

# 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 :

$^{201}\text{Tl}$ -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

## <sup>201</sup>Tl-chlorid

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



# PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

## **$^{201}\text{Tl}$ -chlorid**

### Fyzikální charakteristiky:

88% X záření  $^{201}\text{Hg}$  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

## <sup>201</sup>Tl-chlorid

### PODMÍNKY SNÍMÁNÍ

#### 1. ZÁTĚŽOVÁ STUDIE

- <sup>201</sup>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 <sup>201</sup>Tl-chloridu

# PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

## <sup>201</sup>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

## <sup>201</sup>Tl-chlorid

**Výhody :** fyziologický prvek

**Nevýhody:** horší rozlišení obrazů

vyšší absorpce v měkkých tkáních

vyšší radiační zátěž

redistribuce

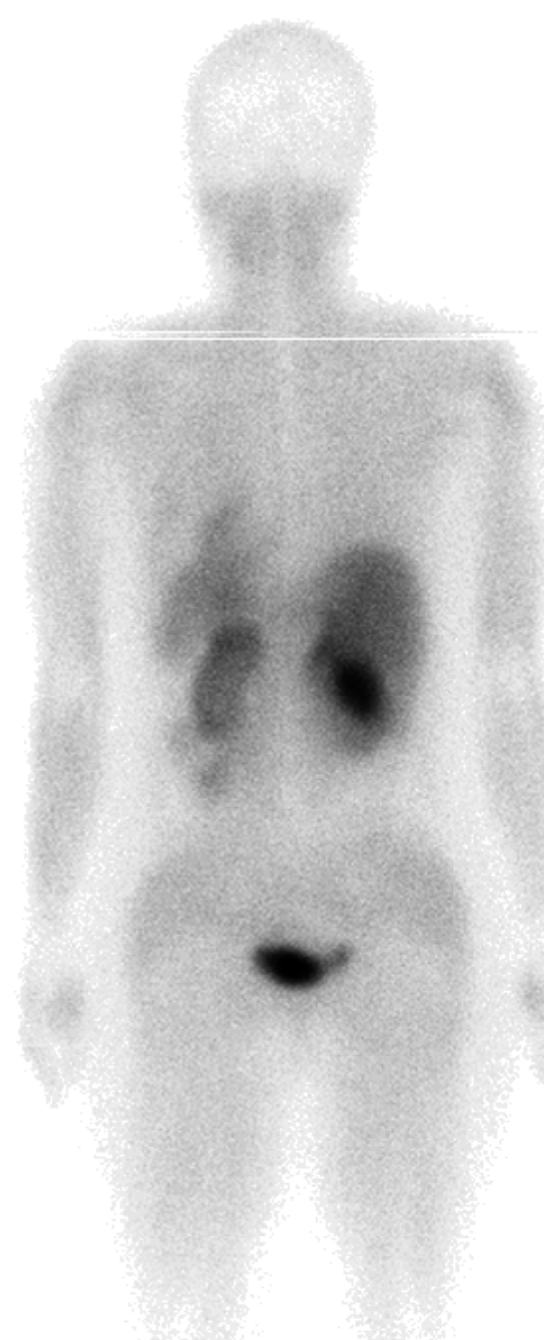
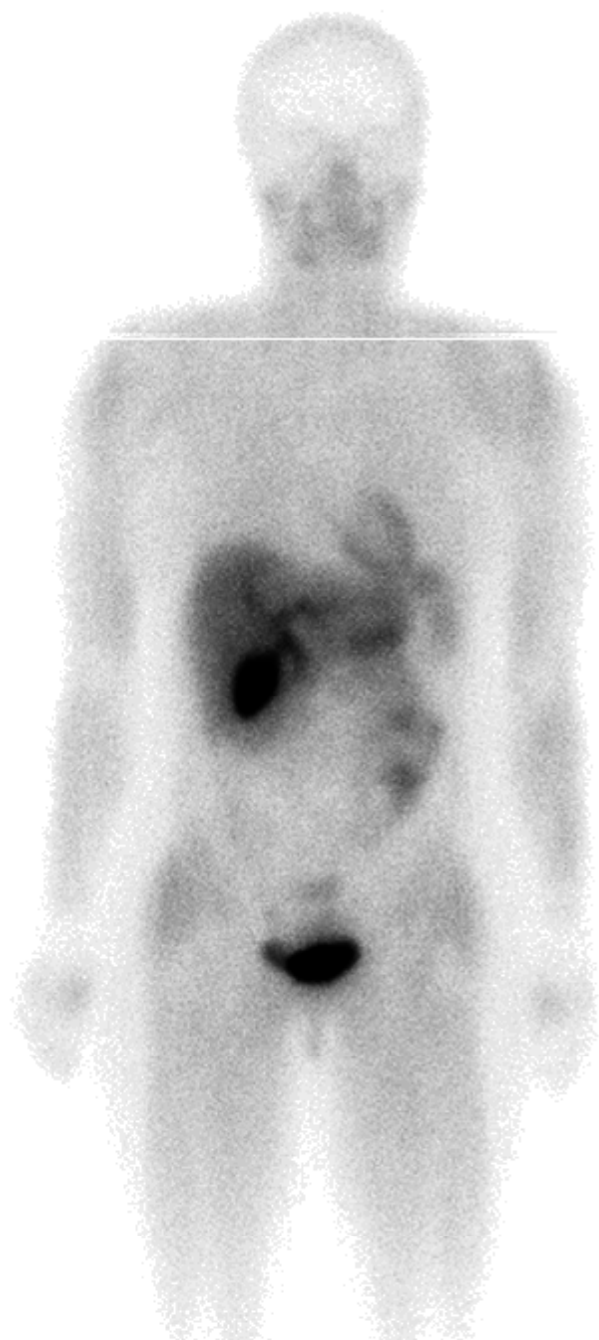
# PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

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

99mTc-MIBI



# PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

## $^{99m}\text{Tc}$ -SESTAMIBI

### Fyzikální charakteristiky:

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

# PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

## $^{99m}\text{Tc}$ -SESTAMIBI

### PODMÍNKY SNÍMÁNÍ

#### 1. ZÁTĚŽOVÁ STUDIE

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



# PERFÚZNÍ SCINTIGRAFIE MYOKARDU

## $^{99m}\text{Tc}$ -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, hyperkontraktilita, 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 -

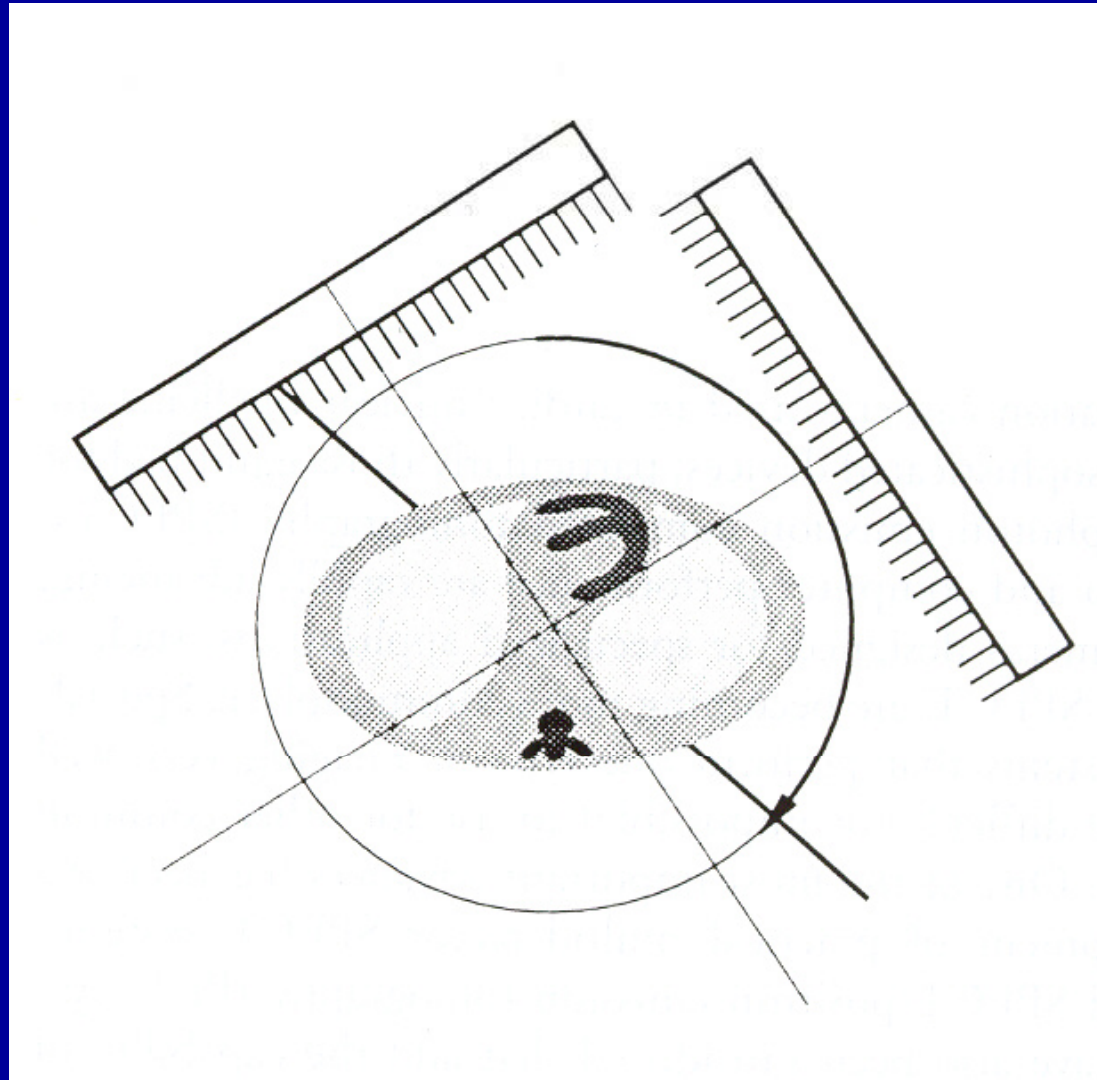
řezy příčné

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

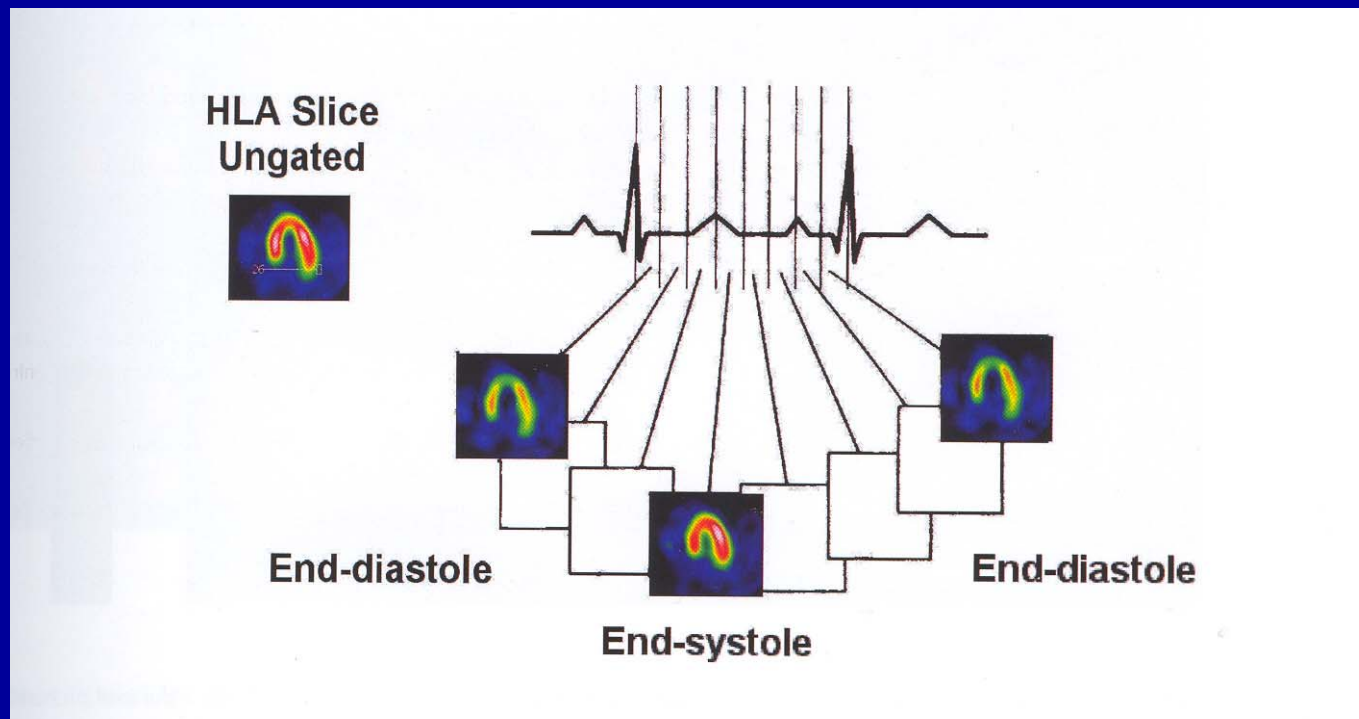
- posouzení perfuze
- posouzení funkce LK

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

pohyb (hybnost v mm - wall motion)



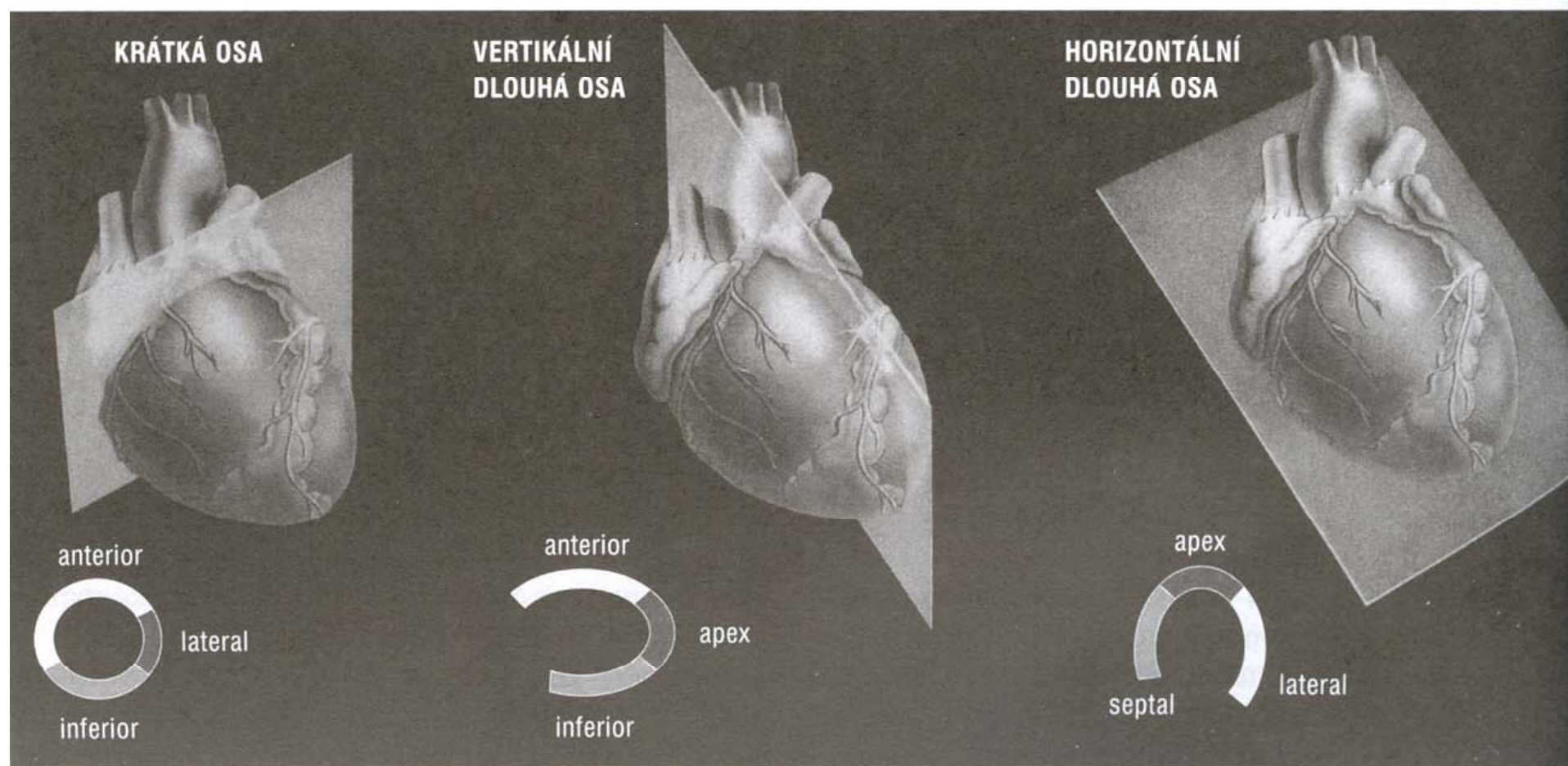
# GATED SPECT (HRADLOVANÝ)

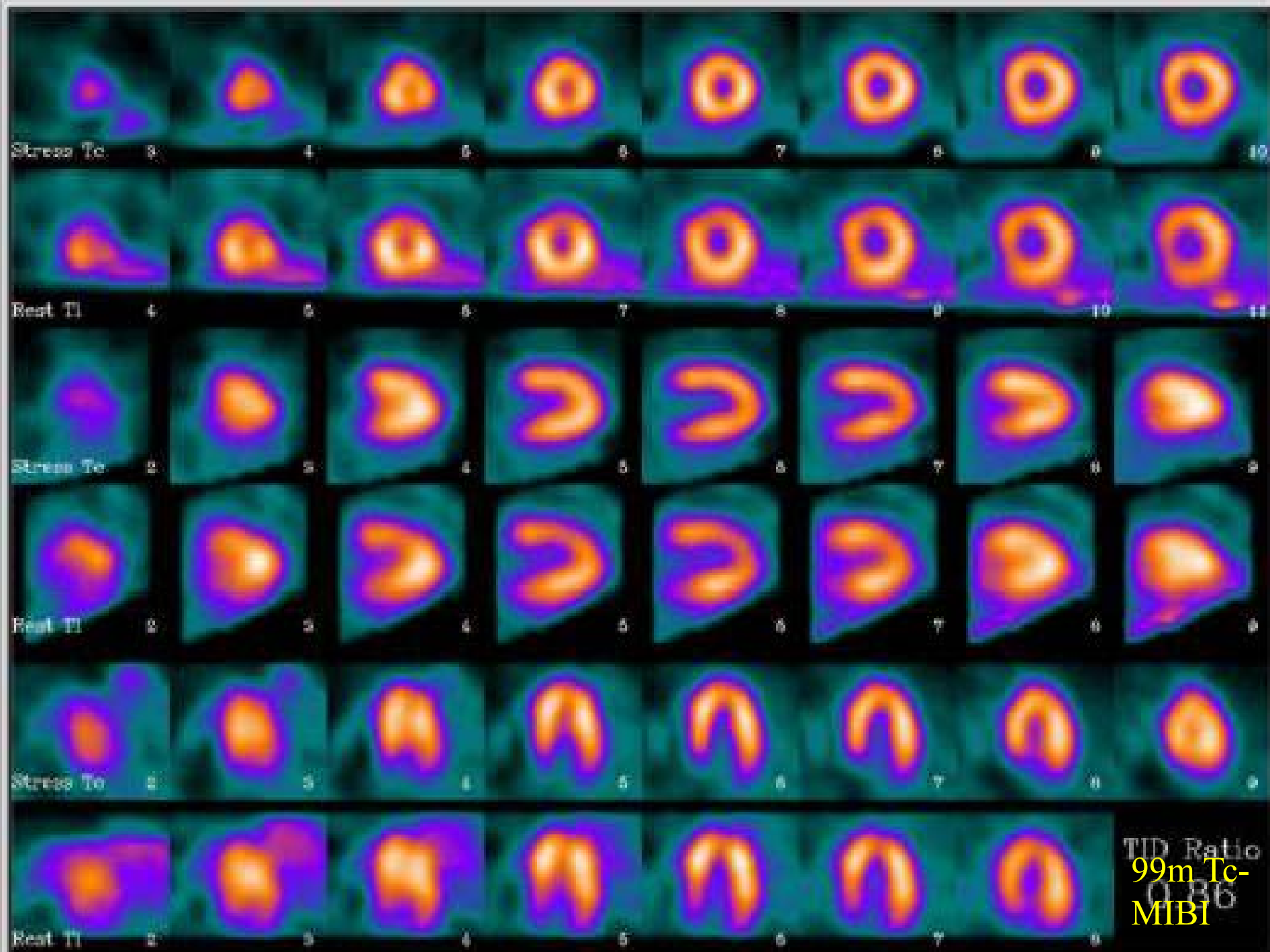


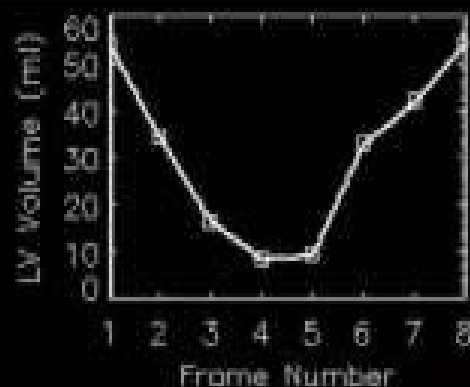
Počítač strádá scintigrafická data synchronizovaně s R kmitem na ekg. Srdeční cyklus je vymezen R-R intervalem a je rozdělen na 8 dílčích intervalů.

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

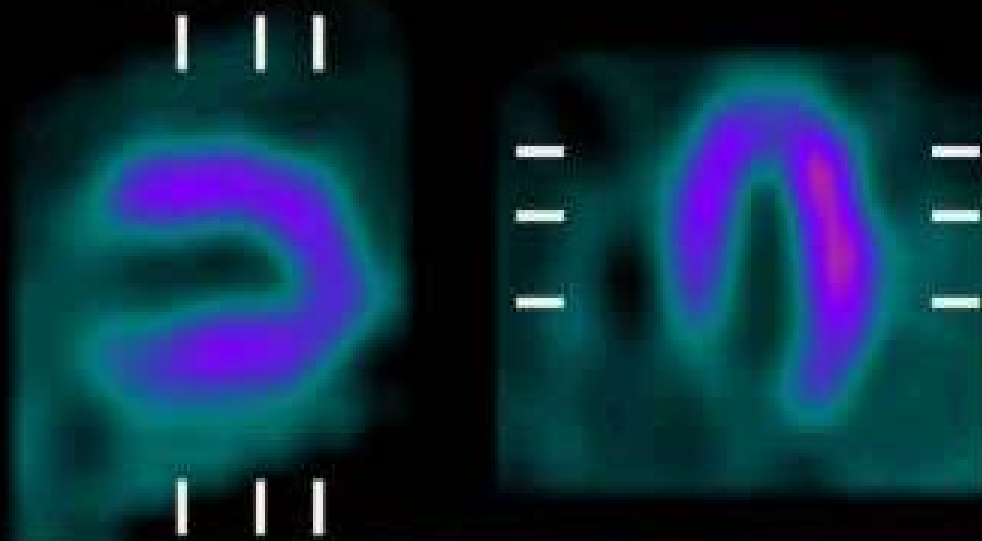
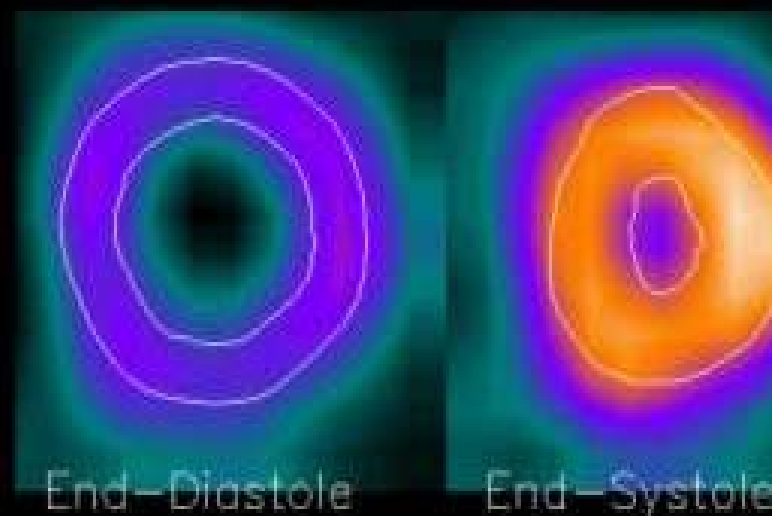
# SPECT myokardu – vytvoření řezů levou komorou při perfuzní scintigrafii



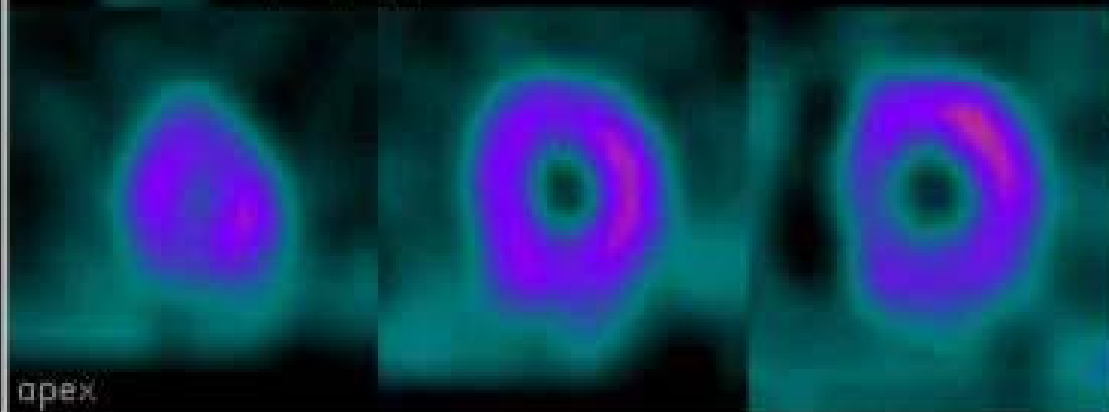
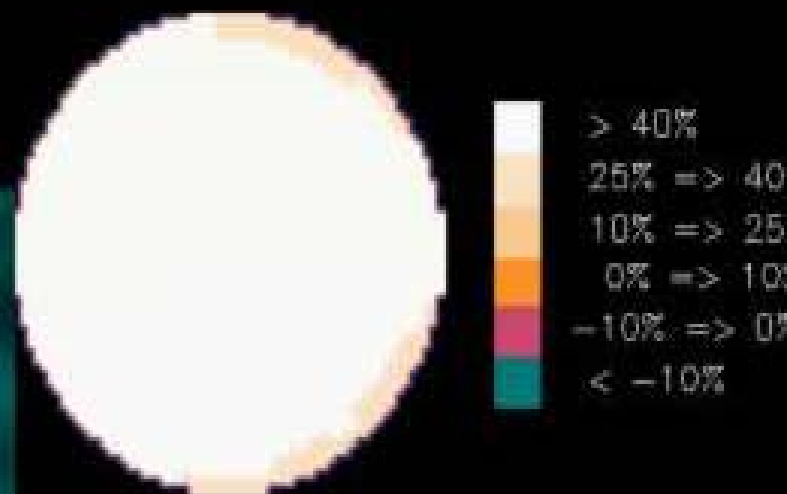




EF = 84%  
 EDV = 55 ml  
 ESV = 9 ml  
 SV = 46 ml  
 Mass = 91 gm



Estimated % Thickening

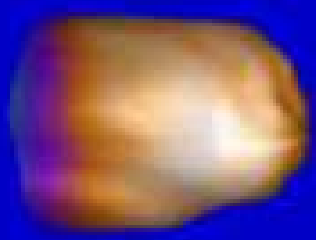


3 cm

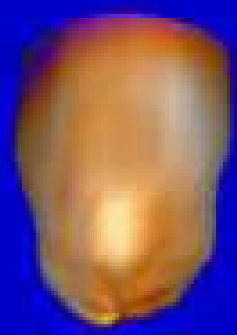
Stress Tc

Rest Tl

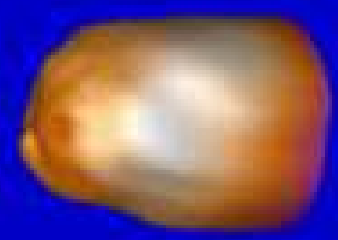
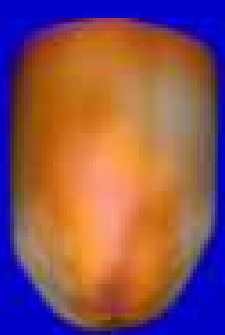
S  
t  
r  
e  
s  
s  
T  
c



Septal

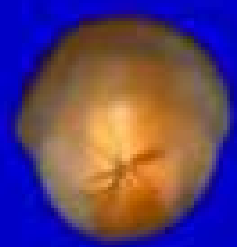


A  
n  
t  
e  
r  
i  
o  
r

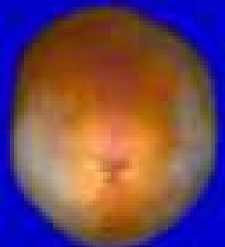


S  
t  
r  
e  
s  
s  
T  
c

Lateral



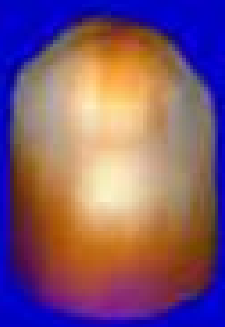
A  
p  
e  
x



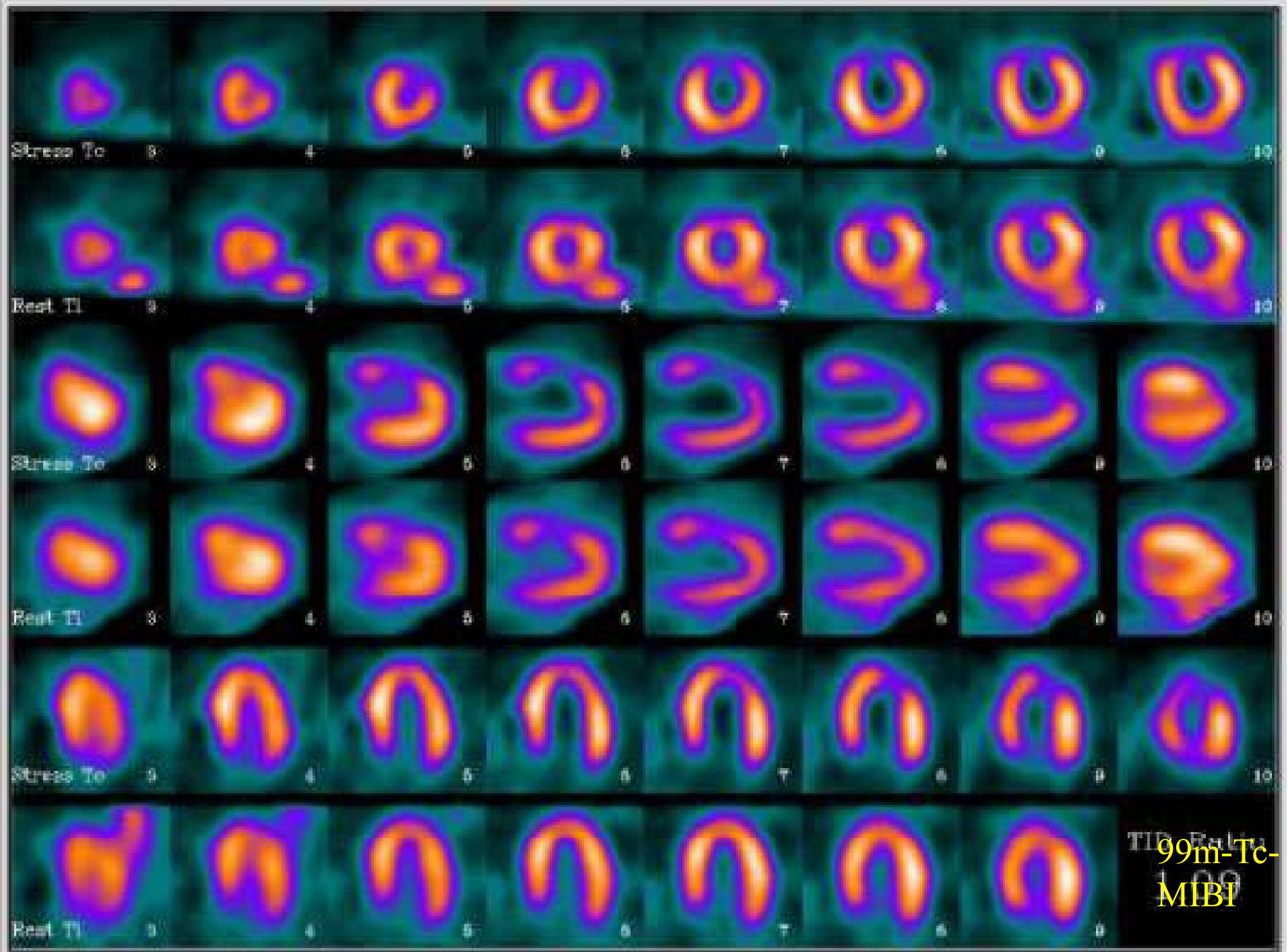
R  
e  
s  
t  
T  
l



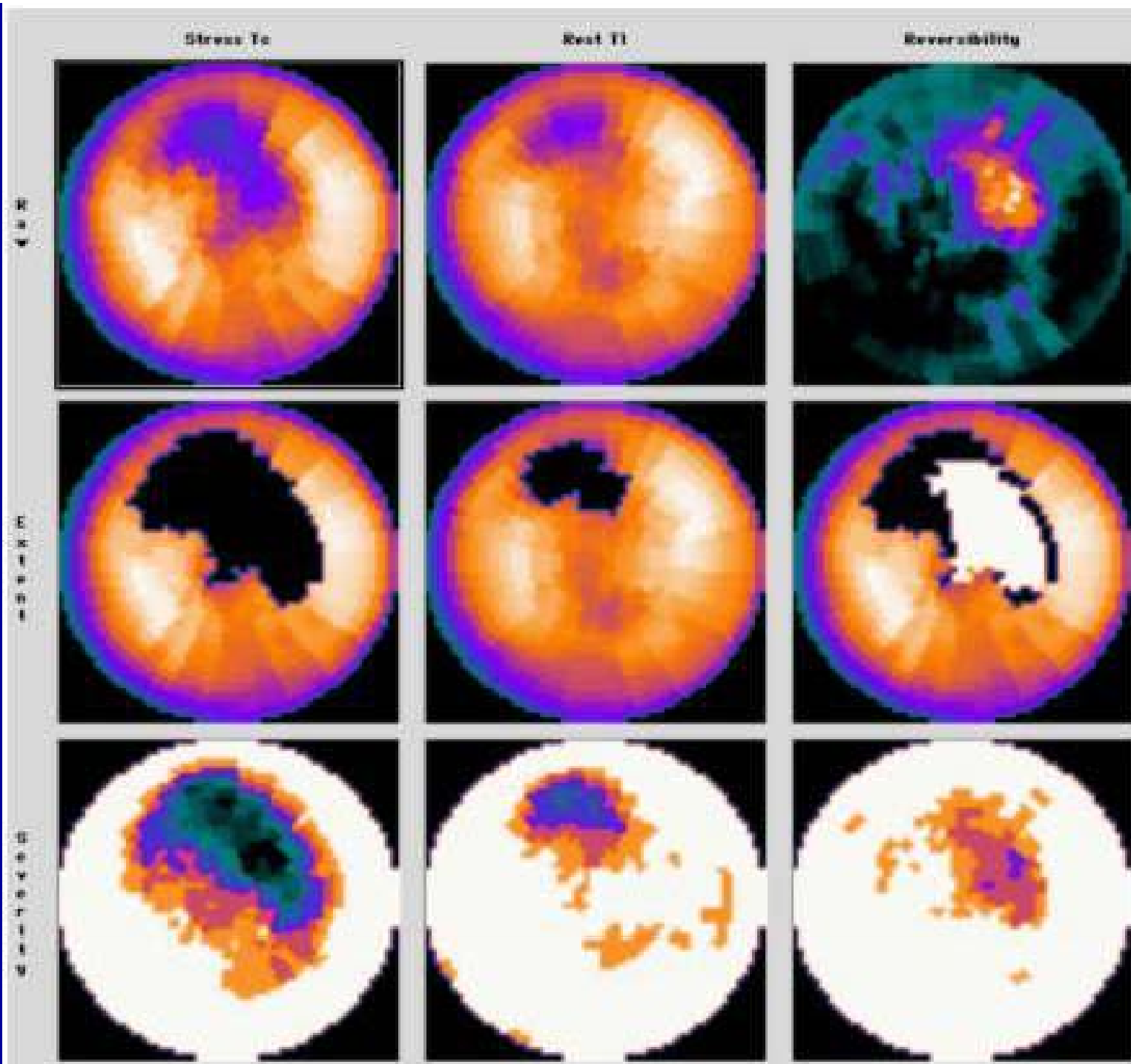
I  
n  
f  
e  
r  
i  
o  
r



R  
e  
s  
t  
T  
l





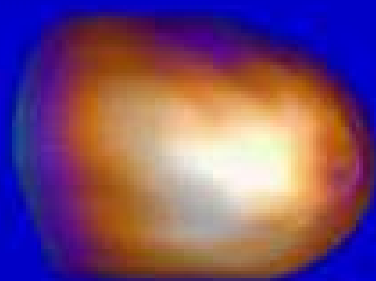


3 cm

Stress Tc

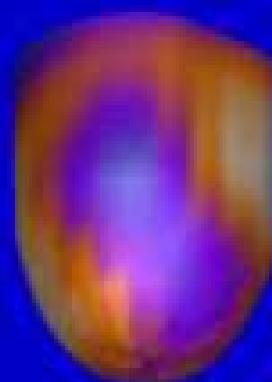
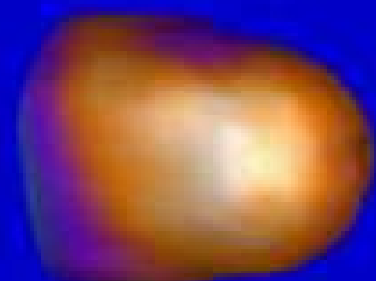
Rest Tl

S  
t  
r  
e  
s  
s  
T  
c

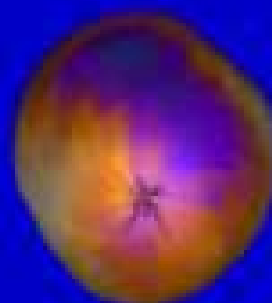
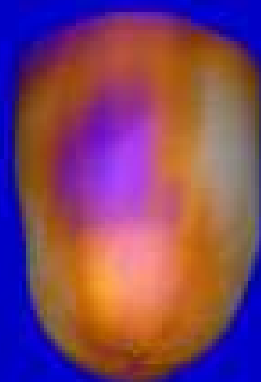


Septal

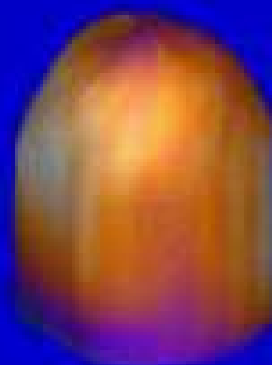
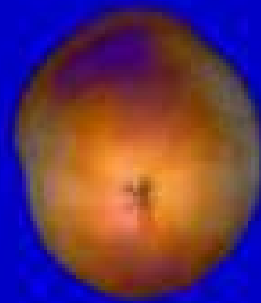
R  
e  
s  
t  
T  
l



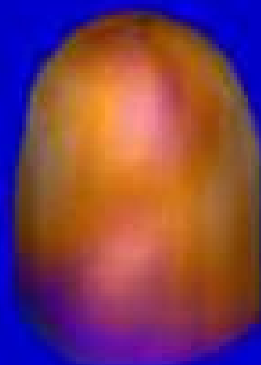
A  
n  
t  
e  
r  
i  
o  
r



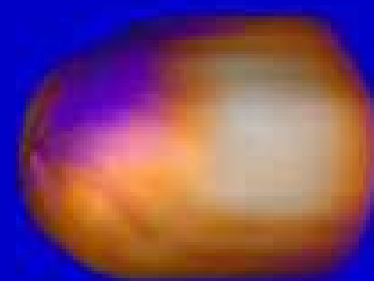
A  
p  
e  
x



I  
n  
f  
e  
r  
i  
o  
r

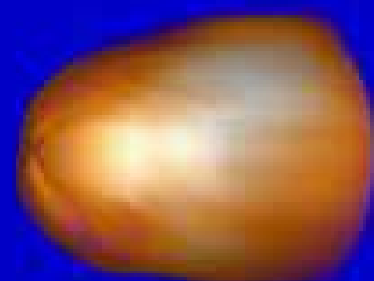


S  
t  
r  
e  
s  
s  
T  
c

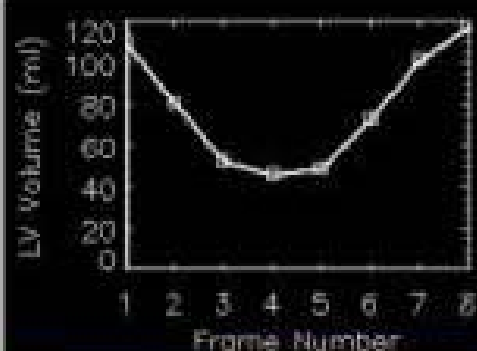


Lateral

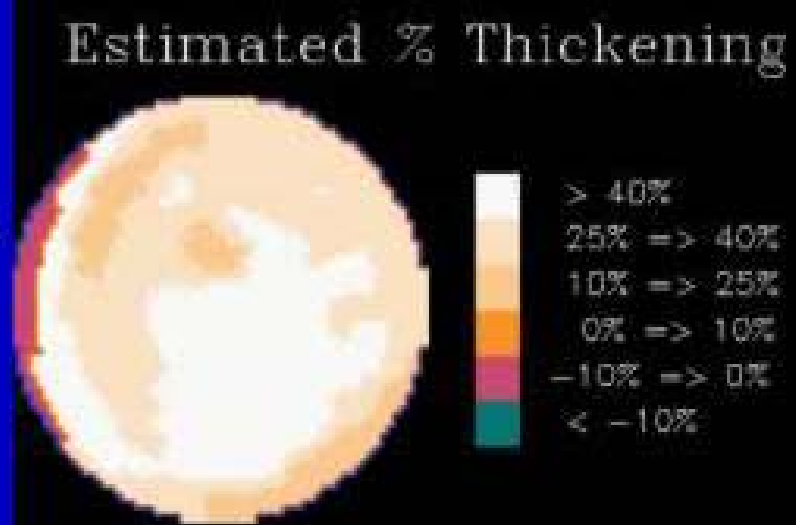
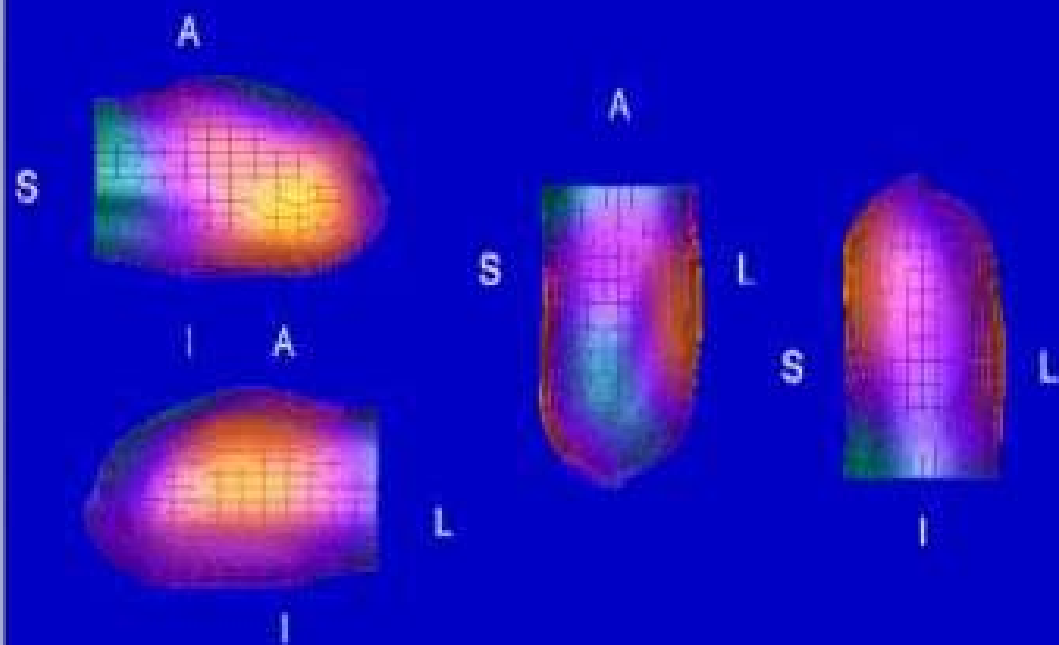
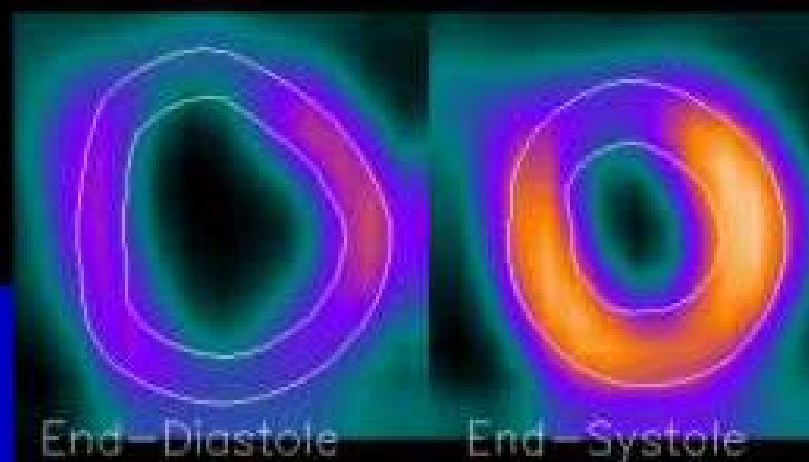
R  
e  
s  
t  
T  
l







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



# 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**

## 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

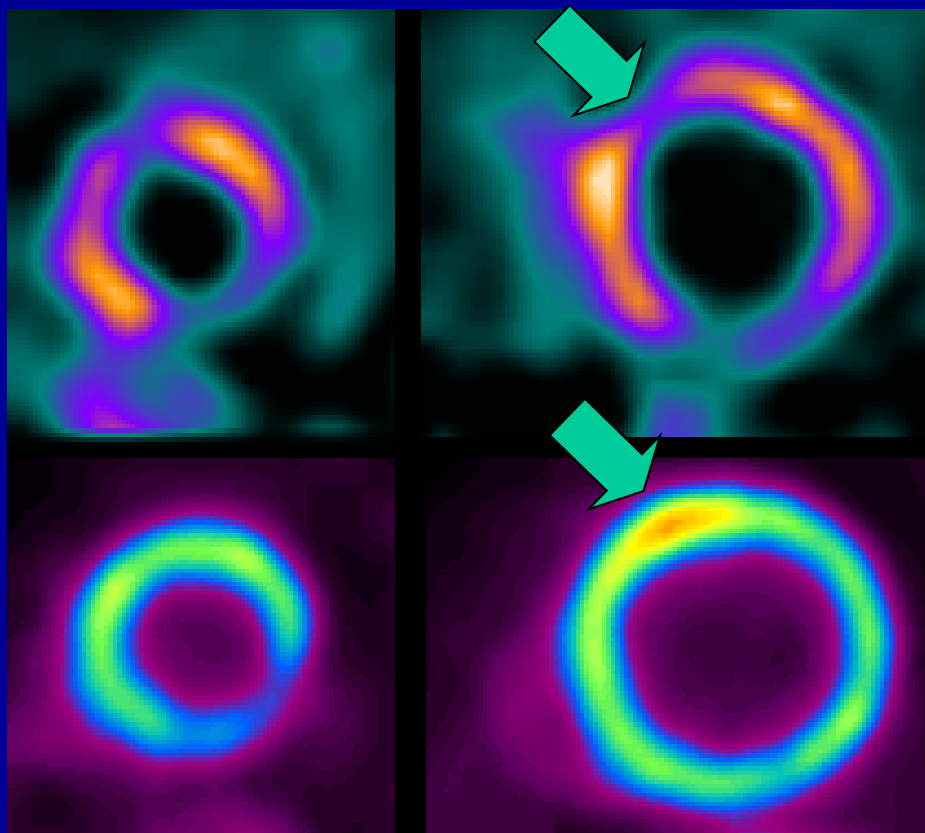
- má sníženou funkci, sníženou perfuzi, zachovaný metabolismus
- Hibernovaný myokard zlepší po revaskularizaci svoji funkci, dojde k zvýšení EF a zlepšení celkové prognózy pacienta.
- Nemocní s hibernovaným myokardem, který nebyl revaskularizován, měli nejhorší prognózu, tedy i horší než nemocní s neviabilním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

# VIABILITA MYOKARDU

**Přímý průkaz -  $^{18}\text{F}$ -FDG** (fluorodeoxyglukóza)  
PET zobrazení

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

**vzniká nesouhlas - mismatch**  
perfúzního defekt x lokálně zvýšená kumulace  
FDG



$^{99m}\text{Tc}$  MIBI

$^{18}\text{F}$  FDG

neviabilní

match

viabilní

mismatch

-selektivní revaskularizace na RIA

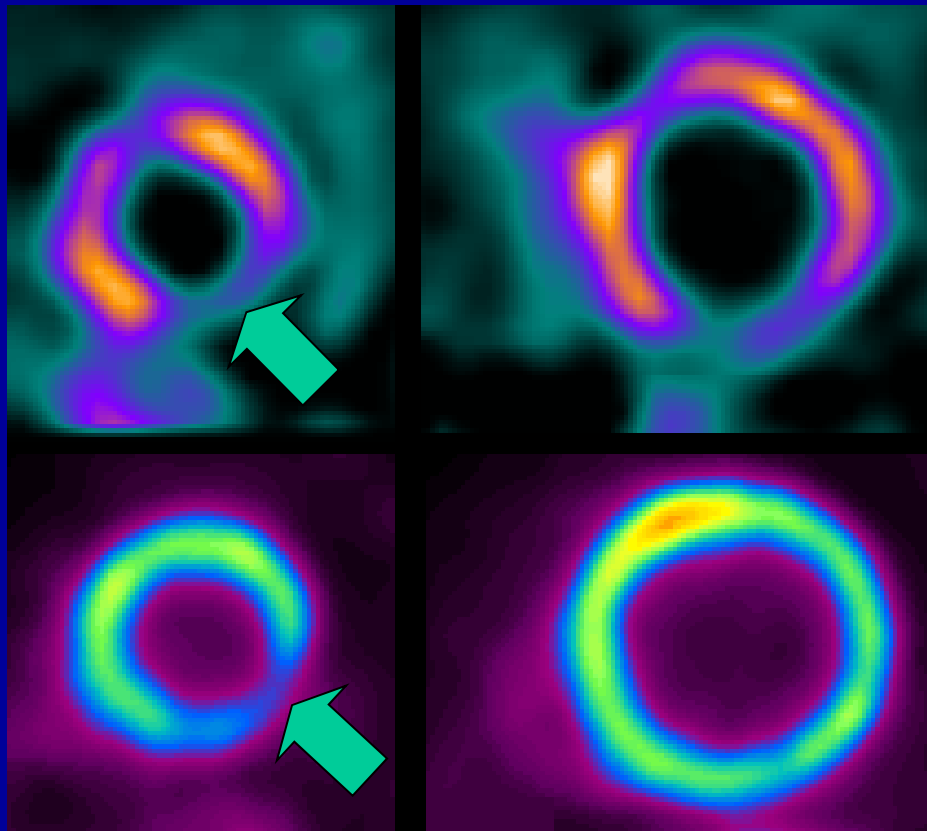


# VIABILITA MYOKARDU

při nekróze nebo jizvě - absence viabilního  
myokardu

**vzniká souhlas - match**

perfúzní defekt x defekt kumulace FDG



**$^{99m}\text{Tc}$  MIBI**

**$^{18}\text{F}$  FDG**

**neviabilní**

**match**

**viabilní**

**mismatch**

**-selektivní revaskularizace na RIA**

# VIABILITA MYOKARDU

Perfúzní SPECT myokardu po podání  
 **$^{201}\text{Tl}$ -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  
 **$^{99m}\text{Tc}$ -SESTAMIBI**

**SPECT zátěž - klid**

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

## Obr. - perfúze a viabilita

