

NUKLEÁRNÍ KARDIOLOGIE

Kateřina Michalová

Klinika nukleární medicíny a endokrinologie UK 2. LF a FN Motol

Nukleární kardiologie

využívá základních principů nukleární medicíny (použití otevřených radioaktivních zářičů in vivo) k získání informací důležitých pro diagnózu, prognózu a způsob léčby kardiovaskulárních onemocnění, především ICHS.

Ke klinickému použití jsou k dispozici metody posuzující:

1. regionální prokrvení myokardu
2. metabolismus myokardu a jeho viabilitu
3. inervaci myokardu
4. přítomnost myokardiální nekrózy
5. funkci srdečních komor (zejména komory levé)

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

- 1. Regionální prokrvení myokardu**
- 2. Funkce srdečních komor, zejména komory levé**
- 3. Viabilita srdečního svalu**

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

Diagnostika ICHS

- **Koronarografie – posouzení makrocirkulace**
- **SPECT myokardu - posouzení mikrocirkulace**

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

PRINCIP :

akumulace radiofarmaka v myokardu

v závislosti :

na průtoku koronárním řečištěm

na funkčním stavu srdečních buněk

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

Posuzuje relativní rozložení krevního průtoku myokardem v klidu a na vrcholu zátěže

Perfúzní scintigrafie myokardu - zátěžová
- klidová

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

RADIOFARMAKA :

^{201}Tl -chlorid

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -značené indikátory :

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -SESTAMIBI (MIBI,
2-methoxy-isobutyl-isonitril,
Cardiolite, CardioSPECT...)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmin (Myoview)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Teboroxim

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{201}Tl -chlorid

- aktivní transport do myocytu za pomoci Na-K-ATPázy**

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{201}Tl -chlorid

Fyzikální charakteristiky:

88% X záření ^{201}Hg o energii 69-83 keV

12% záření gamma o energii 135, 165 a 167 keV

fyzikální poločas přeměny $T_{1/2} = 74$ hod

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{201}Tl -chlorid

PODMÍNKY SNÍMÁNÍ

1. ZÁTĚŽOVÁ STUDIE

- ^{201}Tl -chlorid (100 MBq) přísně i.v. na vrcholu zátěže
- začátek snímání do 10 minut po aplikaci
- ukončení studie do 30 minut po aplikaci

2. KLIDOVÁ STUDIE - V REDISTRIBUCI

- za 3-4 hodiny
- trvající defekt - za 12-24 hodin
 - nebo reinjekce ^{201}Tl -chloridu

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{201}Tl -chlorid

- 1. časné zobrazení (ihned po injekci)
odpovídá distribuci regionálního krevního průtoku
myokardu**
- 2. pozdní (3-24 hod) odpovídá distribuci „draslíkového
poolu“ a tím viabilitě myokardu**

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{201}Tl -chlorid

Výhody : fyziologický prvek

Nevýhody: horší rozlišení obrazů

vyšší absorpce v měkkých tkáních

vyšší radiační zátěž

redistribuce

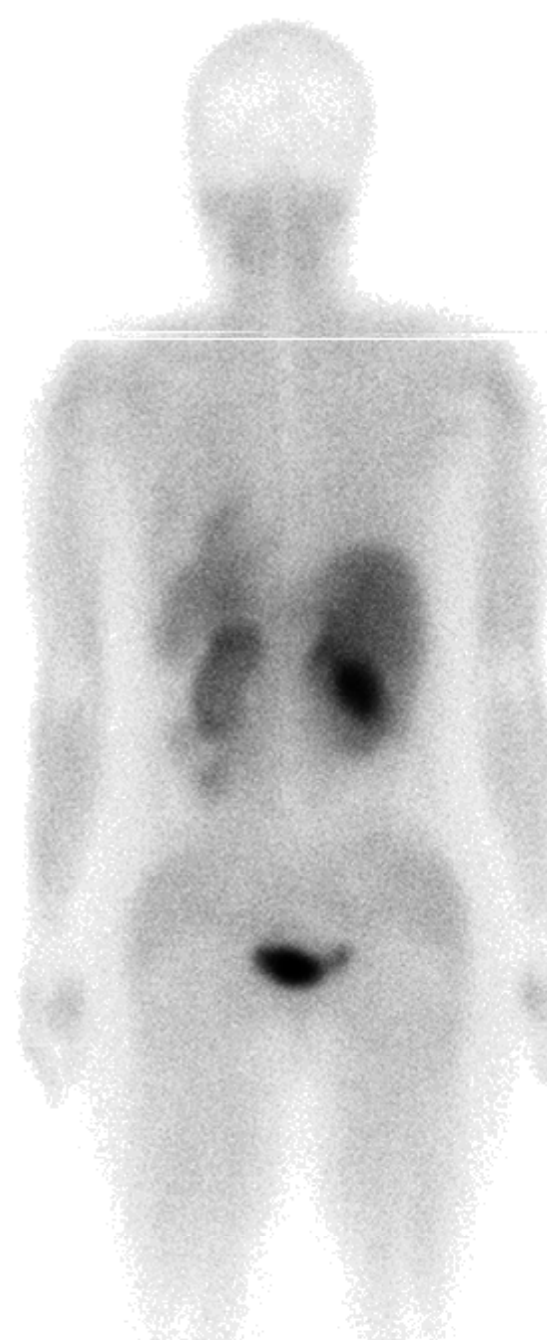
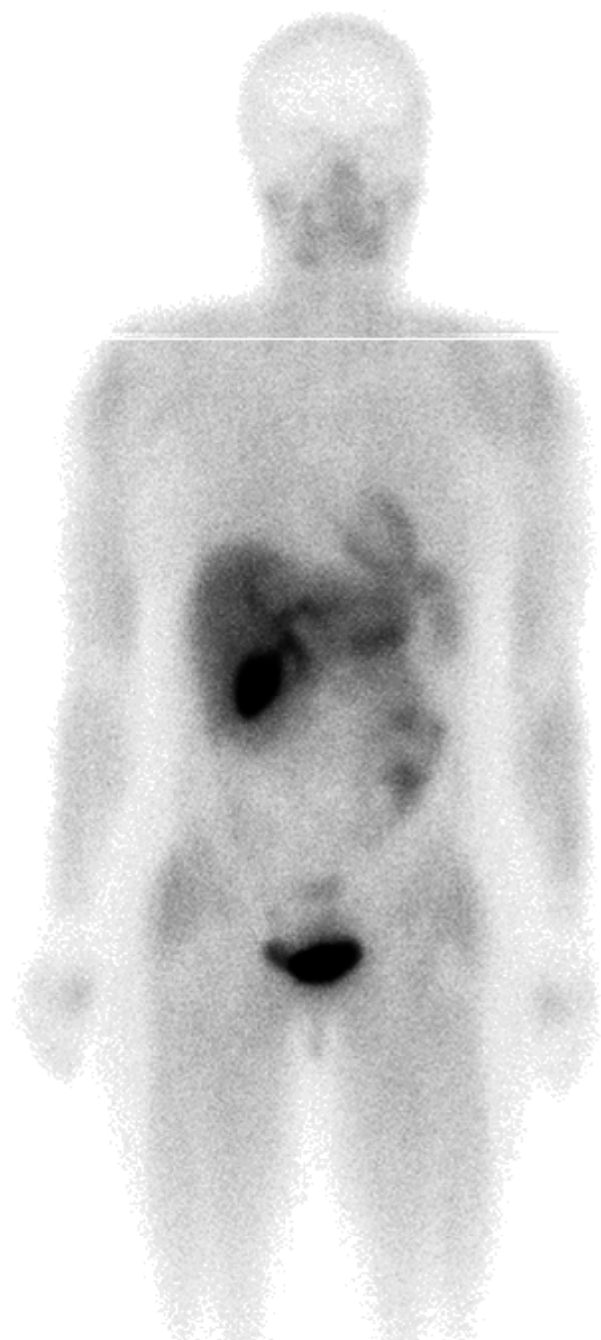
PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{99m}Tc-MIBI

= nepolární lehce lipofilní komplexy

- pasivně přestupuje do buněk – difuzí v závislosti na koncentraci a el.gradientu
- vazba na nitrobuněčné membrány, zejm.mitochondrií
- do 3-4 hodin nemá významnější redistribuci

^{99m}Tc -MIBI



PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{99m}Tc -SESTAMIBI

Fyzikální charakteristiky:

- ^{99m}Tc** - gamma záření o energii 140 keV
- fyzikální poločas přeměny $T_{1/2} = 6$ hodin

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{99m}Tc-SESTAMIBI

PODMÍNKY SNÍMÁNÍ

1. ZÁTĚŽOVÁ STUDIE

- ^{99m}Tc-SESTAMIBI (600 -900) MBq i.v. na vrcholu zátěže
- začátek snímání za 15 minut po aplikaci

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

^{99m}Tc-SESTAMIBI

PODMÍNKY SNÍMÁNÍ

2. KLIDOVÁ STUDIE

- za déle než 45 minut - cca 60-90 minut po aplikaci
- **dvoudenní** protokol
- **jednodenní** protokol - obě vyšetření v jeden den
v odstupu cca 5ti hodin s nižší aktivitou pro časnější
vyšetření

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

ZÁTĚŽ

1. Fyzická - bicyklová ergometrie

zvýšení spotřeby kyslíku v myokardu
dilatace normálního koronárního řečiště

musí být dosaženo **85%** MAC

monitorace pulzové frekvence, TK, EKG

resuscitační pomůcky a léky

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

ZÁTĚŽ

2. Farmakologická

- v případě nemožnosti provedení fyzické zátěže
příčiny extrakardiální
kardiální - blokáda levého
raménka Tawarova

3. Kombinovaná dipyridamol + nižší fyzická zátěž

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

Farmakologická zátěž – princip

a) vazodilatace

účelem je zvýšení hladiny adenosinu

dipyridamol – brání intracelulárnímu odbourávání

endogenního adenosinu především v erythrocytech , zvýšená hladina adenosinu vede k aktivaci specifických receptorů pro vazodilataci

adenosin- způsobuje dilataci koronárního řečiště stimulací A2A receptorů na buňkách hladké svaloviny cévní stěny.

Neselektivně aktivuje i receptory A1, A2B, A3 – způsobující nežádoucí účinky – bronchospasmus, a-v blok, hypotenze, cefalea

binodenoson selektivní stimulace A2A receptorů, ve stadiu klinických zkoušení

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

Farmakologická zátěž – princip

**b) tachykardie, hyperkontaktilita, zvýšení
spotřeby kyslíku myokardem -
pozitivně inotropní a chronotropní látky
sympatikomimetika
dobutamin, arbutamin**

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU SNÍMÁNÍ

SPECT - jednofotonová emisní tomografie

poloha pacienta - vleže za zádech

vleže na břiše

paže nad hlavou

rotace detektoru 180 stupňů

záznam 64 obrazů

rekonstrukce obrazů

reorientace s uspořádáním os -

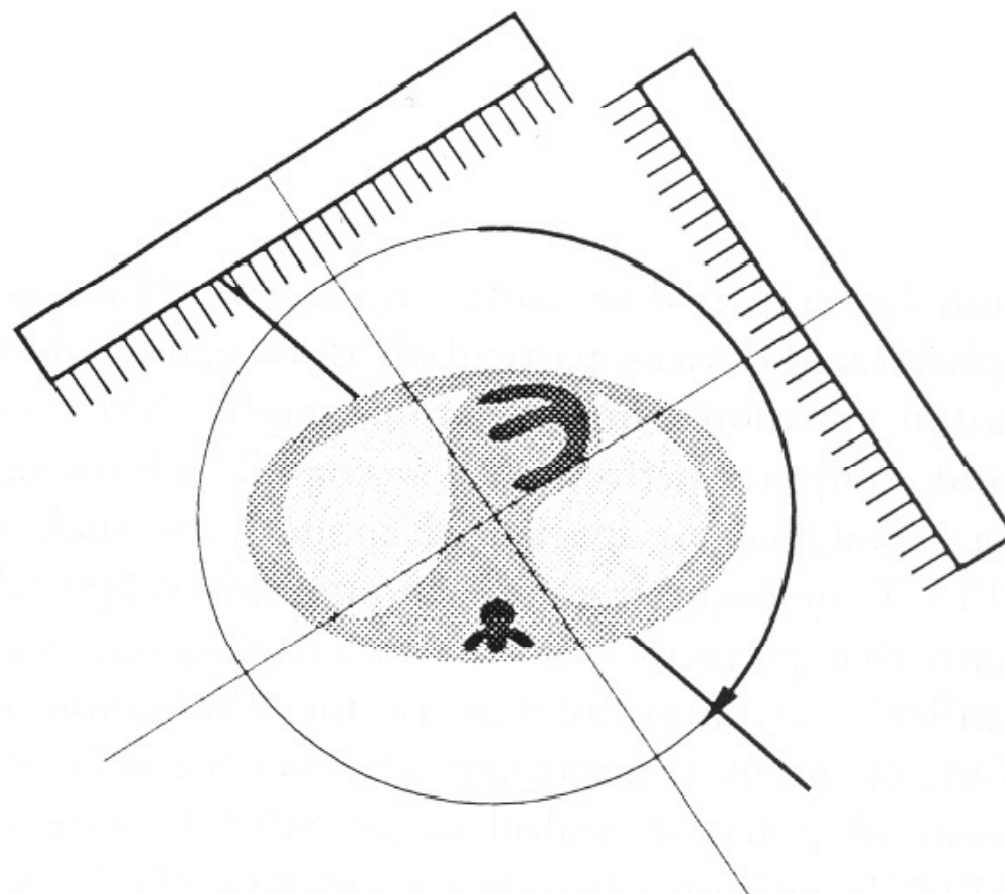
řezy příčné

řezy podélné dle horizontální a vertikální osy

Snímání SPECT myokardu

Rotace detektoru (ů) kolem pacienta v úhlu 180st.

45 st. RAO



135 st. LPO

PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU SNÍMÁNÍ

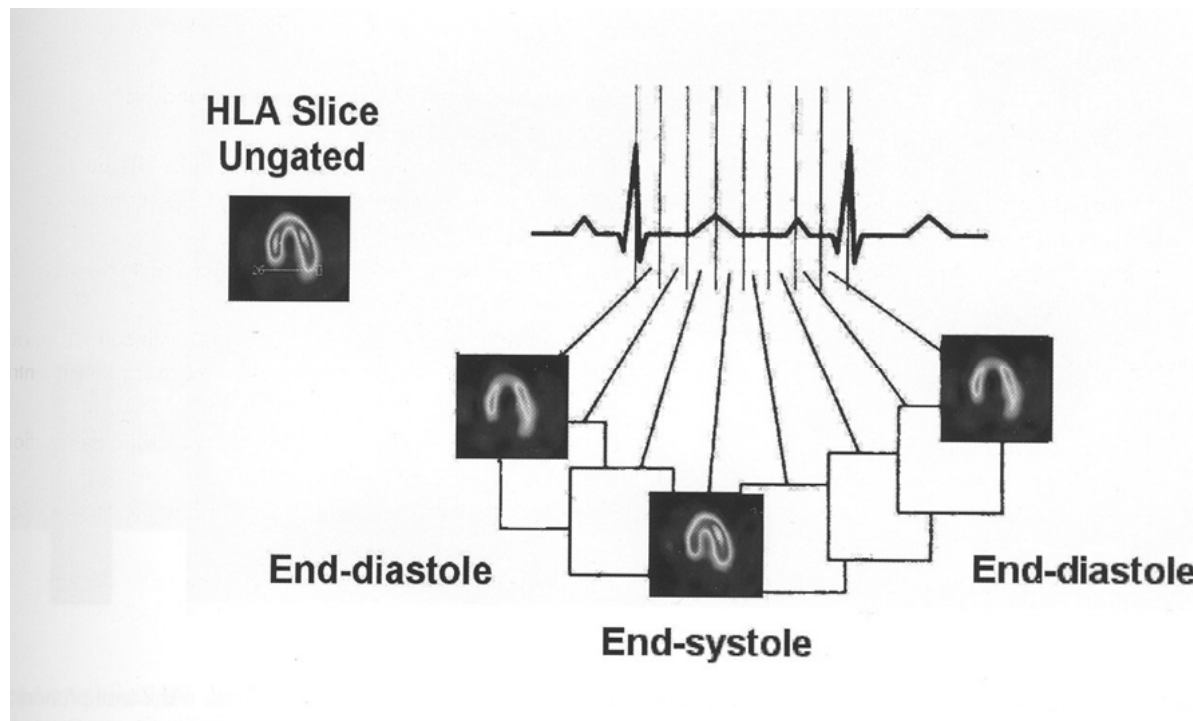
HRADLOVANÝ (GATOVANÝ) SPECT -
hradlovacím signálem je vlna R EKG

- posouzení perfuze
- posouzení funkce LK

systolické ztlušťování (na základě
systolického nárůstu hustoty impulzů – wall thickening index)

pohyb (hybnost v mm - wall motion)

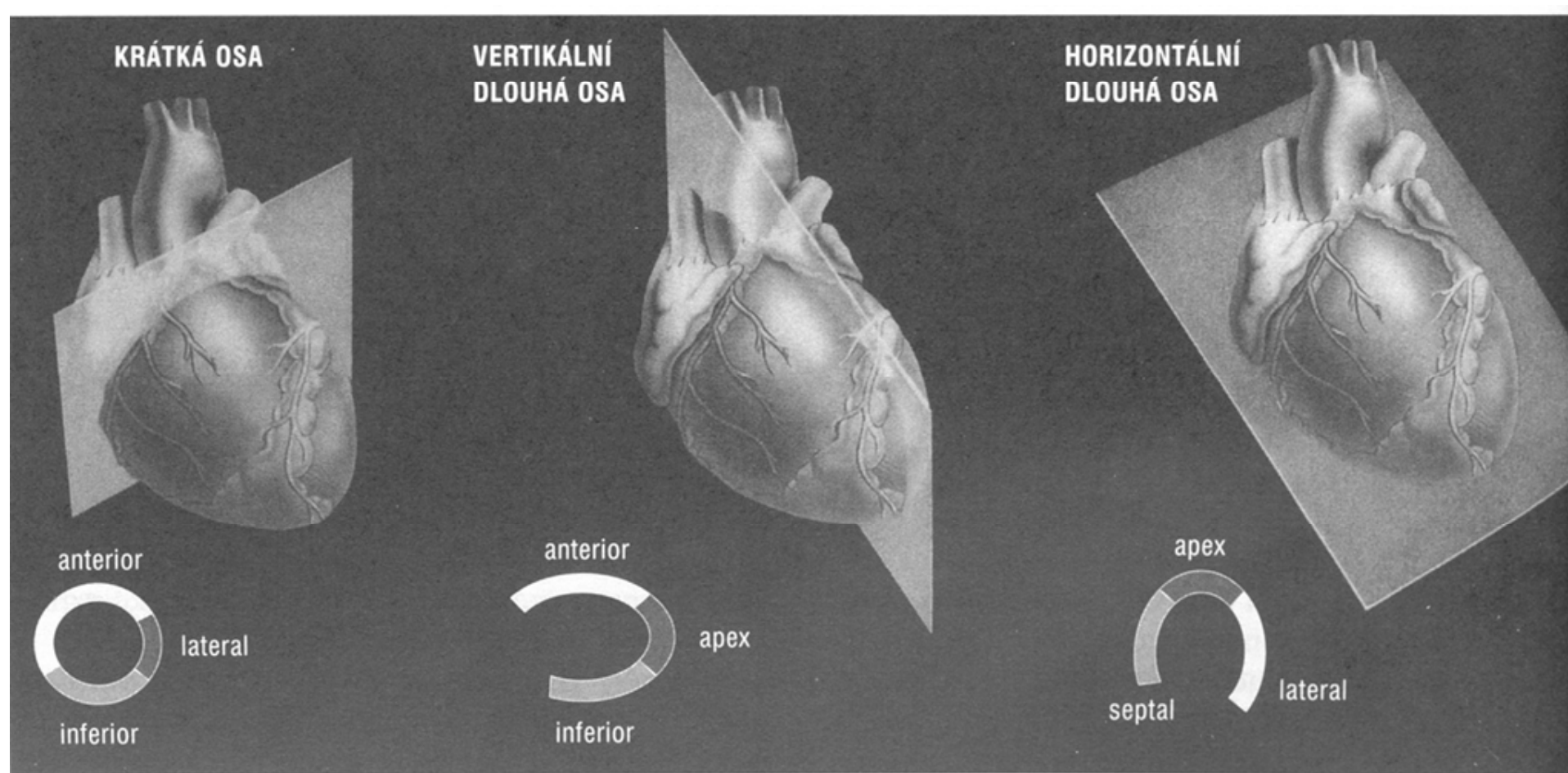
GATED SPECT (HRADLOVANÝ)

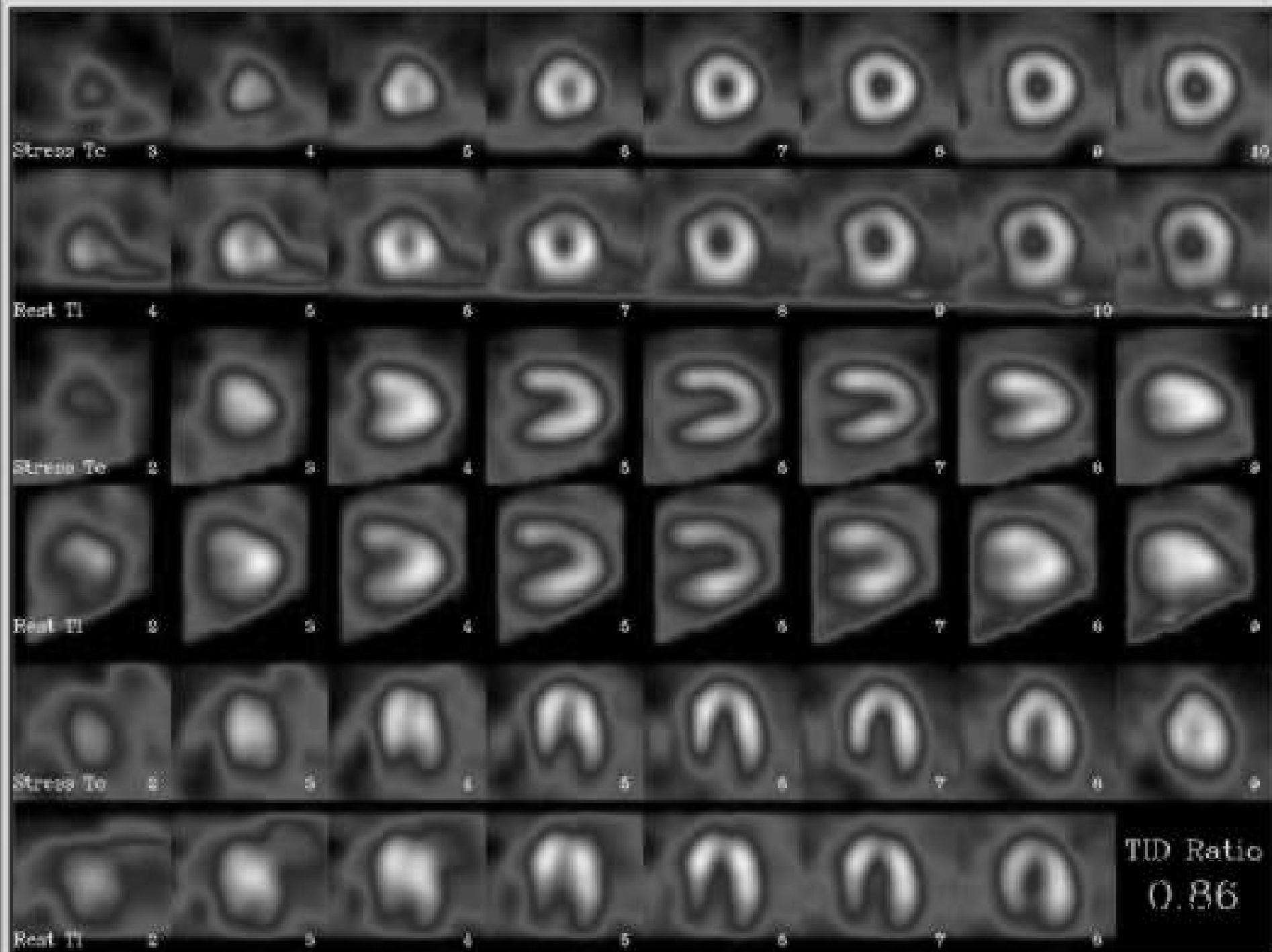


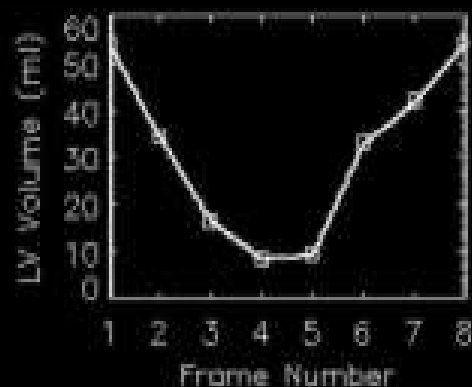
Počítač strádá scintigrafická data synchronizovaně s R kmitem na ekg. Srdeční cyklus je vymezen R-R intervalem a je rozdělen na 8 dílčích intervalů.

Získá se obraz perfuze myokardu v průběhu jednoho reprezentativního srdečního cyklu (od end-diastoly přes end systolu po end diastolu dalšího srdečního cyklu).

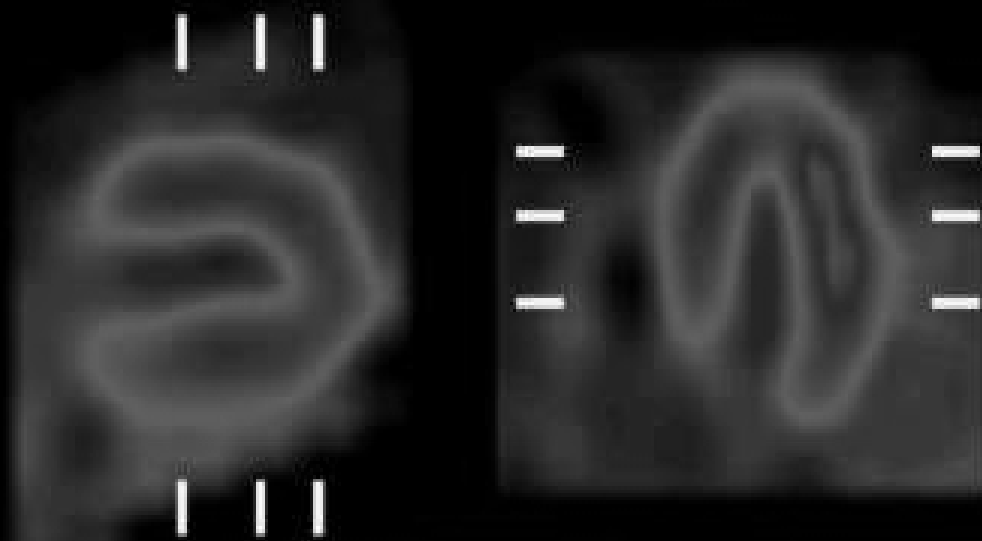
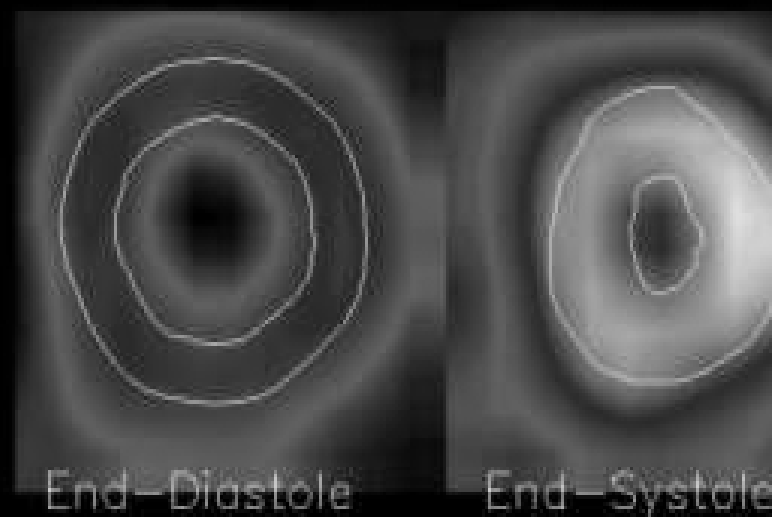
SPECT myokardu – vytvoření řezů levou komorou při perfuzní scintigrafii



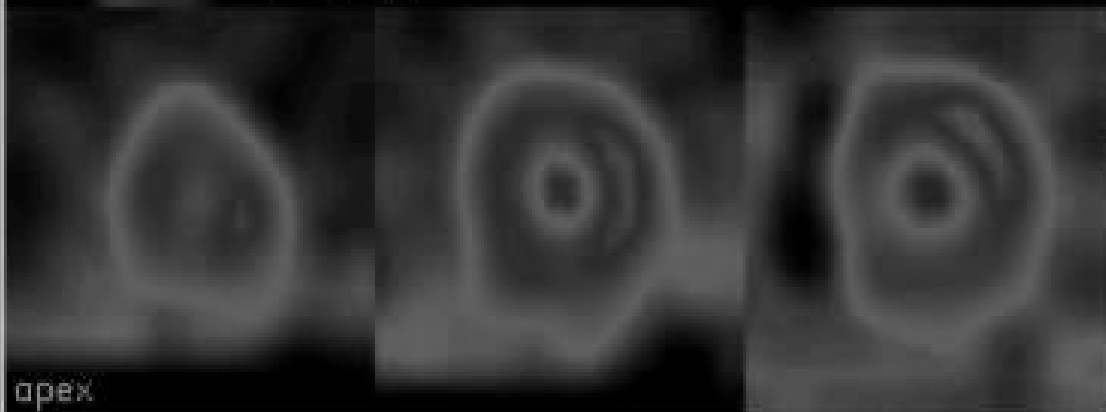
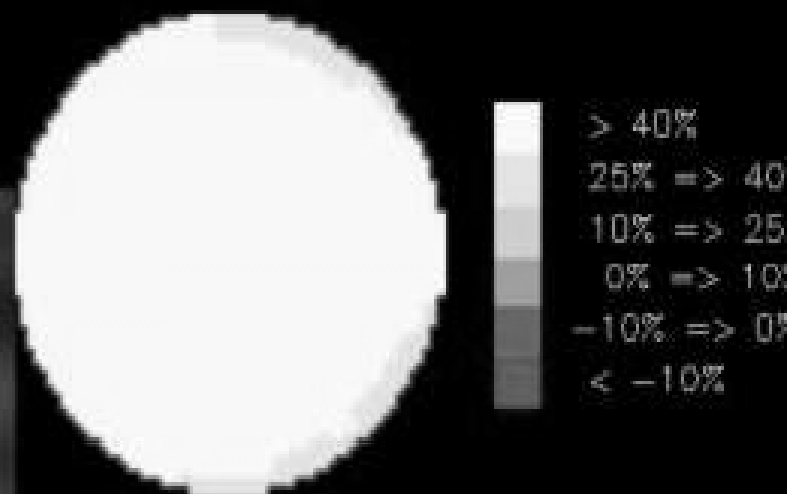




EF = 84%
 EDV = 55 ml
 ESV = 9 ml
 SV = 46 ml
 Mass = 91 gm



Estimated % Thickening



3 cm

Stress Tc

Rest Tl

S
t
r
e
s
s

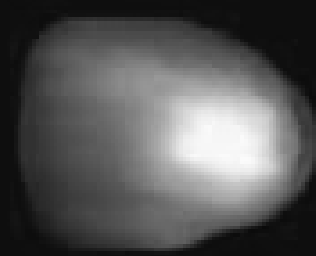
T
c



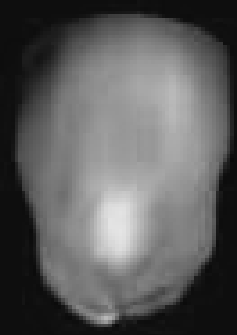
Septal

R
e
s
t

T
l



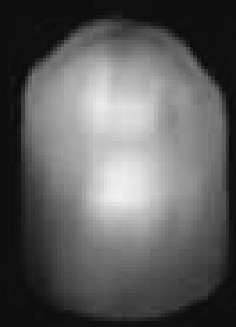
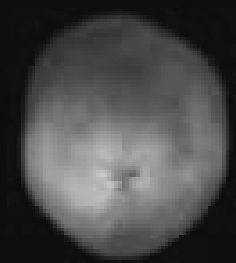
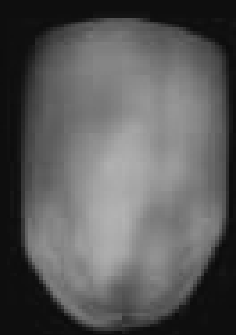
A
n
t
e
r
i
o
r



A
p
e
x



I
n
f
e
r
i
o
r



S
t
r
e
s
s

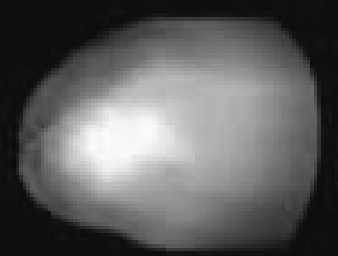
T
c

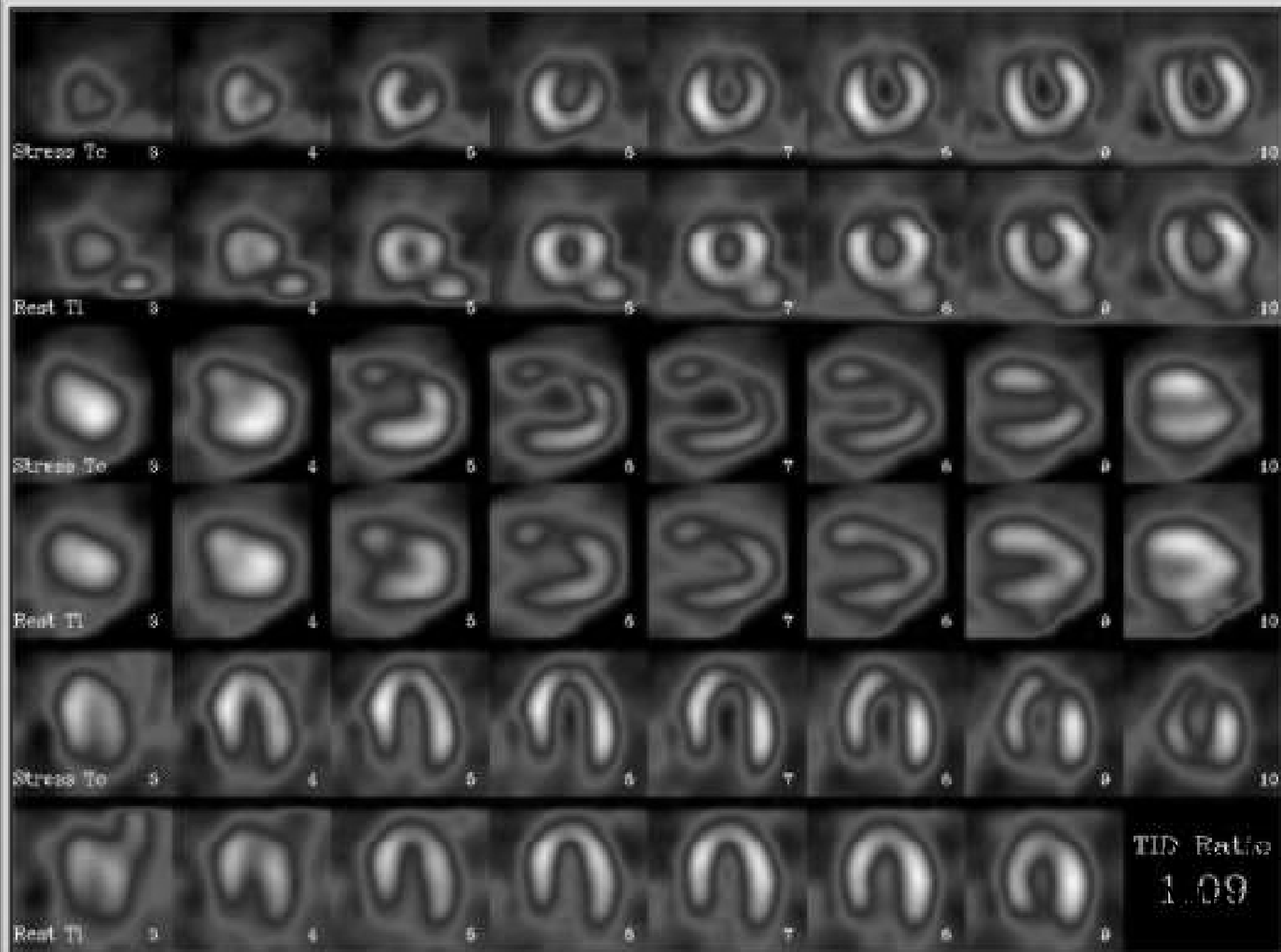


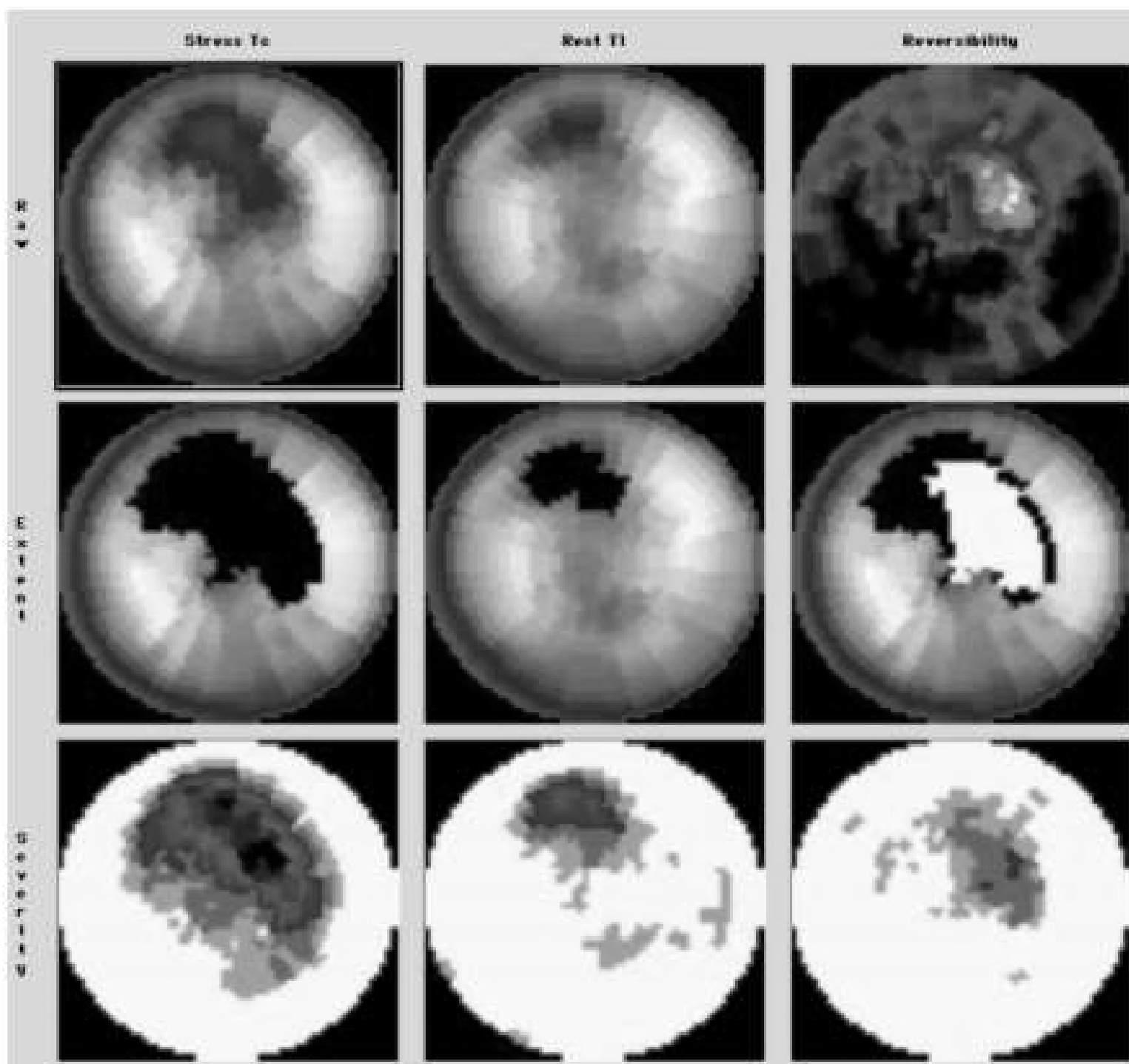
Lateral

R
e
s
t

T
l





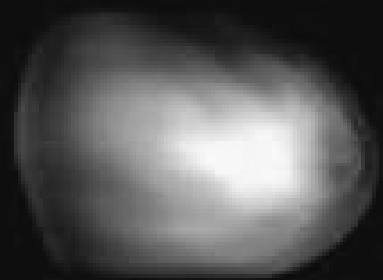


3 cm

Stress Tc

Rest Tl

S
t
r
e
s
s
T
c



Septal

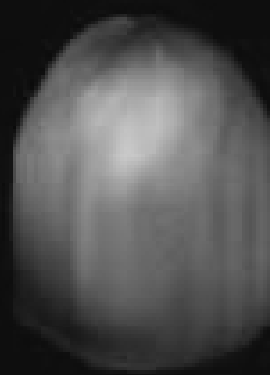
R
e
s
t
T
l



A
n
t
e
r
i
o
r



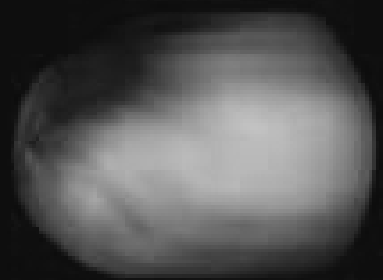
A
p
e
x



I
n
f
e
r
i
o
r



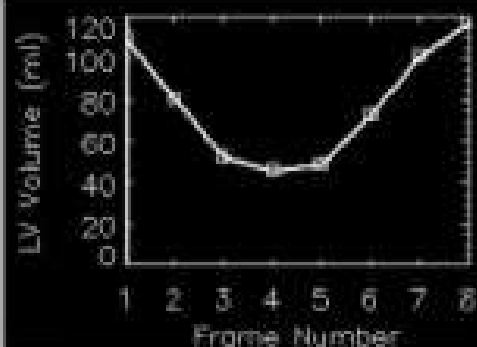
S
t
r
e
s
s
T
c



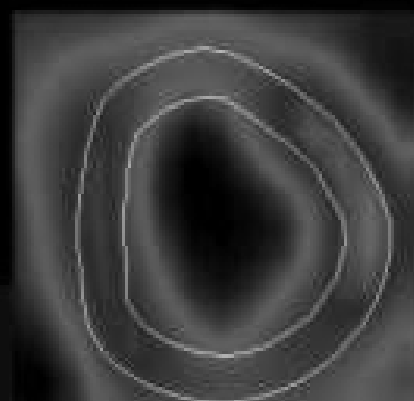
Lateral

R
e
s
t
T
l





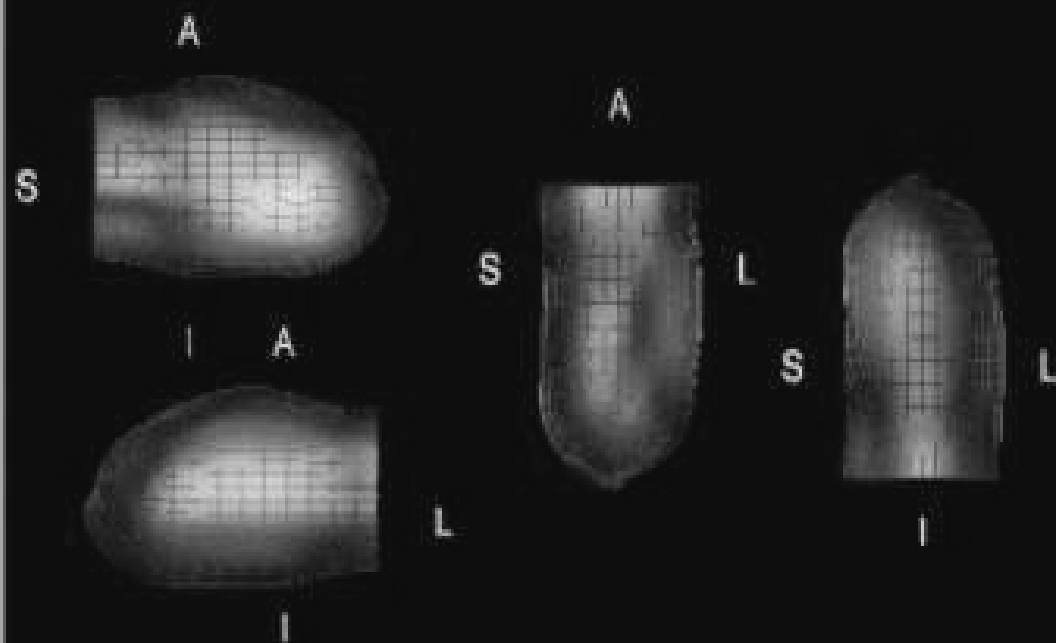
EF = 61%
 EDV = 118 ml
 ESV = 46 ml
 SV = 72 ml
 Mass = 148 gm



End-Diastole



End-Systole



Estimated % Thickening



Indikace

- **Diagnostika ICHS**

- Zjištění lokalizace, rozsahu a závažnosti ischemie a její reverzibilita
- **PŘED SKG – podezření na ICHS**
- Diferenciální diagnostika etiologie akutní bolesti na hrudi k vyloučení či potvrzení ICHS
- Screening u osob s vysokým rizikem ICHS
- Nediagnostické ekg (klidové i zátěžové)
- Hodnocení přítomnosti nebo závažnosti ICHS u nemocného před nekardiologickým chirurgickým výkonem

- **PO SKG – známá DG ICHS**

- Posouzení hemodynamické významnosti hraniční stenózy
- Zjištění, která ze stenóz zapříčiňuje potíže nemocného – při vícetepenném postižení –“culprit lesion“
- Detekce restenózy po revaskularizační terapii
- **Prognóza a stratifikace rizika** u chronické ICHS, detekce vysoce rizikových pacientů, stratifikace rizika po prodělaném IM, posouzení vhodnosti a naléhavosti revaskularizačního výkonu
- **Hodnocení viability**

PERFÚZNÍ SPECT MYOKARDU

Diagnostika ICHS

- Optimální indikace u pacientů se střední předtestovou pravděpodobností ICHS

| | |
|-------------|--------|
| Průměrná | Fikrle |
| Sensitivita | 92% |
| Specifická | 68% |

Stratifikace rizika

a posouzení závažnosti stenózy zjištěné při koronarografii

- Pacienti s normální perfuzí po adekvátní zátěži mají nízkou frekvenci kardiálních příhod nezávisle na přítomnosti koronarograficky prokázané ICHS,
riziko IM nebo náhlé srdeční smrti je menší než 1% ročně
- Dobrá prognóza se pojí s nevelkým fixním defektem při celkové dobré funkci LK
- Riziko kardiální příhody – reverzibilní defekt perfuze,
zvláště je-li defekt rozsáhlý
a při známkách pozátěžové dysfunkce LK
tranzitorní ischemická dilatace LK
pokles pozátěžové EF
zvýšené vychytávání Tl-201 v plicích

Viabilita myokardu

Potvrzení viability myokardu

u pacientů s dysfunkcí levé komory
a nízkou EF levé komory
pro indikaci revaskularizačního zákroku

- je-li větší část dysfunkčního myokardu viabilní,
je vysoká pravděpodobnost zlepšení srdeční funkce
po revaskularizačním zákroku
- při neviabilním myokardu je naděje na zlepšení funkce
po revaskularizaci menší

Hibernovaný myokard

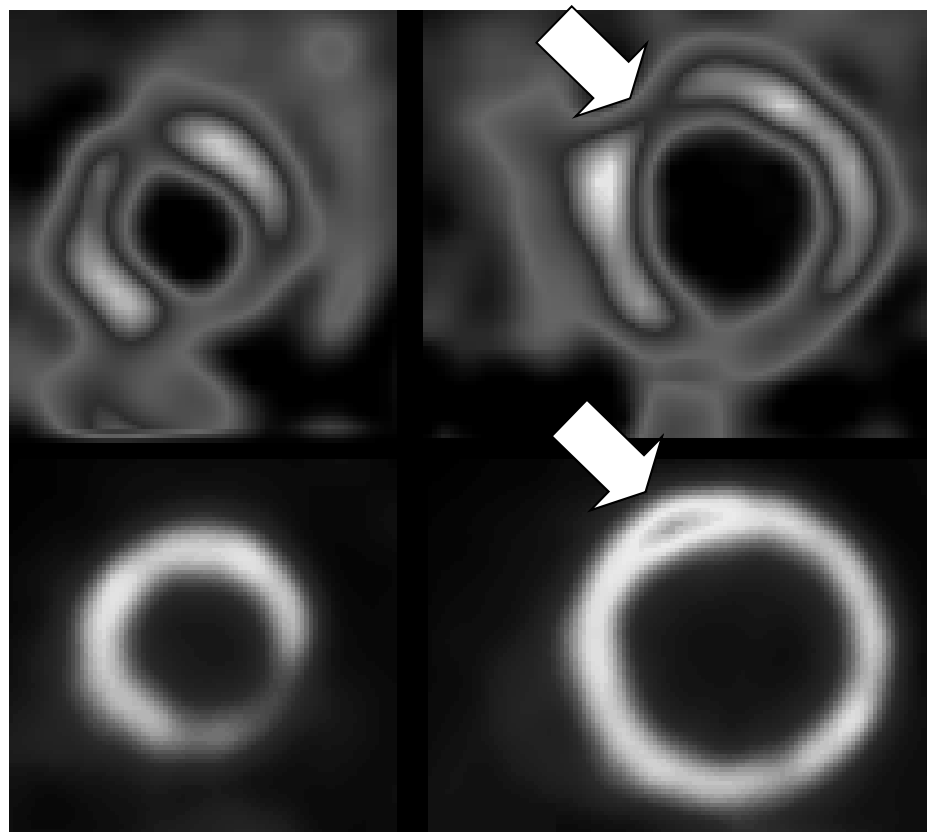
- má sníženou funkci, sníženou perfuzi, zachovaný metabolismus
- Hibernovaný myokard zlepší po revaskularizaci svojí funkci, dojde k zvýšení EF a zlepšení celkové prognózy pacienta.
- Nemocní s hibernovaným myokardem, který nebyl revaskularizován, měli nejhorší prognózu, tedy i horší než nemocní s neviabilním myokardem, který nebyl revaskularizován. (Meluzín, 1998).

VIABILITA MYOKARDU

Přímý průkaz - ^{18}F -FDG (fluorodeoxyglukóza)
PET zobrazení

při **ischémii** se v myokardu uplatňuje anaerobní
glykolýza

vzniká nesouhlas - mismatch
perfúzního defekt x lokálně zvýšená kumulace
FDG



^{99m}Tc MIBI

^{18}F FDG

neviabilní

viabilní

match

mismatch

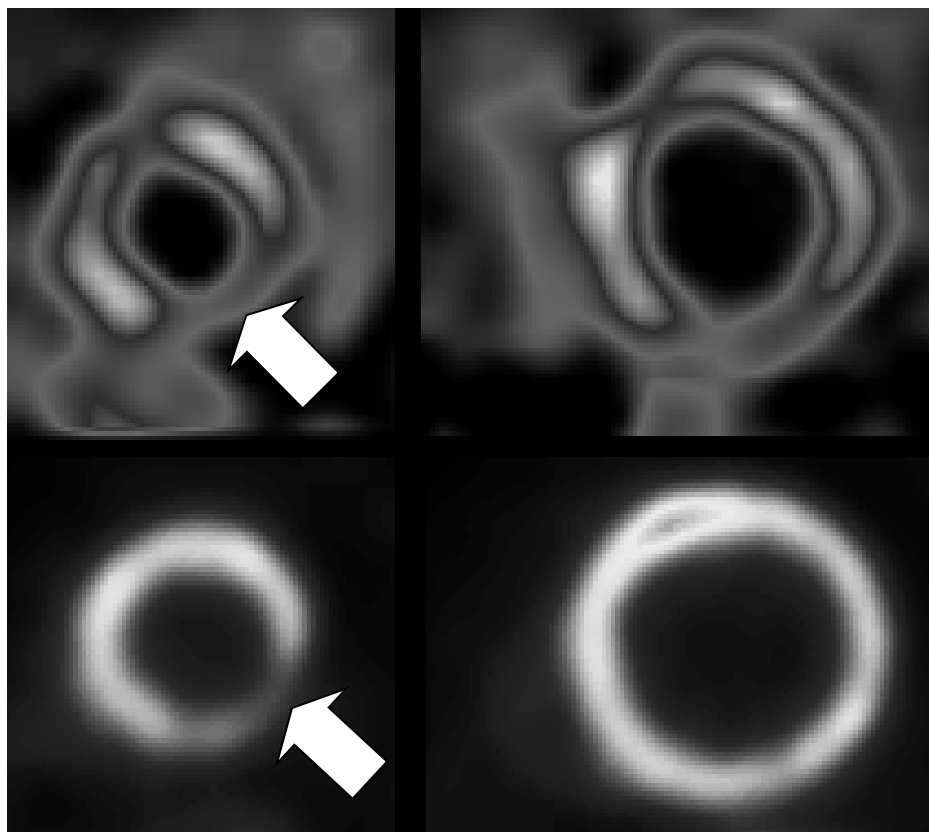
-selektivní revaskularizace na RIA

VIABILITA MYOKARDU

**při nekróze nebo jizvě - absence viabilního
myokardu**

vzniká souhlas - match

perfúzní defekt x defekt kumulace FDG



^{99m}Tc MIBI

^{18}F FDG

neviabilní

viabilní

match

mismatch

-selektivní revaskularizace na RIA

VIABILITA MYOKARDU

Perfúzní SPECT myokardu po podání
 ^{201}Tl -chloridu

SPECT zátěž - **klid** - reinjekce - **pozdní
redistribuce**

zmenší-li se nebo vymizí-li defekt v klidu
nebo při reinjekci či v pozdní redistribuci -
jde o **viabilní myokard**

VIABILITA MYOKARDU

Perfúzní SPECT myokardu po podání
 ^{99m}Tc -SESTAMIBI

SPECT zátěž - klid

v kombinaci s podáním **nitroglycerinu 3 min**
před aplikací MIBI v klidu

Obr. - perfúze a viabilita

