

Metody nukleární kardiologie v rutinní klinické praxi

MUDr. Otto Lang, PhD.,
doc. MUDr. Milan Kamínek, PhD.

Klinika nukleární medicíny
UK 3. LF Praha a UP LF Olomouc

Tematický kurz v kardiologii 10.11.2009

Nukleární kardiologie

- Souhrn neinvazivních převážně zobrazovacích diagnostických metod kardiovaskulárního aparátu
 - V klinice i v experimentu
- Obrovský rozmach v posledních 35 letech
 - U nás v posledních 15 letech
- Největší rozvoj v USA
 - Provádějí kardiologové, American Society of Nuclear Cardiology (ASNC), založena 1993
 - U nás PS NK ČKS, založena 1997

Základní princip vyšetření v NM

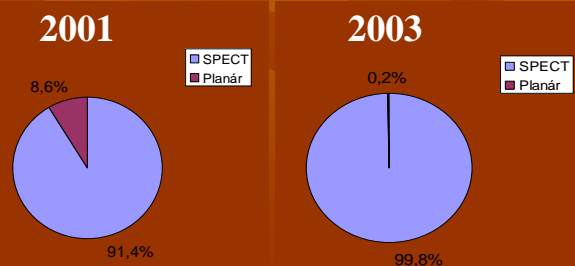
- Podání radioaktivního indikátoru do těla
 - Radiofarmakum – informaci nesou fotony
 - Nosič + zdroj záření (radionuklid)
 - Ionty, komplexní molekuly, peptidy, protilátky, buňky
 - Určuje vlastnost, kterou můžeme vyšetřit
- Sledování jeho distribuce zevní detekcí
 - Detekční sonda – nezobrazovací metody
 - Gamakamera – zobrazovací metody
 - Planární (2D)
 - Tomografické (3D)
 - SPECT, PET

Radiofarmaka v nukleární kardiologii

Základní dělení radiofarmak

- Podle způsobu zobrazení
 - Jednofotonové – planární, SPECT
 - Dvoufotonové (koincidenční zobrazení) – PET
- Podle zobrazované kvality
 - Perfuze, metabolismus, ischemie, apoptóza, nekróza, sklerotické pláty, ...
- Podle účelu
 - Rutinní klinické použití
 - Experimentální použití

Planární vs tomografické (SPECT) zobrazování perfuze myokardu



Zobrazovaná kvalita

- Perfuze
- Metabolismus
- Ischemie
- Nekróza
- Apoptóza
- Receptory
- Ateromové pláty
- Genová exprese
- Změna objemu krve v komorách
- Kmenové buňky
- Angiogeneze

Účel

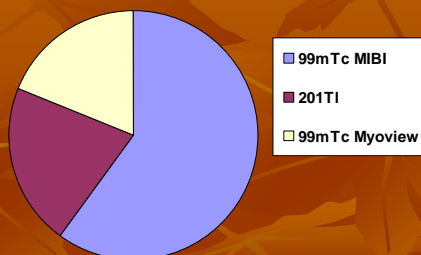
- **Radiofarmaka pro rutinní klinické použití**
 - Zobrazení perfuze, viability, funkce
 - ^{201}Tl chlorid, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MIBI, Myoview, ^{18}F -FDG, ^{82}Rb chlorid, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ autologní erythrocyty
- **Radiofarmaka pro experimentální účely**
 - Zobrazení ischemie, nekrózy, receptorů
 - ^{111}In antimyosin, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ glukuronát, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ annexin V, ^{123}I MIBG, ^{123}I mastné kyseliny, značené nitroimidazoly a řada dalších – protilátky, jejich fragmenty i peptidy značené $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{123}I , ^{111}In , ^{18}F , voda značená ^{15}O

Radiofarmaka pro rutinní klinické použití

Radiofarmaka pro perfuzi

- ^{201}Tl chlorid nebo $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MIBI, Myoview pro SPECT, $^{13}\text{NH}_3$ nebo H_2^{15}O pro PET
- Distribuce v myokardu je odrazem perfuze buněk
- Důležitá je farmakokinetika, množství koreluje s velikostí průtoku v širokém rozmezí hodnot
- ^{201}Tl vykazuje redistribuci
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MIBI a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ Myoview redistribuci nemá

Podíl perfuzních radiofarmak v ČR v roce 2001



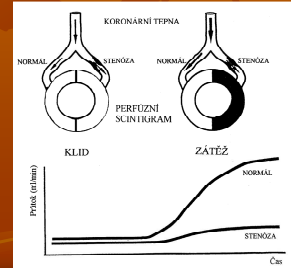
Radiofarmaka pro viability

- Zachovaná funkce ATP-azy
 - Pozdní akumulace ^{201}Tl (integrata bb membrány)
- Zachovaná funkce mitochondrií (membrán)
 - Akumulace $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MIBI
- Zachovaný metabolismus glukosy nebo mastných kyselin
 - Akumulace ^{18}F -FDG nebo ^{123}I značených mastných kyselin (BMIPP)

Perfuze myokardu patofyziologie

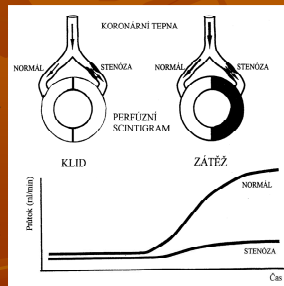
Perfuze při koronární ateroskleróze v klidu

- Fyziologická kompenzační dilatace arteriol v povodí zásobeném zúženou tepnou
- Průtok krve tkáni je stejný jako v oblasti zásobené zdravou tepnou
- Distribuce radiofarmaka je homogenní – je úměrná krevnímu průtoku

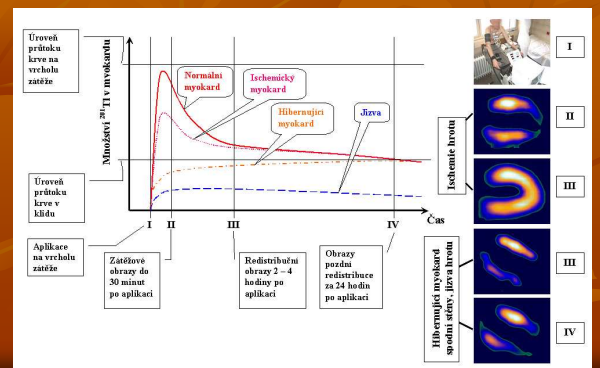


Perfuze při koronární ateroskleróze v zátěži

- V povodí zdravé koronární tepny dochází k dilataci arteriol - průtok stoupá
- V povodí zúžené tepny k další vasodilataci dojít nemůže (je už v klidu), takže průtok setrvává na klidové úrovni - vyčerpaná koronární rezerva
- Výsledkem je obraz nehomogenní perfuze myokardu – zobrazení jen relativní vztahené k maximu

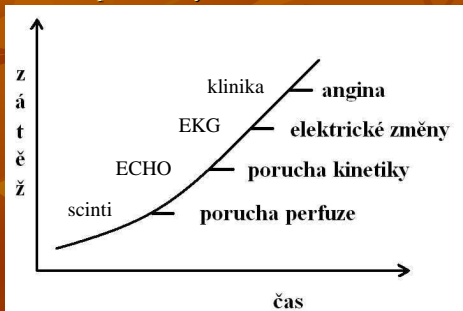


Změny množství Tl v myokardu v čase



Ischemická kaskáda

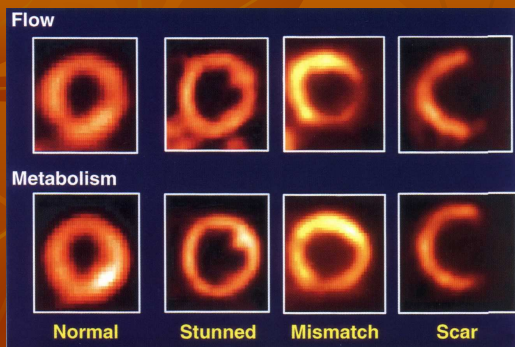
postupný nástup patofyziologických změn v závislosti na stupni stenózy a době trvání zátěže



Perfuze scintigrafie je principiálně nejcitlivější

Viabilita myokardu

PET vyšetření



Stunned = omráčený, mismatch = hibernující

Vyšetřovací protokoly

- Jednodenní (Tl, Tc, FDG)- dvoudenní (Tc, FDG, Tl)
- Stress – rest nebo rest – stress (Tc, Tl-Tc)
- Stress – (redistribuce) – reinjekce (Tl)
- Stress – metabolismus (Tc, FDG)
- Stress – rest – metabolismus (Tc, FDG)
- Rest – redistribuce – (pozdní redistribuce) (Tl)
- Rest – metabolismus (Tc, FDG)

Tl=²⁰¹Tl chlorid, Tc=^{99m}Tc značená farmaka, FDG=fluorodeoxyglukóza s ¹⁸F

Perfuze myokardu

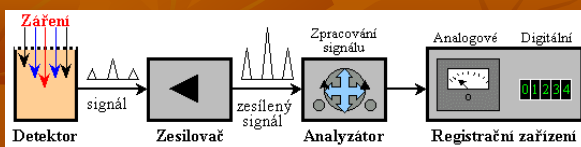
Proces a možnosti zobrazení

Schematické znázornění toku informace z pacienta do detektoru

silně zjednodušeno – detektor nevytváří obrazy



Detekce záření



vlastní detektor + stínění + kolimátor

elektronická vyhodnocovací aparatura

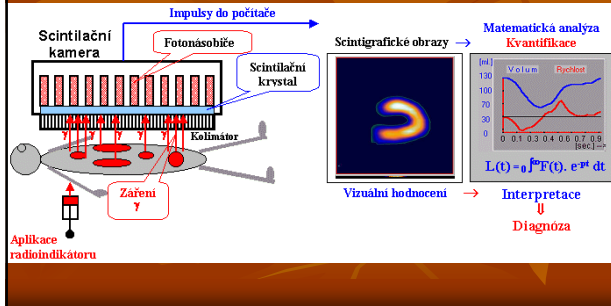
Nezobrazovací systémy

Nukleární stetoskop

Ambulantní monitorování funkce srdce



Scintilační kamera

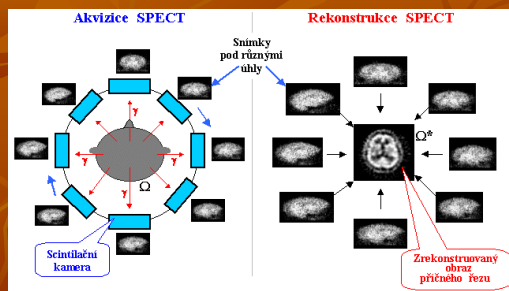


Gamakamery SPECT

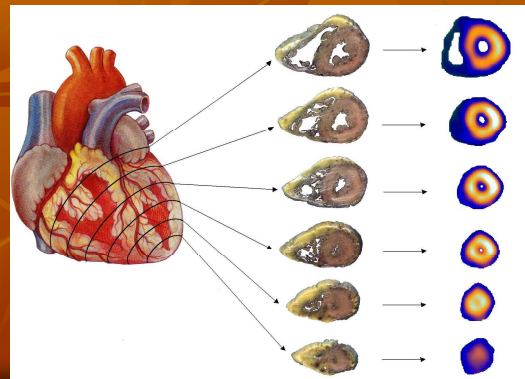


TOMOGRAFICKÉ STUDIE

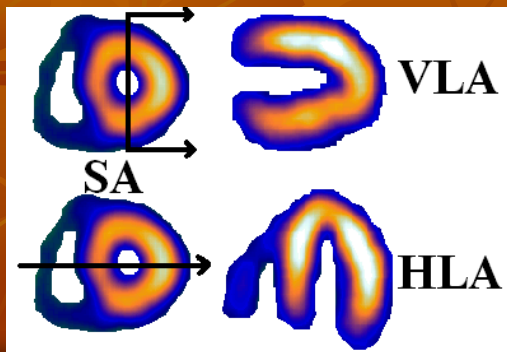
SPECT: Single Photon Emission Computed Tomography



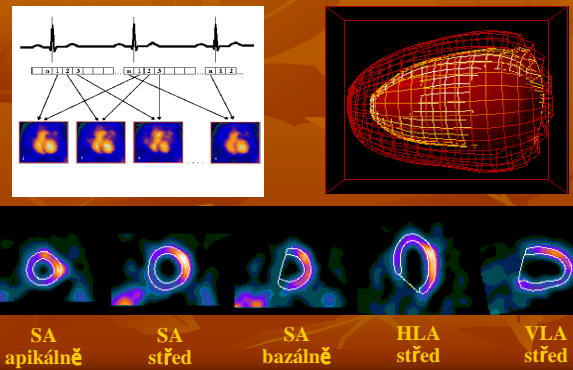
Zobrazení myokardu – SA řezu



Ostatní tomografické řezy



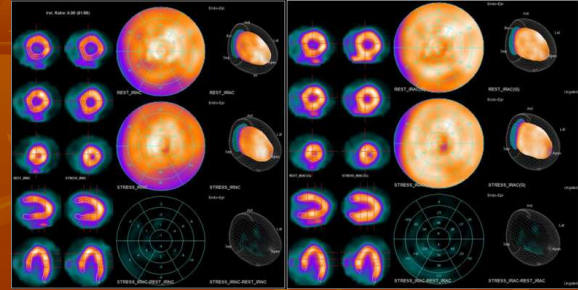
Synchronizovaný záznam



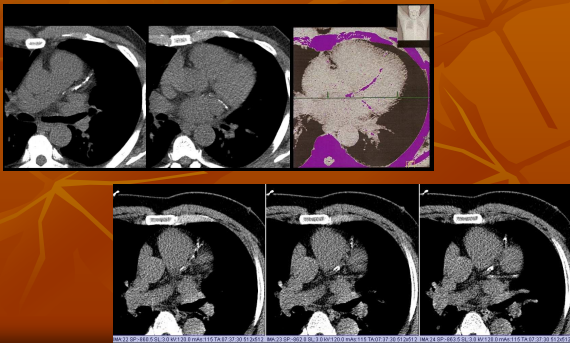
Hybridní kamery SPECT-CT a PET-CT



Korekce na zeslabení záření SPECT-CT



Kalciové skóre PET-CT nebo SPECT-CT



Fúze CT angio + PET perfuze



Perfuze myokardu Možnosti kvantifikace

Možnosti zpracování dat

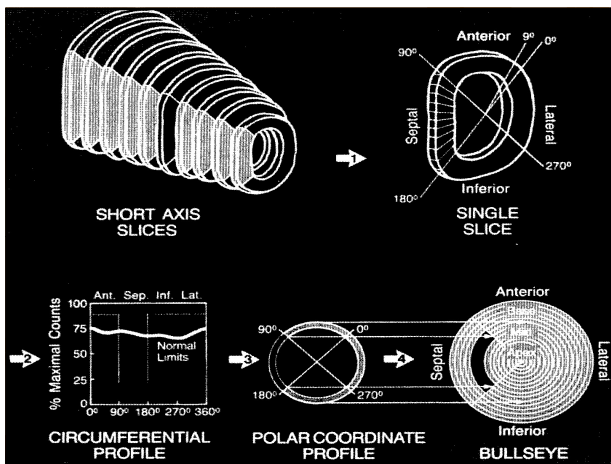
- **Kvantitativní analýza perfuze**
 - CEQUAL™ – využívá polární mapy pro standardizaci a komparaci
 - Další systémy - Emory Tool Box, 4DMSPECT
 - V současné době segmentové modely pro srovnání s echokardiografií (poslední je 17 segmentový)
- **Kvantitativní analýza funkce - synchronizovaná tomografie – gated SPECT, GSPECT**
 - Navazuje na kvantifikaci perfuze
 - Dělí srdeční cyklus (R-R interval) na 8 (16) úseků
 - Hodnotí mechanickou funkci – EF, EDV, ESV
 - Hodnotí kinetiku - motion, thickening

Etapy vývoje SW pro kvantifikaci

- 1976-1990
 - Etapa planární thaliové scintigrafie
 - SPECT bez synchronizace – non-gated
- 1990 – 2000
 - Rozvoj GSPECT (perfuze + funkce)
 - Rozvoj korekcí na zeslabení záření
- 2000 - současnost
 - Hybridní multimodální zobrazovací systémy (SPECT/CT, PET/CT)
 - Komplexní neinvazivní vyšetření současně

Základní nástroje kvantifikace perfuze

- **Cirkumferenční profily**
 - Vytvářeny na řezech v krátké ose
 - Použity k tvorbě **polárních map**
 - Profily tvoří koncentrické kruhy s hrotem uprostřed
 - Kompenzují různé velikosti srdcí
 - Dvourozměrná reprezentace 3D levé komory
- **Normálové databáze**
 - Pacienti s pravděpodobností ICHS pod 5%
 - Definice průměru a směrodatné odchylky normy

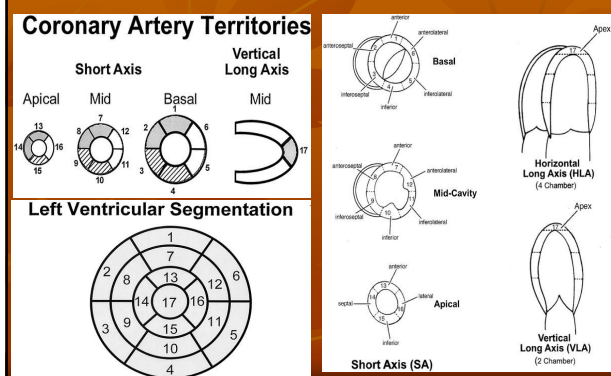


Polární mapy

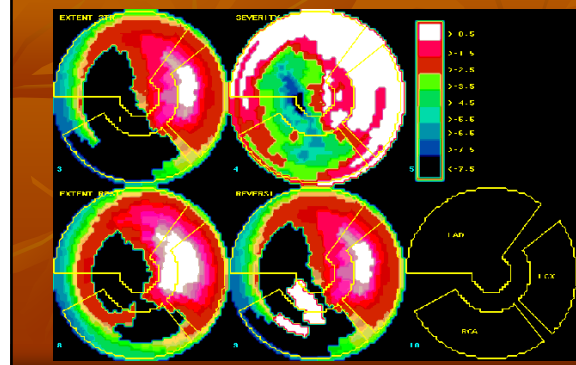
- Umožňují změřit velikost (extent) perfuzní poruchy v procentech objemu myokardu LK
- Umožňují změřit závažnost (severity) perfuzní poruchy v počtu SD od normy
- Umožňují změřit reverzibilitu defektů
- Od r. 2000 automatický skórovací systém
 - Vyjadřuje extent a severity jedním číslem
 - Stress, rest, difference (analogie k reverzibilitě)
- Výrazně zlepšují spolehlivost
- K dispozici pro různá farmaka i pohlaví

Sedmnáctisegmentový model LK podle ASNC 2002

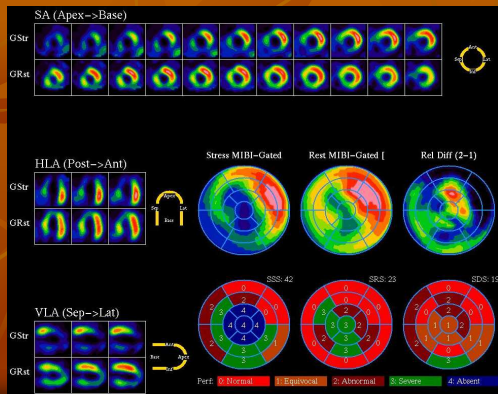
podle ASNC 2002



Polární mapy SW CEQUAL™



Polární mapy SW 4D-MSPECT



GSPECT

Hodnocení funkce a pohyblivosti stěn



Vybrané řezy v pohybu



SA
apikál-
ně

SA
střed

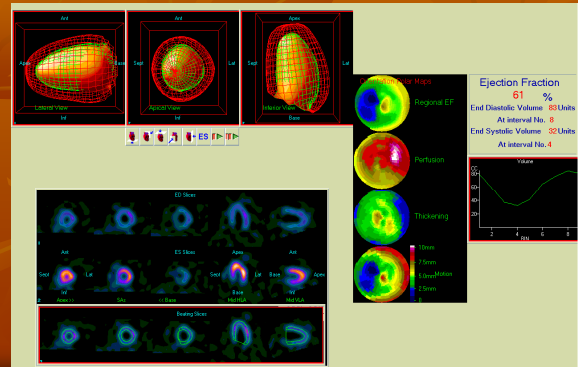
SA
bazál-
ně

HLA
střed

VLA
střed

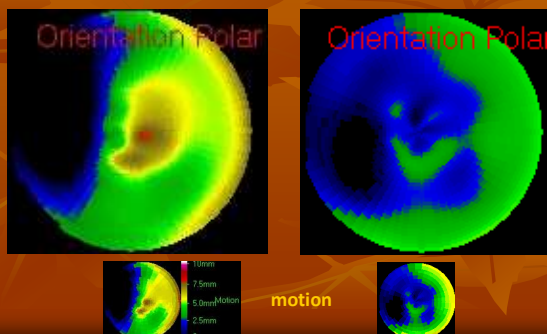
Gated SPECT perfuze (QGS)

výstupní protokol



Regionální ejekční frakce

- v každém místě lokální ejekční frakce



Validace metody globální funkce

- Ejekční frakce, EDV i ESV jsou měřené **správně** ve srovnání s jinými metodami - kontrastní ventrikulografií, echokardiografií, MR (3D i cine) i RNV
- Měření je **správně** bez ohledu na použité radiofarmakum (^{201}Tl , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MIBI i Myoview)
- Měření je **přesné** (stejně výsledky při opakování) i **spolehlivé** (nízká variabilita)

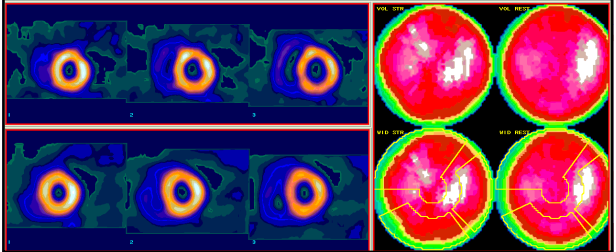
Základní obrazy peruze u ICHS

- **Normální obraz**
 - Homogenní peruze v zátěži i v klidu
- **Známky ischemie (poruchy koronární rezervy)**
 - Defekt peruze v zátěži, mizí v klidu - *reverzibilní*
- **Známky jizvy (nebo hibernujícího myokardu)**
 - Defekt peruze v zátěži i v klidu - *fixní*
- **Známky ischemie a jizvy**
 - Kombinace předchozích

SCINTIGRAPHIC PATTERN OF NORMAL MYOCARDIUM

Radiopharmaceutical: ^{99m}Tc MIBI
short axis slices of middle myocardium

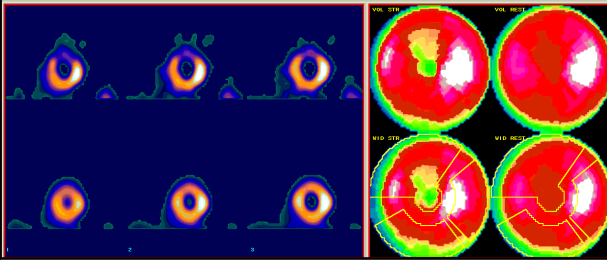
top row: homogenous perfusion through the whole myocardium
bottom row: the same distribution of radiopharmaceutical
right side: polar map (Bull's eye) with coronary artery territories



SCINTIGRAPHIC PATTERN OF MYOCARDIAL ISCHEMIA

Radiopharmaceutical: ^{99m}Tc MIBI
short axis slices in the apical part of the myocardium

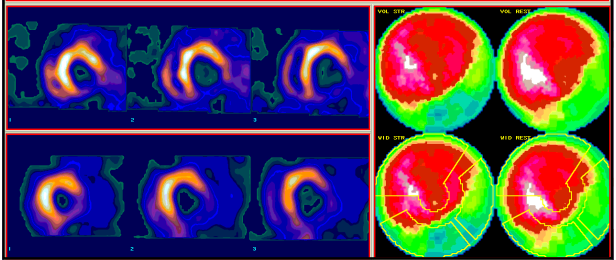
top row: stress images with perfusion defect in the anterior wall
bottom row: rest images with homogeneous perfusion in the whole myocardium
right side: polar map (Bull's eye) - ischemic pattern in the apex and anterior wall



SCINTIGRAPHIC PATTERN OF MYOCARDIAL SCAR

Radiopharmaceutical: ^{99m}Tc MIBI
Short axis slices in the middle of myocardium

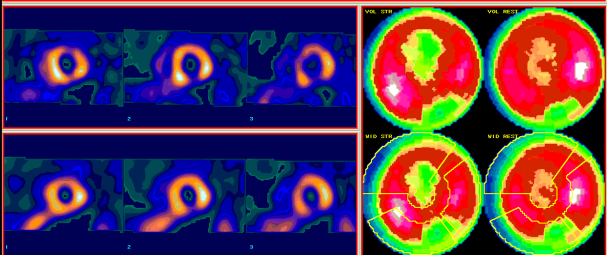
top row: stress images with perfusion defect inferolaterally
bottom row: rest images with the same perfusion defect
right side: polar maps (Bull's eye) with coronary artery territory



SCINTIGRAPHIC PATTERN OF MYOCARDIAL ISCHEMIA AND SCAR

Radiopharmaceutical: ^{99m}Tc MIBI
short axis slices of the middle myocardium

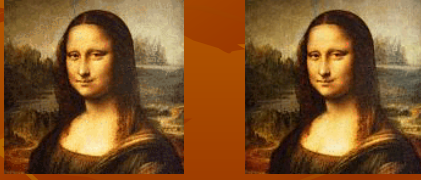
top row: stress images with perfusion defect on the anterior and inferior wall
bottom row: rest images - no defect anteriorly and the same defect inferiorly
right side: polar map (Bull's eye)



Při zobrazování mohou vzniknout artefakty

- většinou způsobí falešně pozitivní závěry
- zdroj
 - pacient
 - přístroj
 - zpracování obrazu
- prevence
 - důsledná kontrola kvality
 - znalost nejčastějších

Artefakty mohou vzniknout i matematickým zpracováním obrazů



výsledky zpracování vždy porovnáváme s nasnímanými daty

Korekce na zeslabení záření

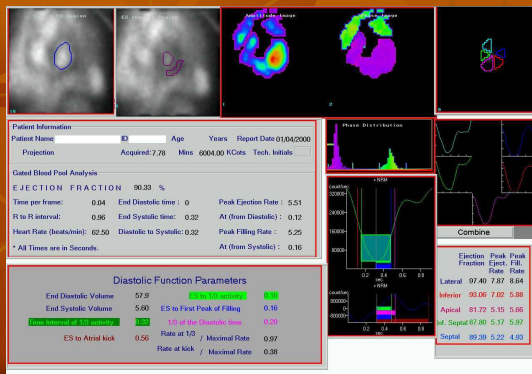
- zlepšuje kvalitu vyšetření eliminací artefaktů zejména na spodní stěně srdeční u mužů a anterolaterálně u žen
- sama může artefakty způsobit
 - chyba při špatné registraci transmisních a emisních scanů
 - dýchací pohyby + pohyb srdce

Měření mechanické funkce levé komory a jejích objemů

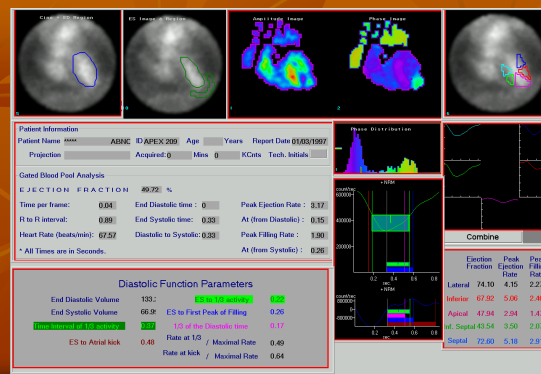
Radionuklidová ventrikulografie rovnovážná (MUGA)

- Informace o regionální a globální funkci komor
- Vysoká reprodukovatelnost výsledků
- Indikace
 - Kardiotoxicita cytostatik
 - Alternativa u ECHO nevyšetřitelných
 - Hodnocení funkce u akutní bolesti na hrudi (třída I)

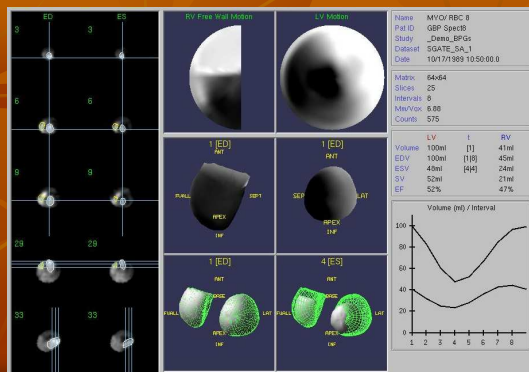
RNV u HKPM (vysoká EF)



RNV po IM - dyskinesia hrotu



Kvantitativní GBP SPECT



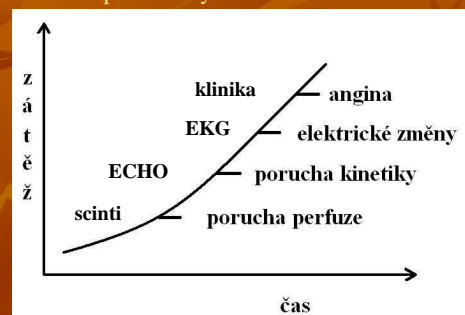
Perfuze myokardu: provedení zpracování interpretace

Zátěžový test

- Nedílná součást perfuzní scintigrafie myokardu
- Cílem je navodit heterogenitu perfuze myokardu
 - 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

Možnosti zátěže

- Fyzická dynamická
 - Ergometr, běhátko
- Farmakologická
 - Vasodilatační – dipyridamol, adenosin
 - Pozitivně inotropní – dobutamin, arbutamin
- Kombinovaná
 - Dipyridamol + fyzická
 - Fyzická + atropin

Fyzická dynamická zátěž

- Náležitá TF je 85% z 220-věk (nebo dvojproduktu nad 25 tisíc)
- Zátěž po 50 (25) wattech po 3 (2) minutách
- Frekvence šlapání 40 – 60/min.
- Aplikace radiofarmaka na vrcholu zátěže
 - Distribuce úměrná prokrvení v době aplikace
- Udržet hemodynamický stav 0,5 – 1,5 min.
- Vysadit betablokátory, pacient lačný

Dipyridamolová zátěž

- Přímou dilatuje koronární odporové cévy a tím umožňuje hodnotit koronární rezervu
- Působí prostřednictvím adenosinu tím, že blokuje jeho odbourávání
- Dávka 0,56 mg/kg i.v. 4 minuty
- Maximální vazodilatace je dosaženo za 3 - 4 minuty po skončení infuze
- Jeho účinek je blokován theophyllin (příprava – káva, čaj)
- U pacientů s BB, neschopných fyzické zátěže, s LBBB

Dobutaminová zátěž

- Je-li kontraindikován dipyridamol
- Dobutamin i.v. 5-10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min.}$, zvyšovat po 3 min. podle TF až do 40 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min.}$
- Monitorujeme EKG, TF a TK, při TF pod 85% maxima přidáme Atropin
- Radiofarmakum aplikujeme 1-2 min. před ukončením zátěže
- KI: komorová tachykardie, závažná hypertenze, hypertrofická KMP

Kombinovaná zátěž

- Dipyridamol + fyzická zátěž
 - Pacientovi je i.v. infuzí podáván dipyridamol vsedě nebo vleže
 - Dále následuje 3-6 minut ergometrická zátěž
 - Lepší kvalita obrazů
 - Nižší výskyt nežádoucích účinků
 - Možno provést i u pacientů s nízkým výchozím TK
 - Jednu až dvě minuty před ukončením ergometrické zátěže aplikujeme radiofarmakum
- Fyzická zátěž + atropin (šetří čas)
 - Chybí-li k dosažení náležité TF „málo“ a pacient není schopen další zátěže



Záznam dat na gamakameře

- Obvykle vleže na zádech, možno v sedě
- Tl
 - Ukončení záznamu do 30 min. po aplikaci
 - Z kola rovnou na kameru
- Tc radiofarmaka
 - Záznam za 15 – 60 minut po aplikaci
 - Umožnit clearance z jater
 - Ztráta informace o omráčení (stunning)
 - Časný záznam i za cenu horší kvality obrazů

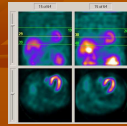


Vlastní zpracování

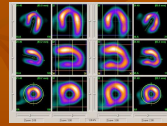
- Postprocessing
 - Nikoli v reálném čase
- Provádí NLZP
 - Šetří čas lékaře
- Firemní SW – reorientace, tvorba řezů
- Kvantitativní SW – porovnání s databází
- Vlastní interpretace a psaní nálezu

Postup rekonstrukce

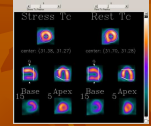
Výběr z nahraných dat



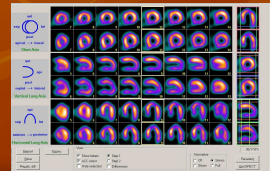
Reorientace řezů



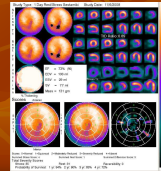
Nastavení limitů polární mapy



Srovnání řezů do páru (zátěž – klid)



Výsledný report



Interpretace obrazů reversibilní defekt

- Bez významných změn
 - Defekt do 5% myokardu LK (SSS < 3)
- Drobná ischemie (mildly abn)
 - Defekt do 10% myokardu LK (SSS 4 - 8)
- Ischemie (moderately abn)
 - Defekt 10%-20% myokardu LK (SSS 9 - 13)
- Závažná ischemie (severly abn)
 - Defekt nad 20% myokardu LK (SSS > 13)

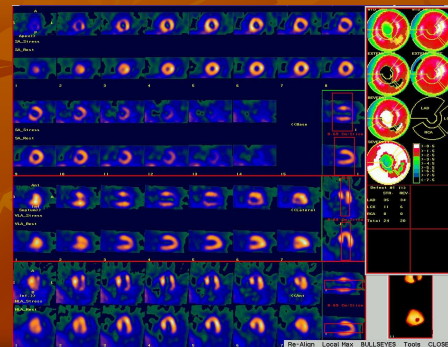
Interpretace obrazů fixní defekt

- Závisí na stupni redukce akumulace radiofarmaka (severity)
- Nad 50% maxima
 - Viabilní nebo netransmurální jizva
- Pod 50% maxima
 - Dop. vyšetření viability pomocí FDG

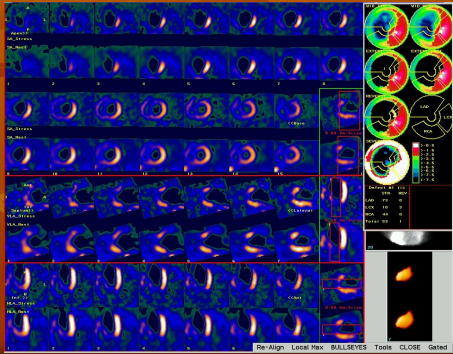
Psaní nálezu

- Administrativní data
- Údaje o zátěži
 - Typ, dosažená TF, TK, EKG změny, potíže
- Použité přístroje
- Popis obrazů
- Závěr – interpretace
 - Perfuze – lokalizace a velikost defektů, typ
 - Funkce – EF, EDV, ESV po zátěži a v klidu
- Doporučení
- Obrazy (PACS)

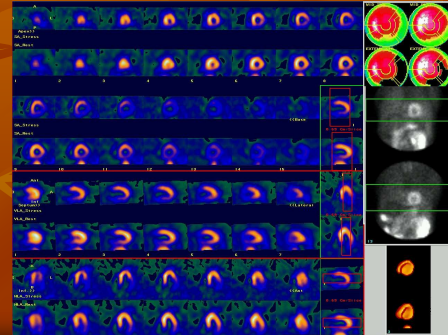
Ischemie hrotu a inferolaterálně



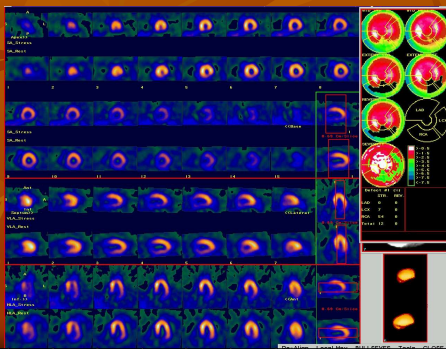
Velká jizva



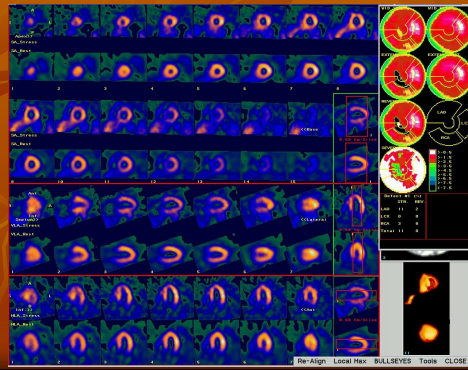
Muž 60 let, po PTCA ACD, uzavěr RC – ischemie?



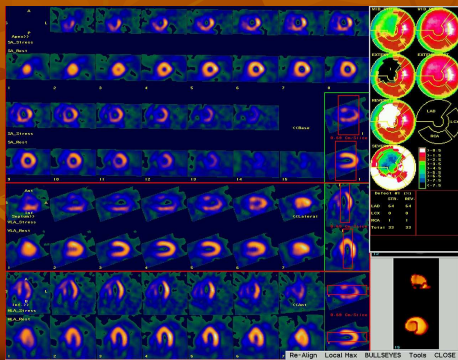
Muž 60 let, po PTCA RC



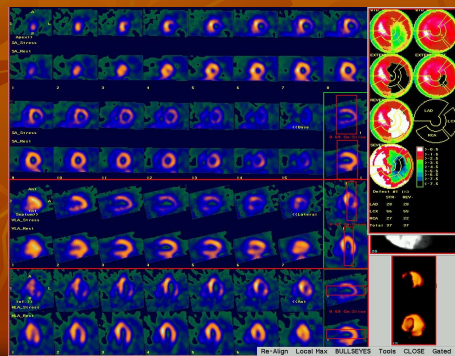
Muž 55 let, po PTCA RMS



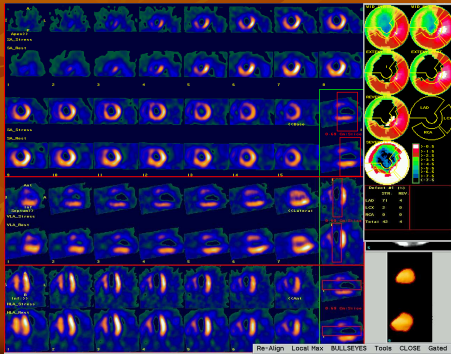
Po opakované PTCA RMS



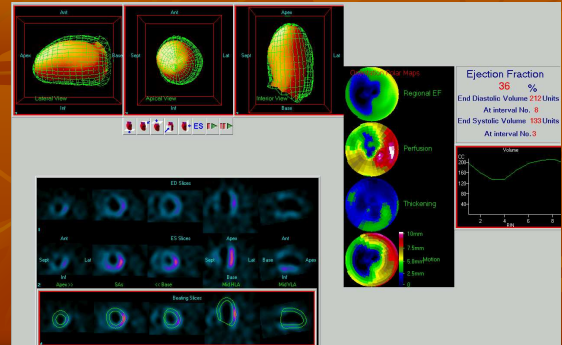
Stp. CABG, restenózy, po PTCA RIA-LIMA



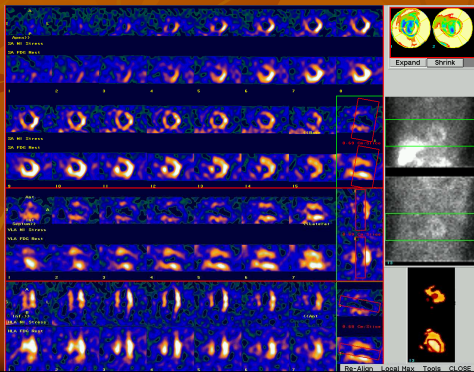
Velká jizva v povodí RIA



Snížená EF



Částečná viabilita přední stěny



Použití scintigrafie myokardu v klinice

Nukleární kardiologie v klinice

- Oficiální zakotvení metod NK v klinice
 - Guidelines ACC/AHA
 - První publikace 1986, aktualizace 1995
 - Poslední publikace 2003 společně s ASNC
 - Circulation 2003;108:1404-1418
 - J Am Coll Cardiol 2003;42:1318-33
 - Poslední revize J Nucl Cardiol 2007;14:e26-38
 - 3 hlavní oblasti použití
 - akutní koronární syndromy
 - chronická ICHS
 - srdeční selhání

Nukleární kardiologie v klinice

- Klinické studie
 - Zobrazení myokardu
 - Perfuze + funkce, viabilita, inervace, apoptóza, ischemie,...
 - Zobrazení náplně komor + centrální cirkulace
 - Ventrikulografie (rovnovážná MUGA, prvoprůtoková)
- Rutinní praxe
 - Zobrazení myokardu
 - Perfuze + funkce
 - Viabilita

Perfuze myokardu klinické studie

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

ESC Working Groups

Welcome to the ESC Working Groups pages
19 Working Groups established as official work groups of the European Society of Cardiology.

Working Groups (WGs) are the scientific backbone of the European Society of Cardiology and have been created to facilitate scientific cooperation in a specific field. They contribute to the organisation and preparation of the ESC Congress.

Working Groups stimulate and disseminate scientific knowledge through various educational programmes to bring the benefits of translational research to the practicing physician.

Meetings | Membership | News | Rules

Acute Cardiac Care	Cardiac Cellular Electrophysiology	Cardiovascular Magnetic Resonance	Cardiovascular Pharmacology and Drug Therapy	Cardiovascular Surgery
Cellular Biology of the Heart	Computers in Cardiology	Coronary Pathophysiology and Microcirculation	Developmental Anatomy and Pathology	Grown-up Congenital Heart Disease
Hypertension and the Heart	Myocardial Function	Myocardial and Pericardial Diseases	Nuclear Cardiology and Cardiac CT	Pathogenesis of Atherosclerosis
Peripheral Circulation	Pulmonary Circulation & Right Ventricular Function	Thrombosis	Vascular Heart Disease	

<http://www.escardio.org/communities/Working-Groups/Pages/welcome.aspx>

Perfuze myokardu klinická praxe

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

Detekce ICHS parametry metody

- Referral bias
 - Katetrizováni jen pacienti s pozitivním nálezem na scintigrafii
 - Pacienti s negativním nálezem nejsou katetrizováni
 - Zvýšení senzitivity a pokles specifivity
- Normalcy rate
 - Negativní nález u pacientů s nízkou předtestovou pravděpodobností pod 1% podle věku, pohlaví, symptomatologie, zátěžového EKG

Detekce ICHS parametry metody

- SPECT Tl scintigrafie
- Soubor 704 pacientů
 - Stenóza 50 - 70% - senz. 63%
 - Stenóza 75 - 100% - senz. 88%
- Zátěž dipyridamolem (1.272 pacientů)
 - Senz. 87%
 - Spec. 81%

Detekce ICHS

- SPECT Tl scintigrafie
- Soubor 1.527 pacientů - senz. 90%, spec. 70% (více FP - artefakty), norm. rate 89%
 - Pacienti bez IM - senz. 85%
 - Pacienti s IM - senz. 99%
 - Nemoc 1 tepny - senz. 83%
 - Nemoc 2 tepny - senz. 93%
 - Nemoc 3 tepny - senz. 95%
- SPECT ^{99m}Tc MIBI scintigrafie
 - Senzitivita 87%
 - Specifita 73% (méně artefaktů u GSPECT)
 - Normalcy rate 92%

Metelková a kol. Cor Vasa 2008: „gold st“ stenóza >50% na SKG
582 pacientů; ²⁰¹Tl chlorid, ^{99m}Tc MIBI; GSPECT 4D-MISPECT
senzitivita 93%, specifita 79%

Detekce ICHS parametry metody

- Neprokázán rozdíl
 - ^{201}Tl proti $^{99\text{m}}\text{Tc}$ MIBI
 - MIBI proti Myoview
 - Fyzická proti farmakologické zátěži
 - Muži proti ženám
- Prokázáno zlepšení přesnosti
 - SPECT proti planární scintigrafii
 - GSPECT, kvantifikace, prone projekce

Hybridní zobrazování (staro)nové možnosti

- Koronární nemoc (CAD) \neq ischemická choroba srdeční (IHD)
- Screeningový test
vs
symptomatický pacient

Hybridní zobrazení SPECT/CT

Pořadí vyšetření:

- CT, poté event. SPECT
- SPECT, poté event. CT
- Simultánně SPECT/CT

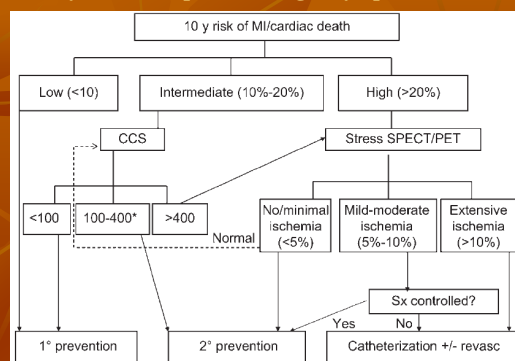


CT modalita:

- CT stanovení kalciového skóre (≥ 6 slice)
- CT koronarografie (≥ 64 slice)

Kamínek

Berman DS, et al. J Nucl Med 2006: Schéma využití CCS (Coronary Ca Score) při screeningu asymptomat. osob



*Consider SPECT/PET in higher-risk subjects

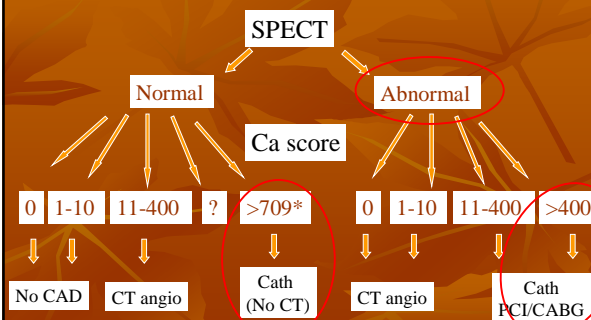
Kamínek

Ca skóre u symptomatických pacientů

?

Kamínek

Possible Integration of SPECT, CTCA and Calcium Score



Kaufmann PA: Annual EANM congress, Copenhagen 2007

*Schepis T, et al. J Nucl Med 2007;48:1424-30

Kamínek

CT koronarografie - první test v dg. ICHS ?

Potřeba dalšího testu (SPECT) po CT koronarografii:

- Obtížně hodnotitelné studie, extenzivní kalcifikace apod.
- Pacienti s hraničními (50 – 70 %) stenózami
- Zřejmě i mnozí pacienti se stenózami $\geq 70\%$ lumen ?
 - 25% z nich má normální pozátěžovou perfúzi
 - častá diskrepance mezi CT a invazivní koronarografií
 - pouze 67% pacientů s $\geq 70\%$ stenózami má při koronarografii abnormální FFR (fractional flow reserve)

Schuijff JD, Bax JJ. J Nucl Cardiol 2008

Kamínek

CT KG jako první test v dg. ICHS

- Vliv předtestové pravděpodobnosti ICHS



Schuijff JD, Bax JJ. J Nucl Cardiol 2008

Kamínek

Stratifikace rizika

- Umožňuje léčit pacienty podle zásad medicíny založené na důkazech
- Cíl stratifikace
 - Zlepšení prognózy
 - Délku přežití, kvalitu života
 - Redukce komplikací z neindikovaných výkonů
 - Léčba ekonomicky únosným způsobem

Prostředky pro rizikovou stratifikaci

- Klinické vyšetření + klidové EKG
 - Málo spolehlivé
- Zátěžové vyšetření (EKG, Duke)
 - $>55\%$ střední riziko – další stratifikace nutná
- Koronarografie
 - Problém s hraniční stenózou 50-70%
- Neinvazivní zobrazovací metody
 - Ultrazvuk, scintigrafie (SPECT, PET), CT, MRI

Scintigrafie perfuze myokardu myocardial perfusion imaging MPI

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

Praktické použití

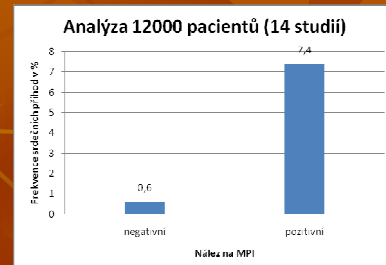
- Stratifikace rizika pacientů s chronickou ICHS
- Stratifikace rizika pacientů po infarktu s ST elevací
- Stratifikace rizika pacientů s nestabilní AP a infarktem bez ST elevací
- Stratifikace rizika pacientů po revaskularizaci (detekce restenózy)

Stratifikace rizika pacientů s chronickou ICHS

- ICHS – široké spektrum závažnosti postižení s možnými následky
- Nemoc 3 tepen (kmene levé koronárky)
 - Bypass redukuje mortalitu
- Nemoc 1 nebo 2 tepen (bez kmene)
 - Revaskularizace (AKB či CPI) zlepšuje příznaky bez vlivu na mortalitu
- Nízká EF
 - Velmi špatná prognóza

Negativní nález MPI

- Velmi dobrá prognóza s roční mortalitou <1%



Negativní nález MPI

- Metoda ověřena bez ohledu na:
- Použité radiofarmakum
 - Tl, MIBI, Myoview
- Typ zátěže
 - Fyzická, farmakologická (dipyridamol, adenosin, dobutamin/atropin)
- Subpopulace pacientů
 - Pohlaví, rasa, diabetes, anatomické stenózy koronárních tepen

Pozitivní nález MPI – perfuzní defekt

- Detekuje a kvantifikuje stupeň poškození myokardu při zátěži
- Velikost, závažnost a reversibilita defektu
 - Velikost v % myokardu
 - Závažnost v počtu SD pod průměrem
- Kombinované vyjádření v sumárním skóre
 - SSS, SRS, SDS
- Exponenciální závislost prognózy pacienta

Pozitivní nález MPI

- Typ perfuzního defektu určuje kvalitu srdeční příhody
- Reverzibilní defekt
 - Nefatální IM
- Fixní defekt
 - Srdeční úmrtí
- Mírně abnormální
 - Nízké riziko úmrtí (0,8%), vyšší riziko nefatálního IM (2,7%) – konzervativní léčba

Další parametry MPI neperfuzní

- EF
 - Hranice pro špatnou prognózu 45%
- TID (transient ischemic dilation)
 - Větší komora po zátěži než v klidu
 - Zhoršuje prognózu
- Plicní akumulace
 - Hlavně při použití Tl
 - Zhoršuje prognózu

Stratifikace rizika pacientů po infarktu s ST elevací

- MPI identifikuje zejména pacienty s nízkým rizikem (normální nález)
- Zátěž vasodilatancii 2-4 dny po IM
- Frekvence srdečních příhod
 - Normální MPI 6%
 - Normální ergometrie 27%
 - Nevýznamné stenózy 22%
- Hlavní parametry
 - Velikost defektu + EF

Pacienti po infarktu možnosti

- Určení velikosti infarktového ložiska
- Určení funkce komory – EF + kinetika
- Určení viability myokardu v místech s poruchou kinetiky
- Stratifikace rizika ve spojení se zátěžovým testem - velikost ohroženého myokardu
- Určení velikosti zachráněného myokardu revaskularizační léčbou (studie)

Stratifikace rizika pacientů s nestabilní AP a IM bez ST elevací

- Ke stratifikaci vhodní:
- Pacienti s nízkým rizikem
 - Nízká hladina troponinů při přijetí
 - Nízké rizikové skóre TIMI
- Relativní kontraindikace koronarografie
 - Renální insuficience
- Klinické použití
 - Známky ischemie – invazivní přístup
 - Bez ischemie – konzervativní přístup

Stratifikace rizika pacientů po revaskularizaci (restenóza)

- Restenóza
 - Biologický fenomén s dynamickým vývojem
- Nobuyoshi M, JACC, 1988
 - 229 pacientů, výskyt restenózy
 - 13%, 43%, 49% a 53% za 1, 3, 6 a 12 měsíců
- Podobný problém dynamiky i při použití stentů, ale nižší výskyt

Detekce restenózy po PCI

- Falešně pozitivní nálezy MPI
 - Časné provedení testu (1-2 dny po PCI)
 - Porucha funkce endotelu se sníženou koronární rezervou
 - Prognostický význam nejasný
 - Kontroverzní výsledky malých studií
- Senzitivita a specifita
 - Hecht HS, JACC, 1991, 116 pacientů
 - Asymptomatictí pacienti 96% a 75%
 - Symptomatictí pacienti 91% a 77%

Prognóza po PCI

- Pfisterer M, JACC, 1993, 490 pacientů
 - Rutinně MPI 6 měsíců po PTCA
 - Frekvence srdečních příhod
 - 9% u normální MPI, 48% u defektu perfuze
- Cottin Y, Am Heart J, 2001, 152 pacientů
 - MPI v průměru 5 měsíců po stentu
 - Frekvence srdečních příhod
 - 10% u normální MPI, 51% při ischemii

Koho po PCI vyšetřovat?

- Ne rutinně všechny pacienty
- Vhodné vyšetřit pacienty s vysokým rizikem
 - Diabetici
 - Pacienti s městnavým srdečním selháním

Detekce AS (CAD) po CABG

- Lakkis NM, Am J Cardiol, 1995
 - 50 pacientů s typickou i atypickou bolestí
 - V průměru 50±47 měsíců po CABG
 - Senzitivita a specificita
 - Typická AP 84% a 80%
 - Atypická AP 70% a 90%
- Elhendy A, J Nucl Cardiol, 1998
 - 52 pacientů
 - Celková senzitivita a specificita 81% a 79%

Prognóza po CABG

- Miller TD, JACC, 1998
 - 411 pacientů, 2 roky po CABG, 60% symptomatických (AP, dušnost), FU 6 let
 - Prediktory úmrtnosti
 - Fyzická kapacita, velikost perfuzní poruchy
 - 5 let bez obtíží
 - 71% se střední a závažnou poruchou perfuze
 - 93% s malou nebo žádnou poruchou perfuze

Prognóza po CABG

- Zellweger MJ, JACC, 2001
 - 1544 pacientů, 7±5 let po CABG, FU >1 rok
 - Prediktory úmrtnosti
 - Velikost infarktu a přítomnost ischemie
 - Roční přírůstek smrti
 - 3,1% se střední a závažnou poruchou perfuze
 - 0,7% s malou nebo žádnou poruchou perfuze

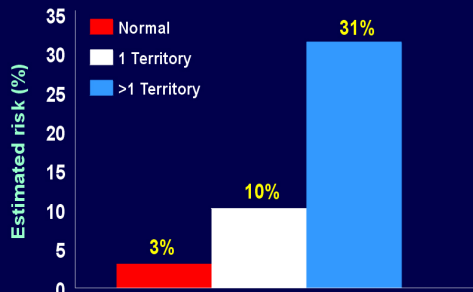
Koho po CABG vyšetřovat?

- Do 5 let po CABG
 - Jen symptomatické pacienty
- Více než 5 let po CABG
 - Všechny pacienty

Pacienti s diabetem

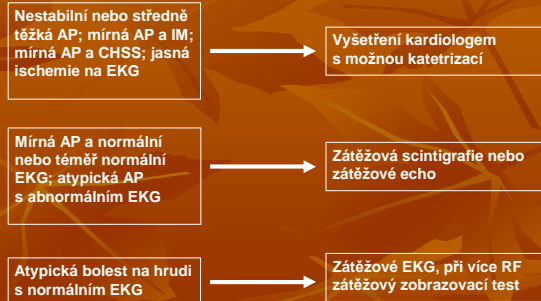
- Ve světě 150 milionů diabetiků
- V ČR 610 tisíc diabetiků
- V populaci ČR 6% diabetiků
- V souboru našich pacientů 20% (1698/8359)

Risk of Hard Events in Asymptomatic Diabetics Related to Sestamibi SPECT Results



(De Lorenzo, Am J. Cardiol 2002; 90: 827-32)

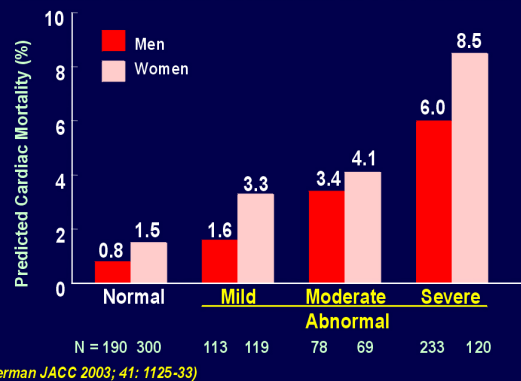
Guidelines American Diabetes Association pro symptomatické diabetiky



Doporučený postup vyšetření žen se suspektní nebo známou ICHS (ASNC)



Predicted Cardiac Mortality in Diabetic Men And Women Based on Adenosine SPECT Results

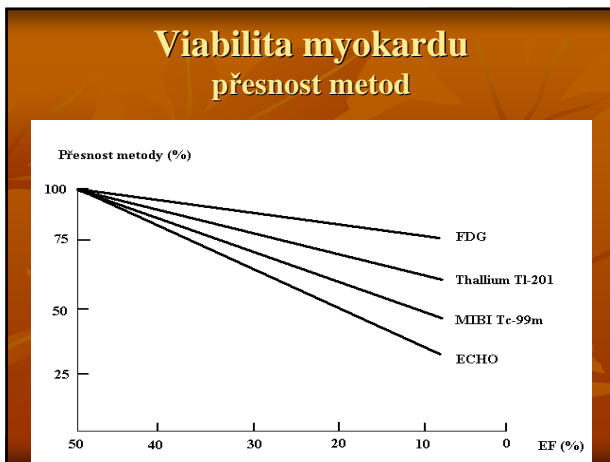
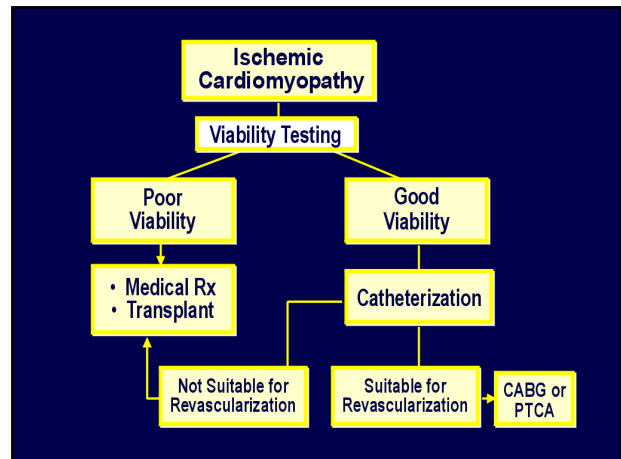
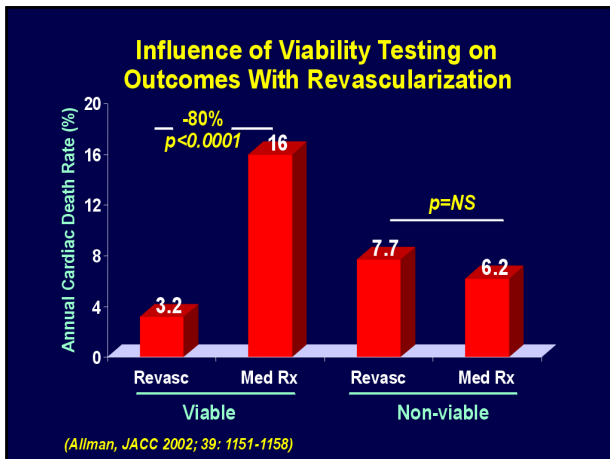


Prognóza pacientů s ICHS shrnutí

- Význam MPI pro prognózu byl prokázán v řadě klinických studií
- MPI je efektivní bez ohledu na radiofarmakum, typ zátěže, pohlaví či přítomnost diabetu.
- Chybí randomizovaná data vlivu výsledku MPI na změnu léčby pacientů
- Postavení v současné době lékových stentů a miniinvazivní chirurgie je třeba ověřit.

Viabilita myokardu charakteristika

- Daná perfuzí, metabolismem a funkcí
- Omráčený myokard
 - Porucha kinetiky, normální perfuze, zachovaný metabolismus
- Hibernující myokard
 - Porucha kinetiky, porucha perfuze, zachovaný metabolismus
- Jizva
 - Porucha kinetiky, perfuze i metabolismu



- ### Akutní koronární syndromy
- Provedení
 - Klidové SPECT vyšetření s ^{99m}Tc MIBI
 - Indikace
 - Nediagnostické EKG, enzymy (třída I)
 - Omezení
 - Dostupnost
 - Výhody
 - Ekonomické

- ### Akutní koronární syndromy
- Zobrazení ohroženého myokardu
 - Aplikace při přijetí, snímání po stabilizaci
 - PPV perfuzního defektu 90%
 - NPV homogenní perfuze 100%
 - Konečná velikost infarktového ložiska
 - Vyšetření před propuštěním (koreluje s histol.)
 - Viabilita
 - Stratifikace rizika

- ### Kardiální riziko operace u nekoronárních výkonů
- Vyčlenění skupinu pacientů s vyšším rizikem
 - Soubor 2020 pacientů
 - pozitivní nález - perioperační příhoda u 20% pacientů
 - negativní nález - perioperační příhoda u 2% pacientů

Vyšetření pacientů s podezřením na embolii do plicnice

Radionuklidová flebografie a scintigrafie plic

- Hlavní klinickou indikací je podezření na plicní embolizaci
- Hlavní význam metody je v **negativním nálezu - vylučuje embolizaci**
- Dobře dostupná je perfuzní scintigrafie
- Nutno srovnávat s rtg snímkem
- Ventilační scinti užitečná u EP pod 50%

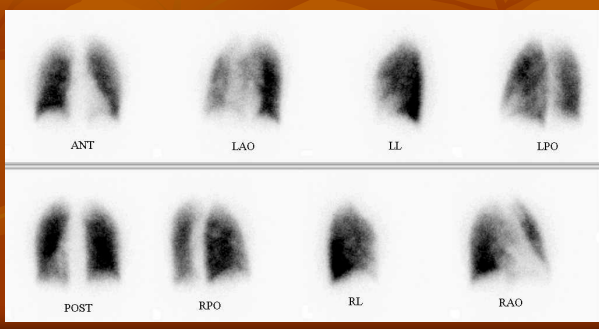
Perfuzní scintigrafie plic

- ^{99m}Tc MAA - kapilární mikroembolizace, distribuce zobrazuje krevní tok v plicích
- Nezvyšuje tlak v plicnici (P-L zkratky)
- Aplikace vleže
- Zobrazení planární nebo SPECT
- Doba vyšetření cca 30 minut
- Interpretace vizuální
 - PIOPED kritéria 1993 (vyžadují i ventilační scinti)
 - PISA-PED kiteria 1998 (jen perfuzní scinti)

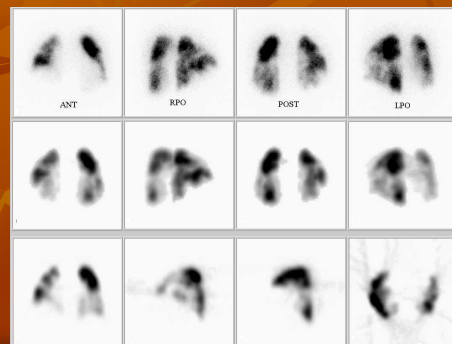
Perfuzní scintigrafie plic vyšetření



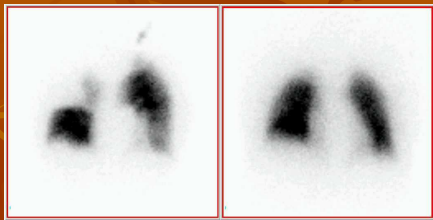
Perfuzní scintigrafie plic planární obrazy - normální



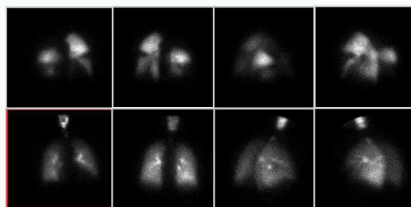
Perfuzní scintigrafie plic planární a tomografické obrazy - embolie



Perfuzní a ventilační scintigrafie plic embolie do plicnice pohled přední



Perfuzní a ventilační scintigrafie plic embolie do plicnice



Radionuklidová flebografie

- Zobrazuje průchodnost žilního řečiště dolních končetin
- Zobrazuje insuficienci žilních spojek
- Zobrazuje kolaterální oběh
- **Nezobrazuje trombus**
- Aplikace ^{99m}Tc MAA na dorsum pedis
- Perfuzní scintigrafie plic navazuje
- Doba vyšetření cca 30 minut

Radionuklidová flebografie aplikace a vyšetření



Radionuklidová flebografie obrazy: vlevo se, vpravo bez škrtdidel



Radionuklidová flebografie patologický nález



Nové možnosti

- Zobrazování trombů
- Značené trombocyty
 - Tromboscint - není komerčně k dispozici
 - Značení trombocytů ^{99m}Tc
- Zobrazení receptorů
 - Acutect - není registrován
 - Peptid s vazbou na receptory aktivovaných trombocytů značený ^{99m}Tc
- Výsledek vyšetření řádově do 4-6 hodin

Děkuji za pozornost