Metody nukleární kardiologie

MUDr. Otto Lang, Ph.D.

Klinika nukleární medicíny

UK 3. LF Praha

Materiál pro kardiology před atestací

Základní princip vyšetření v NM

- Podání radioaktivního indikátoru do těla
  - Radiofarmakum – informaci o distribuci nesou fotony
    - Nosič + zdroj záření (radionuklid) – **ne kontrastní látka!**
    - Ionty, komplexní molekuly, peptidy, protilátky, buňky
    - Určuje vlastnost (kvalitu, funkci), kterou vyšetřujeme
- Sledování jeho distribuce zevní detekcí
  - Detekční sonda – nezobrazovací metody
  - Gamakamera – zobrazovací metody
    - Planární (2D) (plíce, pacienti s klaustrofobií)
    - Tomografické (3D)
      - SPECT, PET, hybridy SPECT/CT, PET/CT, PET/MRI
- **Lze provést pouze na živém organismu!**

Radiofarmaka v nukleární kardiologii

Radiofarmaka pro perfuzi myokardu

- ^{201}Tl chlorid, ^{99m}Tc MIBI, ^{99m}Tc Myoview (SPECT)
- $^{13}NH_3$, $H_2{}^{15}O$, ^{82}Rb chlorid, Flurpiridaz (PET)
- Distribuce v myokardu zobrazuje perfuzi na buněčné úrovni
  - RF je lokalizované intracelulárně (extravaskulárně)
    - nezobrazuje cévy (na rozdíl od kontrastních látek)
- Důležitá je farmakokinetika, množství radiofarmaka v buňkách koreluje s velikostí průtoku v širokém rozmezí hodnot
  - Množství lze měřit – měření koronární rezervy

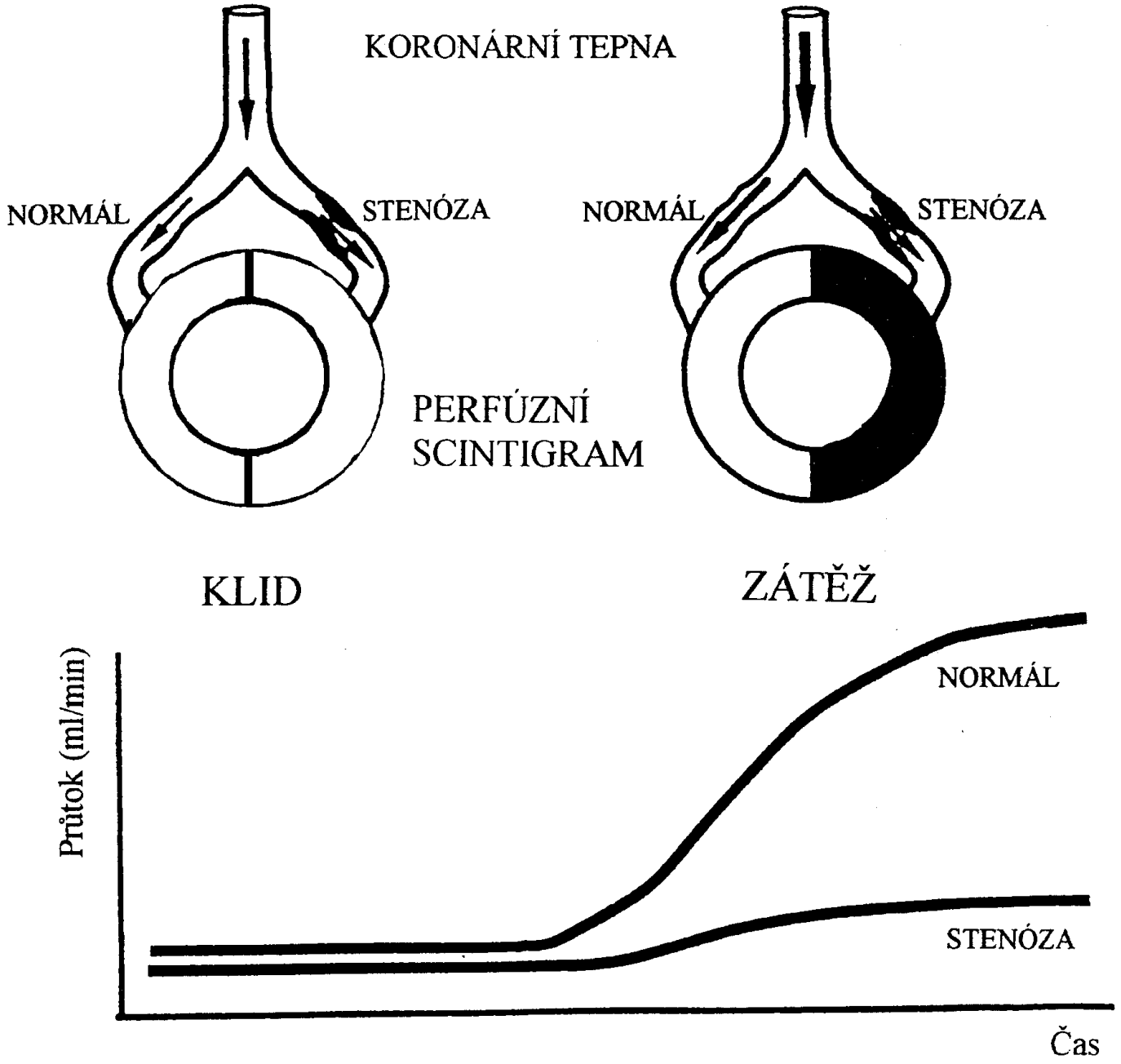
Radiofarmaka pro viabilitu myokardu

- Principy viability
- 1. Zachovaná funkce ATP-azy
  - Pozdní akumulace ^{201}Tl (integrita buněčné membrány)
- 2. Integrita mitochondriální membrány
  - Akumulace ^{99m}Tc MIBI (po podání NTG)
- 3. Zachovaný buněčný metabolismus
  - Glukózy nebo mastných kyselin
    - Akumulace ^{18}F-FDG nebo ^{123}I značených mastných kyselin (BMIPP)

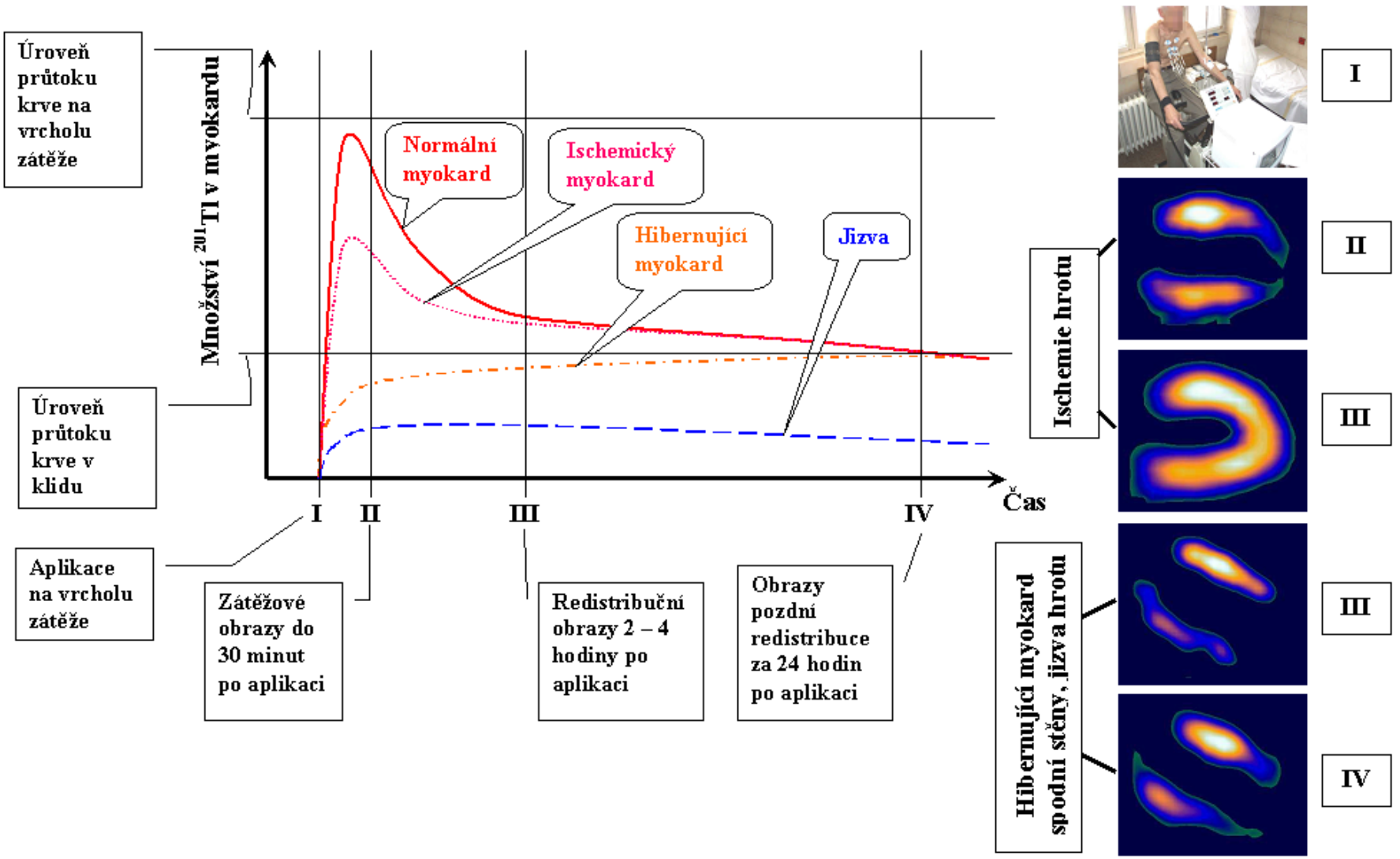
Radiofarmaka pro perfuzi plic

- Makroagregát (suspenze) albuminu značený ^{99m}Tc (MAA)
  - Velikost částic většinou 10-90 μm (95%), nejsou přítomny částice >150 μm
  - Optimální počet částic pro dospělého je 600 tisíc, minimum je cca 75 tisíc, u dětí redukce
  - Během 5 minut je 90 % částic zachyceno v plicních kapilárách a arteriolách
    - Distribuce částic je funkcí regionálního toku krve
    - Extrapulmonální lokalizace svědčí pro pravolevý zkrat
  - Biologický poločas částic v plicích je 2-9 hodin

Patofyziologické poznámky k perfuzi myokardu


KORONÁRNÍ TEPNA
NORMÁL
STENÓZA
NORMÁL
STENÓZA
PERFÚZNÍ SCINTIGRAM
KLID
ZÁTĚŽ
Průtok (ml/min)
NORMÁL
STENÓZA
Čas

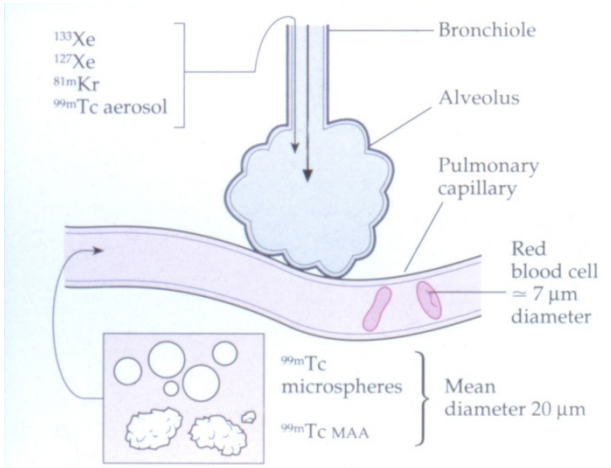
Změny množství Tl v myokardu v čase

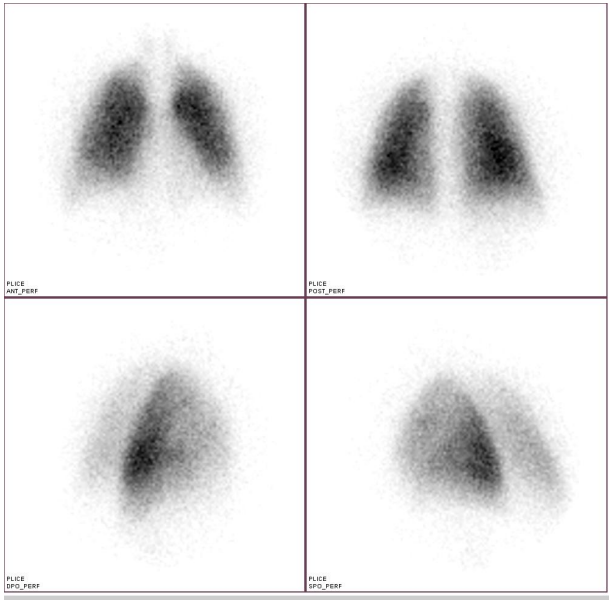


Patofyziologické poznámky k perfuzi plic

Vztah perfuze a ventilace

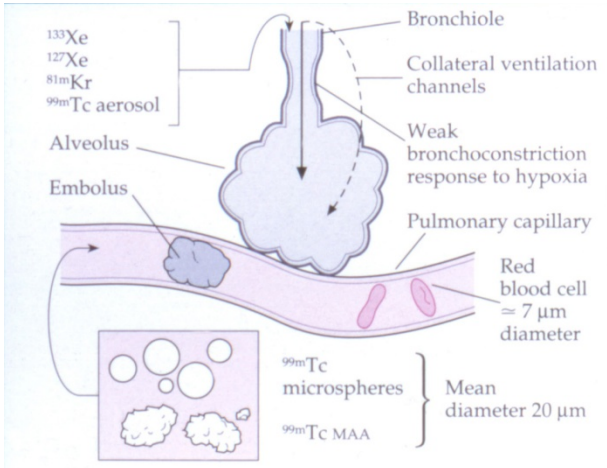
Fyziologický stav

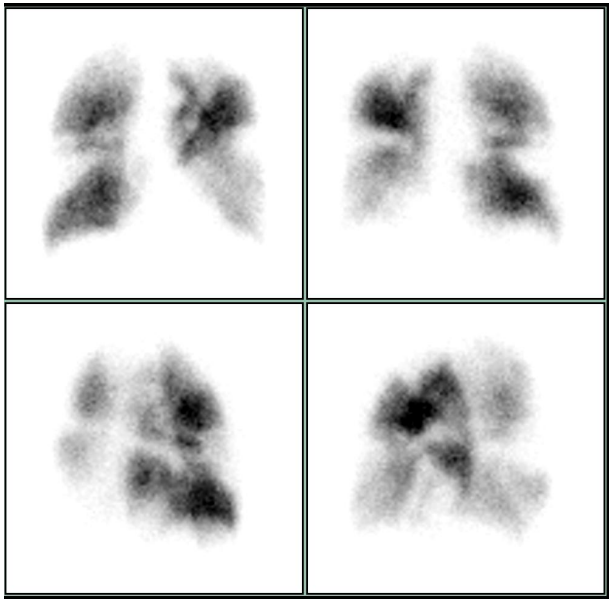




Distribuce plicní perfuze

Embolie do plicnice



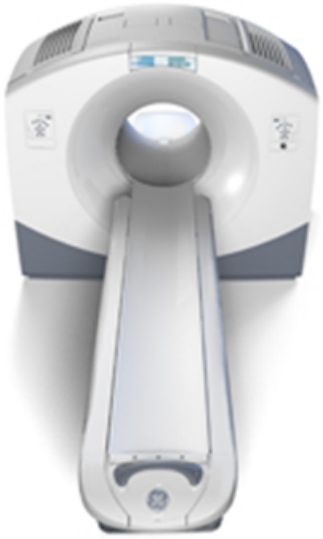


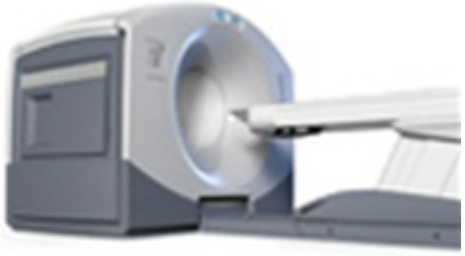
Zobrazování v nukleární kardiologii

1. scintigrafie myokardu (SPECT, PET, hybridní obrazy)

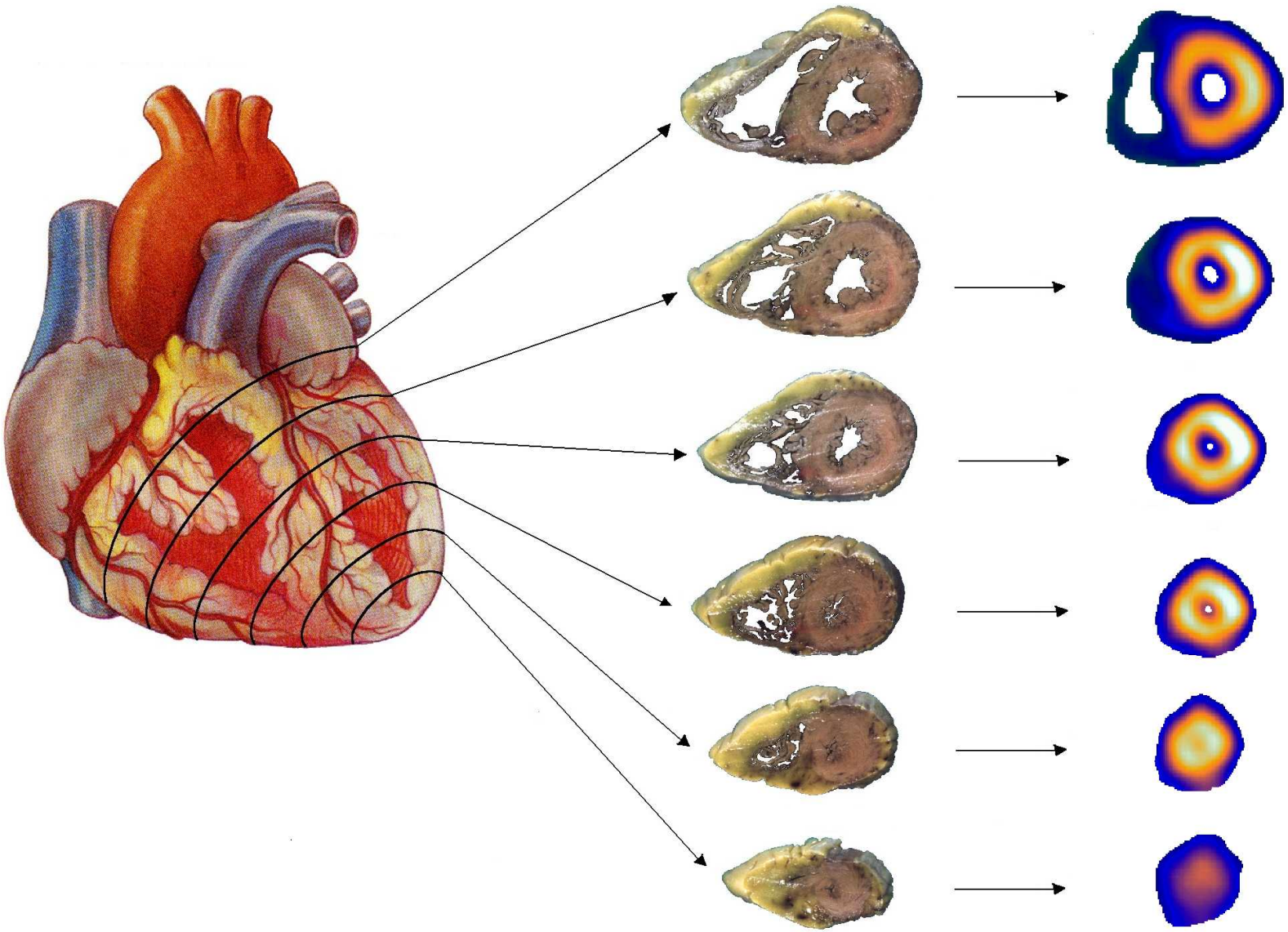
Gamakamery pro SPECT

Hybridní kamery
pro zobrazení SPECT/CT a PET/CT

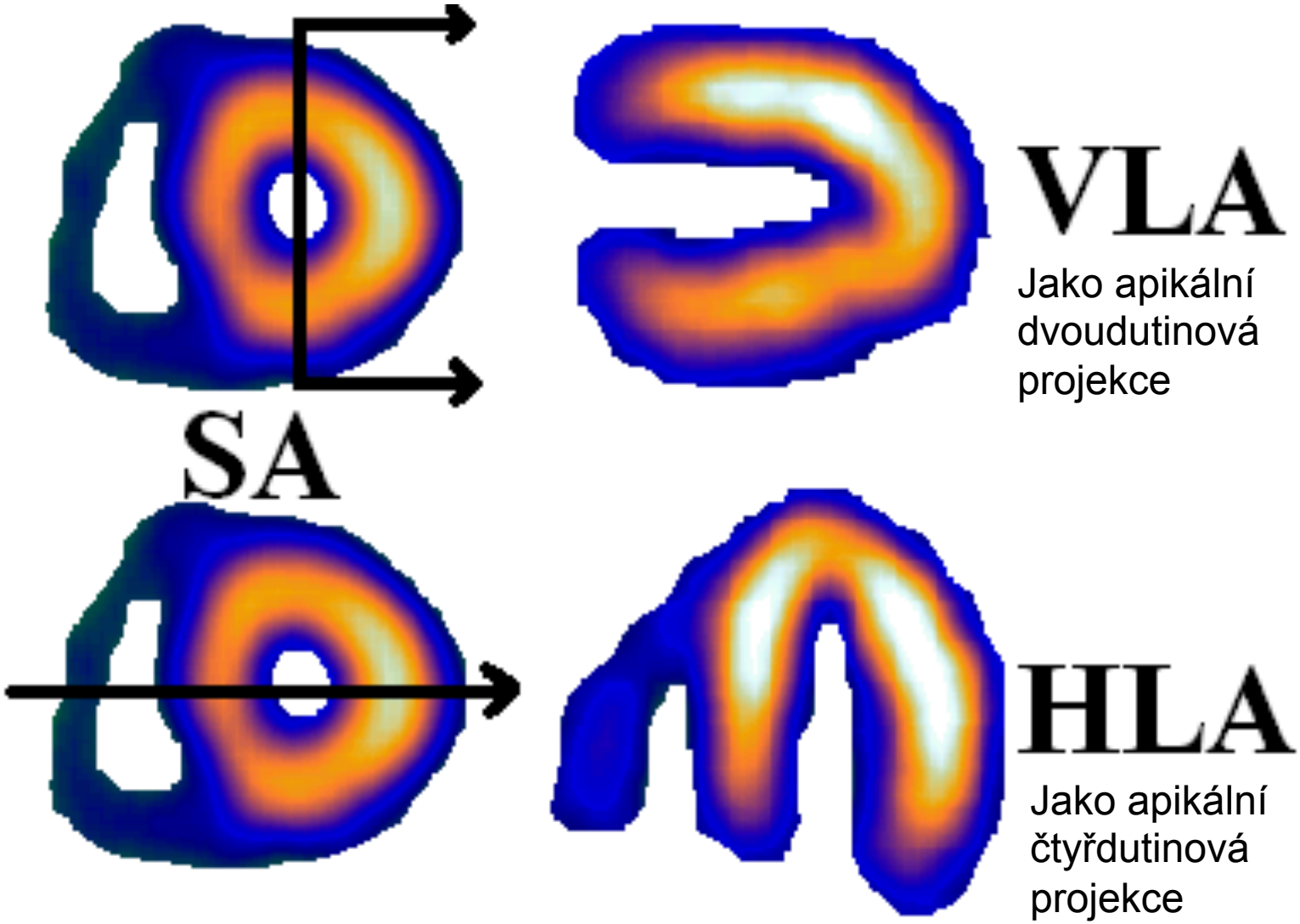




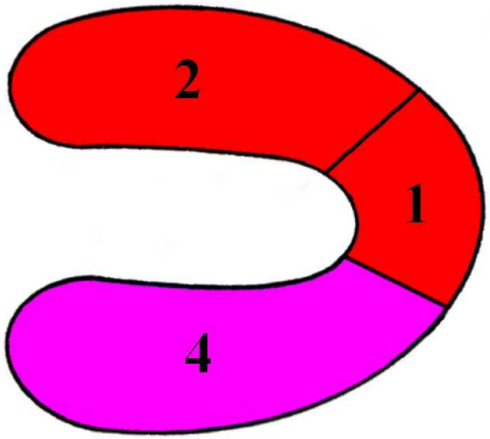
Zobrazení myokardu – SA řezy



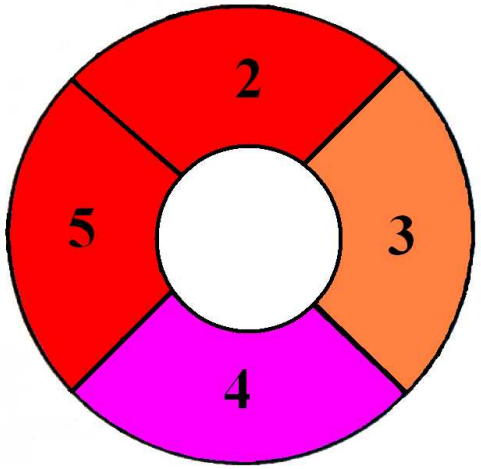
Ostatní tomografické řezy



Určení lokalizace - názvosloví



VLA



SA

Legenda:

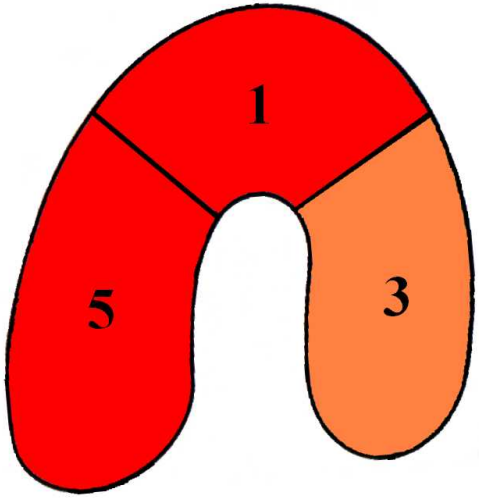
1 - hrot

2 - přední stěna

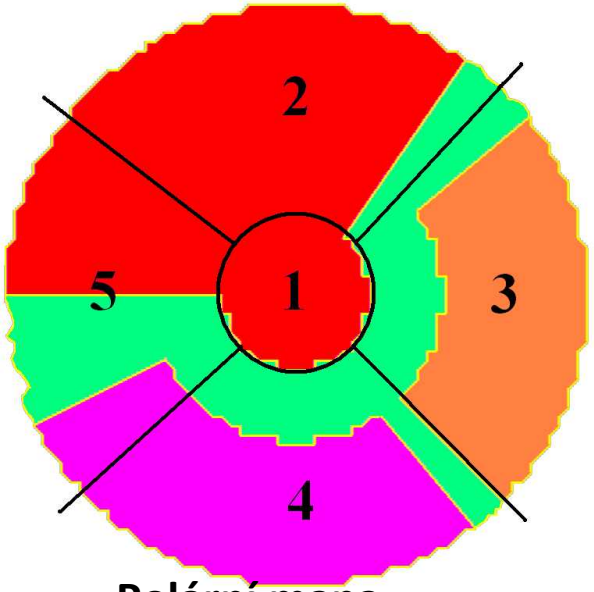
3 - boční stěna

4 - spodní stěna

5 – septum



HLA



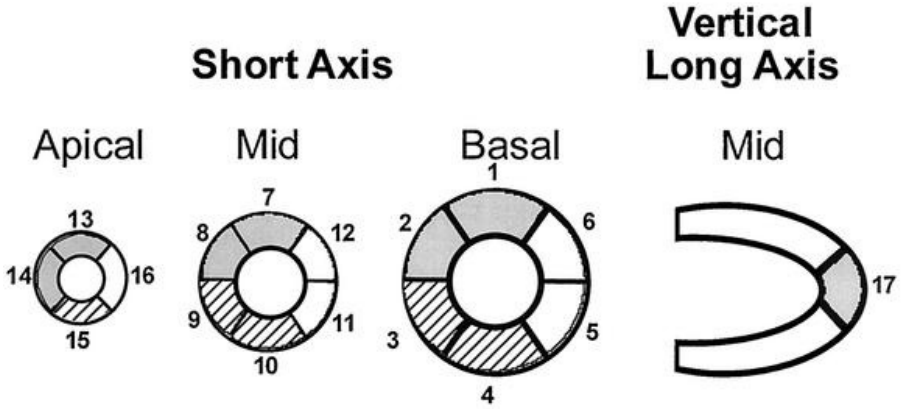
Polární mapa

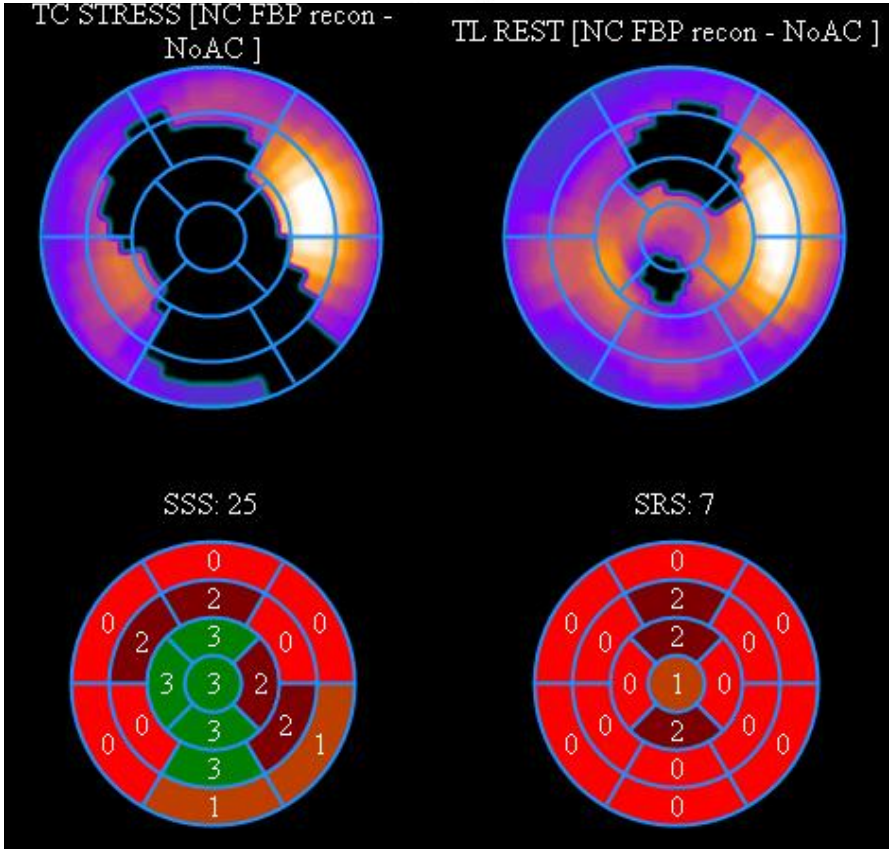
RIA

RC

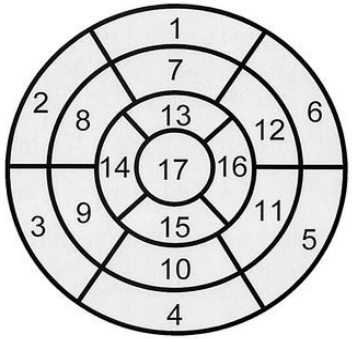
ACD

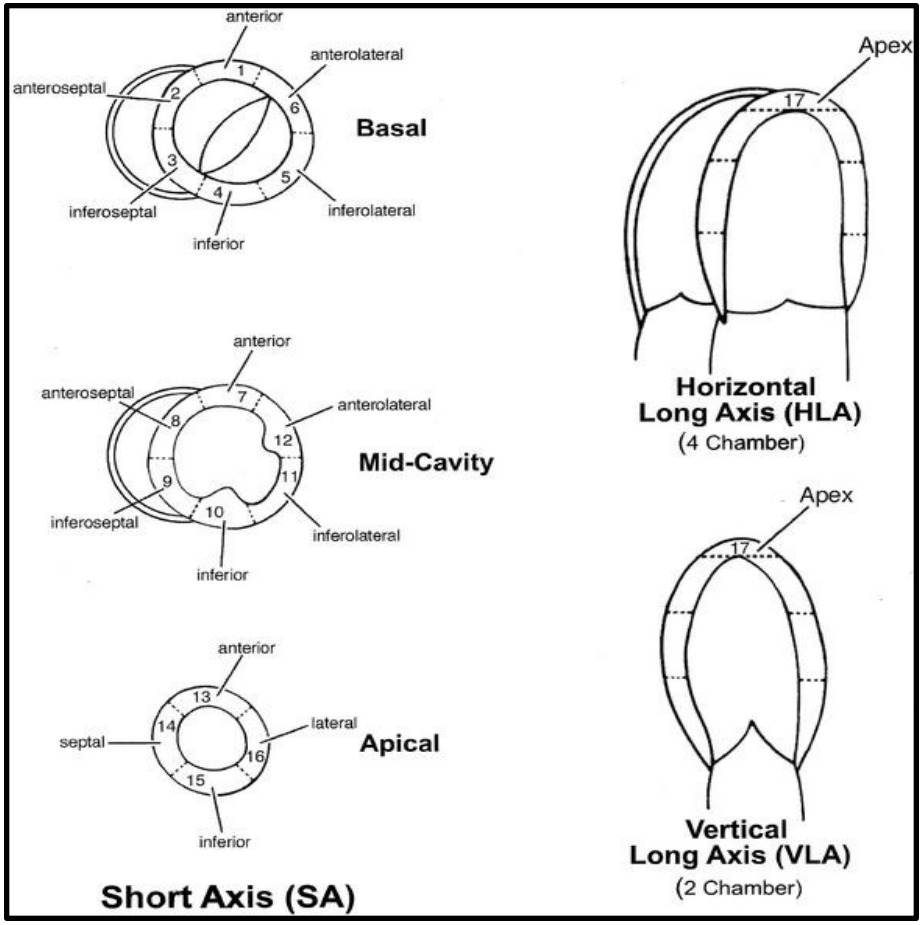
Coronary Artery Territories



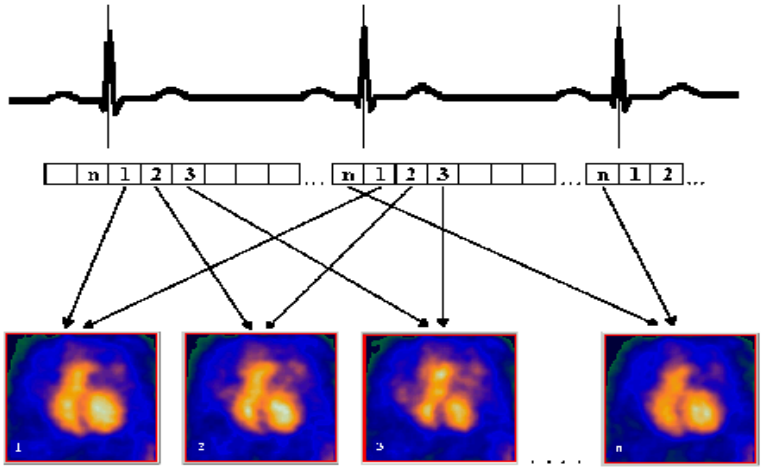


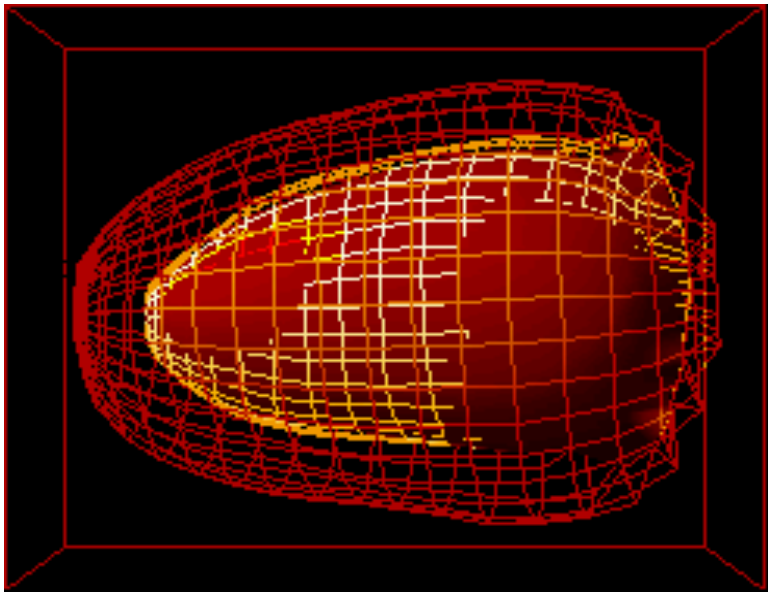
Left Ventricular Segmentation

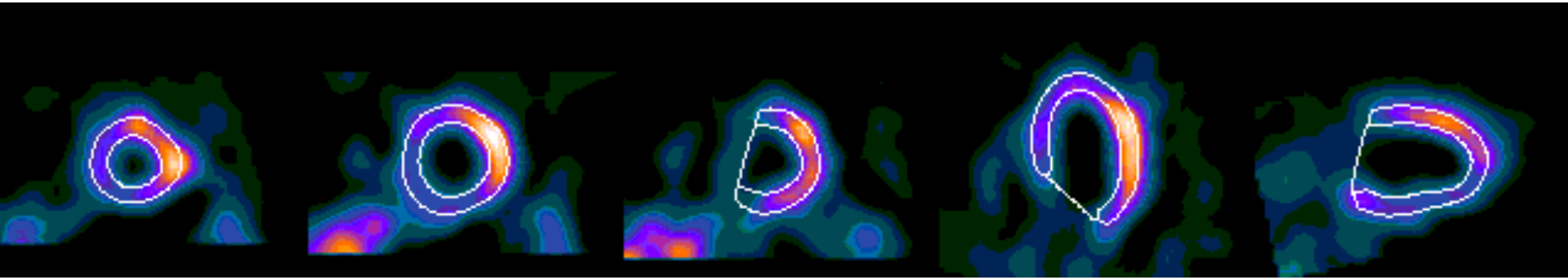




Synchronizovaný záznam (gated)

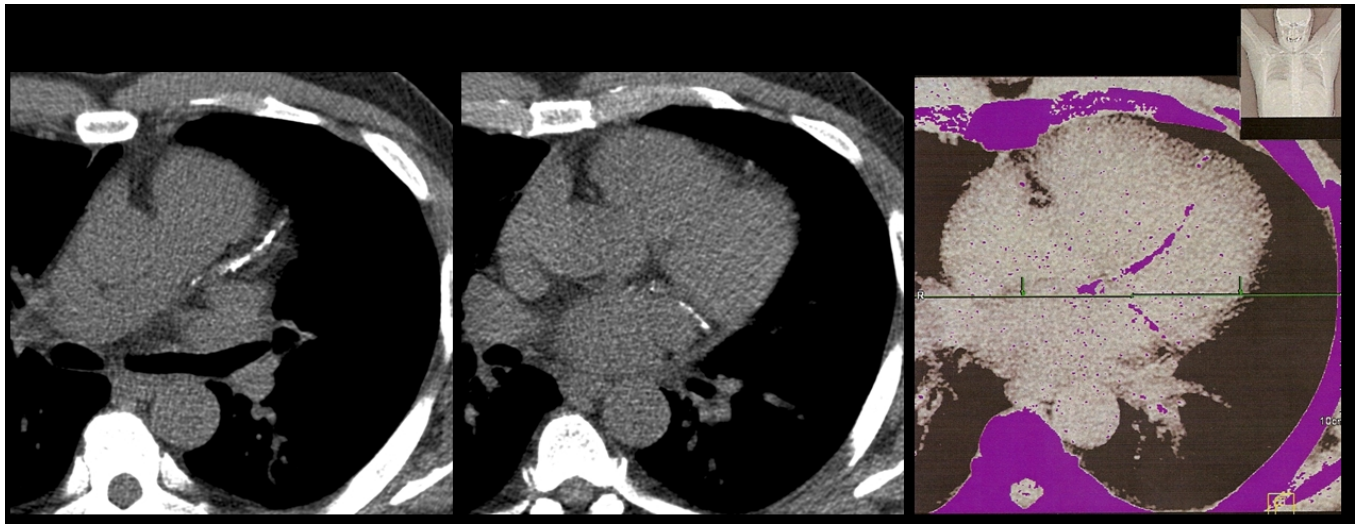


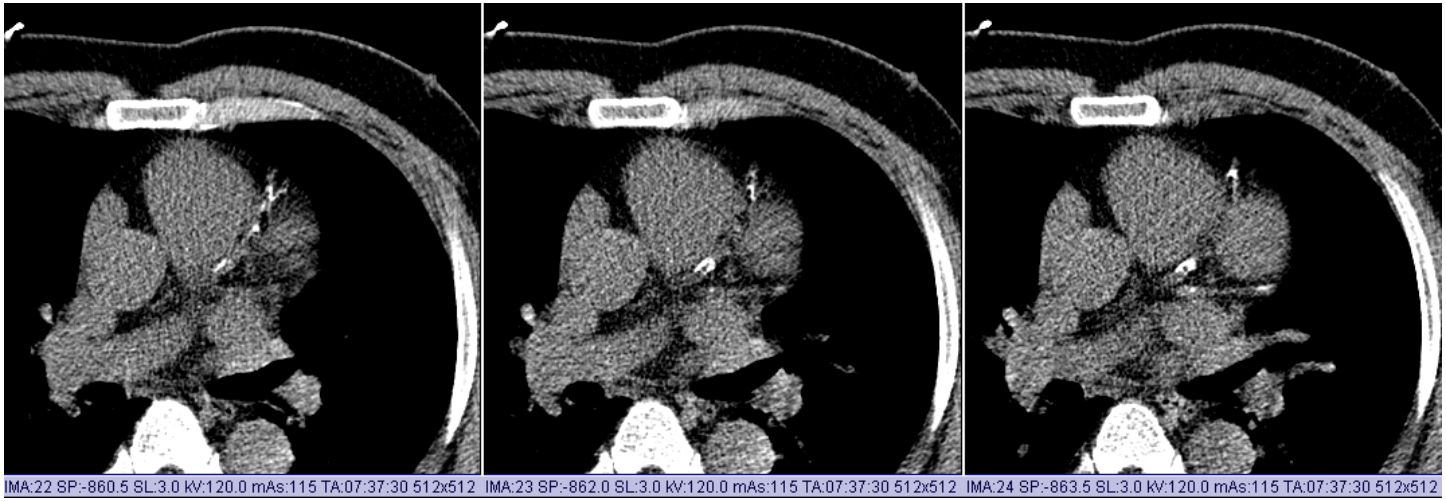




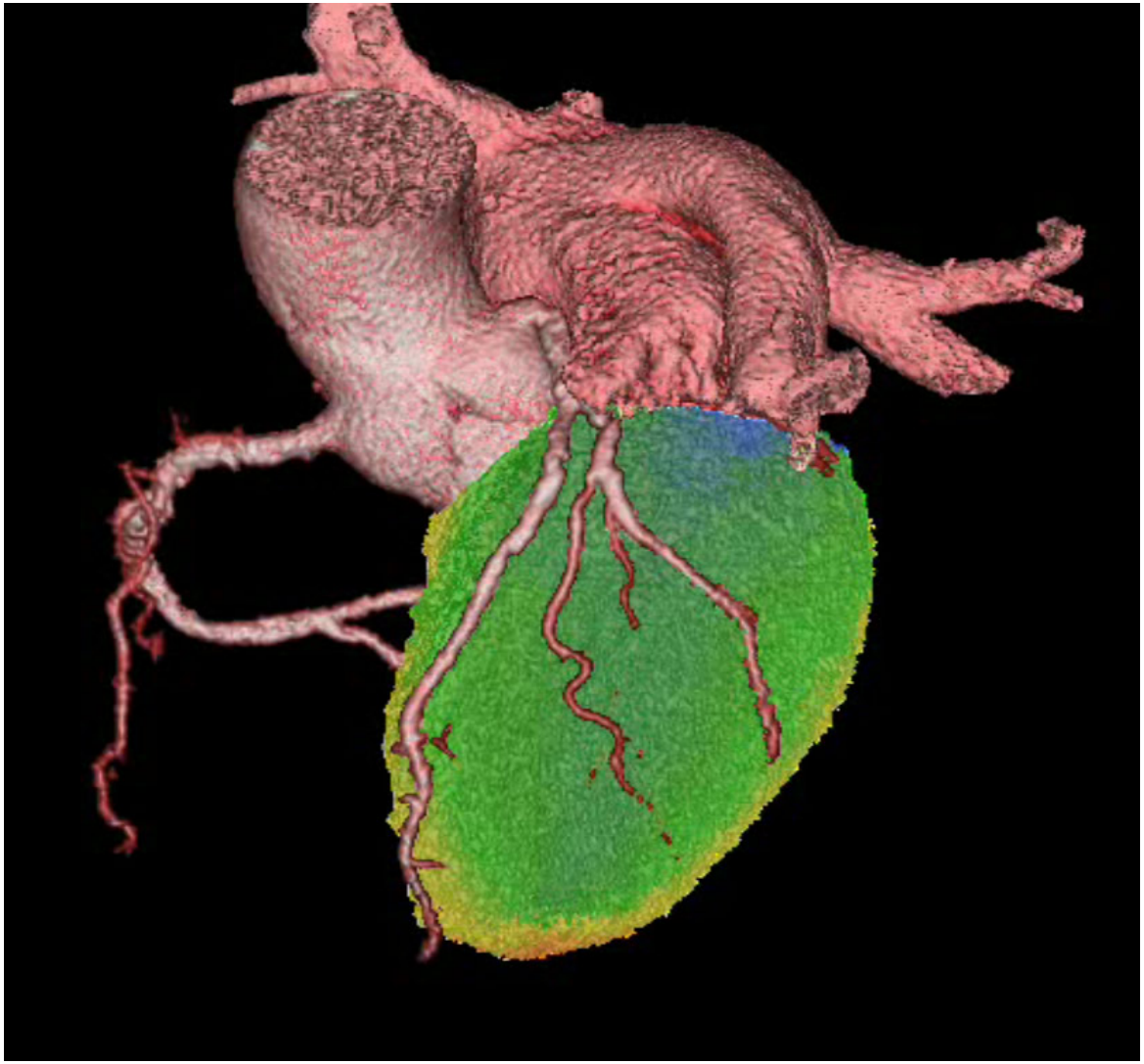
SA apikálně | SA střed | SA bazálně | HLA střed | VLA střed

Kalciové skóre
PET/CT nebo SPECT/CT



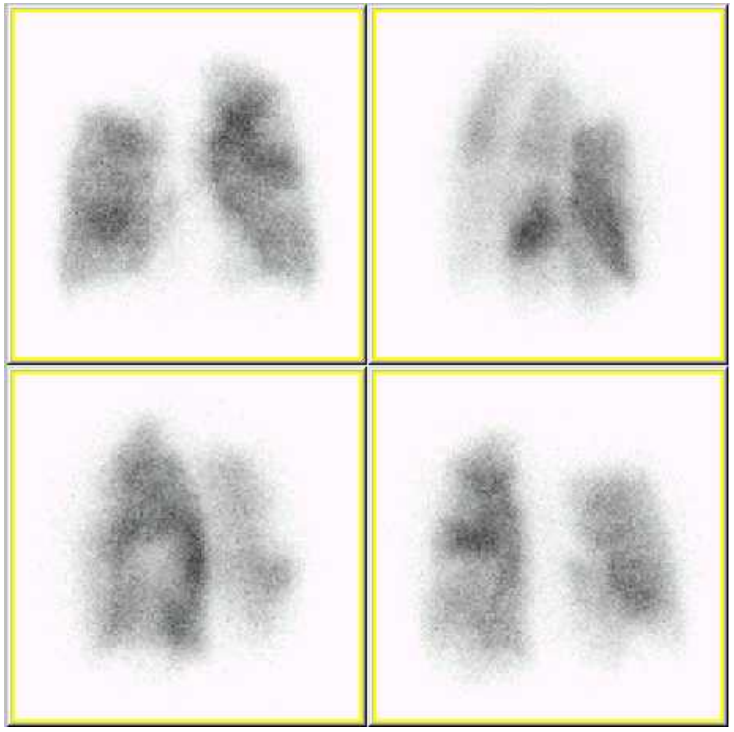


Hybridní zobrazení PET/CT (CT angiografie, PET perfuze)



Zobrazování v nukleární kardiologii

2. scintigrafie plic (planár, SPECT, hybridní obrazy)



Planární obrazy

3D obraz (SPECT)

Hybridní obrazy (SPECT/CT)

Základní vyšetření

- Zobrazení myokardu
  - scintigrafie myokardu
- Zobrazení náplně komor
  - ventrikulografie (MUGA)
- Zobrazení plic
  - scintigrafie plic

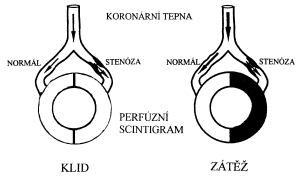
Zobrazení vlastností myokardu – perfuze

myocardial perfusion imaging – MPI

myocardial perfusion scintigraphy – MPS

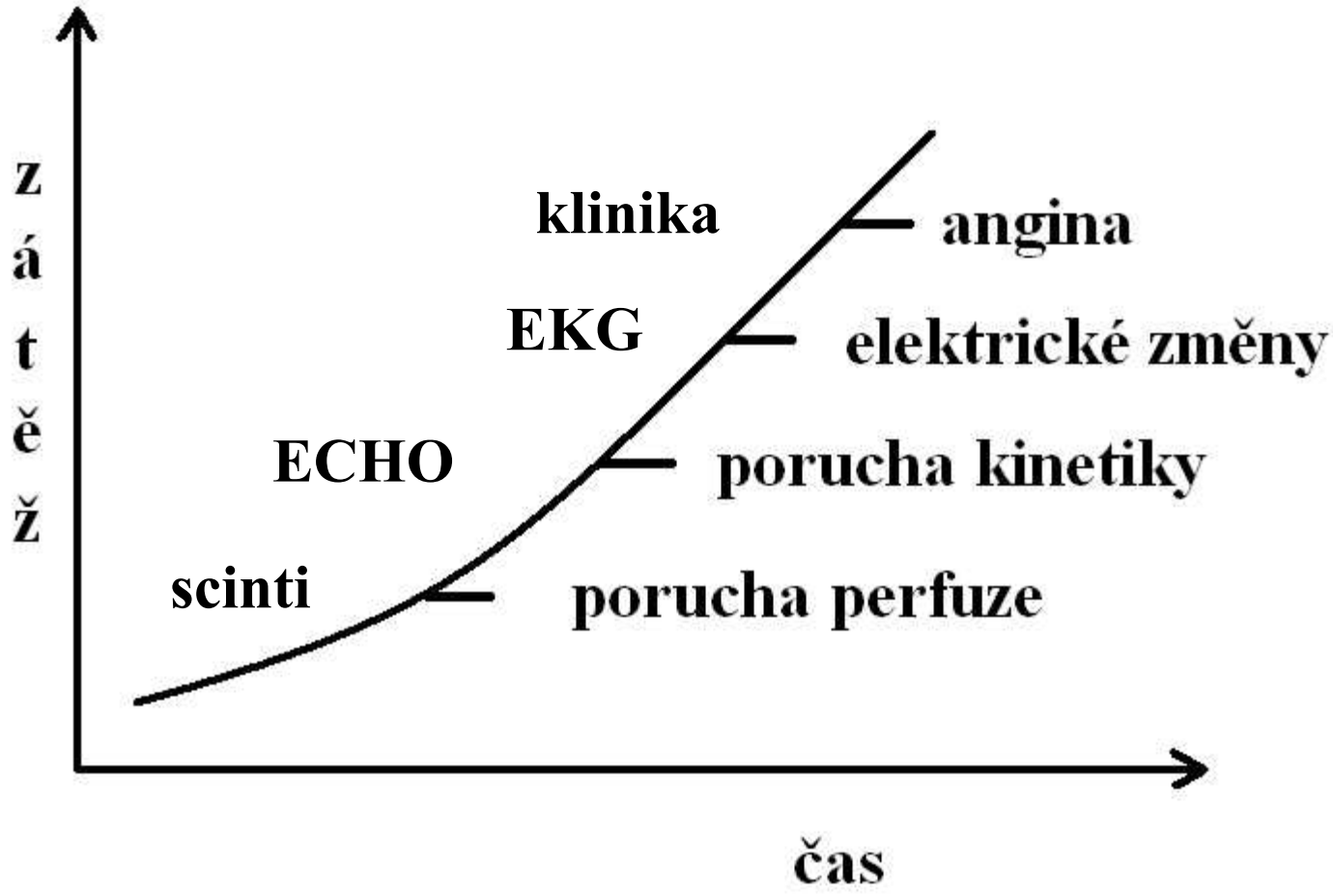
Zátěžový test

- Nedílná součást perfuzní scintigrafie myokardu (proto název „zátěžová scintigrafie“)
- Cílem je navodit heterogenitu perfuze myokardu prostřednictvím dilatace arteriol
  - Selektivní **dilatace** odporového řečiště v závislosti na stupni koronární stenózy
  - Nejčastěji nepřímá – fyzická práce, pozitivně inotropní a chronotropní léky
  - Alternativně přímá – vasodilatační léky
- Další informace o pacientovi



Ischemická kaskáda

postupný nástup patofyziologických změn v závislosti na stupni stenózy a době trvání zátěže



Perfuzní scintigrafie je principiálně nejcitlivější

Interpretace obrazů

- Normální (bez významných změn)
  - Jakýkoli defekt do 5% myokardu LK (SSS < 3)
- Drobná ischemie (mildly abn)
  - Reverzibilní defekt do 10% myokardu LK (SSS 4 - 8)
- Ischemie (moderately abn)
  - Reverzibilní defekt 10%-20% myokardu LK (SSS 9 - 13)
- Závažná ischemie (severly abn)
  - Reverzibilní defekt nad 20% myokardu LK (SSS > 13)
- Jizva (nebo hibernující myokard)
  - Fixní defekt

Použití scintigrafie perfuze myokardu v klinice

Klinické studie

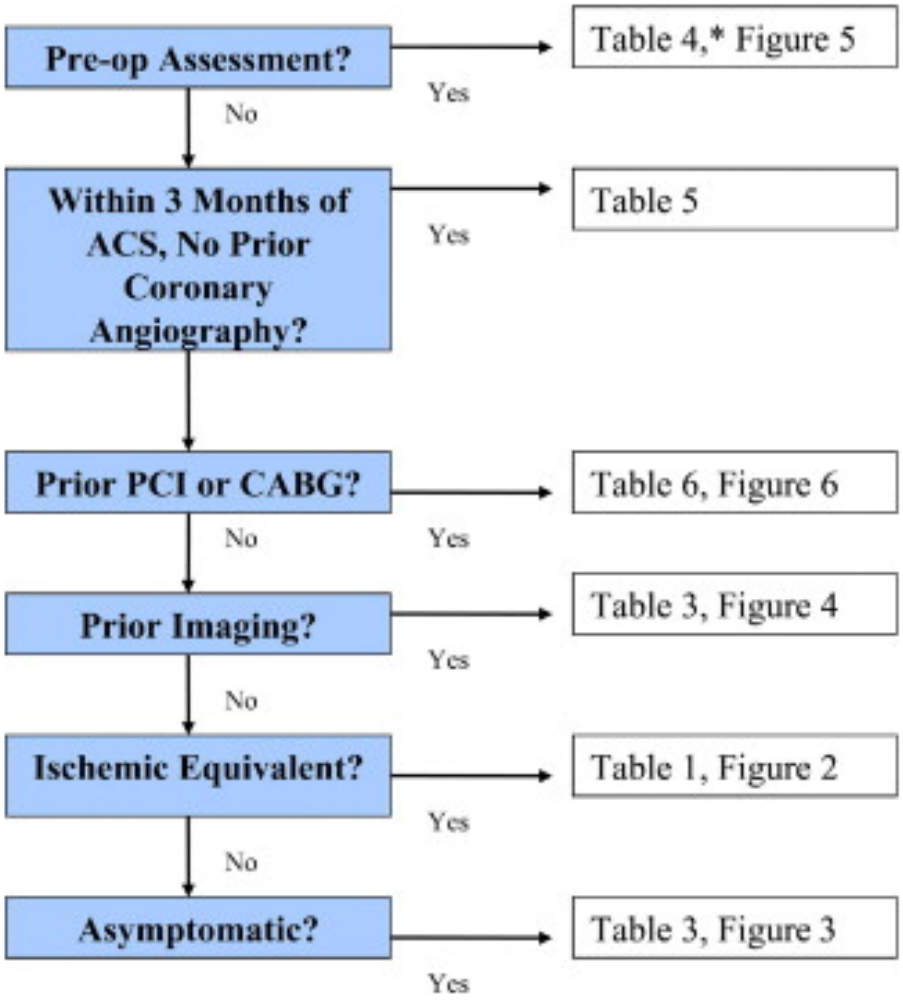
- Měření velikosti infarktového ložiska a ohroženého myokardu
  - Uznáno jako zástupné kriterium (FDA) pro hodnocení různých způsobů léčby akutní ischemie
    - Vhodné pro pilotní studie – malé množství pacientů ve srovnání s mortalitními studiemi
    - Např. CORE, STOPAMI, AMISTAD

Klinická praxe – AUC

- Detekce ischemie myokardu (vyloučení)
  - Lokalizace, rozsah (extent), závažnost (severity)
  - Hemodynamická významnost prokázaných stenóz
    - určení „culprit lesion“
  - Kalciové skóre, CT koronarografie
- Prognóza pacientů s ICHS
  - Obecně riziková stratifikace
  - Vybrané skupiny (ženy, po IM, po revask., diabetici)
- Viabilita myokardu
- Akutní koronární syndromy
- Kardiální riziko operace u nekoronárních výkonů

Společná AUC

J Am Coll Cardiol 2009;53(23):2201-2229. doi:10.1016/j.jacc.2009.02.013
http://content.onlinejacc.org/article.aspx?articleID=1139755



Riziková stratifikace

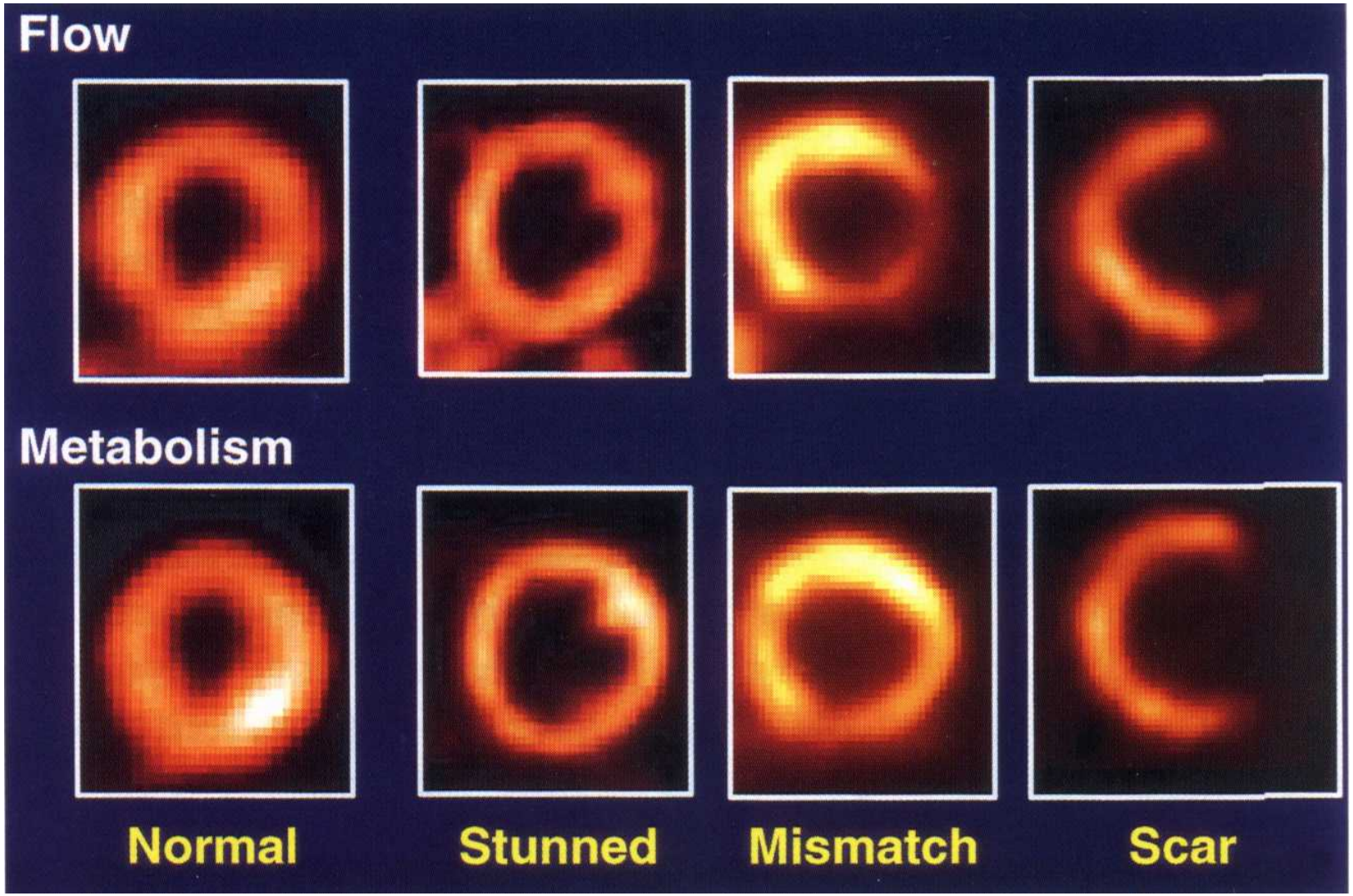
- **MPI poskytuje všechny informace důležité pro určení rizika**
- Kvantitativní hodnocení perfuzní poruchy
  - Velikost, závažnost
- Typ poškození myokardu
  - Ischemie, hibernace, jizva
- Mechanická funkce srdce
  - Ejekční frakce, EDV, ESV

Zobrazení vlastností myokardu - viabilita

Viabilní myokard

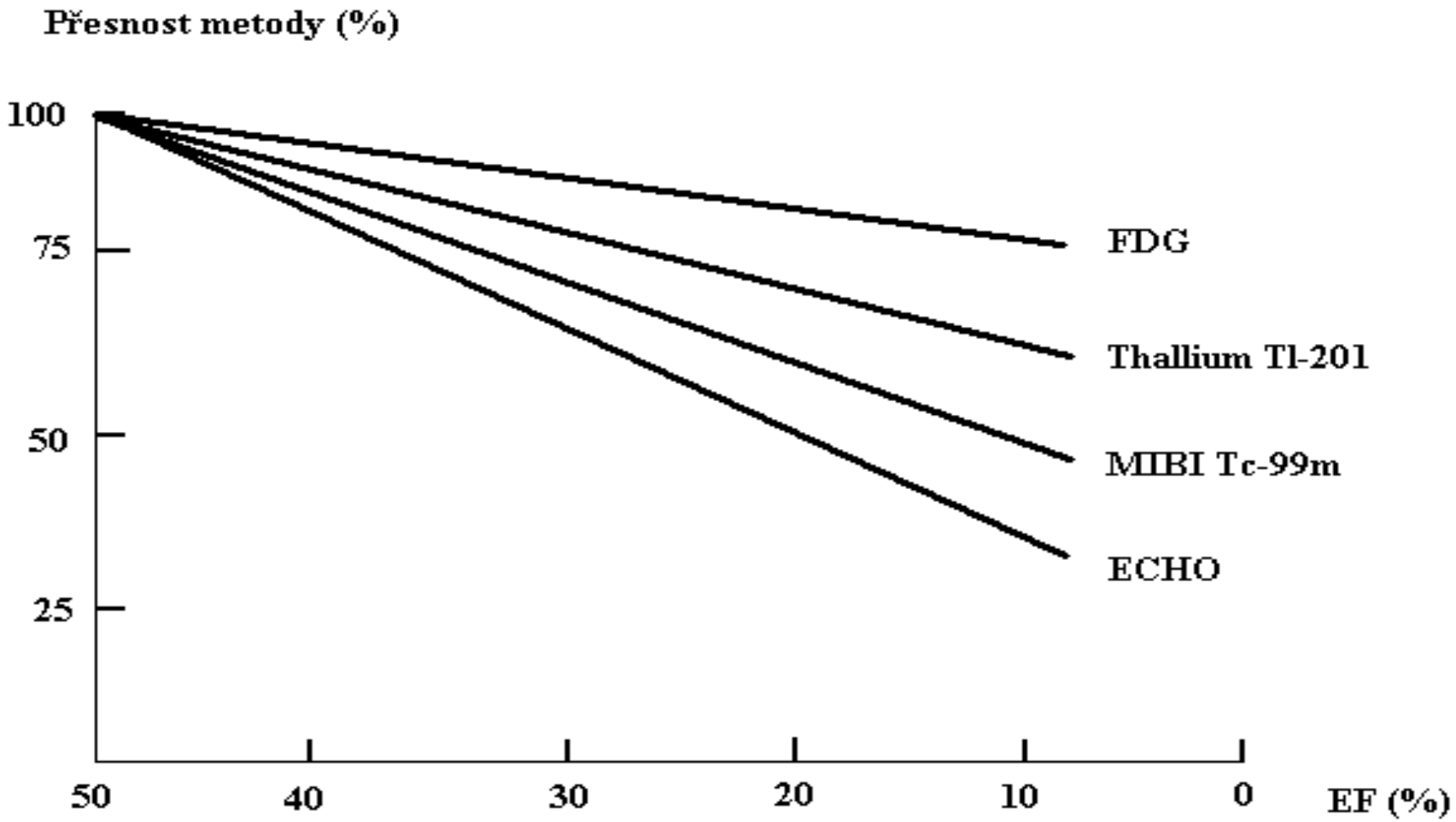
- Viabilita
  - daná **perfuzí, metabolizmem a funkcí**
- Omráčený myokard
  - Porucha kinetiky, normální perfuze, zachovaný metabolizmus
- Hibernující myokard
  - Porucha kinetiky, porucha perfuze, zachovaný metabolismus
- Jizva
  - Porucha kinetiky, perfuze i metabolizmu
- Důležitá pro racionální revaskularizaci

Zobrazení perfuze a metabolismu



Stunned = omráčený, mismatch = hibernující

Viabilita myokardu
přesnost metod



Zobrazení dalších vlastností myokardu

- Hustota sympatické inervace
  - ^{123}I MIBG (arytmogenní substrát, mortalita)
- Metabolismus mastných kyselin
  - ^{123}I BMIPP (ischemická „paměť“)
- A další – experimentální použití
  - Apoptóza, ischemie, amyloidóza, sarkoidóza …

Vyšetření pacientů s podezřením na embolii do plicnice

Radionuklidová flebografie a scintigrafie plic

- Obě metody se provádí současně (následně)
- Perfuzní scintigrafie - rozhodující
  - Hlavní význam je v **negativním nálezu - vylučuje embolii (NPV = 97 %-99 %)**
  - Ventilační scintigrafie - téměř se neprovádí
  - Užitečná u EP pod 50%, u pacientů s CHOPN
- Diagnostické parametry pro EP:
  - Senzitivita = 96 %-99 %, specificita 91 %-98 %

Použití plicní scintigrafie v klinice

Guidelines
např. ČKS, ESC, EANM

- Hlavní klinické indikace
  - pacienti s negativním nálezem na CTA, ale s vysokou klinickou pravděpodobností diagnózy EP
  - technicky nezdařená CTA (podle PIOPED II až 50 %)
  - pacienti s kontraindikací podání kontrastní látky
    - alergie, renální insuficience, hypertyreóza
  - ženy ve fertilním věku (nižší ozáření prsní žlázy)
  - *sledování vývoje embolie (cave CTPAH)*
    - *odhad rizika před propuštěním*

Diagnosis of PE in pregnancy

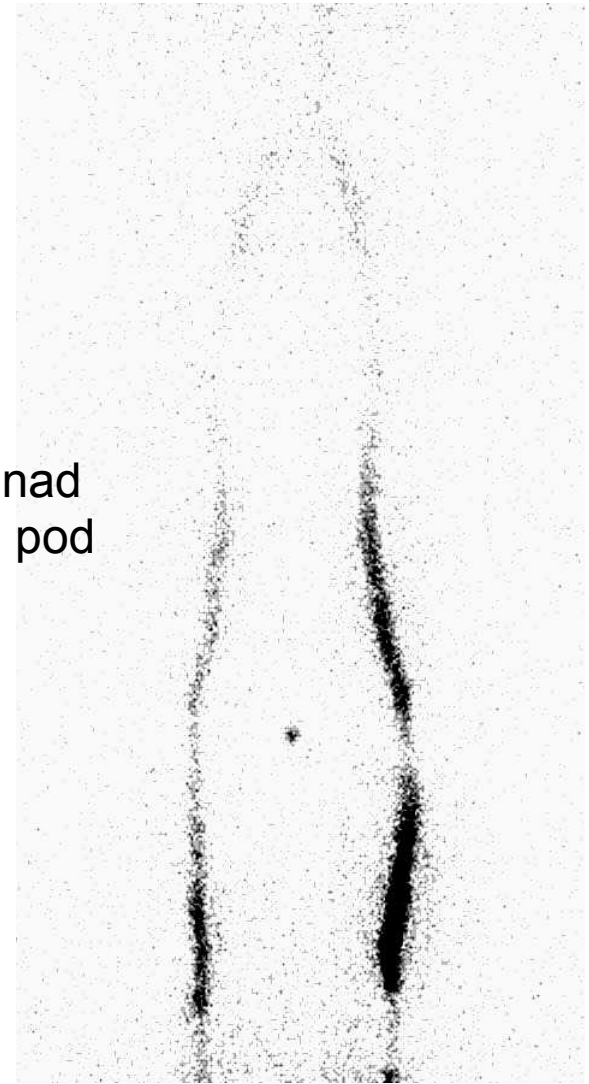
Estimated radiation absorbed in procedures for diagnosing pulmonary embolism		
Test	**Estimated fœtal radiation exposure (mSv)**	**Estimated maternal radiation exposure to breast tissue (mSv)**
Chest X-ray	<0.01	0.01
Perfusion lung scan with Technetium-99m labelled albumin Low dose: 40 MBq High dose: 200 MBq	 0.11-0.20 0.20-0.60	 0.28-0.50 1.20
Ventilation lung scan	0.10-0.30	<0.01
Computed tomographic angiography	0.24-0.66	10-70

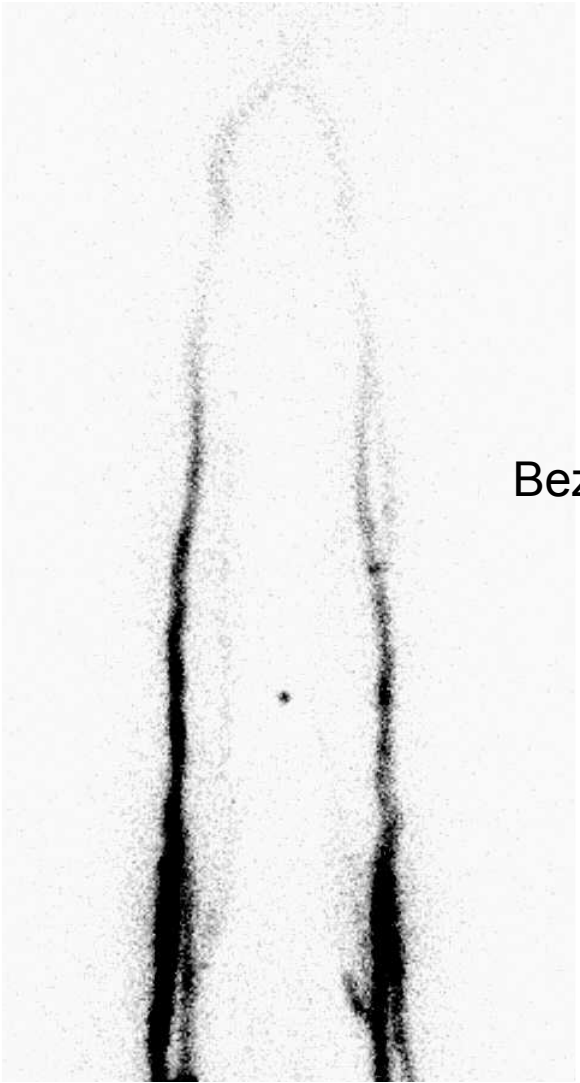
European Heart Journal (2014):doi:10.1093/eurheartj/ehu283

EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY®

Radionuklidová flebografie
zobrazení průchodnosti žilního systému DK

Se škrtidly nad kotníkem a pod kolenem

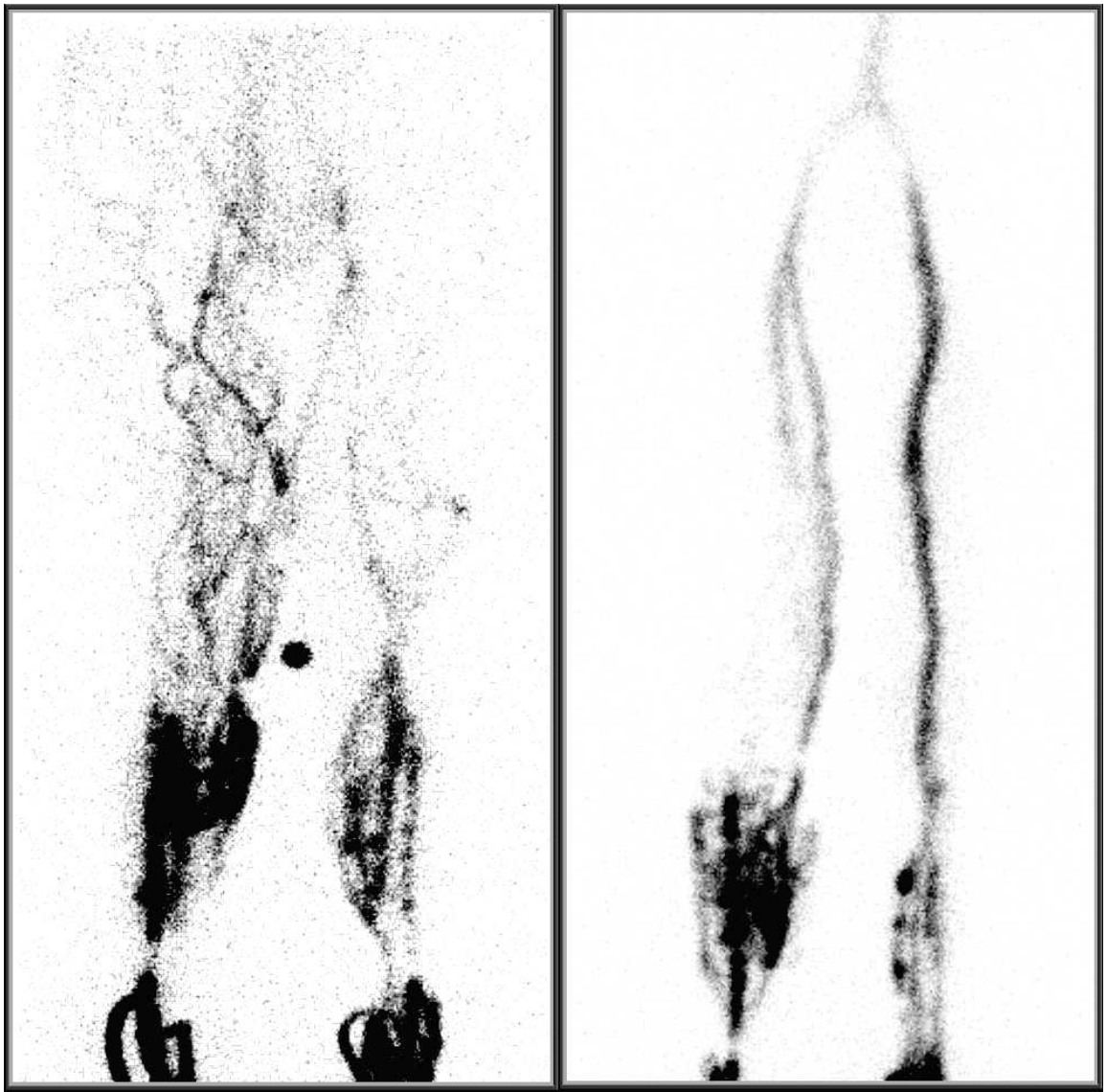




Bez škrtidel

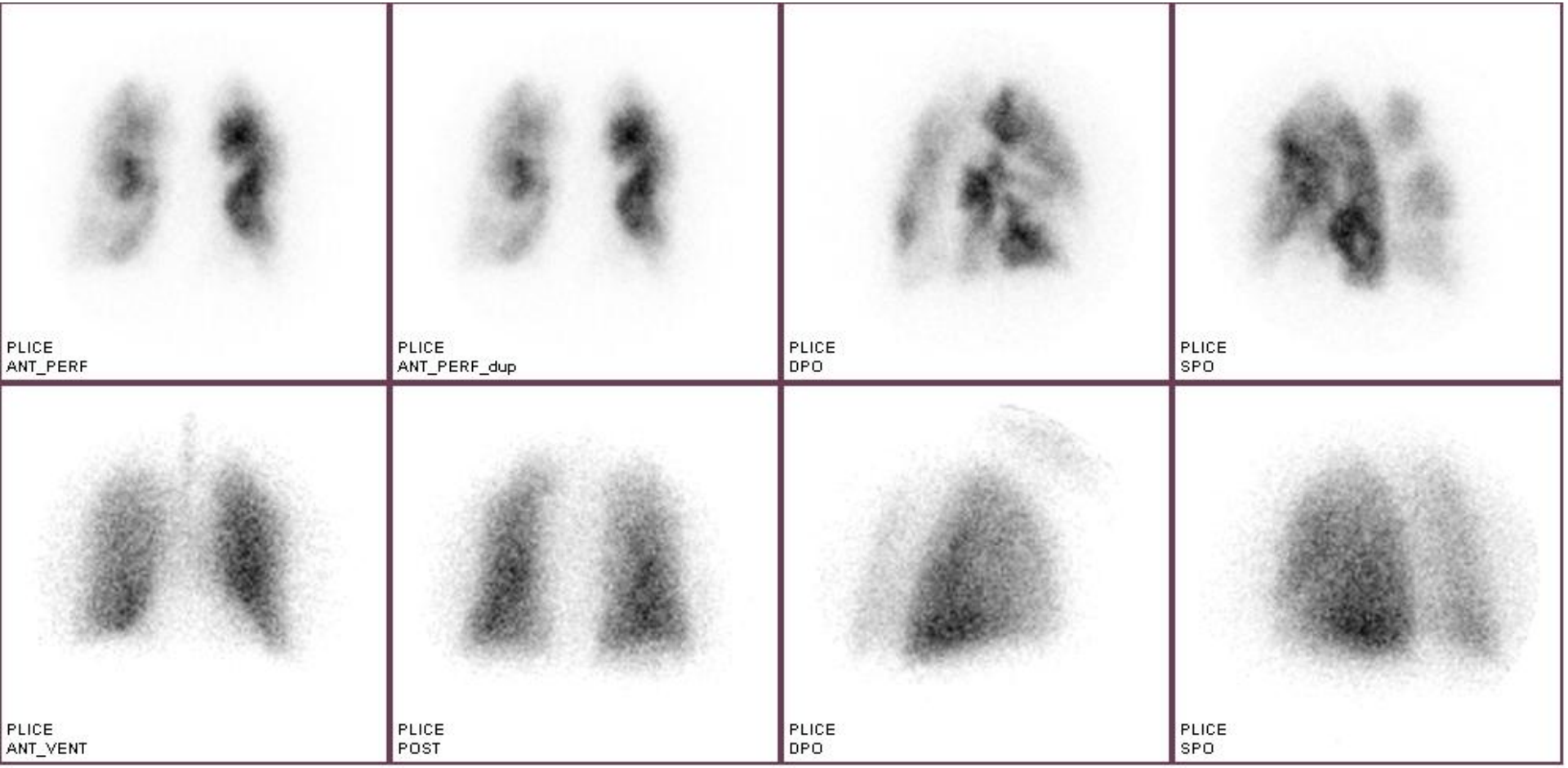
Radionuklidová flebografie

patologický nález



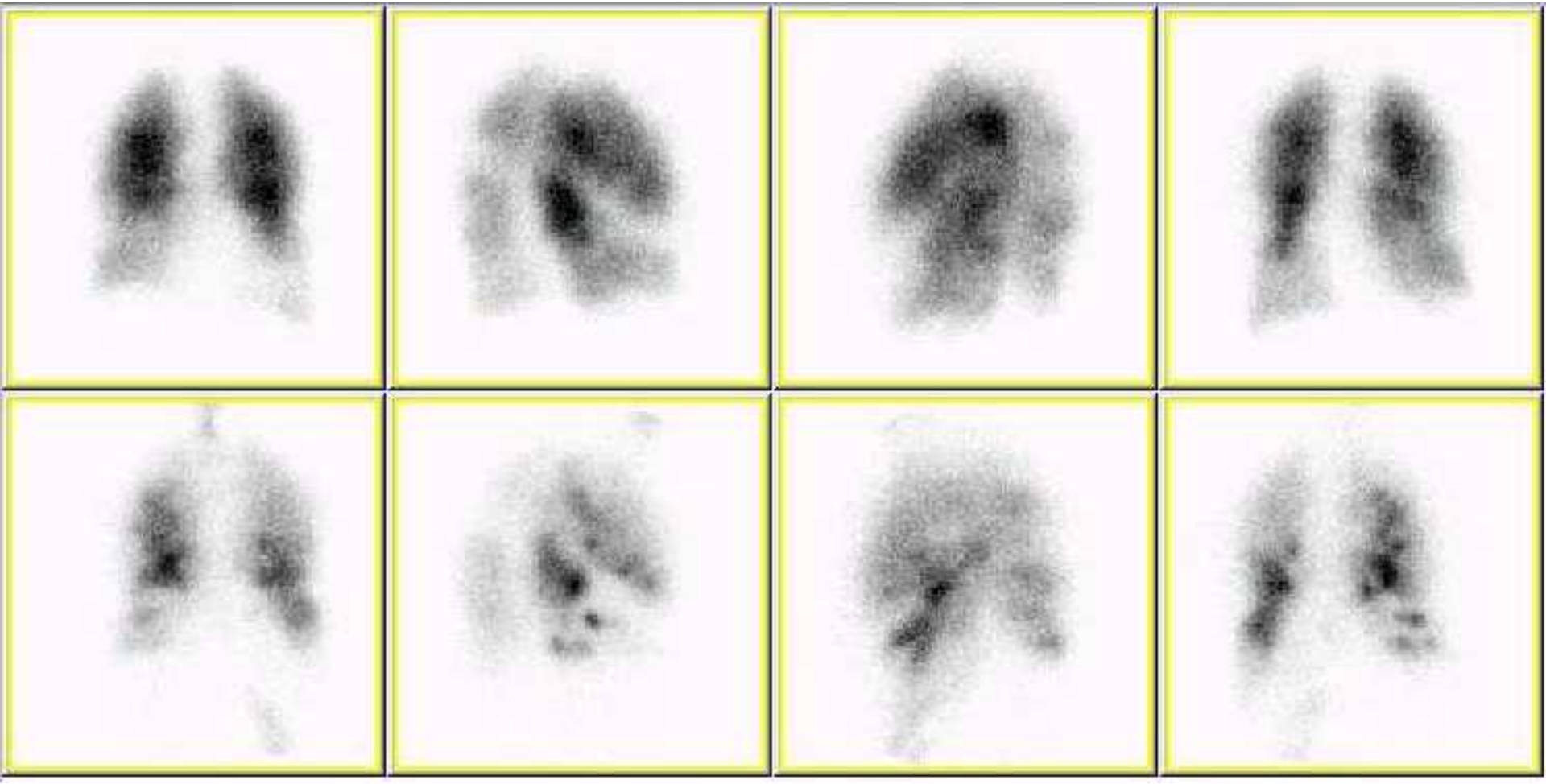
Perfuzní a ventilační scintigrafie plic

embolie do plicnice

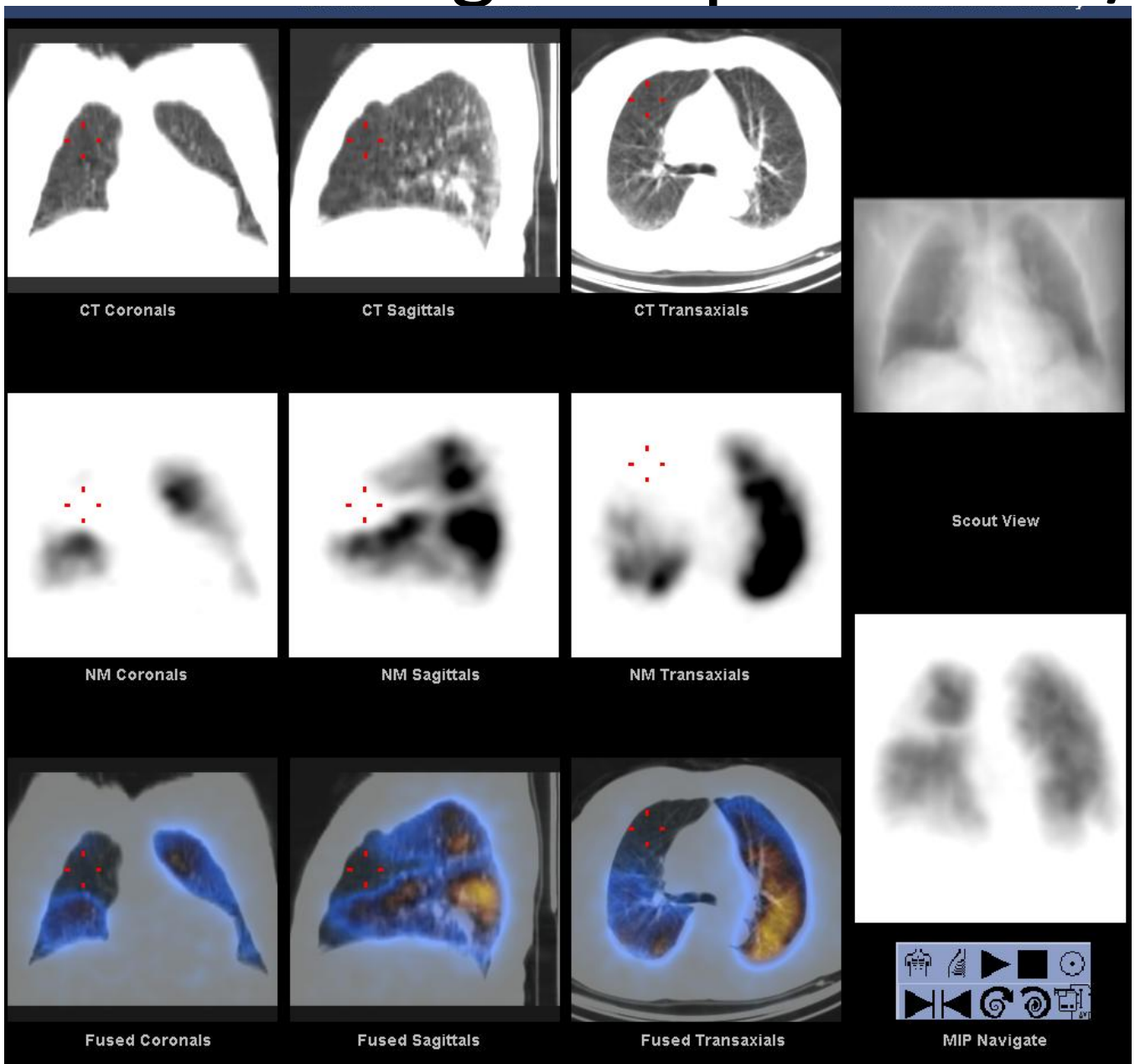


Perfuzní a ventilační scintigrafie plic

obraz CHOPN



Perfuzní scintigrafie plic SPECT/CT



Take home message

- **Perfuzní scintigrafie myokardu**
  - Zobrazení patofyziologie ICHS
    - Funkční hodnocení anatomických stenóz
  - Silná v rizikové stratifikaci
  - Žádná kontrastní látka
- **Perfuzní scintigrafie plic**
  - Vysoká negativní prediktivní hodnota
  - Nízká radiační zátěž
  - Žádná kontrastní látka

Děkuji za pozornost.