



1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA  
UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE



# Nové možnosti při vyšetřování koronárních tepen

**Doc. MUDr. Tomáš Kovárník, PhD.**

**II. interní klinika kardiologie a angiologie**

**Všeobecná fakultní nemocnice v Praze**





# Proč používat jiné techniky než SKG

- SKG zobrazuje pouze lumen
- Limitace u bifurkačních a ostiálních stenóz
- Nedostatečná predikce hemodynamické významnosti u tzv. hraničních stenóz
- Nedostatečná vizualizace stentu
- Dif. dg nejasných “hazy” lezí



# Zobrazovací metody v intervenční kardiologii

- Morfologické
  - Intravaskulární ultrazvuk (IVUS)
  - Optická koherentní tomografie (OCT)
  - IVUS + spektroskopie (NIRS)
  - Angioskopie
- Funkční
  - Frakční průtoková rezerva (FFR)
  - Frakční průtoková rezerva ve “wave free” periodě (iFR)
  - Hodnocení smykového tření „shear stress“ (ESS)



# Guidelines pro revaskularizaci 2014

## Recommendations for the clinical value of intracoronary diagnostic techniques

Recommendations	Class <sup>a</sup>	Level <sup>b</sup>	Ref. <sup>c</sup>
FFR to identify haemodynamically relevant coronary lesion(s) in stable patients when evidence of ischaemia is not available.	I	A	50,51,713
FFR-guided PCI in patients with multivessel disease.	IIa	B	54
IVUS in selected patients to optimize stent implantation.	IIa	B	702,703,706
IVUS to assess severity and optimize treatment of unprotected left main lesions.	IIa	B	705
IVUS or OCT to assess mechanisms of stent failure.	IIa	C	
OCT in selected patients to optimize stent implantation.	IIb	C	



1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA  
UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE

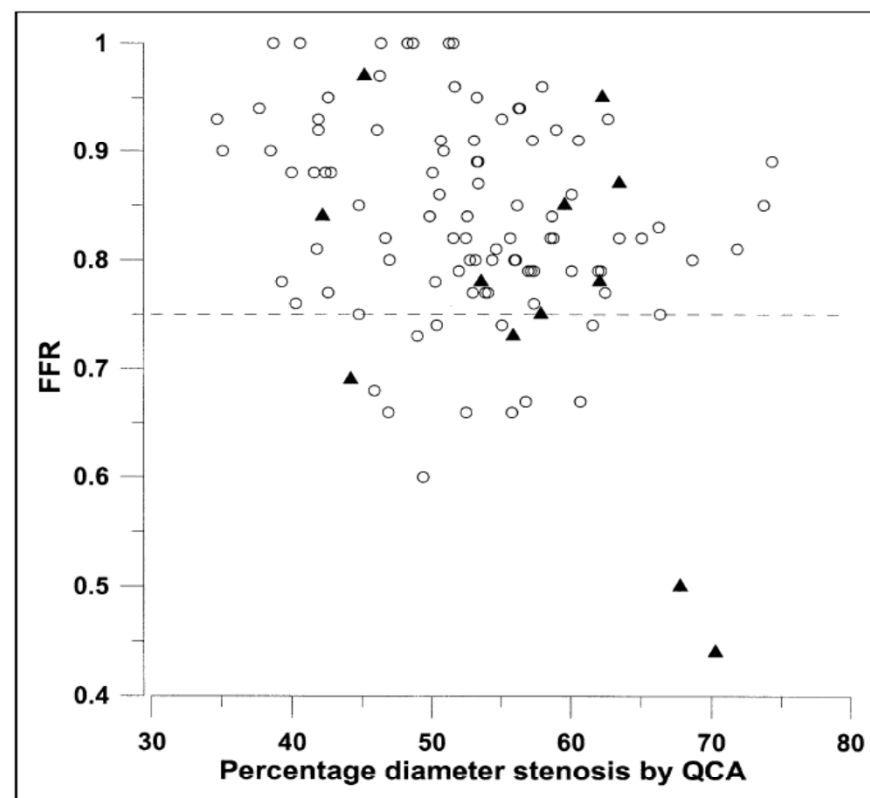
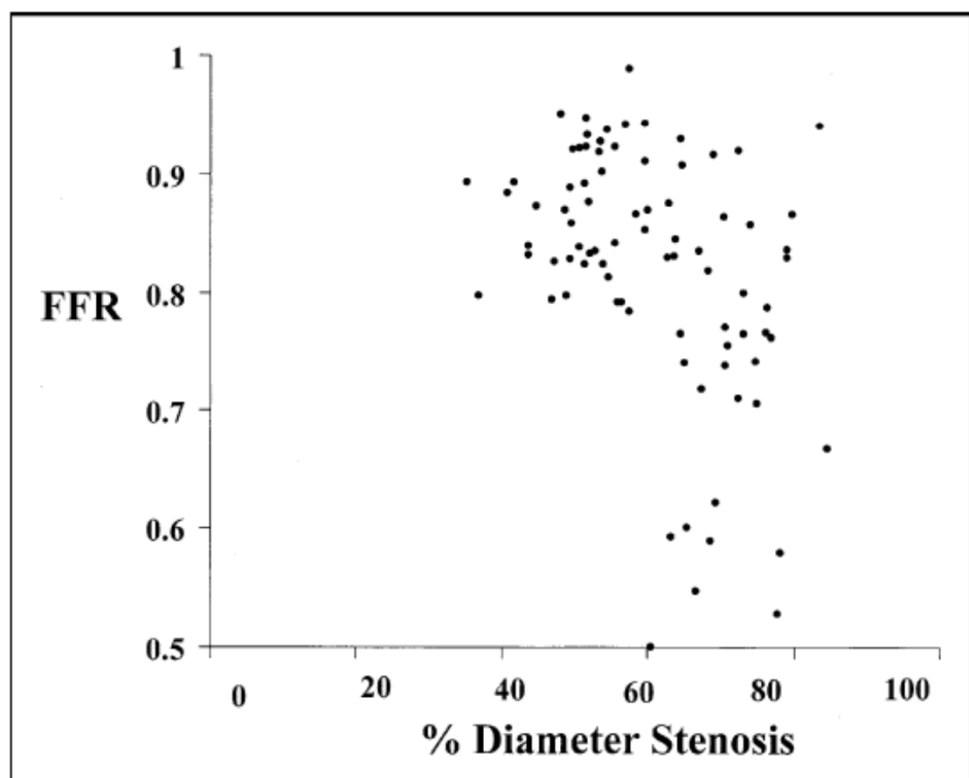


# Diagnostika hemodynamické významnosti lézí

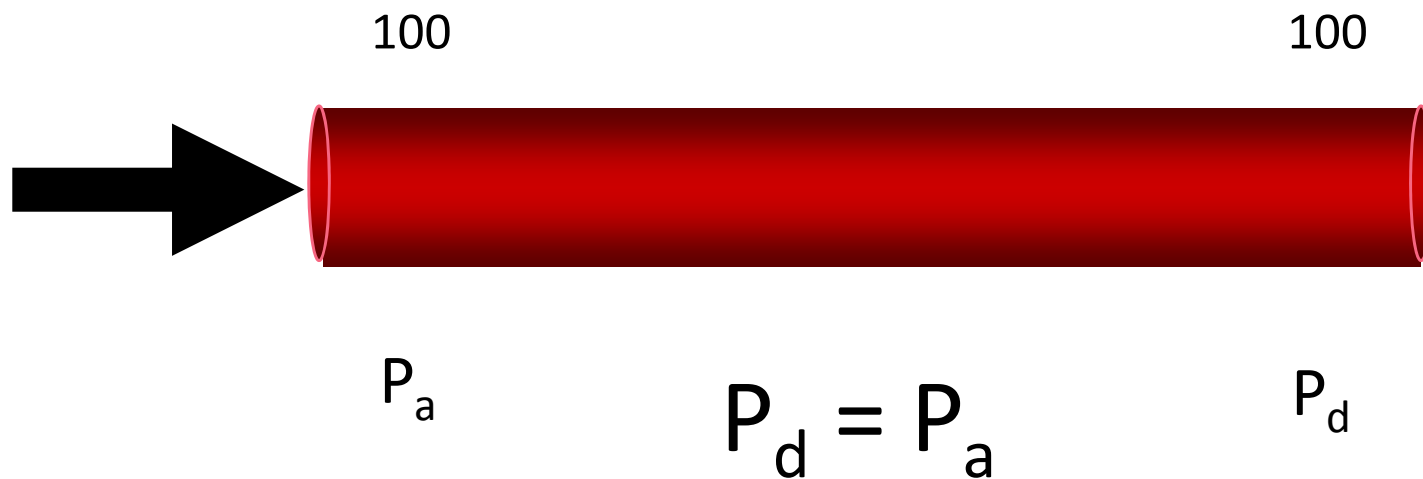




# U lézí 40-70% není korelace mezi angiografií a FFR



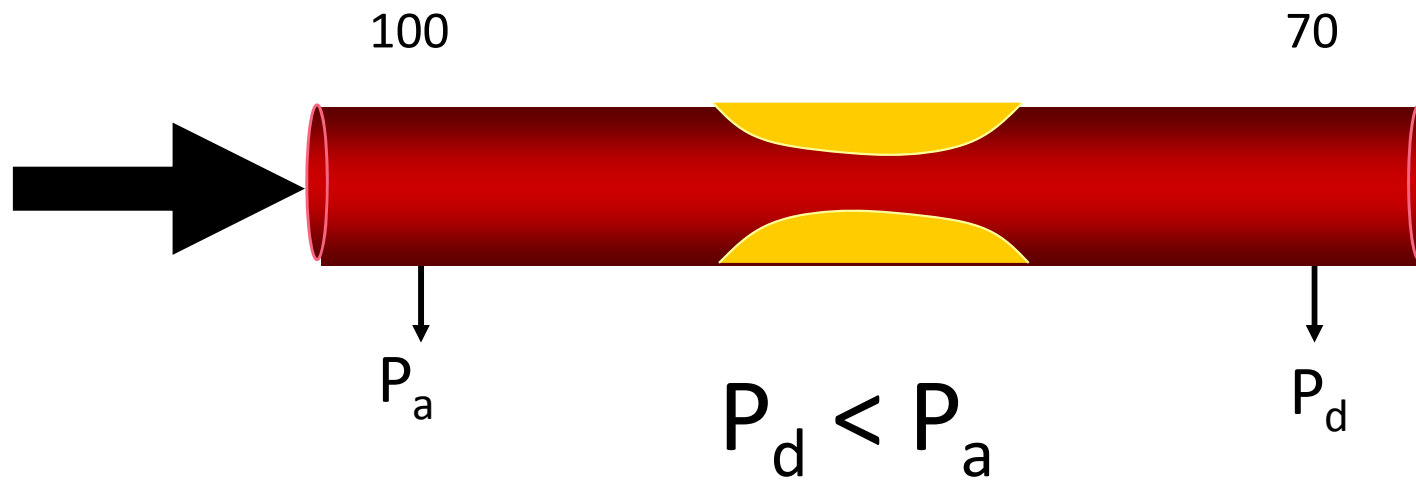
## ***FFR - Fractional Flow Reserve (Frakční průtoková rezerva)***



$$FFR = P_d / P_a = 1$$

$Q = P / R$ , pokud je  $R$  minimální platí, že  $Q \cong P$

## FFR - Fractional Flow Reserve



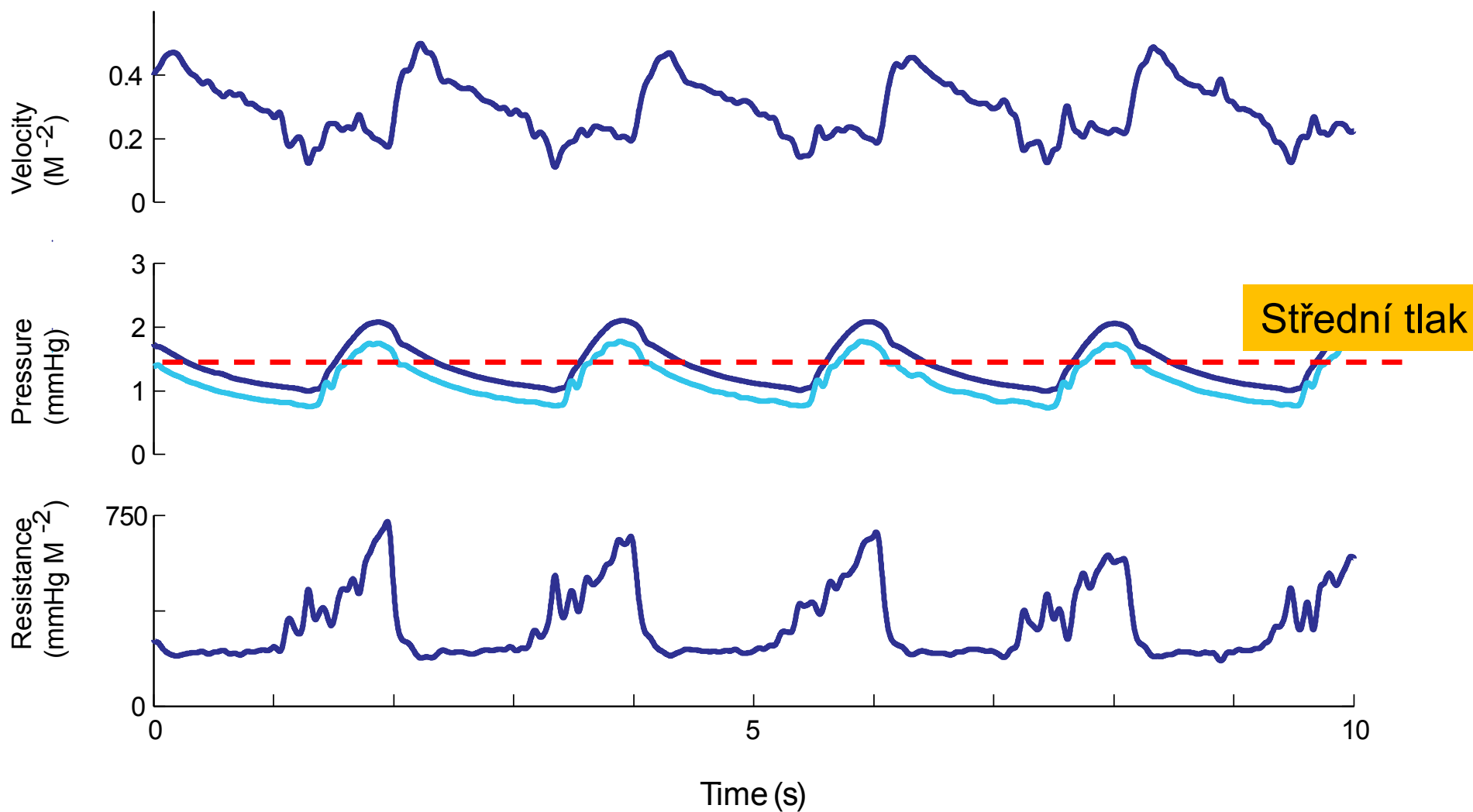
$$FFR = P_d / P_a = 0.7$$

FFR = **mean**  $P_d$  / **mean**  $P_a$

FFR 0.7 znamená, že stenóza umožňuje pouze 70% maximálního průtoku tepnou



Pro kalkulaci **FFR** je používán tlakový gradient středních tlaků

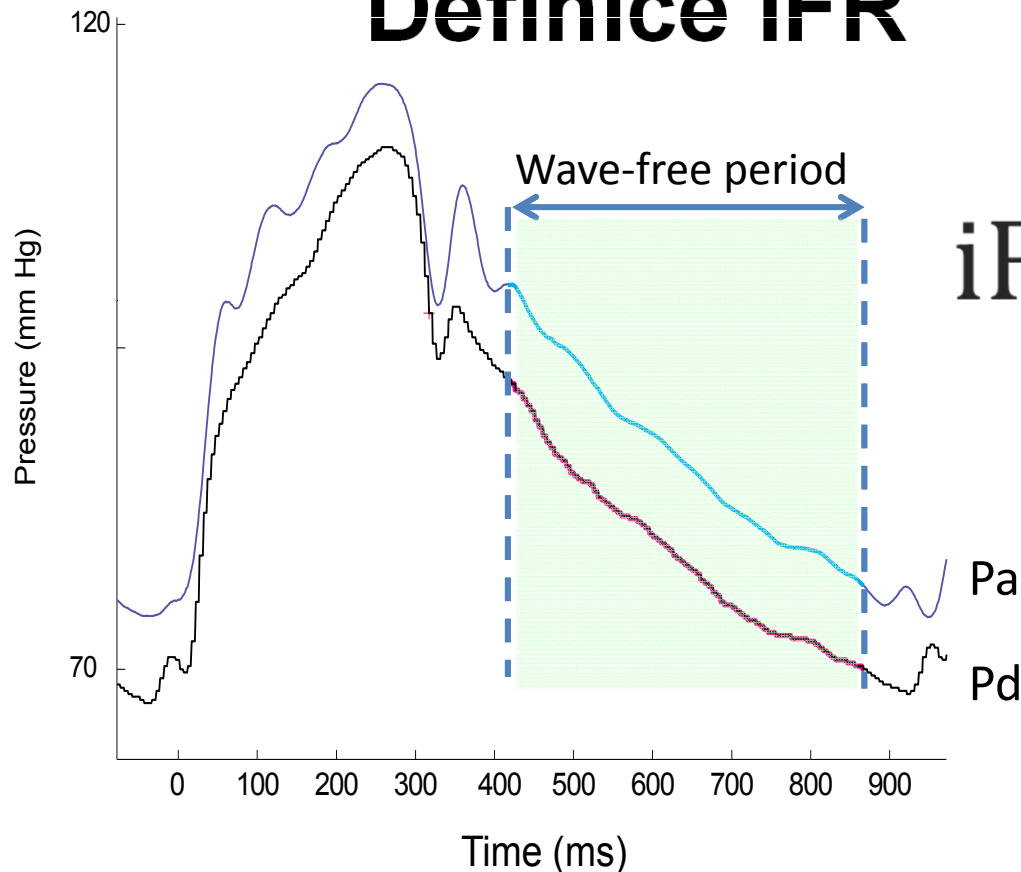
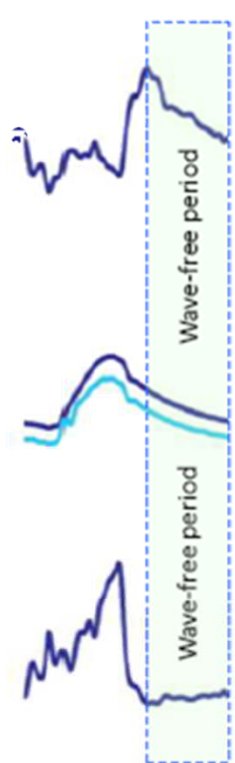




# Instantaneous wave free ratio

iFR

## Definice iFR



$$iFR = \frac{P_{D_{wfp}}}{P_{A_{wfp}}}$$

iFR je stabilní tlakový gradient měřený ve fázi minimální rezistence v průběhu srdečního cyklu a tím i minimální oscilací hodnot tlaku

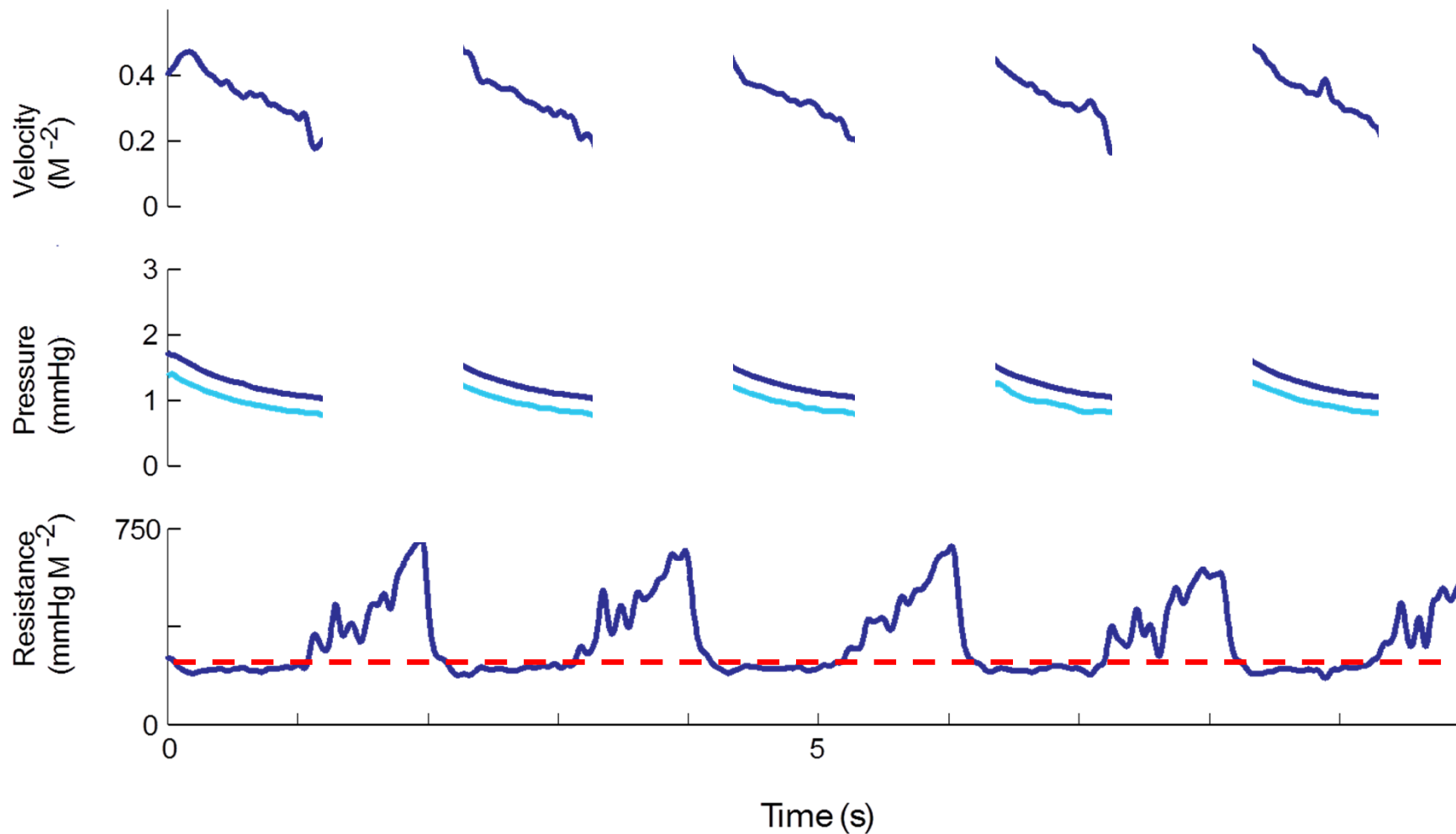
Pd – distální tlak

Pa- proximální tlak

Wfp – wave free period



Pro kalkulaci **iFR** je používána tlakový gradient ve střední části diastoly, kdy je resistance fyziologicky nízká



Stabilní  
minimální  
klidová  
rezistence



1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA  
UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE



# Intravaskulární ultrazvuk

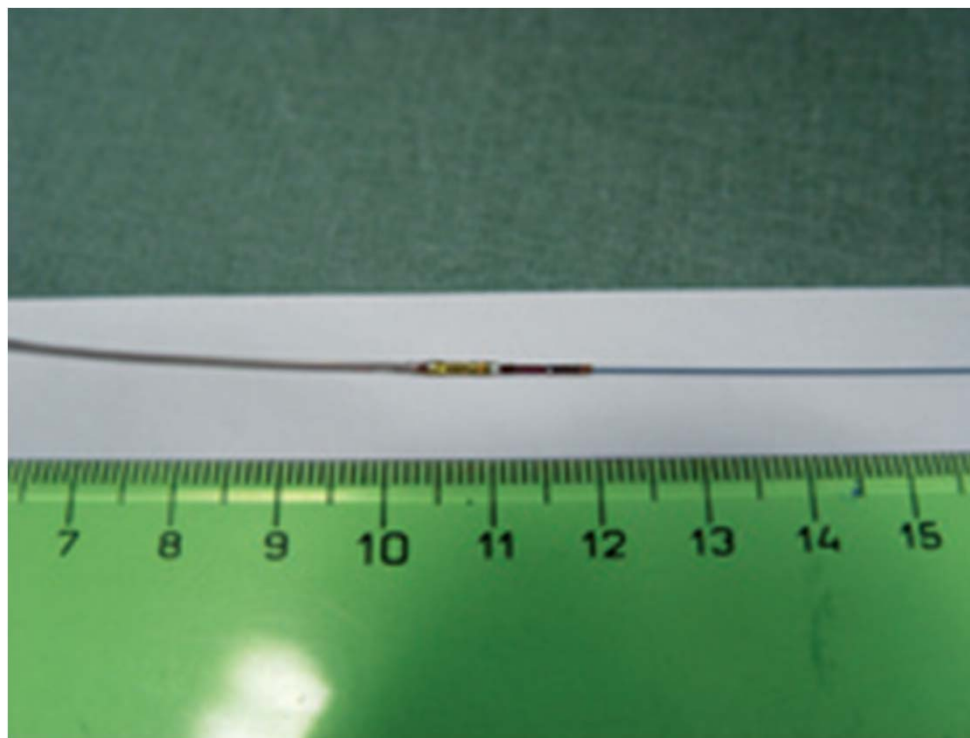
## IVUS





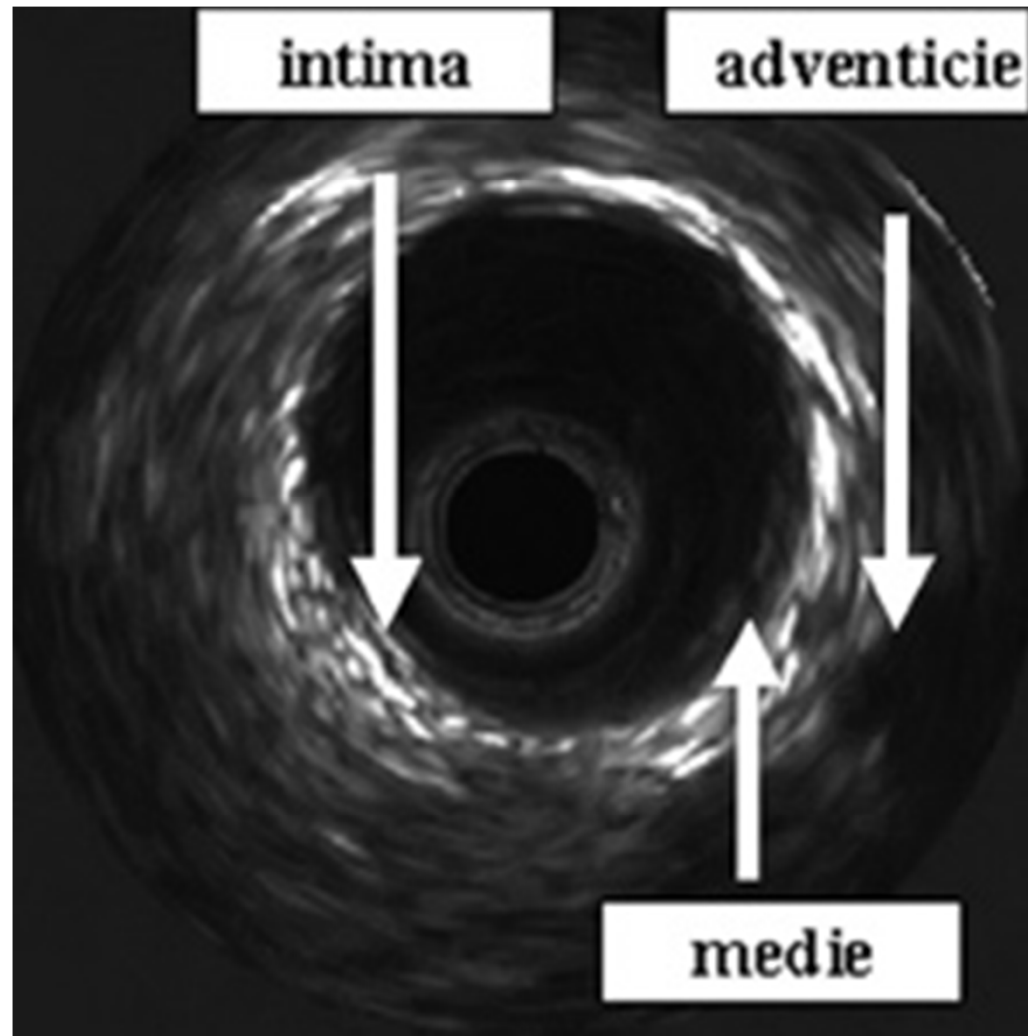
# Intravaskulární ultrazvuk (IVUS)

- Ultrazvukové vyšetření (nejen) koronárních tepen
- Dostupné frekvence sondy 10, 20, 45 MHz



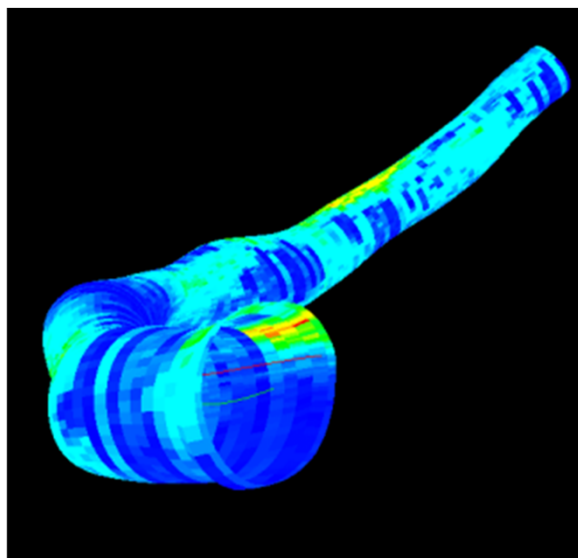
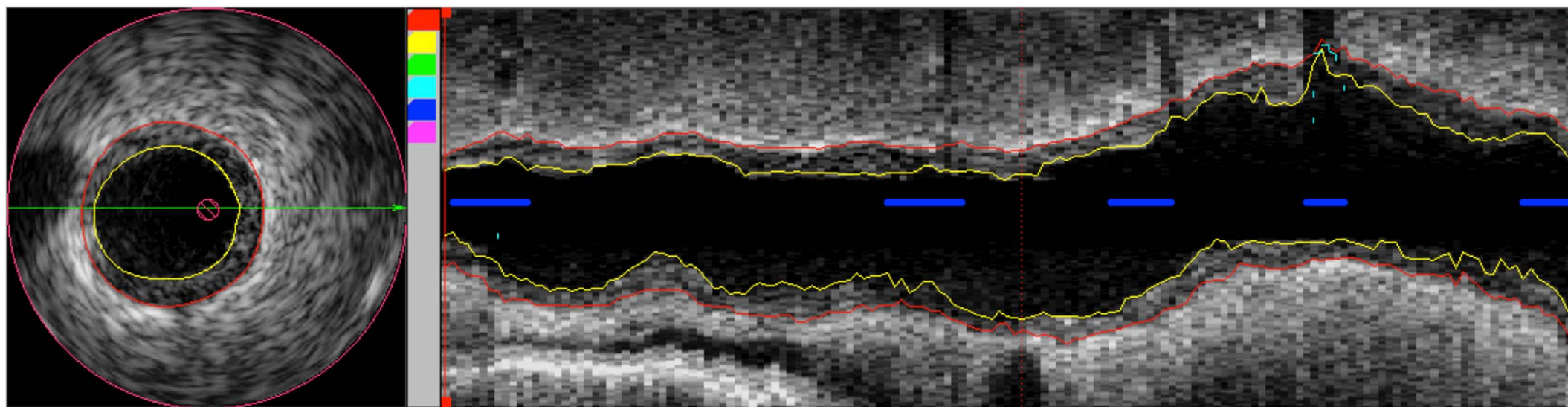


# Normální obraz koronární tepny





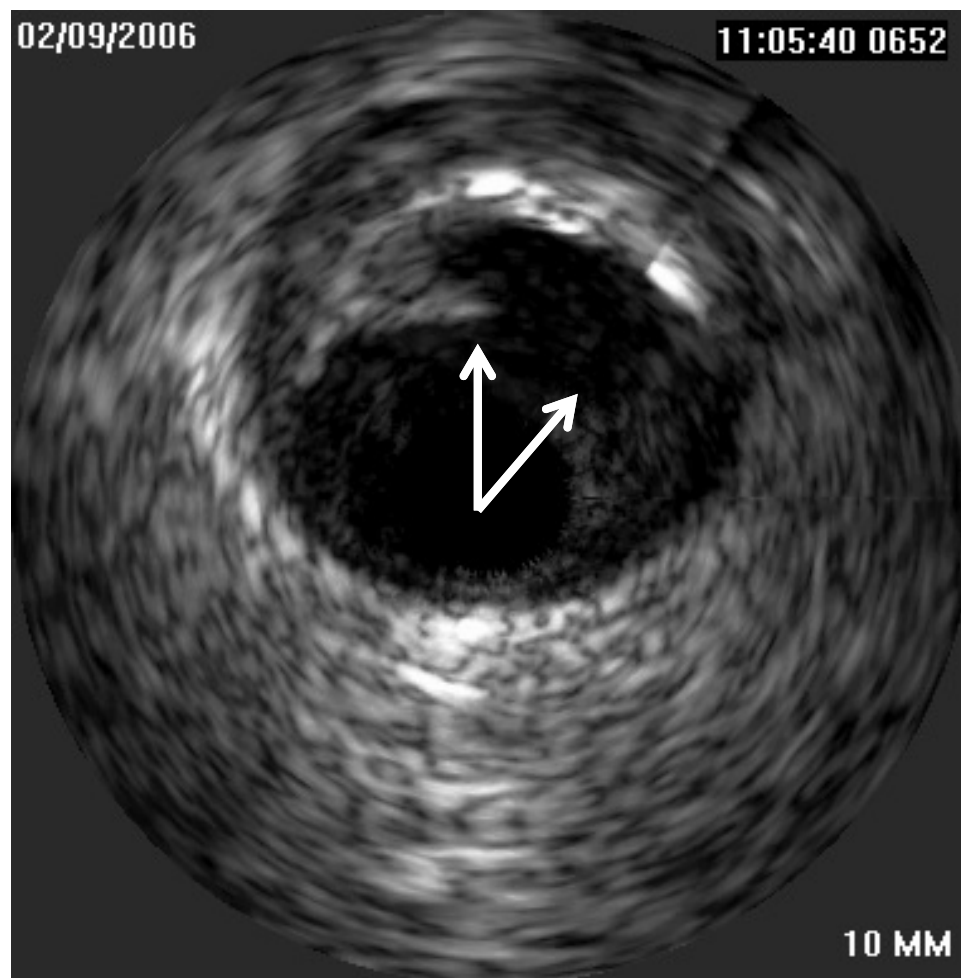
# Aterosklerotický plát v koronární tepně





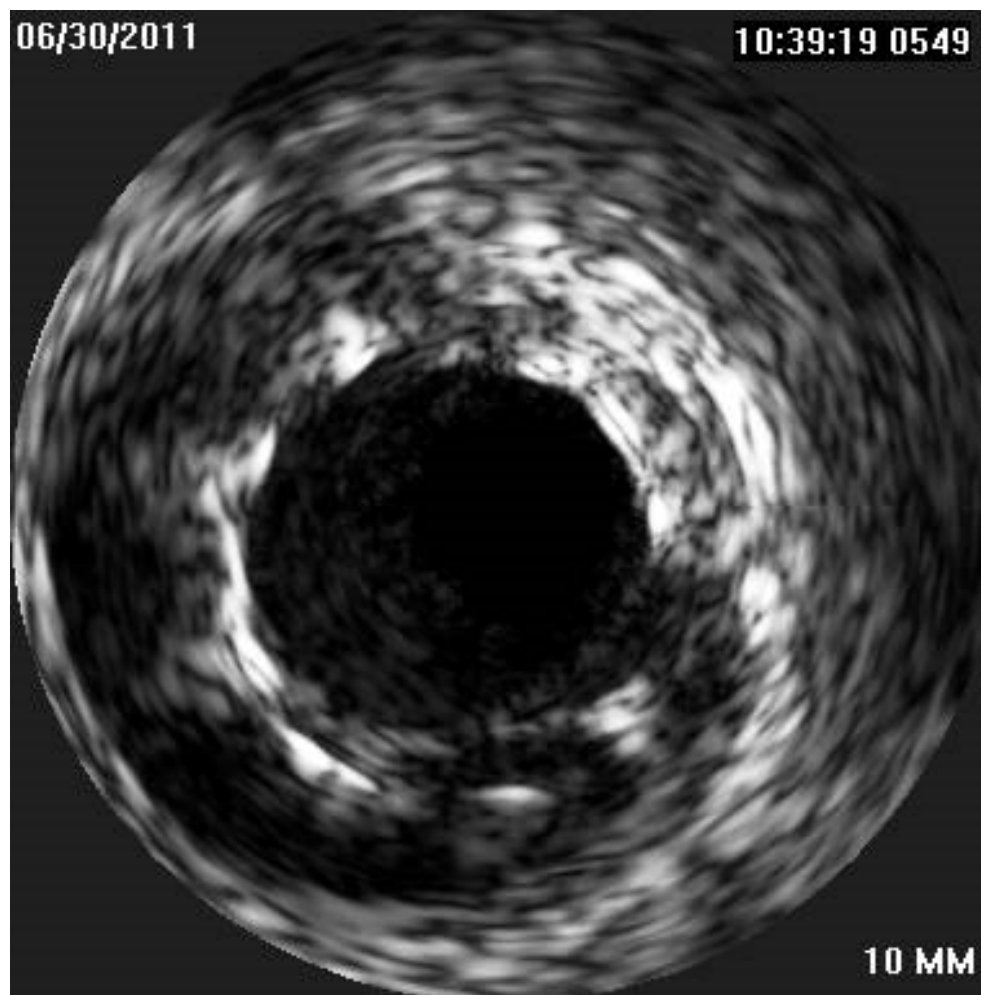


# Nestabilní aterosklerotický plát s rupturou



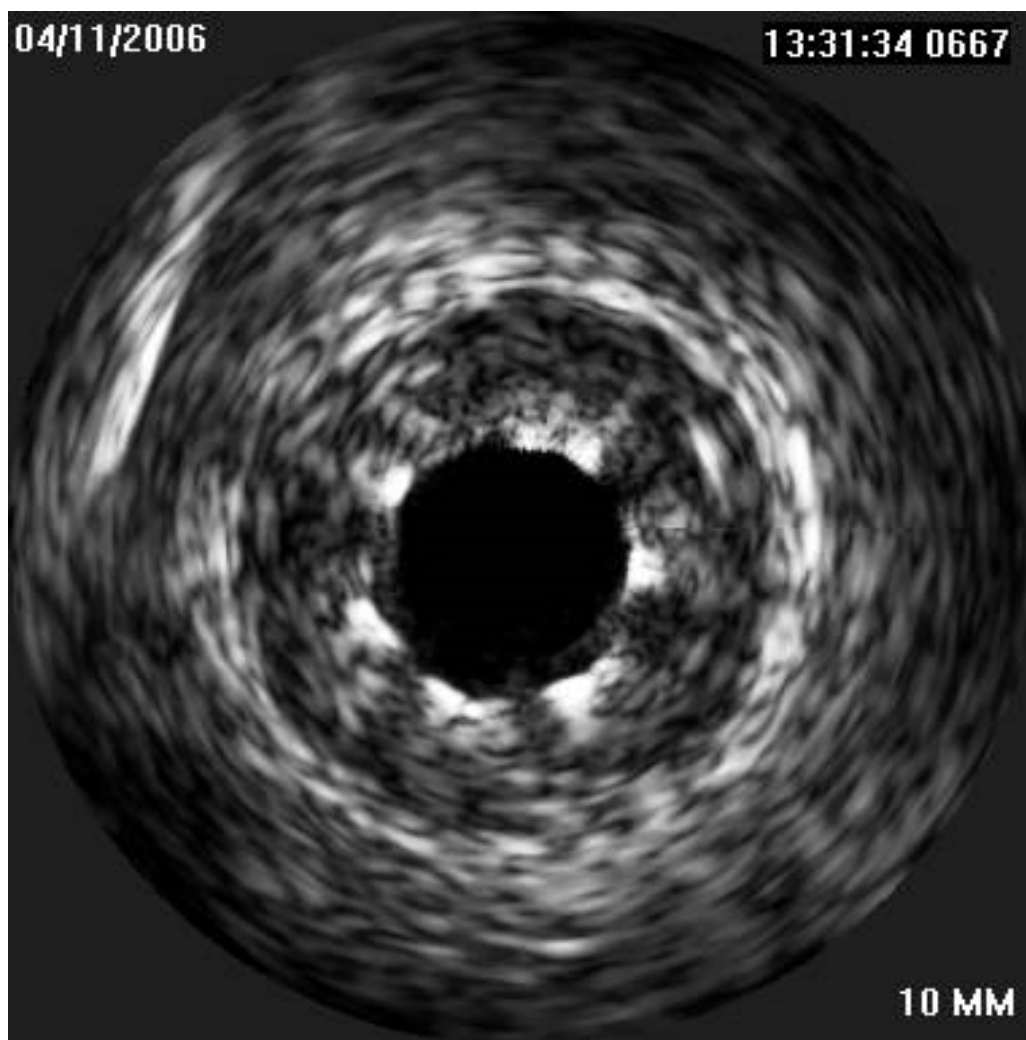


# Nedostatečná apozice stentu k cévní stěně





# Nedostatečná expanze stentu



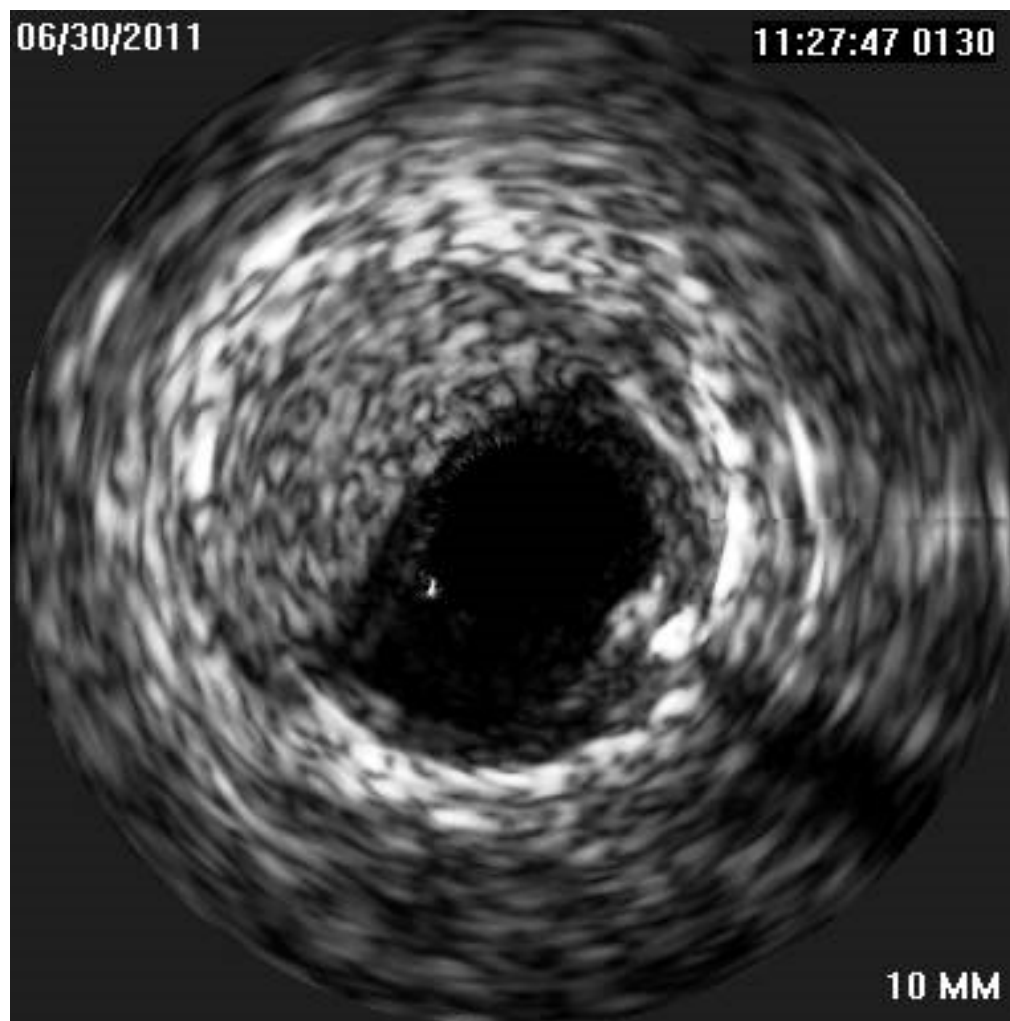


# Disekce v koronární tepně po balónkové dilataci





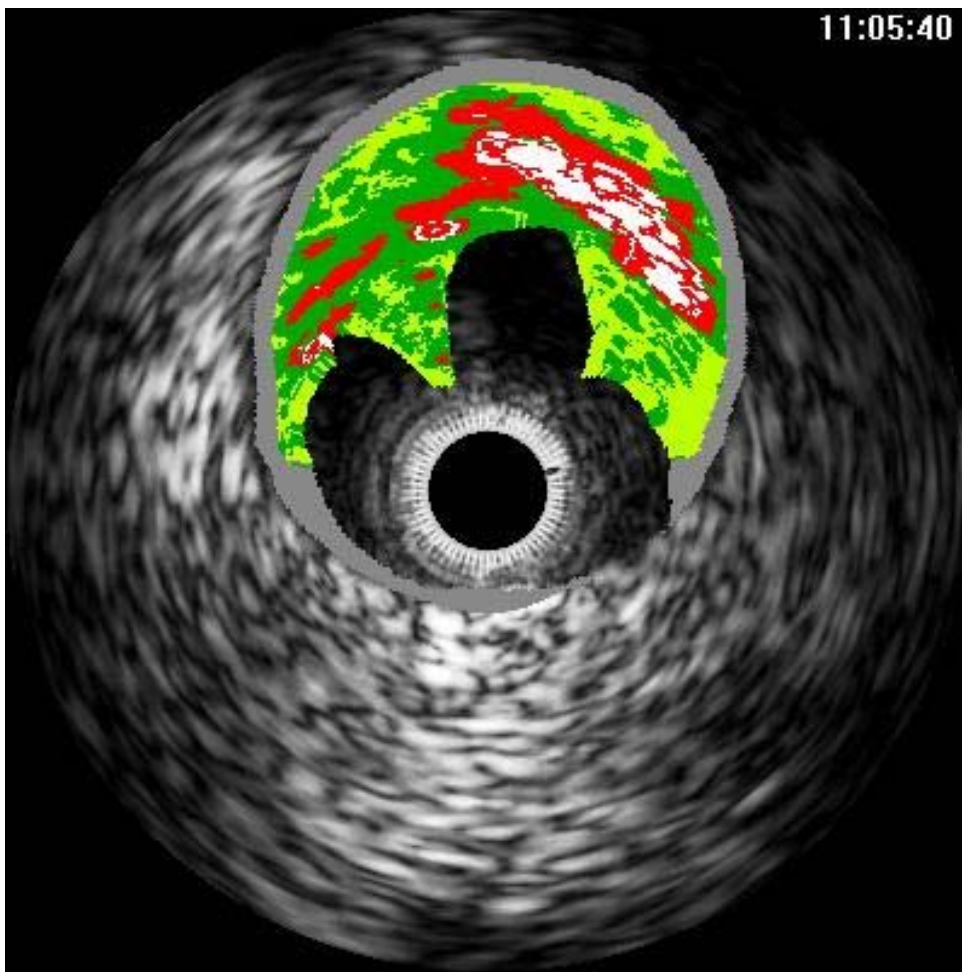
# Intramurální hematom





# Virtuální histologie (VH)

- hodnocení složení plátů -



➤ Složení plátu:

➤ Kalcifikace

➤ Fibrózní tkáň

➤ Fibro-lipidová tkáň

➤ Nekrotické jádro



# Indikace intravaskulárního ultrazvuku

- Nejasný nálezn při diagnostické angiografii
- Určení postupu při koronárních intervencích
- Diagnostika komplikací
- Vědecké využití intravaskulárního ultrazvuku



# Vědecké využití intravaskulárního ultrazvuku

- Hodnocení vývoje aterosklerózy a jejího terapeutického ovlivnění
- Hodnocení různých typů koronárních intervencí
- Hodnocení ne-aterosklerotického postižení koronárních tepen





# IVUS – přehled

- Intravaskulární ultrazvuk rozšiřuje možnosti detekce patologie koronárních tepen
- Umožňuje přesnější diagnostiku
- Zpřesňuje vedení koronárních intervencí a zlepšuje prognózu pacientů zejména po implantaci lékových stentů
- Má široké uplatnění ve výzkumu postižení koronárních tepen
- Řadu jeho indikací nyní přebírá optická koherentní tomografie (OCT) a měření frakční průtokové rezervy (FFR)



1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA  
UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE



# Near infrared spectroscopy

## NIRS





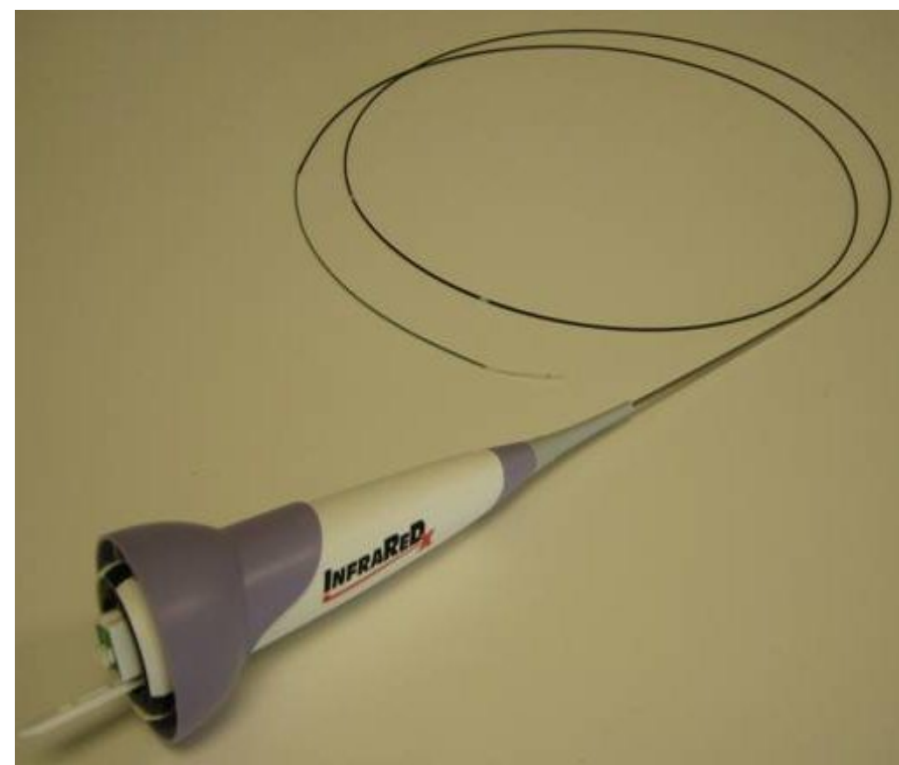
## NIRS - princip

- Near infra-red spectroscopy
- Vysílač emituje světlo o vlnové délce 780-2500 nm
- Světlo je absorbováno tkáněmi v závislosti na jejich složení a částečně odraženo zpět
- Přijímající detektor zachycuje odražené světlo
- Typ získaného signálu (spektrum) je specifických pro tkáň, od které přichází



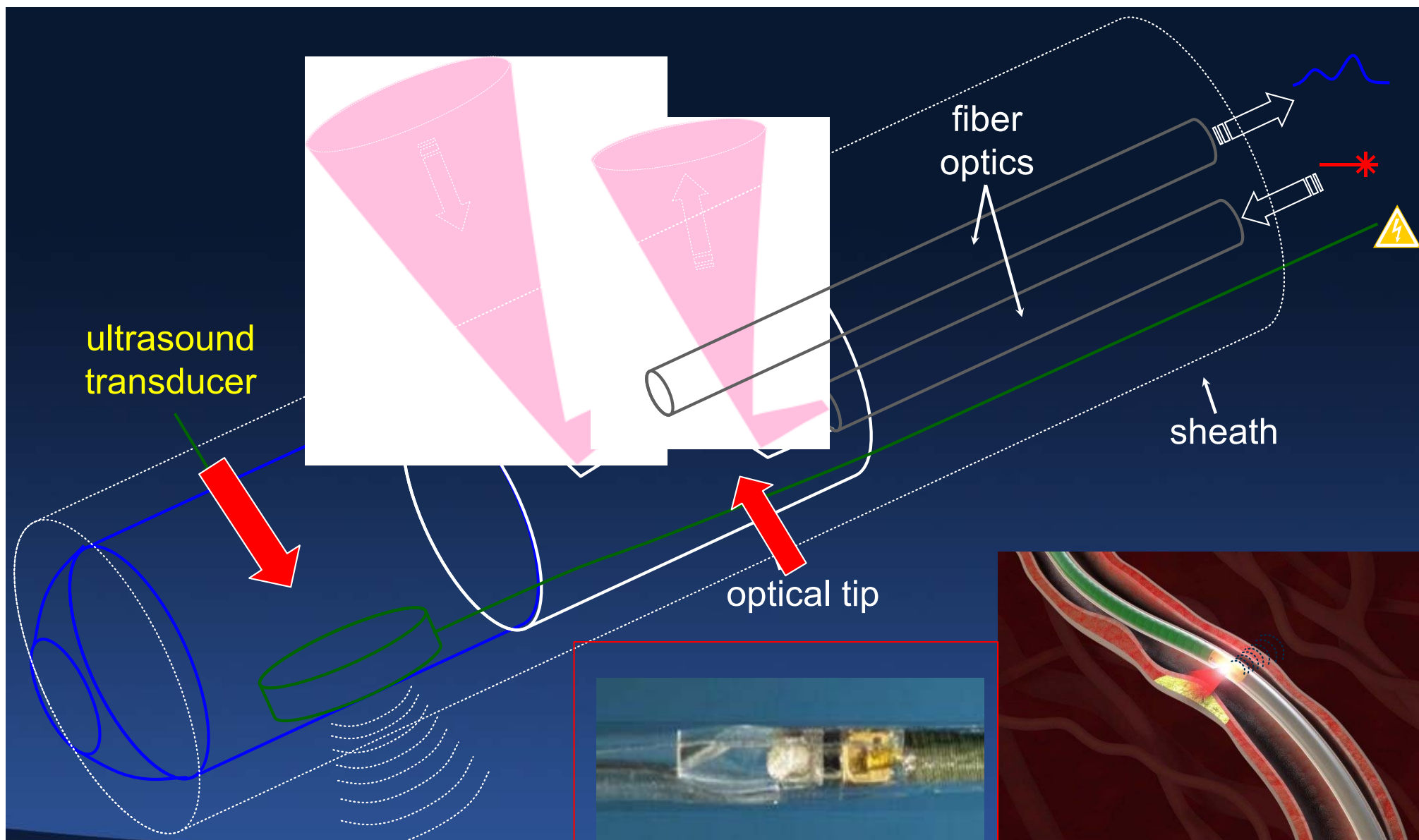


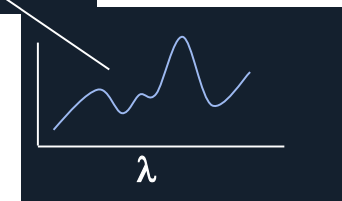
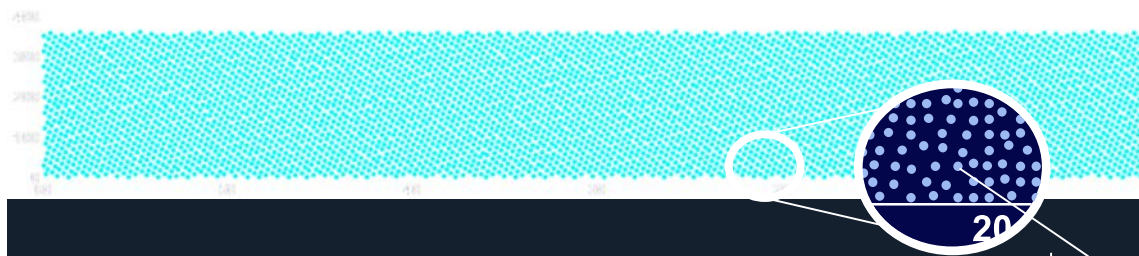
# NIRS: hardware





# Kombinovaná sonda: 40 MHz IVUS a NIRS





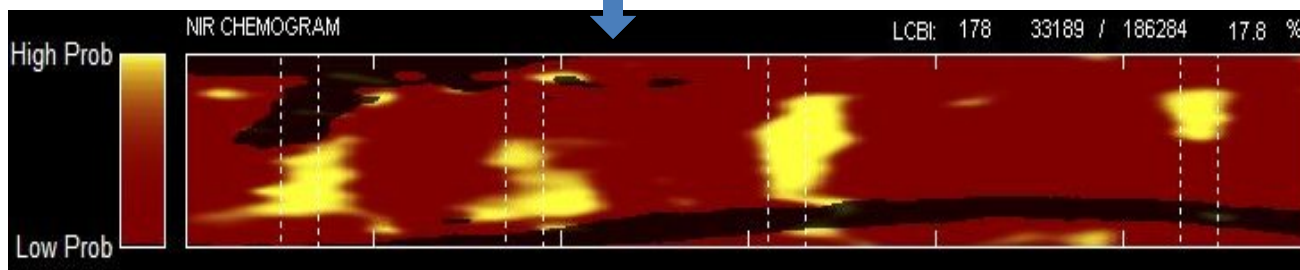
Analýza spektra v každém pixelu (8 000 analýz / 10 cm,  
skenovací frekvence 6ms, spektrum á 25ms)



Kodování pravděpodobnosti výskytu LCP



Přiřazení barvy každému pixelu  
(černá = no data)



Obvod tepny



# Vztah nekrotické tkáně a lipidů

- V počátečních fázích aterosklerózy jsou lipidy umístěny intracelulárně
- Nekrózou pěnovitých bb. se lipidy dostávají extracelulárně a formuje se lipidové jádro
- V průběhu vývoje plátu dochází k přechodu fibrózní a fibrolipidové tkáně do nekrotické tkáně s kalcifikacemi
- Precipitované krystaly cholesterolu zůstávají v plátu natrvalo a jsou složkou nestabilních plátů

**→ Nekrotické jádro obsahuje vždy velké množství krystalů cholesterolu**



1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA  
UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE

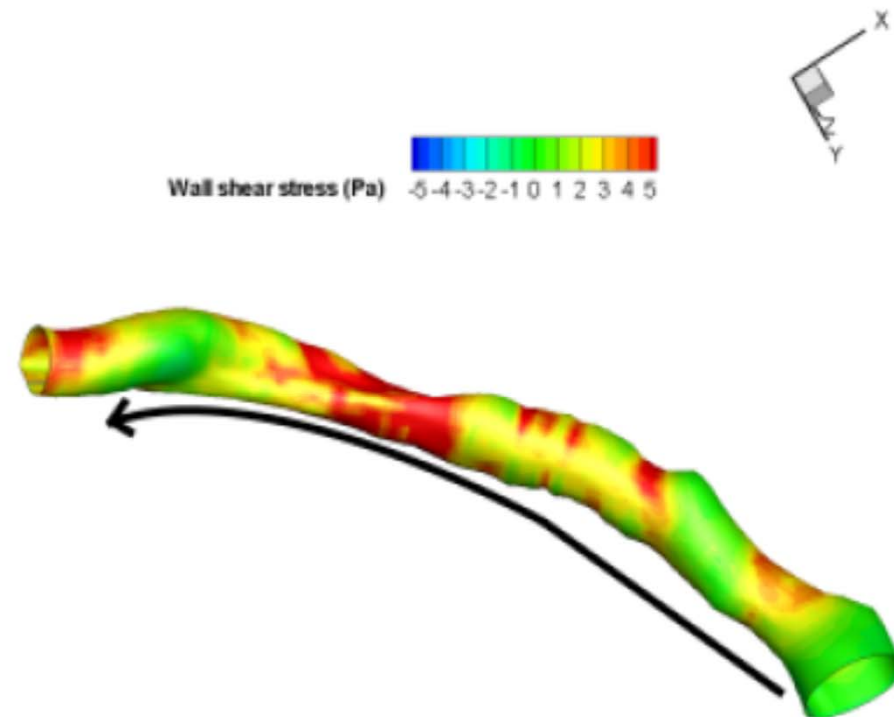
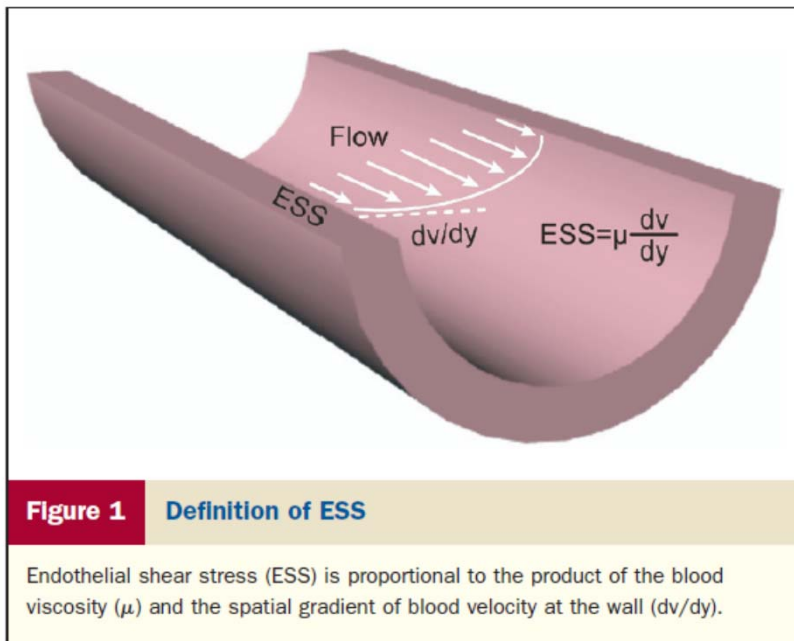


# Endothelial shear stress (ESS) - hodnocení tzv. smykového tření -





# Endothelial shear stress





1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA  
UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE



# Optická koherenční tomografie

## OCT





# 1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA UNIVERZITY KARLOVY V PRAZE



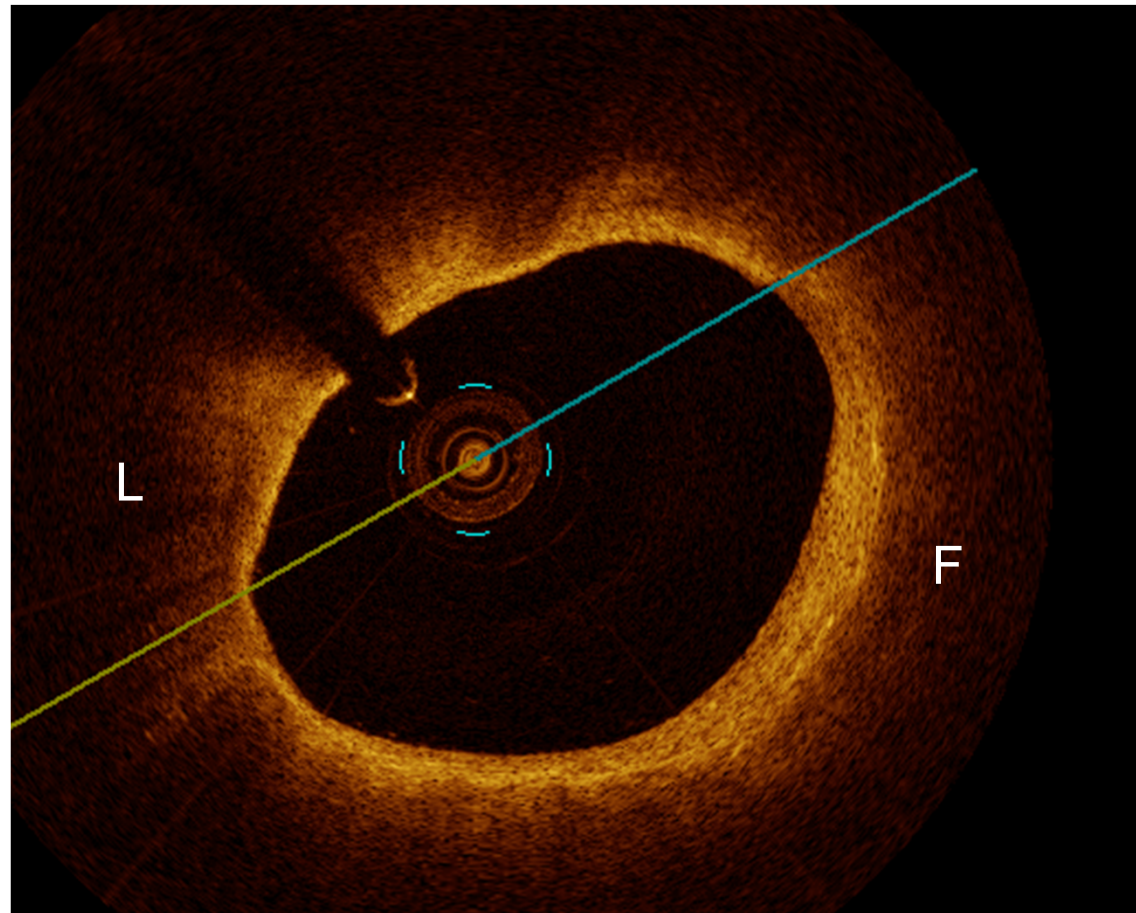


# Optická koherentní tomografie (OCT)

- Invazivní zobrazovací metoda využívající odrazu infračerveného světla o vlnové délce  $1.3 \mu\text{m}$
- K dosažení cirkulárního obrazu rotuje katétr ve vyšetřované tepně
- Rozlišovací schopnost:
  - Axiální  $10 \mu\text{m}$
  - Laterální  $20\text{-}40 \mu\text{m}$
- Penetrace do tkání  $0,1\text{-}2 \text{ mm}$
- Cirkulární zobrazení  $4\text{-}6 \text{ cm}$

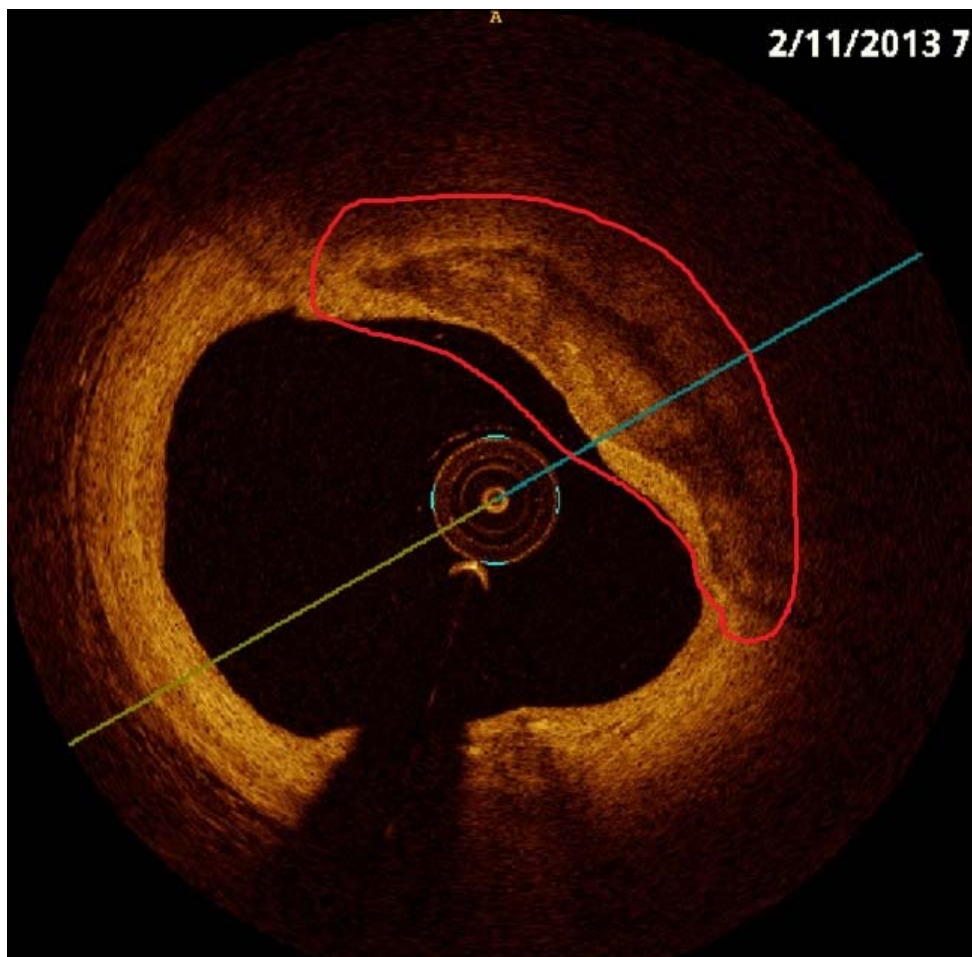


# Lipidový (L) a fibrózní plát (F)



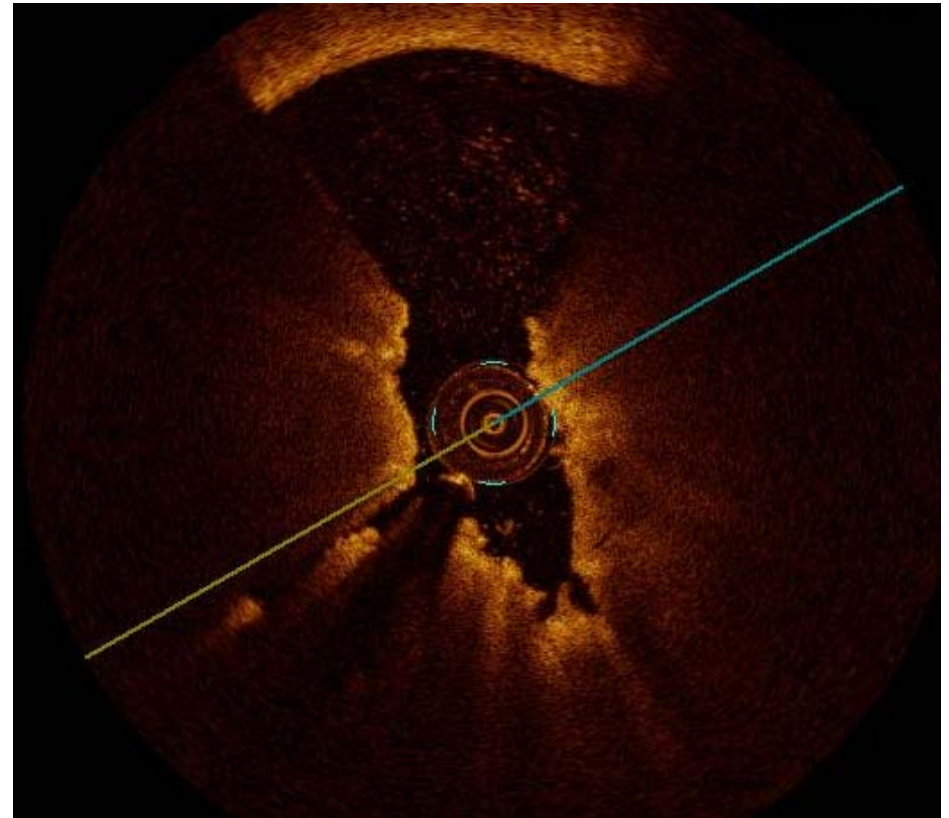
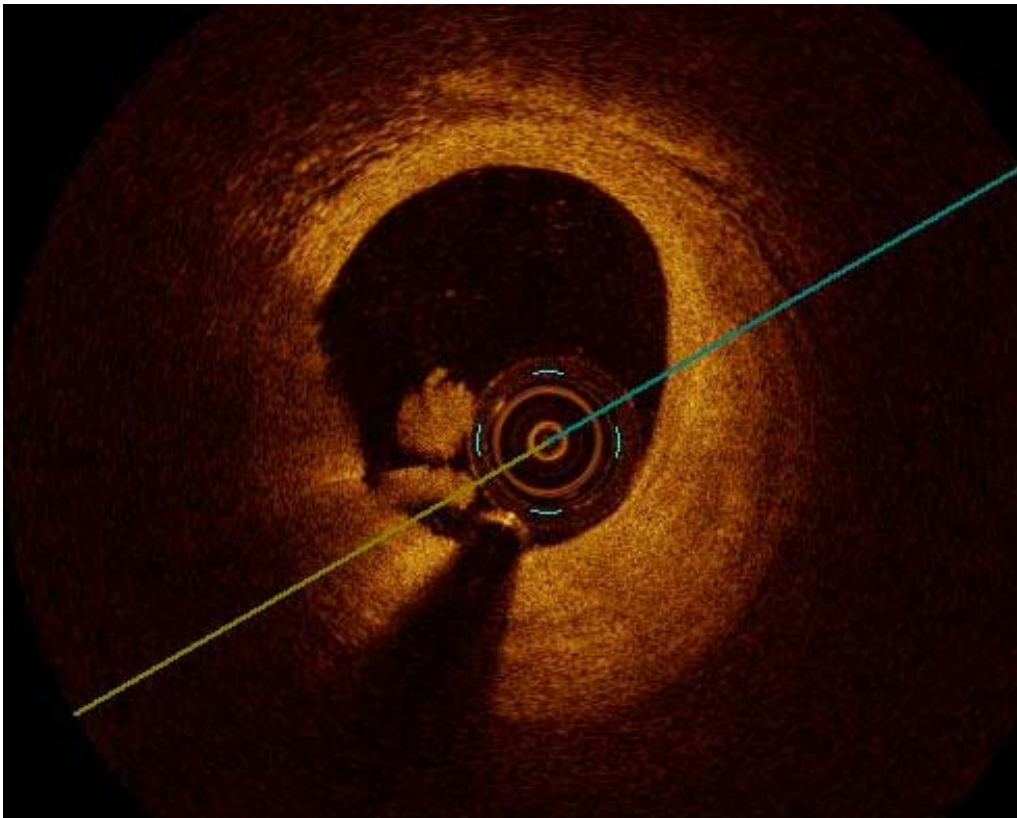


# Kalcifikovaný plát



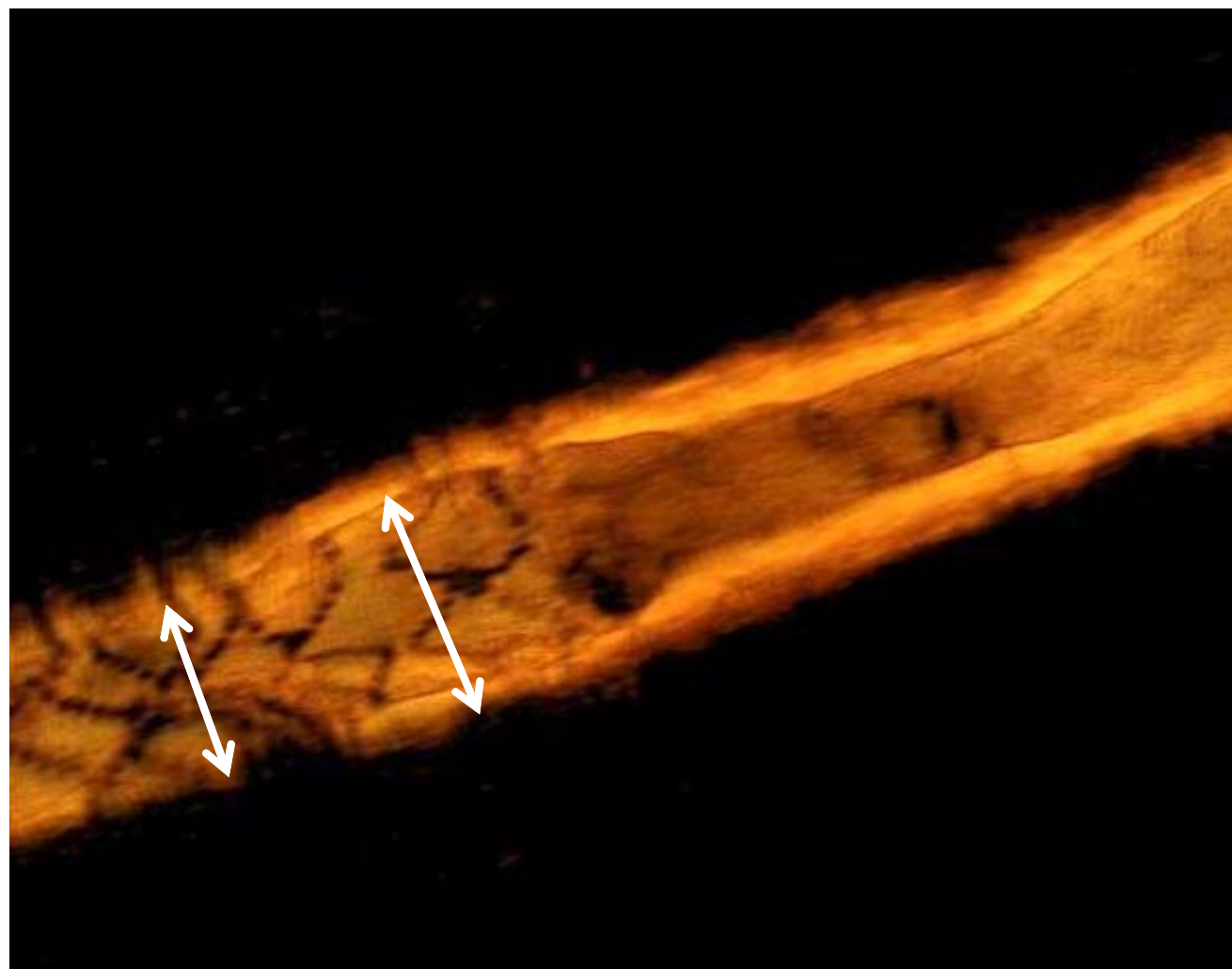


# Destičkový (tzv. bílý) a trombus bohatý na erytrocyty (tzv. červený)





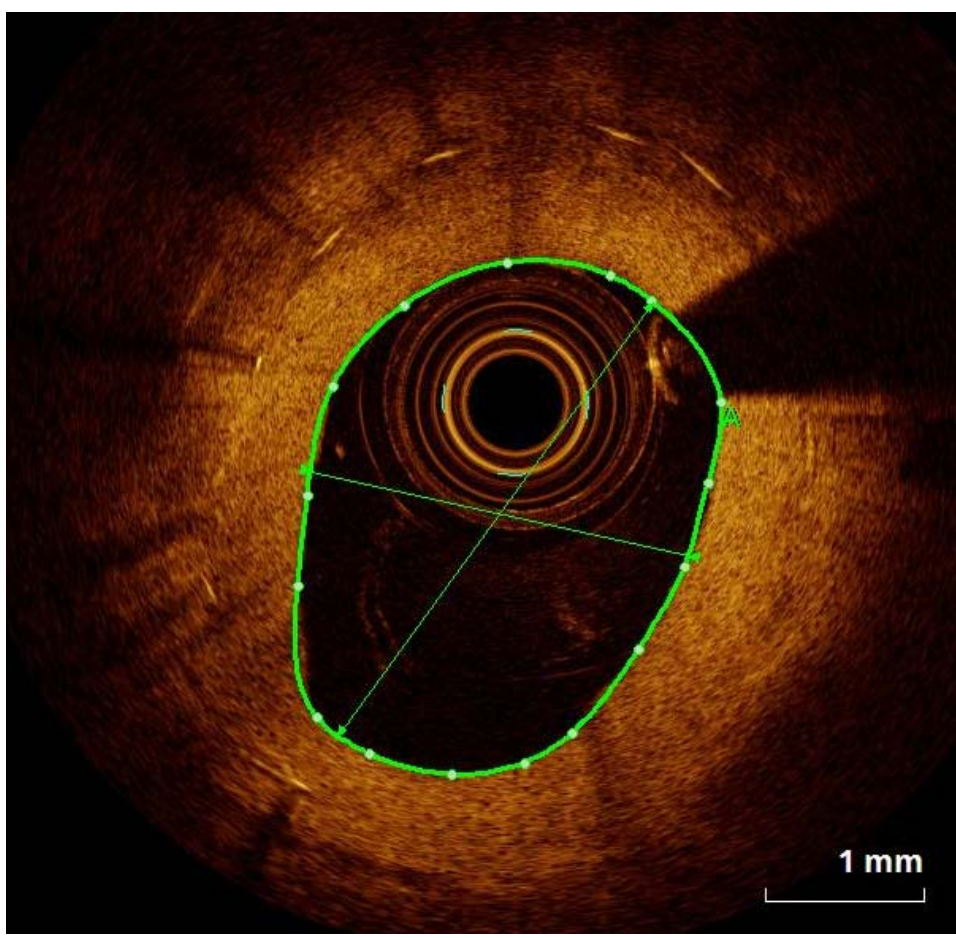
# Nedostatečná expanze ve stentu - 3D zobrazení -







# In-stent restenóza



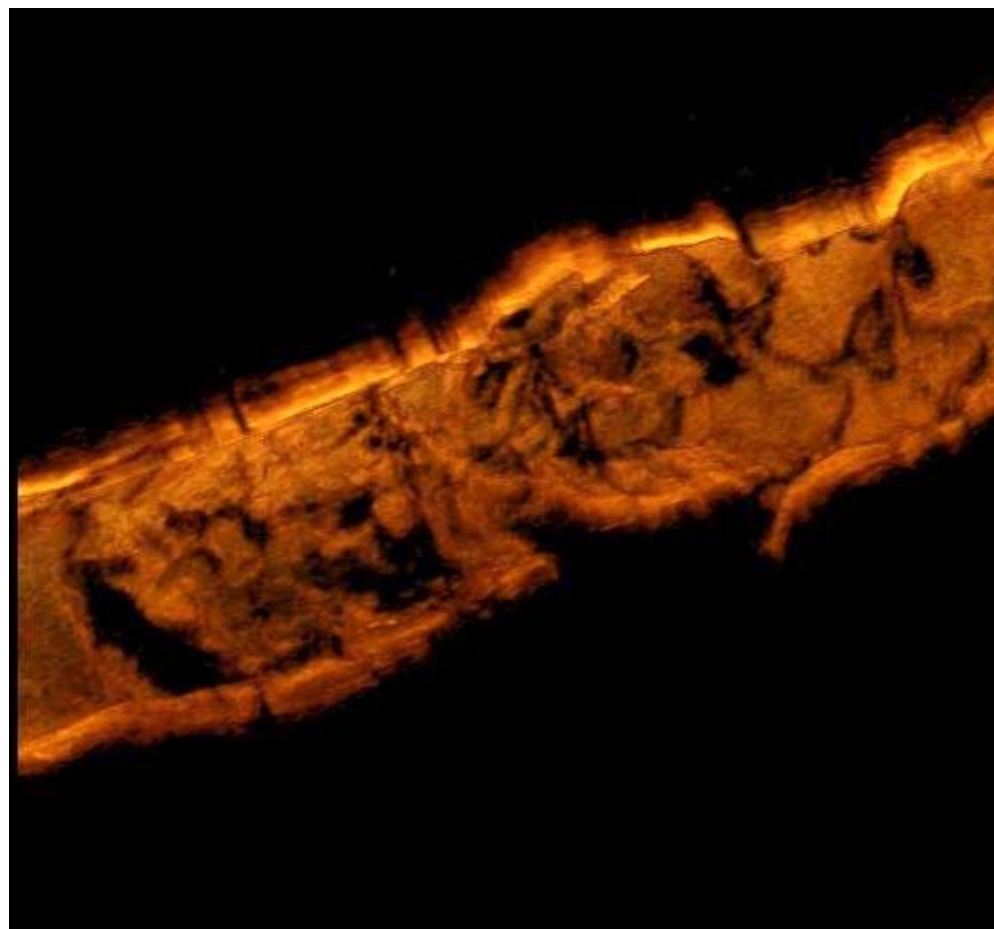


# Deformace stentu





# In stent trombóza - 3D zobrazení -





## Závěr

- Moderní katetrizační laboratoř se již neobejde bez dalších modalit určených k hodnocení:
  - Hemodynamické významnosti lézí
  - Optimalizace strategie intervence u komplexních PCI
  - Kontrola výsledku při nejednoznačném angiografickém obrazu
  - Riziková stratifikace lézí
  - Vědecké účely