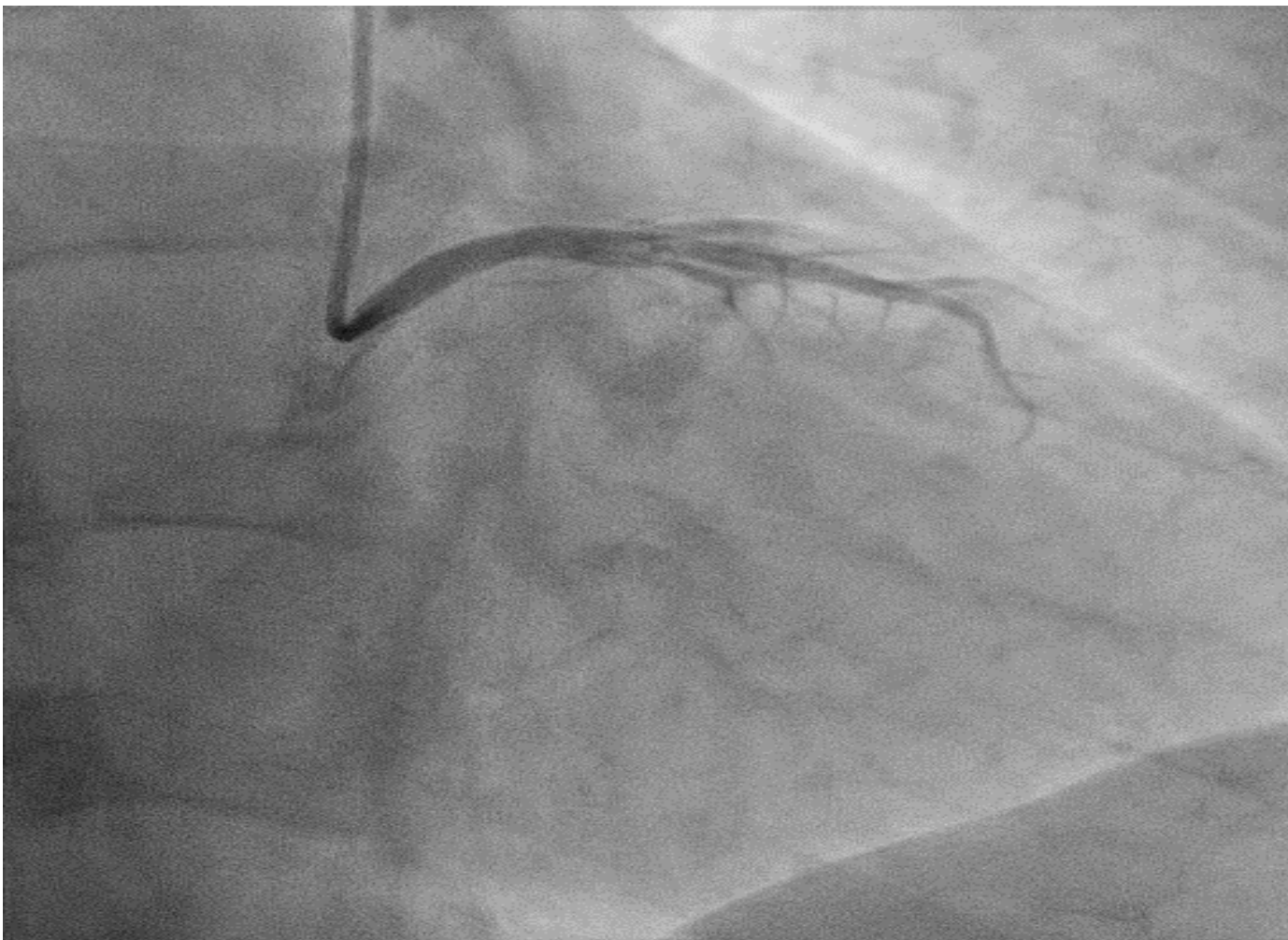
RF-CL

CACS-CL

Recommendation based on CACS-CL [0.9%]

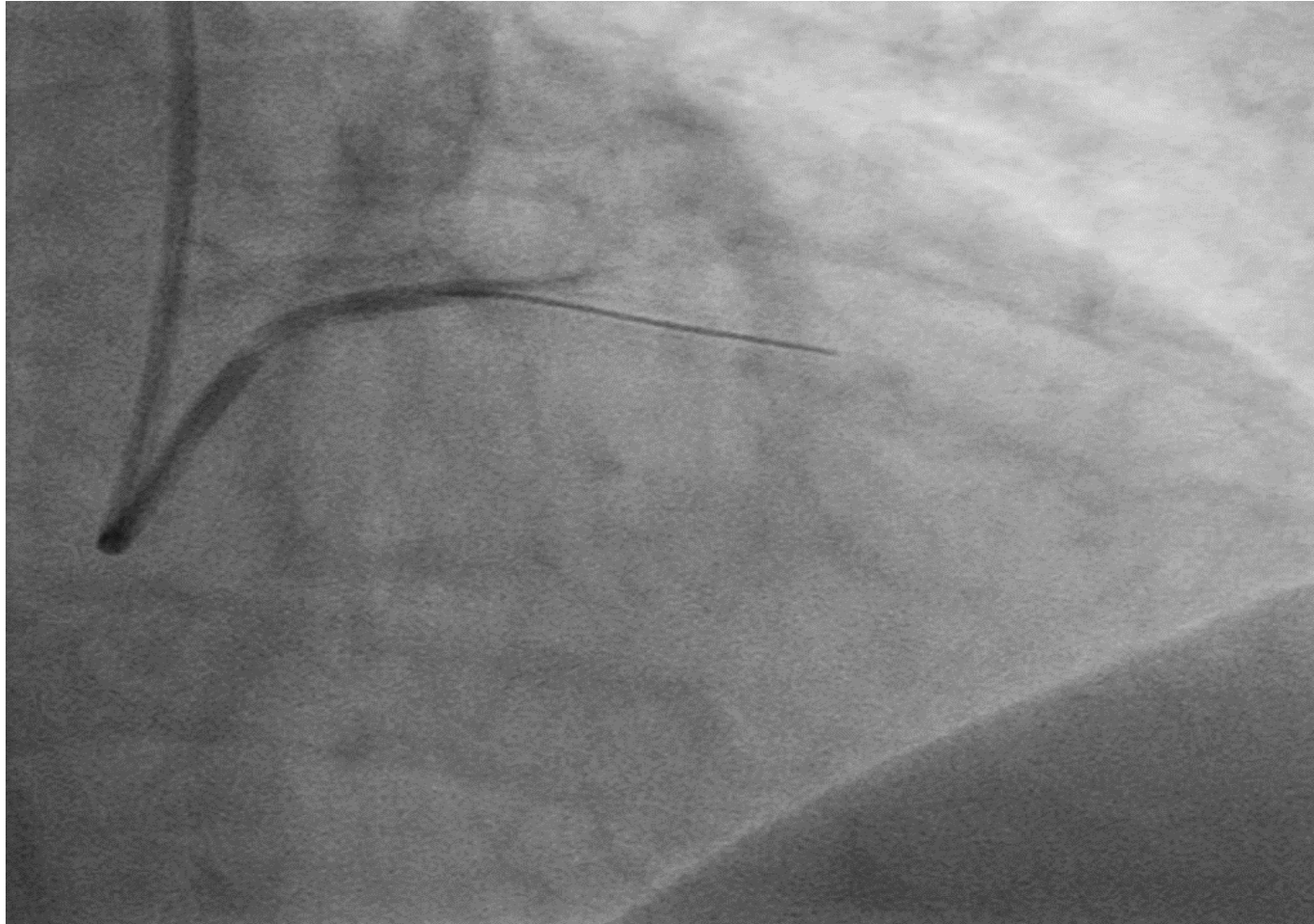
**Consider Defer Testing**

## Iatrogenní disekce ACS u negativní SKG



**Indikace k SKG :** „ námahová dušnost „ nejasné příčiny u 65 leté pac.  
První nástřiky : koronární tepny bez stenosis

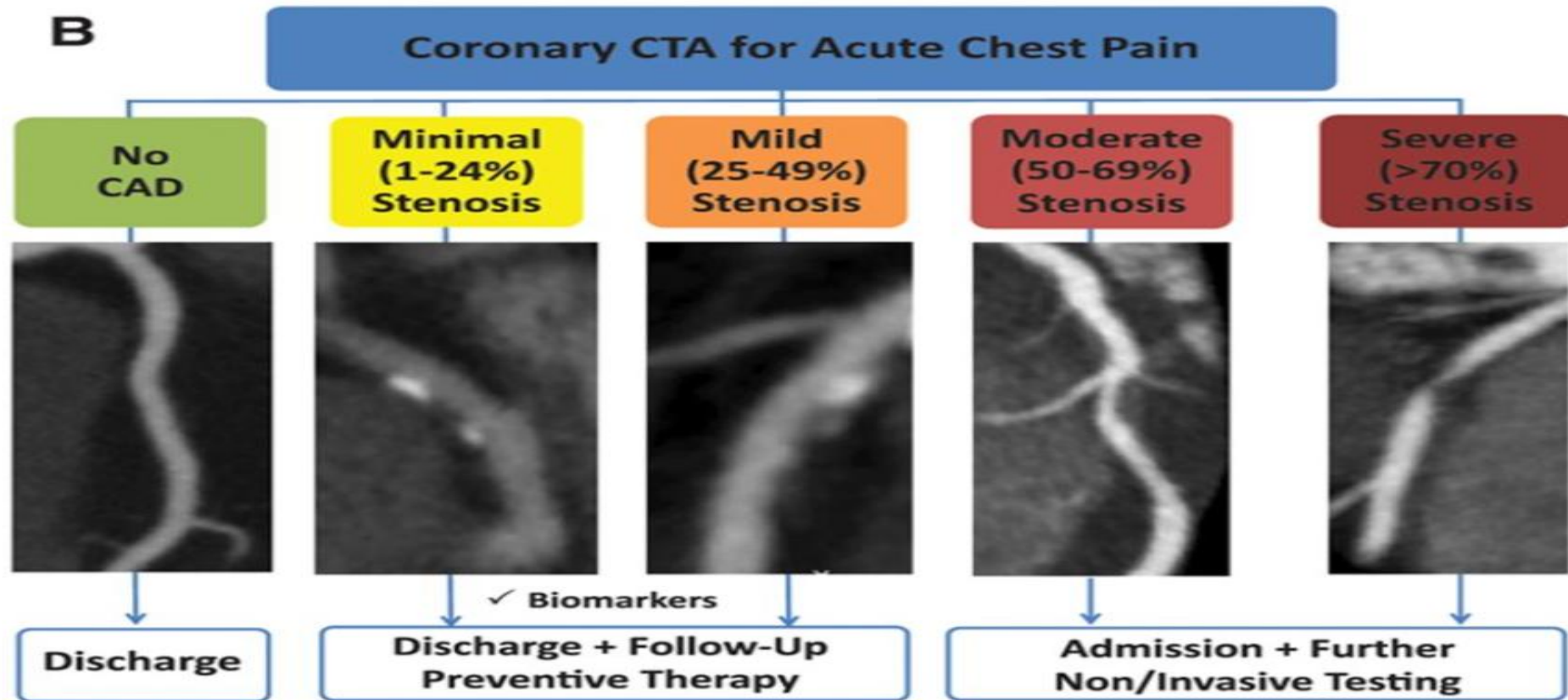
## Iatrogení disekce ACS u negativní SKG



**Vznik spirální disekce ACS** : neúspěšná snaha o intervenční řešení

Definitivní řešení stavu : **emergentní CABG** ( 2 x by pass : LIMA/RIA, žíla – RMS)

# CCTA nálezy u „akutní bolesti na hrudi“ bez STElevace

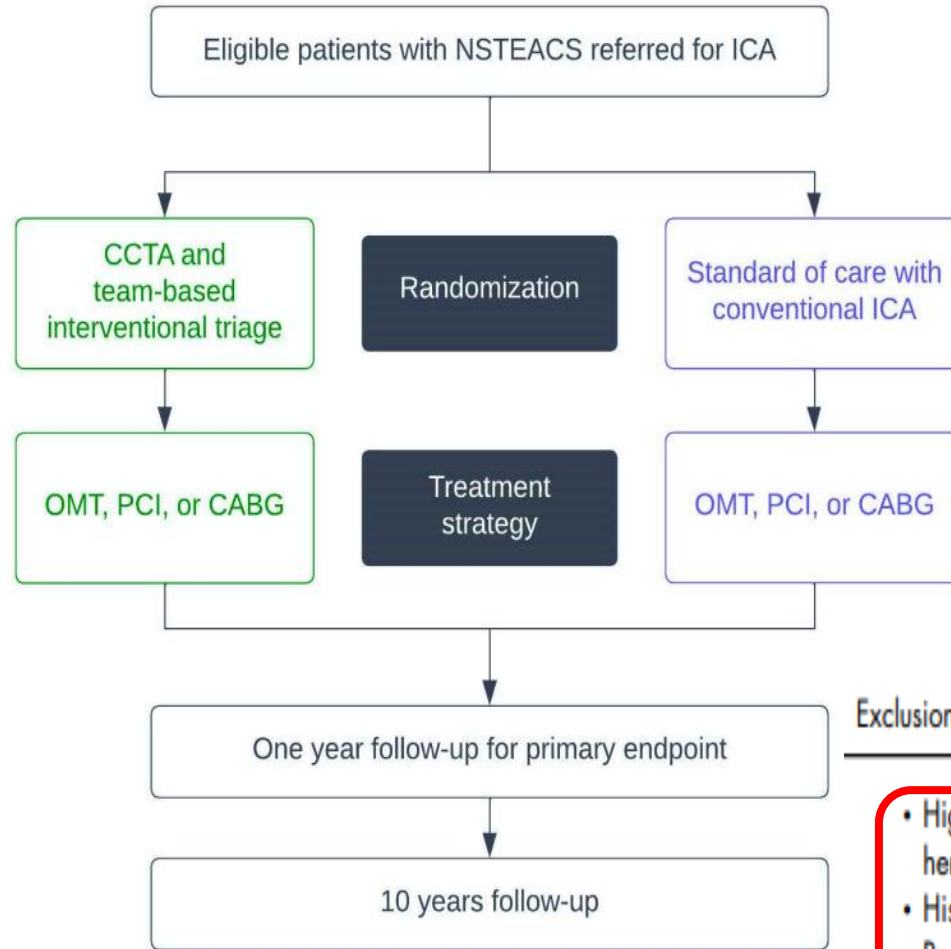


CCTA jako **triage** : umožní se vyvarovat zbytečné invazivitě, sníží hospitalizační pobyty, zvýší cost/ efektivitu ! Ale změní i morbi-mortalitu ???

# TRACTION trial : CCTA versus ICA for Interventional Triage in ACS ...design



1150 pac. s non high risk NSTEMI



Exclusion criteria

- High-risk clinical features requiring immediate ICA (eg, persistent chest pain, hemodynamic instability)<sup>4</sup>
- History of PCI or CABG
- Poor renal function (eGFR <30 mL/min/1.73m<sup>2</sup>)

Sorgard, Kristensen et al: American Heart Journal 12/2025  
( Department of cardiology, Hospital Herlev , Rigshospitalet Copenhagen, Denmark)

# CT vyšetření u pacientů po CABG

## Uzávěr žilního graftu na ACD...

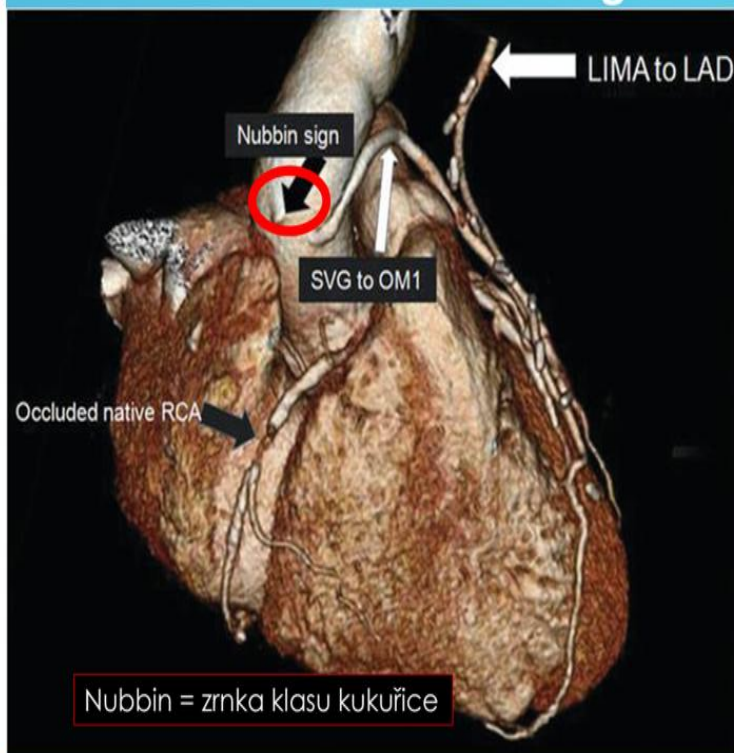
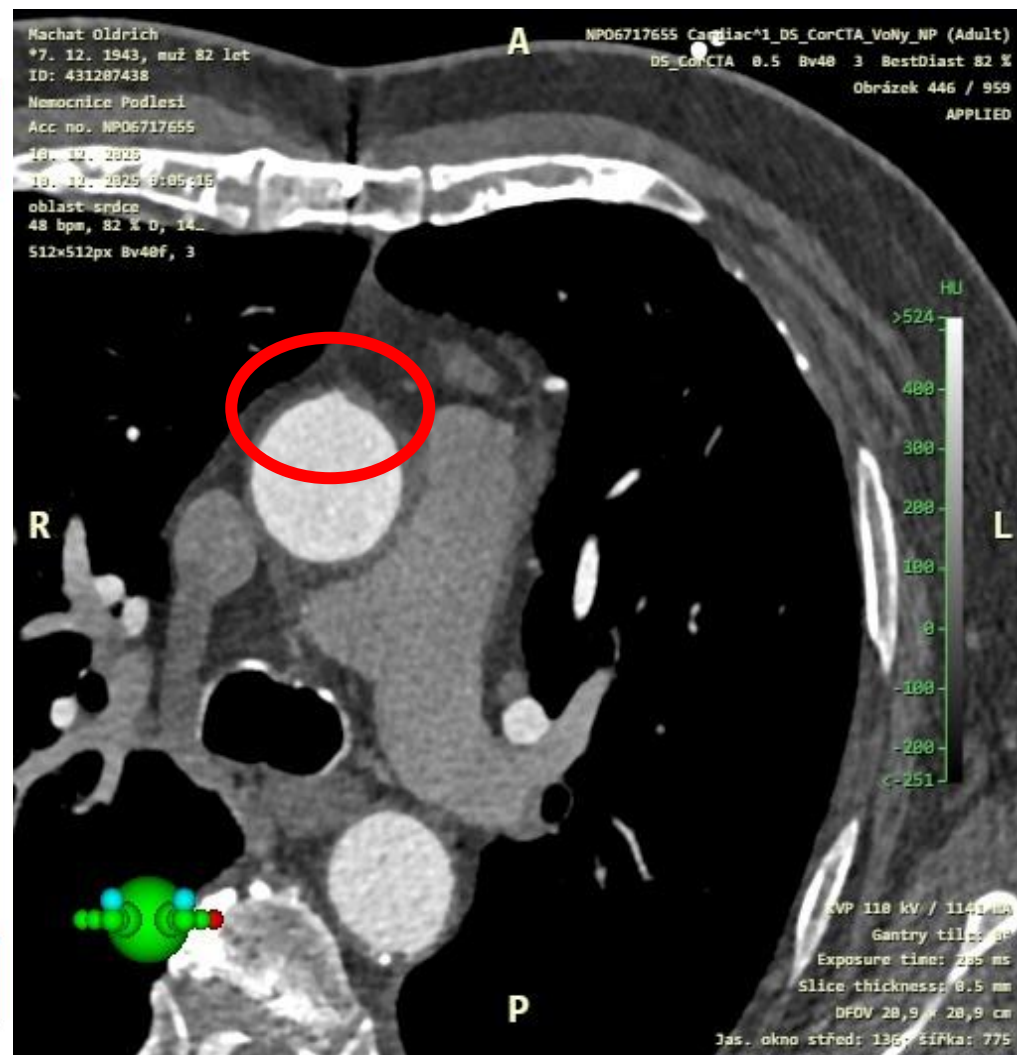


Figure 1: Outpouching of contrast as shown by white arrow suggests SVG occlusion.

## Axiální řezy



U těchto pacientů (bez přítomnosti AKS) má být **1. vyšetřením před provedením SKG** !

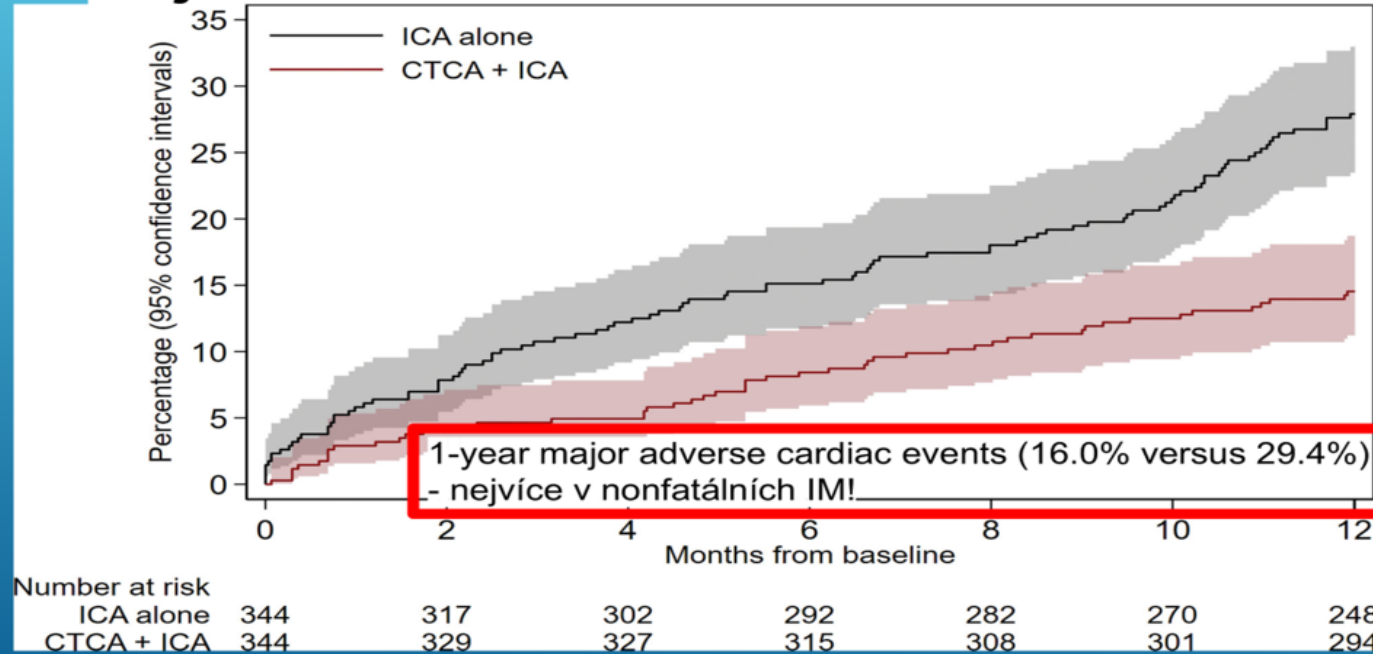
Pozn. angl. nubbin= zbytek, pahýl..

**Case : na SKG „nenalezený“ žilní sekv. by pass po 30 min. skia !**

# CT vyšetření u pacientů po CABG :

## THE BY PASS CTCA TRIAL :

### Major Adverse Cardiac Events At 12 Months.



#### Procedural complications

(2.3% versus 10.8%;

p < 0.001

- nejvíce v procedurálních IM

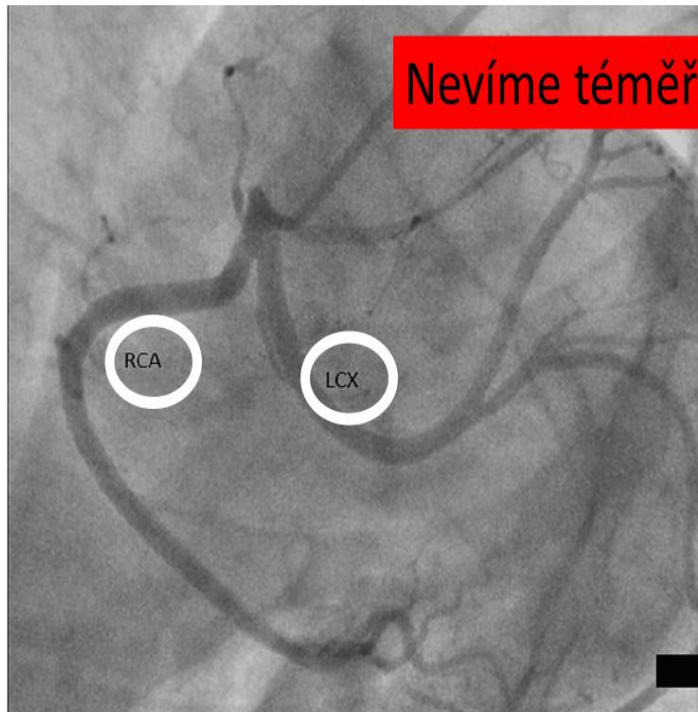
**MACE** was defined as all-cause mortality, cardiac mortality, MI (not including periprocedural MI), and unscheduled revascularization

**PC CT umožní lepší znázornění periferních větví za distální anastomosou !**

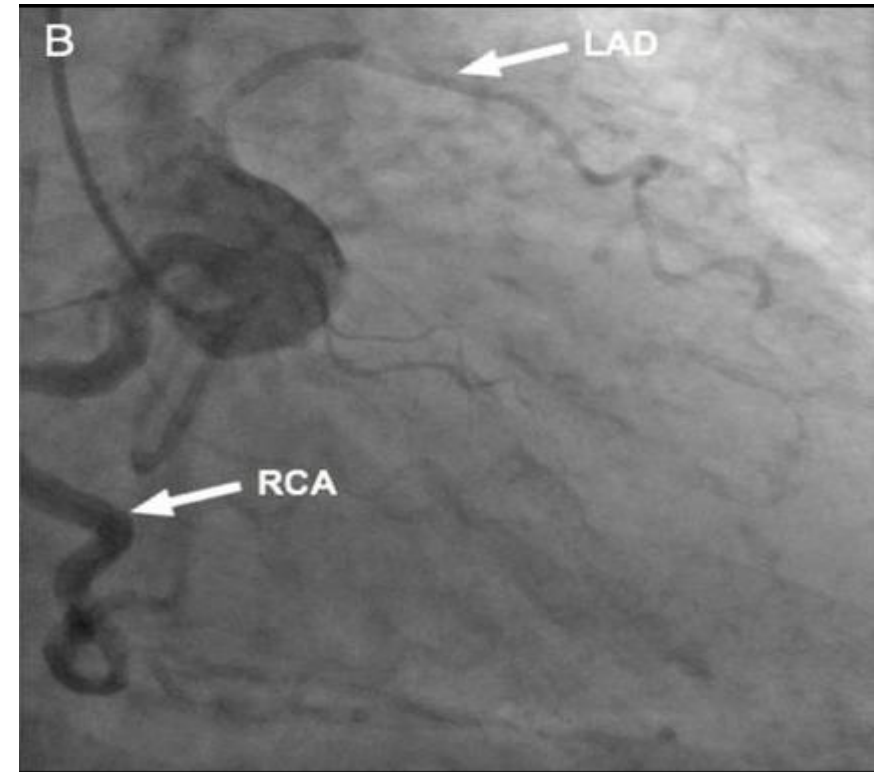
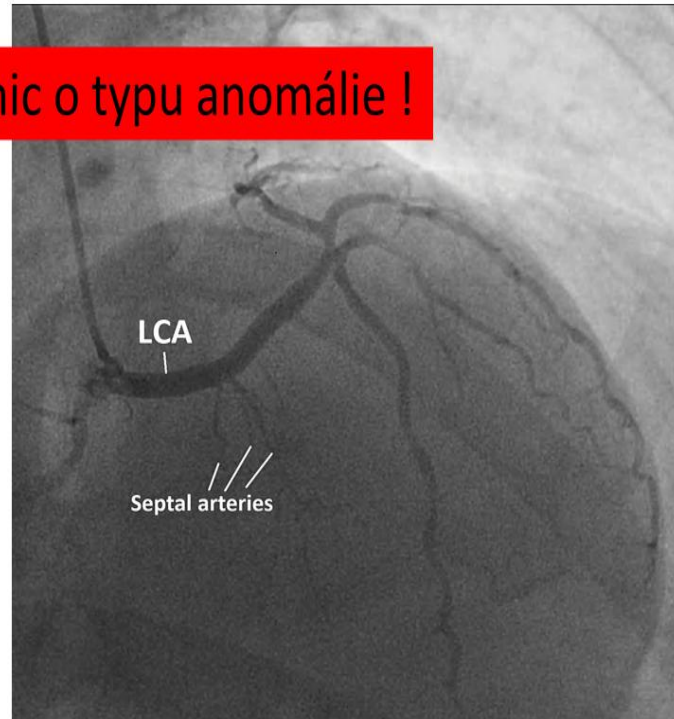
Mortalitní data ve prospěch CCTA jako „gatekeeper“ před event. následnou SKG!

# ACAOS : CT je class1 imaging ! ( **a**nomalous **c**oronary **a**rtery **o**origin from opposite **s**inus)

## SKG: „basální,, 2-D zobrazení AAOCA



Nevíme téměř nic o typu anomálie !



Anomální odstup **RCX** zprava

Anomální odstup **ACS** zprava

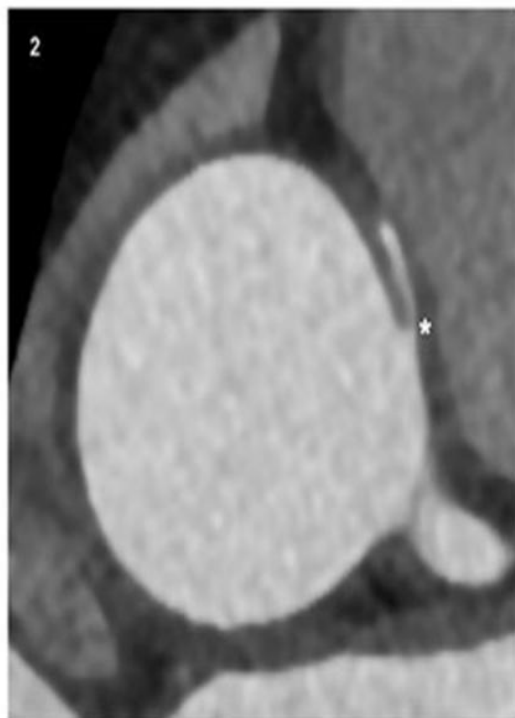
Anomální odstup **ACD** zleva

# CT upřesnění morfologie ACAOS: význam pro léčbu

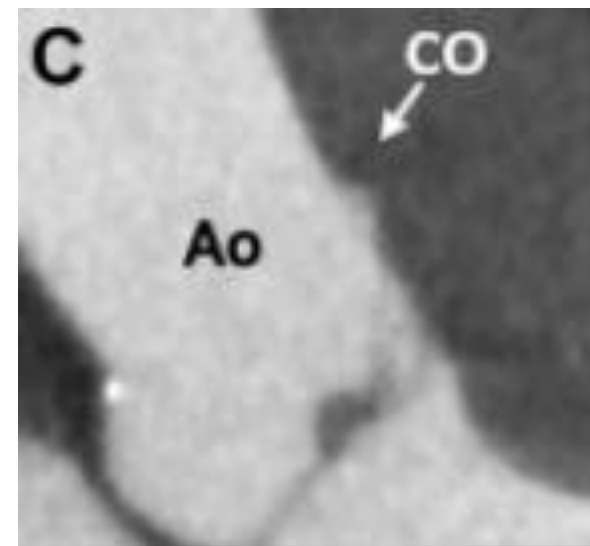
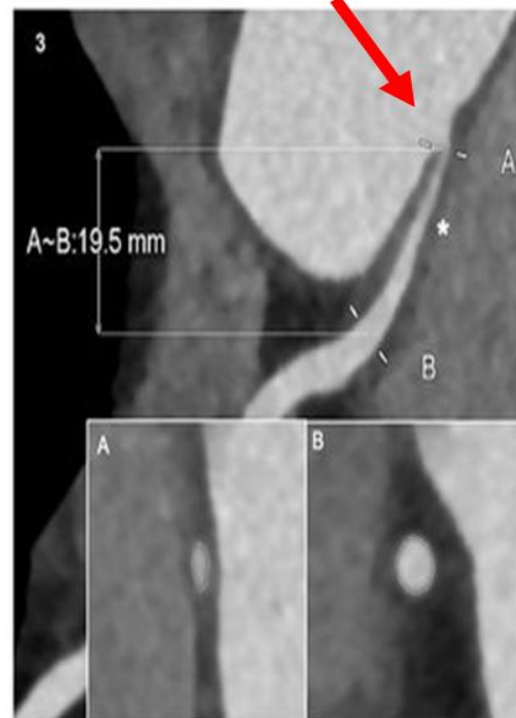
Right ACAO with IAC



Acute Takeoff & intramural course



Slit-like morphology



**Acute angle take-off** : úhel odstupu <math> < 45^\circ </math>

**High take-off**: > 1 cm na sinotubulární junkci

**Slit like ostium**: anteroposteriorní rozměr/ superoinferiorní rozměr <math> < 0,5 </math> !

**Intramural course**: v myokardu Ao/ nebo intermural space <math> < 0,95 </math> mm ve 2 mm od ostia

**Proximální hypoplasie**: proximální šířka <math> < 50\% </math> distální šířky

## Abnormální zátěž. test

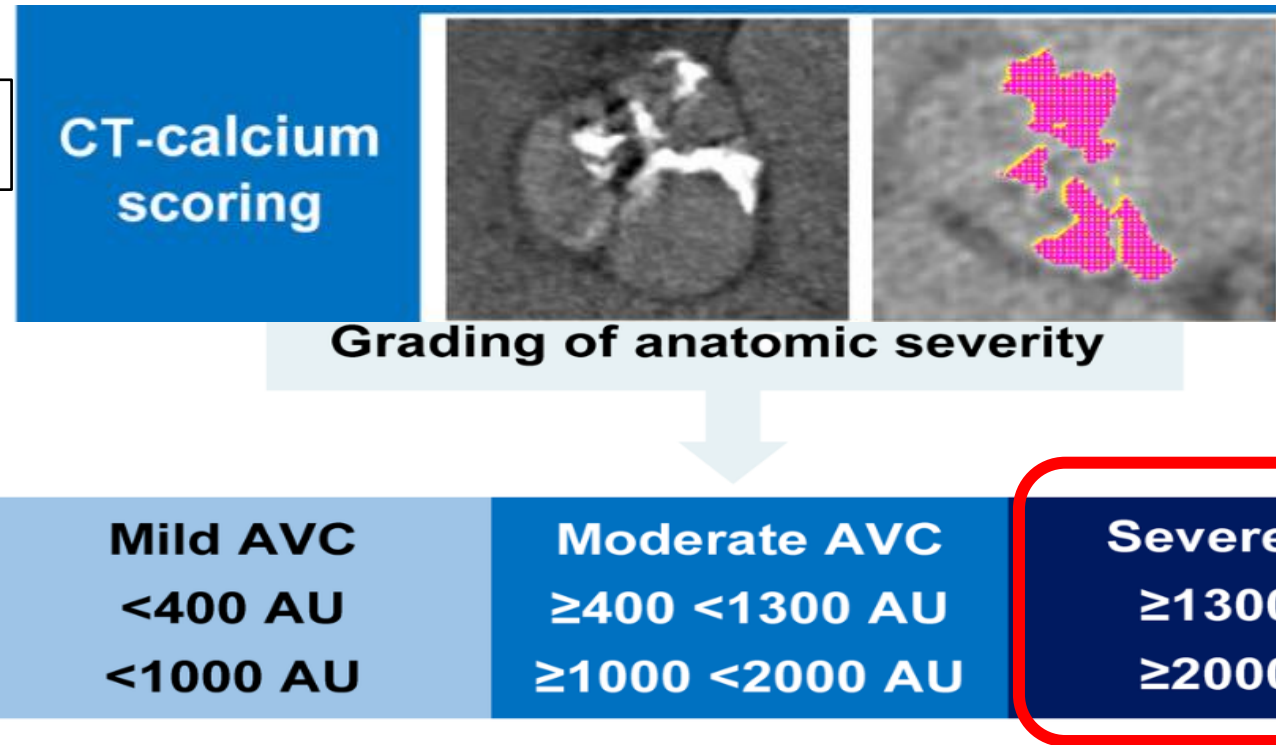
- pozitivní jen u maxima 22%  
AAOCA po přežití NSS!

## Stress MRI imaging

- největší senzitivita pro ischemii...

# CCTA a pacienti před „chlopňovými operacemi“

## Aortální stenosa

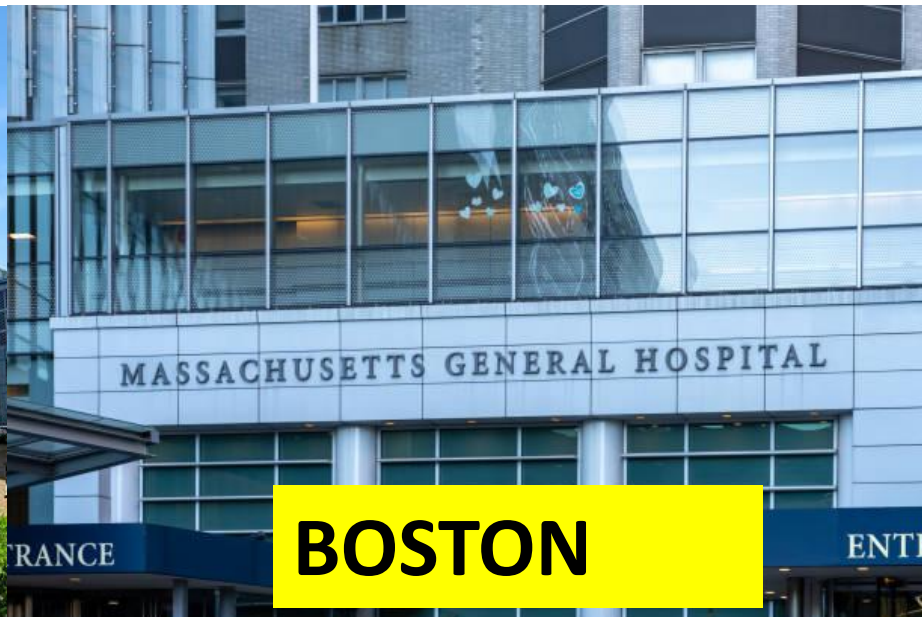


- **Kalciové skóre Ao chlopně** (= „Ao valve calcium score „) : stratifikace závažnosti stenosis
- CCTA u 80% pacientů „spolehlivě“ zhodnotí koronární řečiště → vyhnutí se zbytečné „předoperační“ SKG !

Lionel Tastet, MD et al: Journal of the AHA, Volume 13, Issue 15, 6 August 2024

Ren, MD et al: Journal of the AHA, Volume 10, Issue 15, 3 August 2021

# Diagnostika chronické koronární nemoci **ve světě**: USA



**Borek Foldyna, MD** : kardiolog, MGH Boston

Zdroj : „Osobní kontakt“

- **náhodou** rodák z Frýdku-Místku – z mého gymnázia!

- jejich pracoviště průměrně denně 45 srdečních **CT** a 15 **SKG** → **poměr 3 : 1**  
( u cca **20% pac. CT- FFR** !)

- naše Kardiocentrum - **poměr 1: 2** ( a přitom v tomto jsme Top v Česku!)

# Závěr:

**„CCTA could make invasive angiography a thing of the past or obsolete“**  
(CCTA by mohla učinit SKG „minulosti“...)

- U **chronických koronárních sy** by photon counting CCTA- FFR mělo „ještě za mé praxe“ téměř nahradit SKG
  - platí i pro pacienty po stentech či CABG
  - zcela nenahraditelné pro koronární anomálie
  - pozná i „extrakardiální nálezy“
- Nutný ale dostatečný **„tréning“ v CCTA s mentorem!**
- Obě metody by neměly soupeřit, ale spolupracovat



**Prof. John Puskas- cardiac surgery**  
(specialista na arterial by passy, off pump)  
- nar. 1960, USA

# Budoucnost: hybridní „angio CT“ systém NEXARIS Siemens



**Děkuji za pozornost !**