

# NUKLEÁRNÍ NEFROLOGIE

Kateřina Michalová

# Nukleárně medicínské diagnostické metody

## Neinvazivní metody dovolují sledování funkce

Informace o morfologii  
odvozena od zobrazení funkčního parenchymu

Většinou doplňuje nebo upřesňuje výsledky  
morfologických metod - sono, RTG

## **Metody nukleární nefrologie**

- 1. Dynamická scintigrafie ledvin**
- 2. Statická scintigrafie ledvin**
- 3. Radioizotopová cystografie**
- 4. Clearancové techniky**

## **Dynamická scintigrafie ledvin**

objektivizuje intra- a postrenální kinetiku  
nitrožilně podaného radiofarmaka  
pomocí gamakamery spojené s počítačem

### **Indikátory**

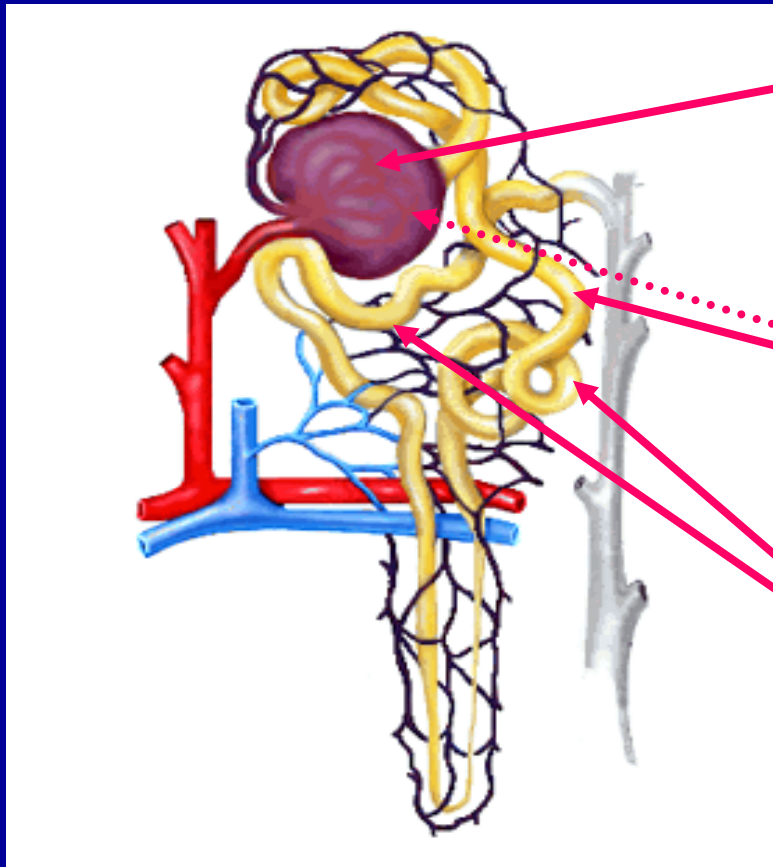
#### **a) vylučované tubulární sekrecí**

99mTc-MAG3 merkaptoacetyltriglycin  
131I -, 123I-ortojodhippuran sodný

#### **b) vylučované glomerulární filtrací**

99mTc-DTPA kyselina  
diethylentriaminpentaoctová

## Mechanismus akumulace radiofarmak



### **glomerulární filtrace**

- $^{99m}\text{Tc}$  DTPA
- $^{51}\text{Cr}$  EDTA

### **tubulární sekrece**

- $^{99m}\text{Tc}$  MAG3
- $^{131}\text{I}$ ,  $^{123}\text{I}$  – OIH

### **tubulární fixace**

- $^{99m}\text{Tc}$  DMSA
- $^{99m}\text{Tc}$  glukohexonát

## **Dynamická scintigrafie ledvin**

### **Akumulace diagnostika**

úměrná - velikosti funkční tubulární masy (MAG3)  
- a průtoku krve (plazmy) - nabídce indikátoru

**Příprava**      zavodnění 0,5 l tekutin

**Provedení**    dynamická scintigrafie ledvin  
ihned po i.v. aplikaci diagnostika  
v poloze vsedě nebo **vleže**

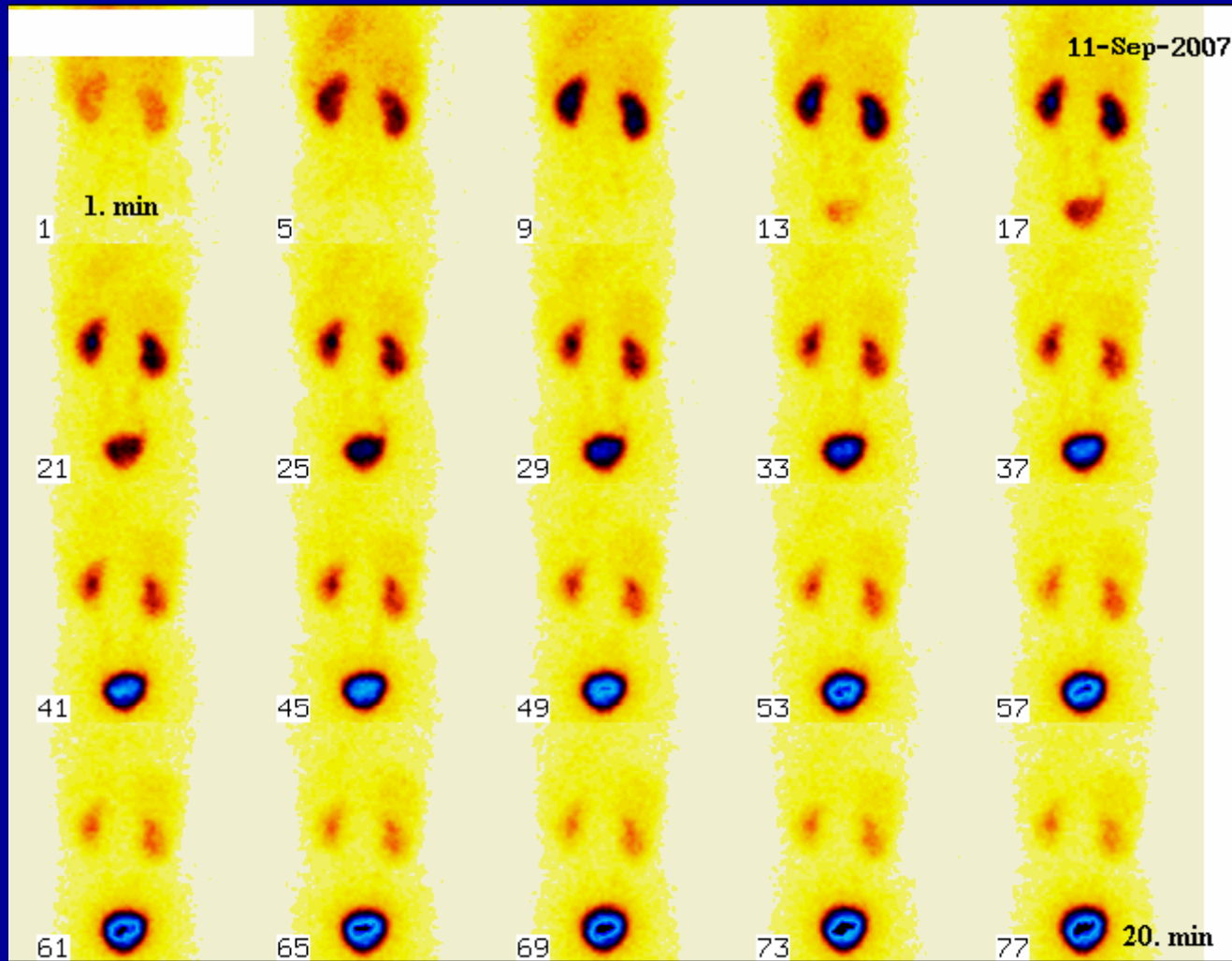
**Doba vyšetření**      20 - 30 minut







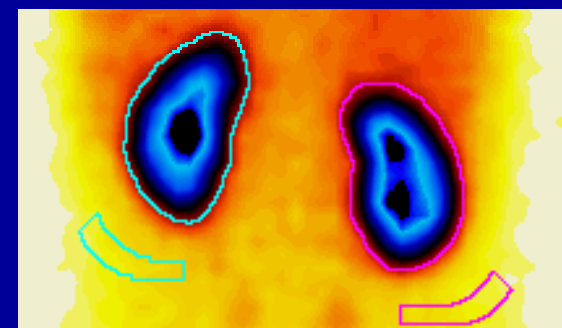
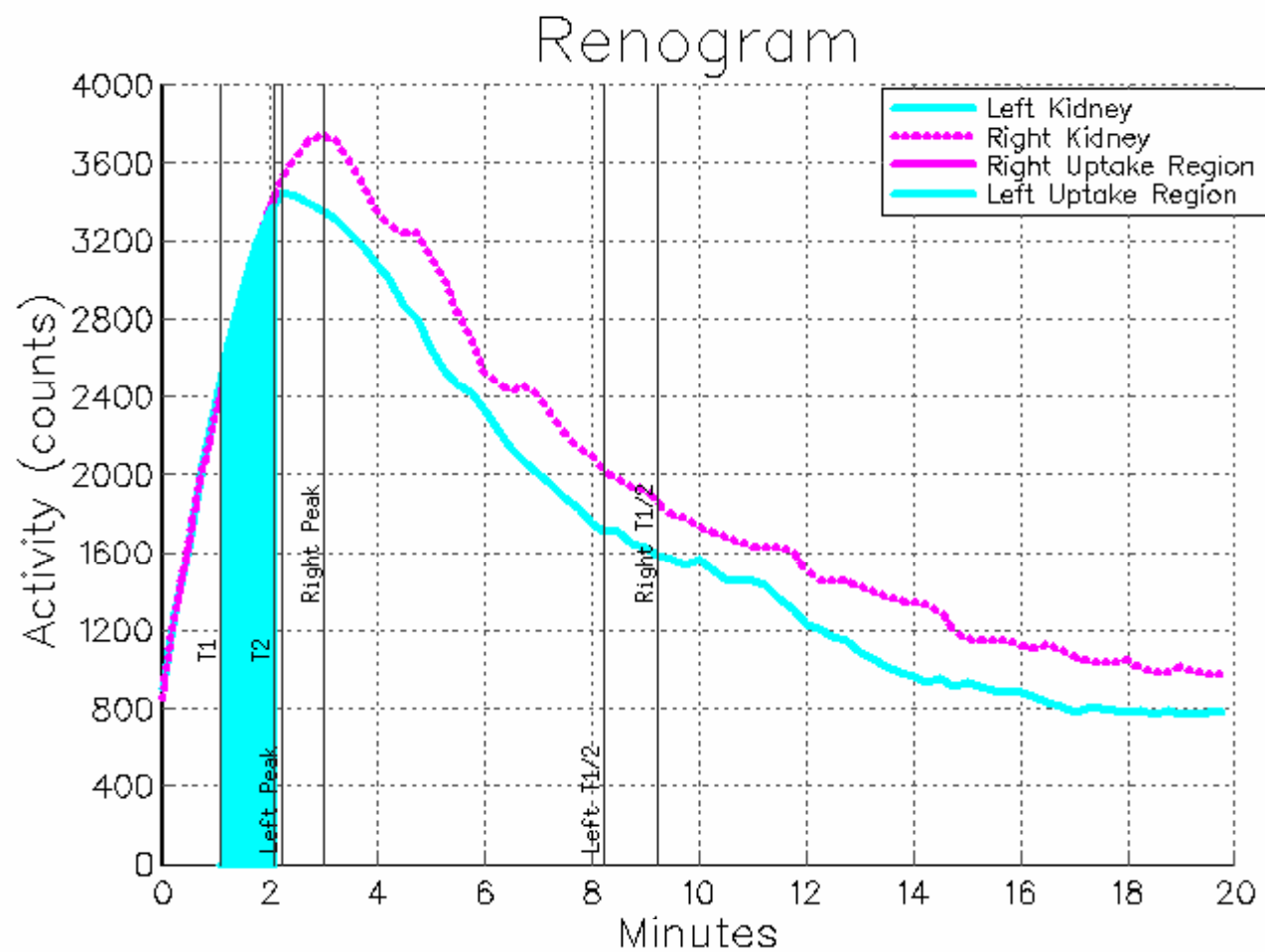




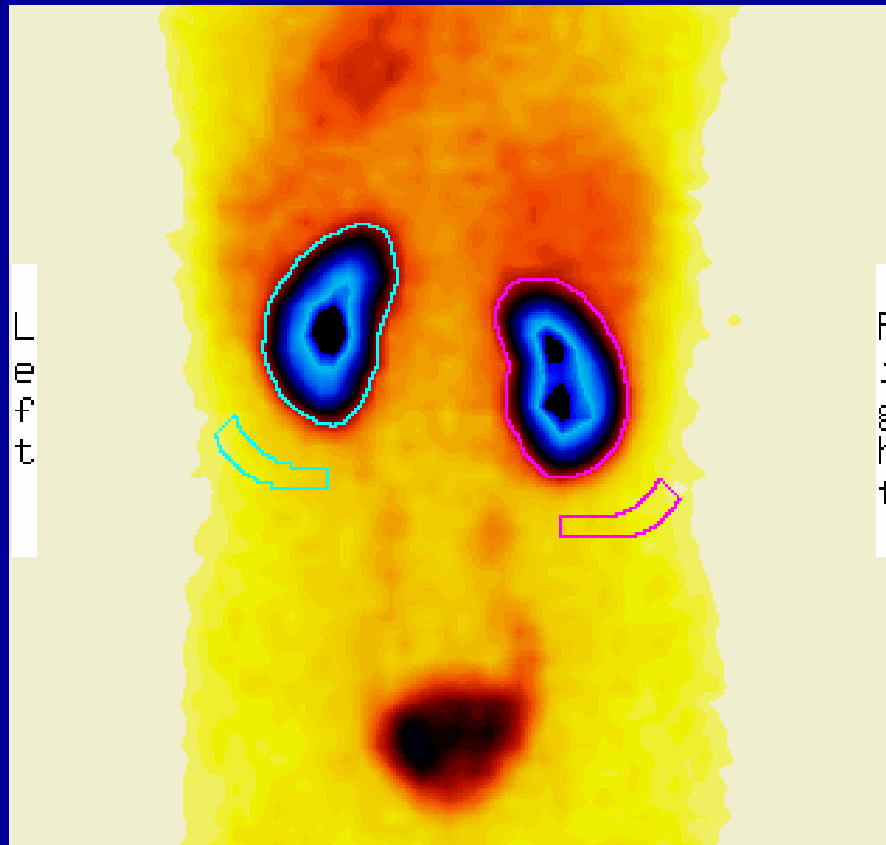
## Hodnocení:

- vizuelní
- poloha
- tvar
- distribuce RF
- dilatace pánvičky a ureterů

- nefrografické křivky

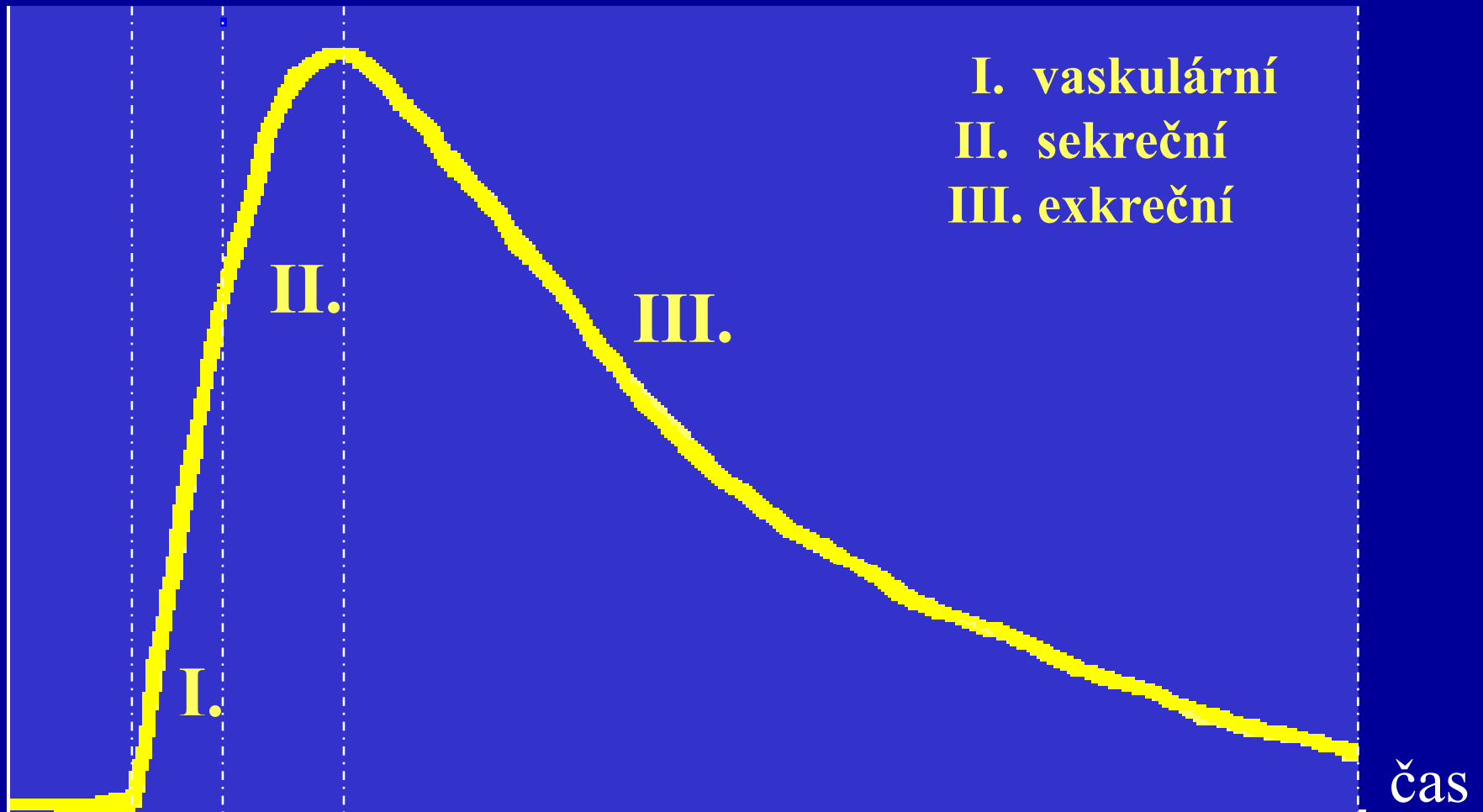


- výpočet relativního % podílu ledvin na celkové funkci  
fyziologické rozmezí - 45 - 55%



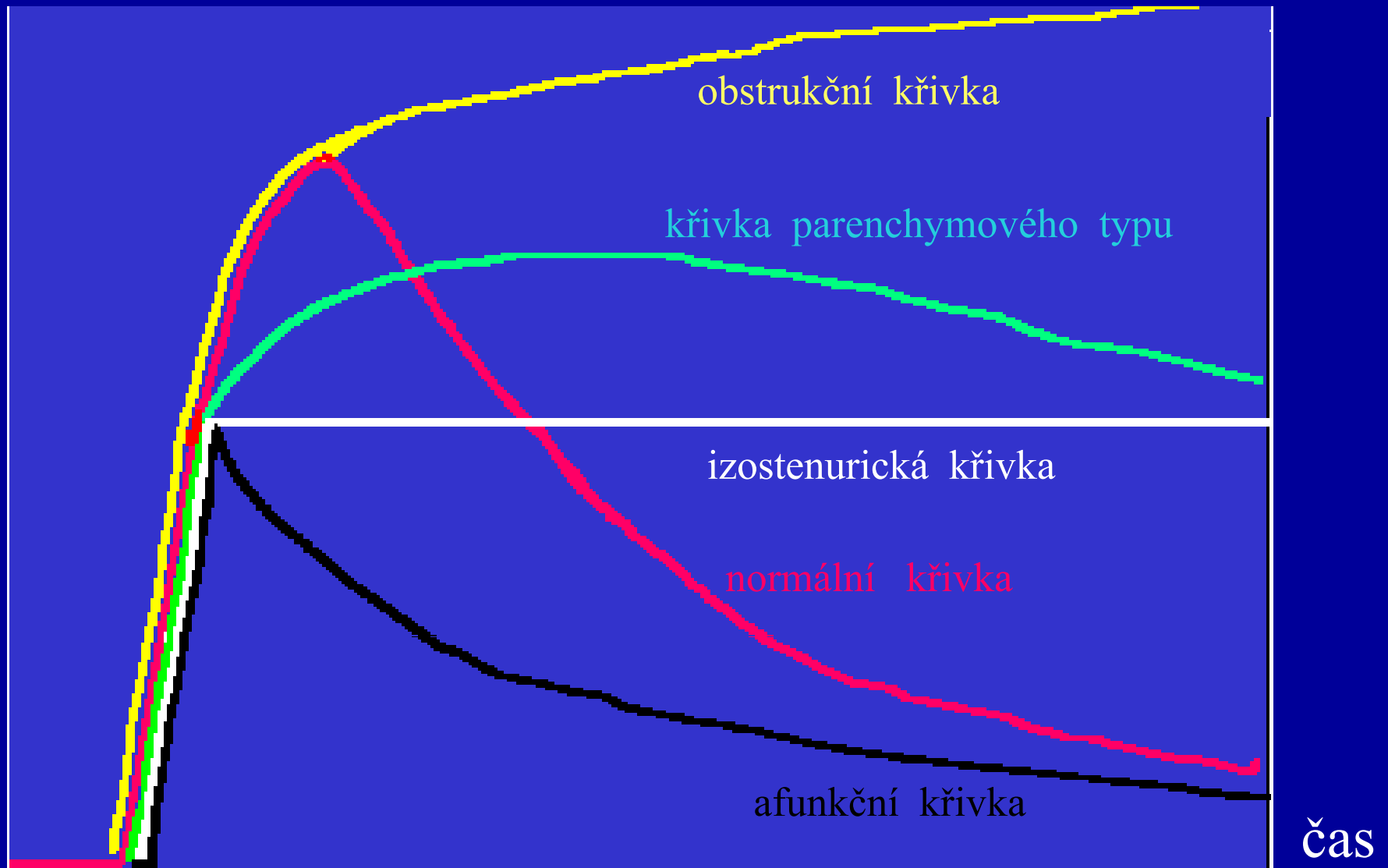
## Normální nefrografická křivka

A



## Základní typy nefrografických křivek

A



# Dynamická scintigrafie ledvin

## Indikace

**Orientační informace** o tvaru, velikosti, poloze ledvin a jejich makrostruktuře

**Aproximativní posouzení** GF (99mTc-DTPA) nebo tubulární funkce (99mTc-MAG3)

**Určení podílu jednotlivé ledviny** na celkové funkci

**Informace o odtokových poměrech** z dutého systému ledviny

**Diagnostika stavu** transplantované ledviny



## **Furosemidový test + Dynamická scintigrafie ledvin**

Opakovaná DSL po i.v. aplikaci Furosemidu  
(bez aplikace diagnostika)

Furosemid - 1mg/kg do max. dávky 20mg (40 mg dle \*SNM)

**\*Odpověď nefrografických křivek na Furosemid**

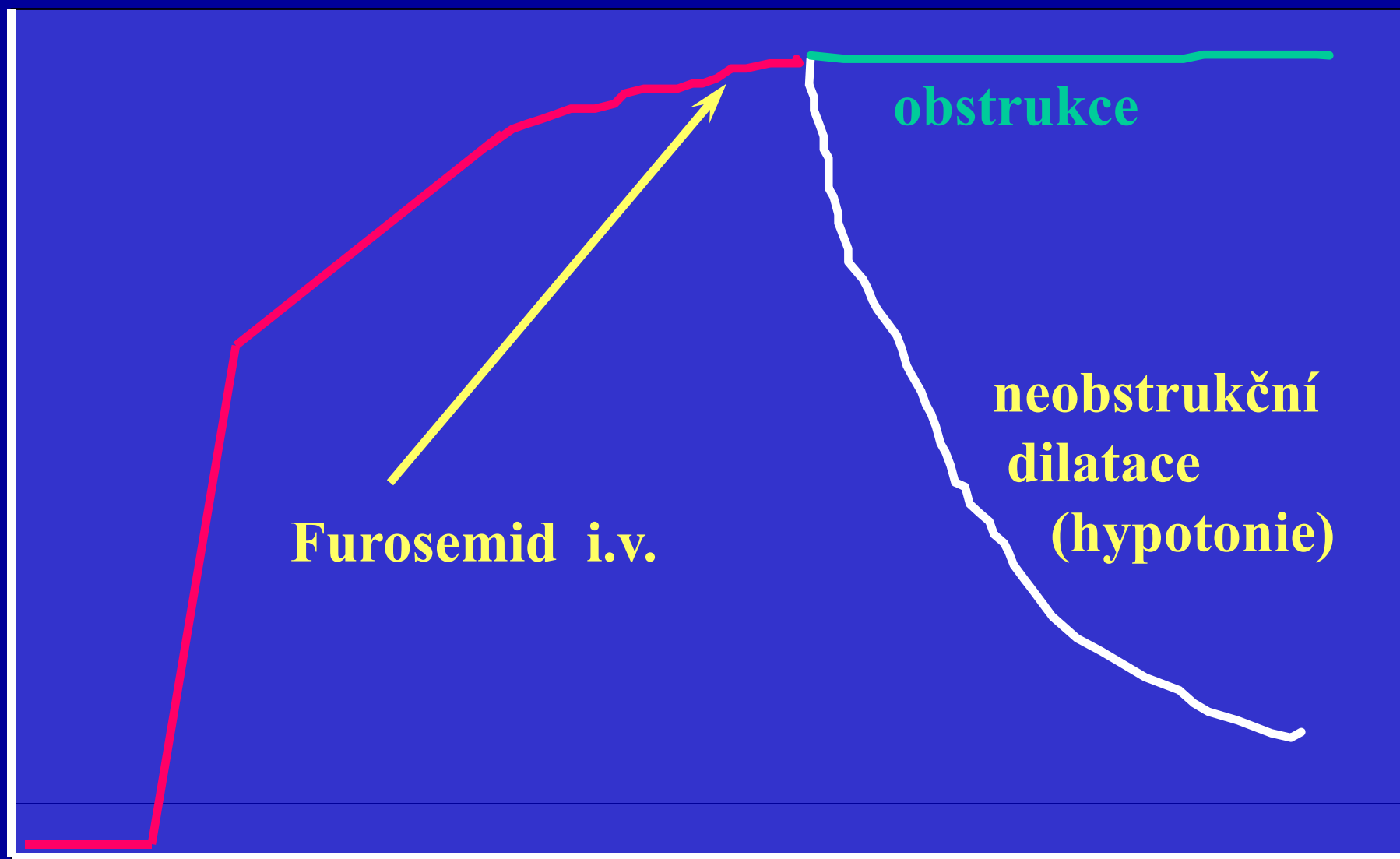
rychlá -  $T_{1/2} < 10$ ti minut = absence obstrukce

nedostatečná -  $T_{1/2} > 20$  minut = obstrukce

$T_{1/2} 10 - 20$  minut = nejistý nález

**\*Society of Nuclear Medicine Procedure Guadeline for Diuretic Renography in Children**

A



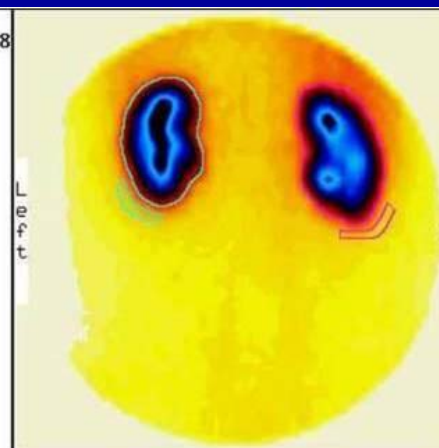
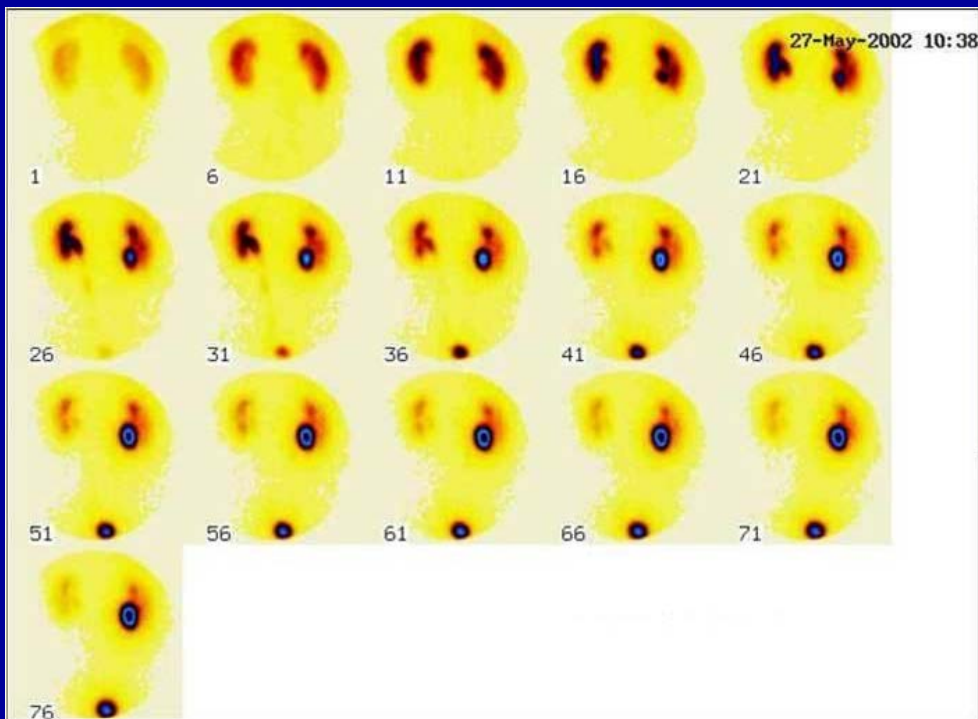
čas

# **Furosemidový test + Dynamická scintigrafie ledvin**

## **Indikace**

Odlišení obstrukční či neobstrukční dilatace pánvičky  
prokázané jinými dg. modalitami (USG)

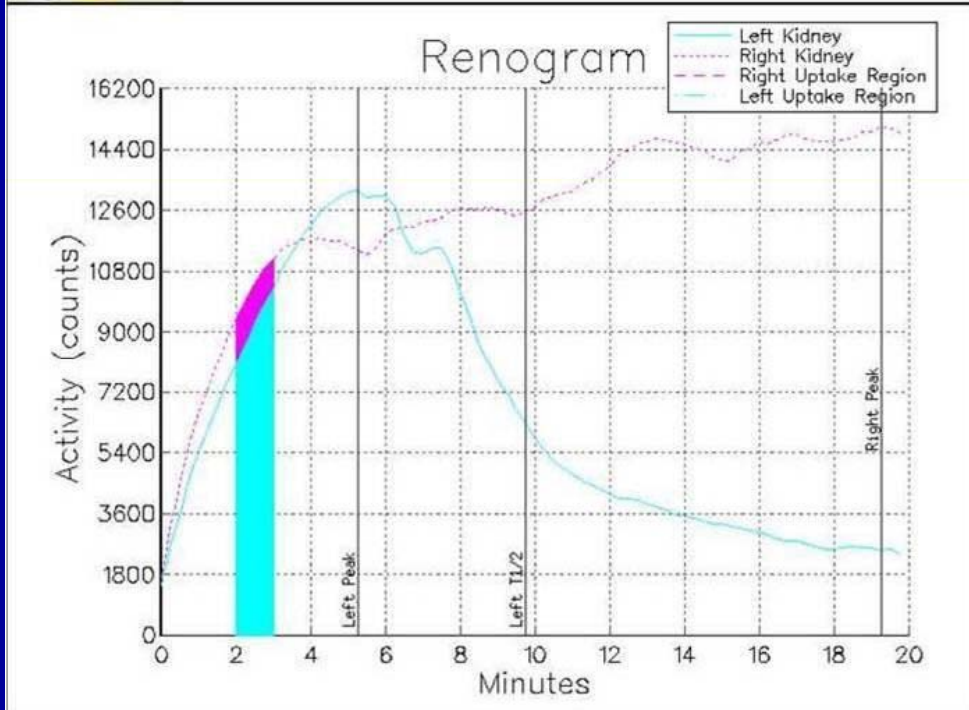
Ověření významnosti odtokové poruchy

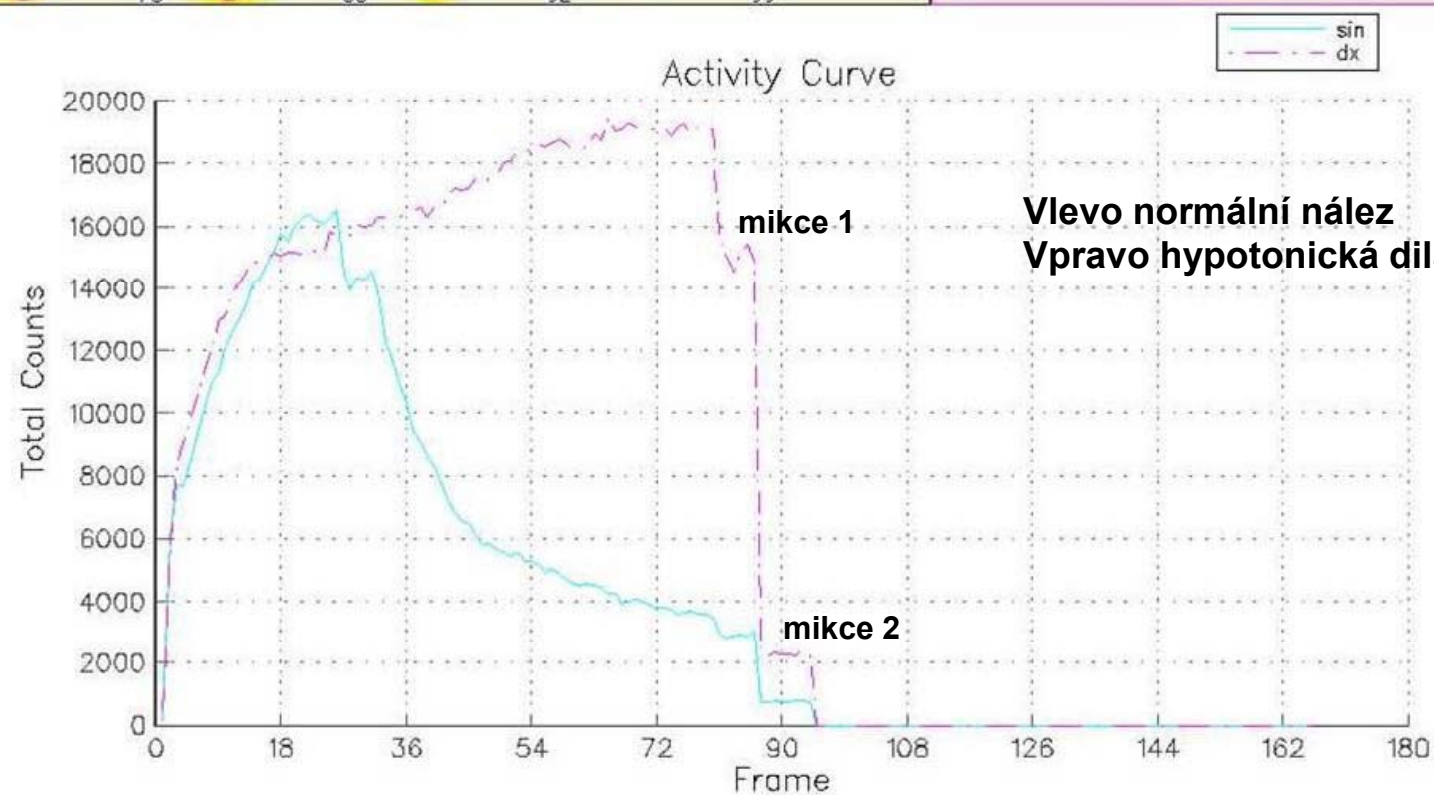
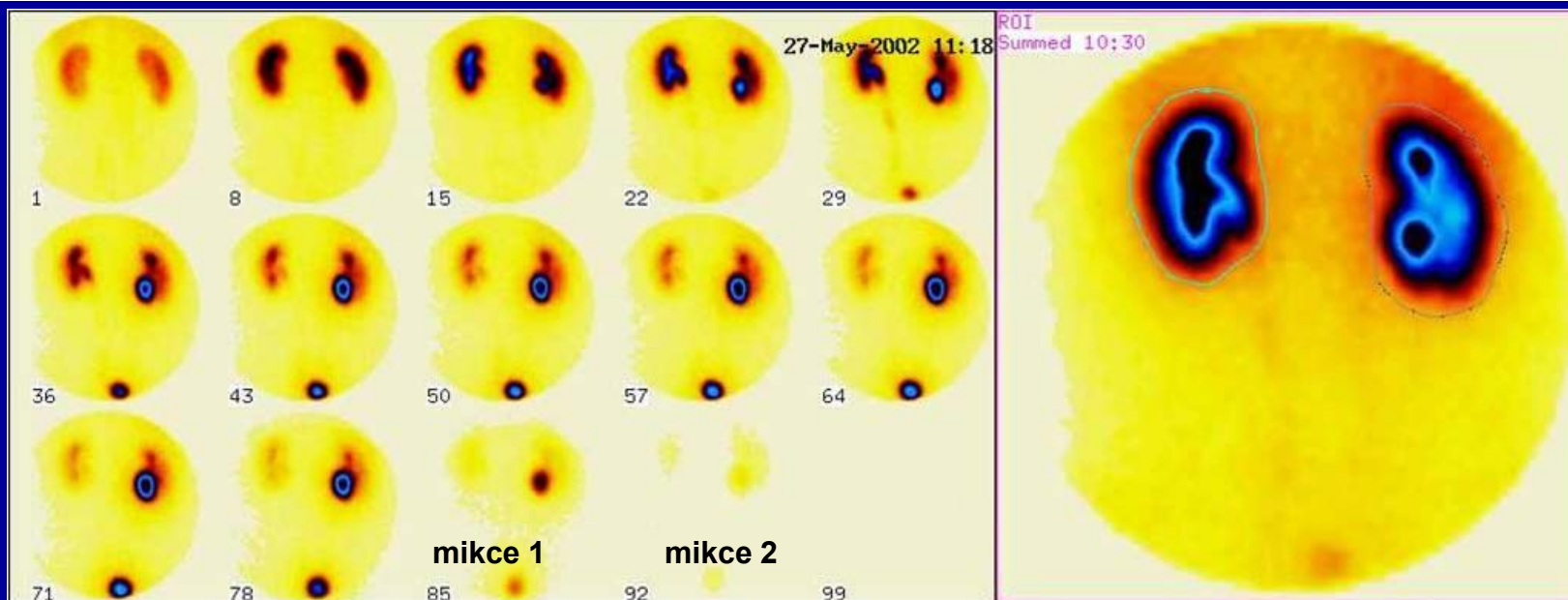


Name:   
Institution:   
Isotope: Tc-99m   
Sample Time (sec): 15

| Kidney:                    | Left     | Right    |
|----------------------------|----------|----------|
| Peak Time (min):           | 5.25     | 19.25    |
| Peak Count (total cnts):   | 13187.63 | 15054.78 |
| T1/2(PK) (min):            | 4.50     | (31.68)  |
| 20-min/max activity ratio: | N/A      | N/A      |
| Kidney Area (pixels):      | 200      | 229      |
| Bkgrd Area (pixels):       | 25       | 25       |

| Split Uptake:        | Left         | Right |
|----------------------|--------------|-------|
| Area (%):            | 47.05        | 52.95 |
| Time interval (min): | 2.00 to 3.00 |       |



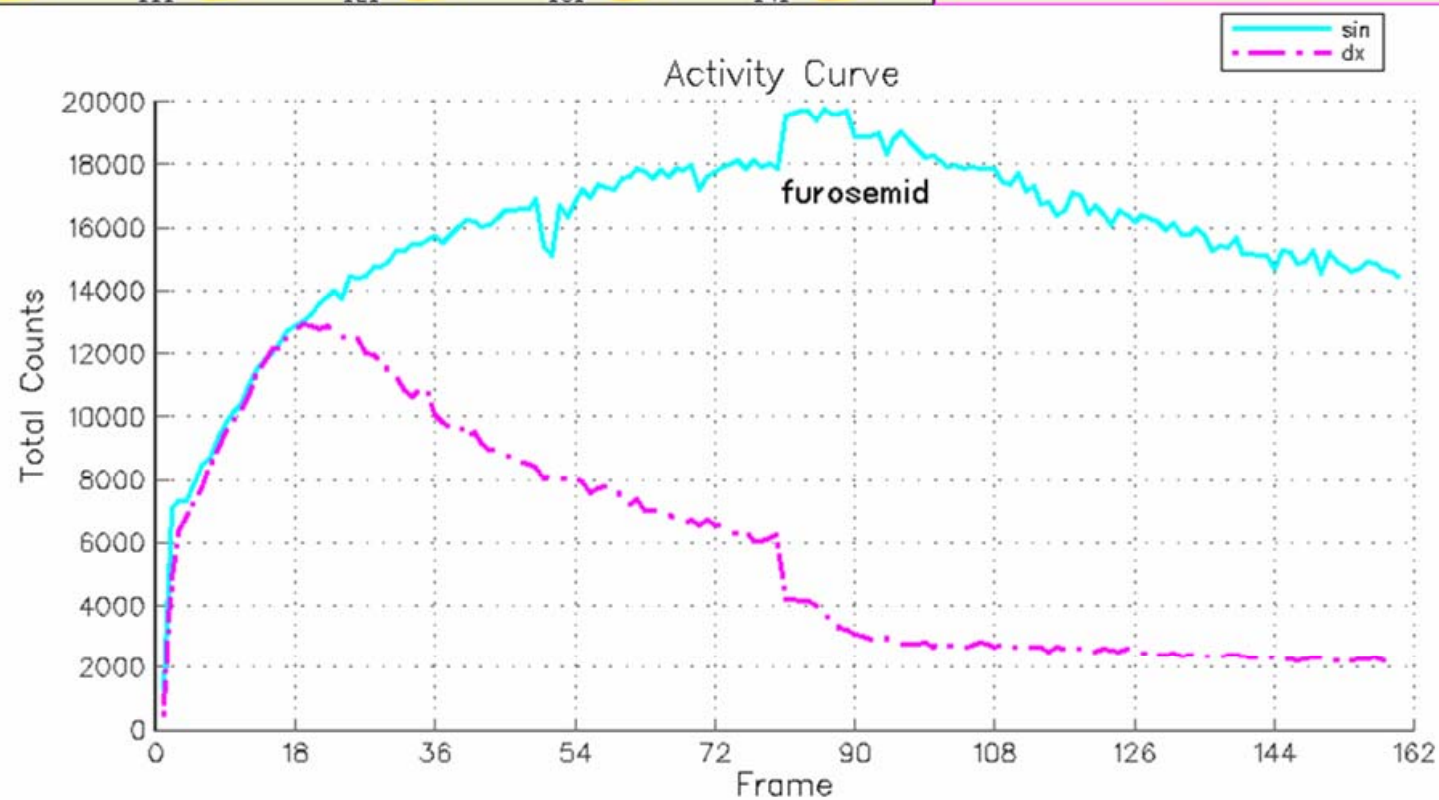
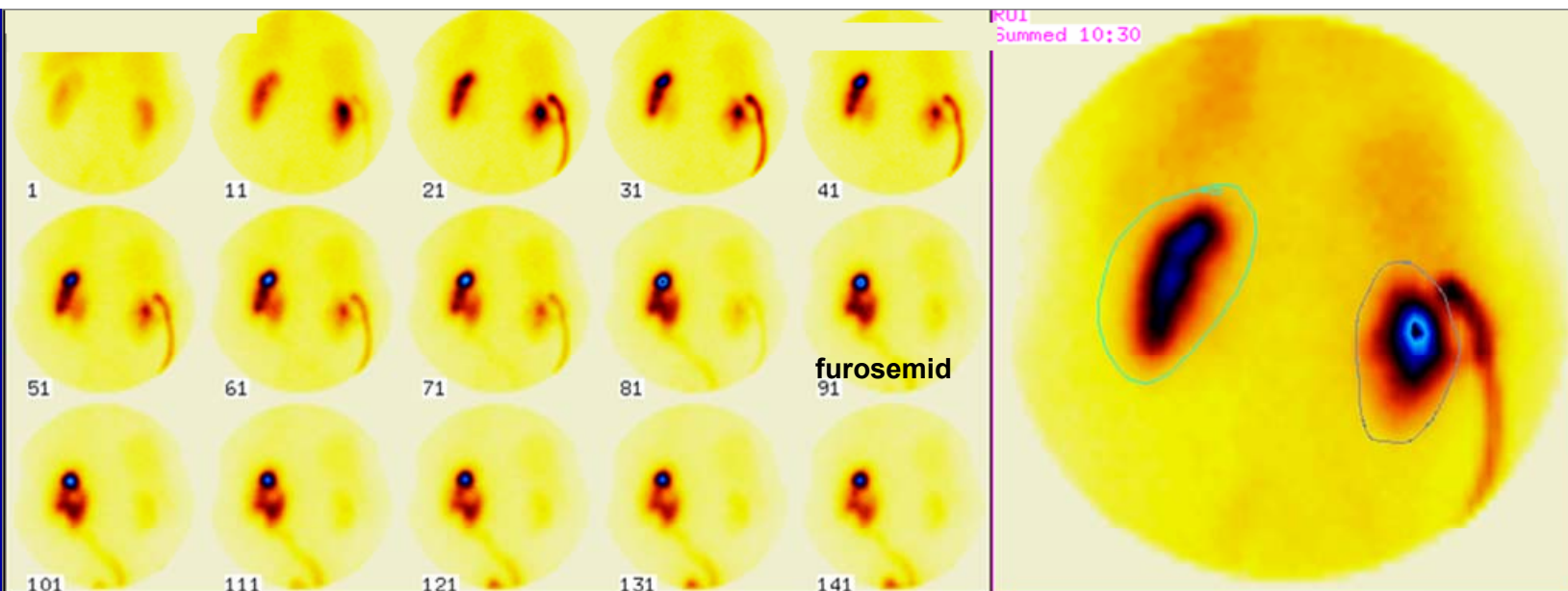


Vlevo normální nález  
Vpravo hypotonická dilatace



Vpravo volný  
odtok moči  
nephrostomií

Vlevo  
susp. významná  
obstrukce





## **Captoprilový test + Dynamická scintigrafie ledvin**

Opakovaná DSL po p. o. podání Captoprilu (blokátoru ACE)  
Captopril 25 - 50 mg - 1 hodinu před DSL

**Příprava** nalačno - dobrá hydratace (1/2 l 60 min. před DSL)  
stanovení iontů a kreatininu v séru  
provedení bazální a kaptoprilové studie v 1 nebo 2 dnech  
**Vysadit léky:**  
ACE inhibitory 3 - 7 dní (dle poločasu)  
Blokátory angiotenzin II receptorů - losartan  
Diuretika - 3 dny  
Antagonisty kalcia - 24 hodin  
Antihypertenziva - v den vyšetření - u vážné hypertenze ne!

# Captoprilový test

## Indikace

diagnóza renovaskulární hypertenze

## Cílem

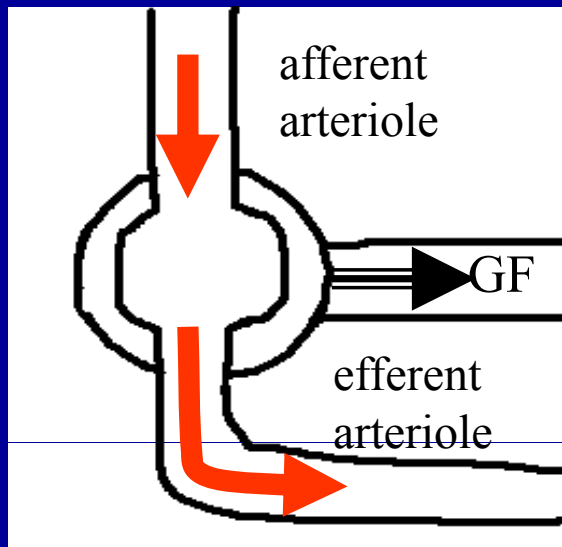
screeningového testu je vyhledat pacienty,  
u nichž je stenóza renální arterie příčinou hypertenze

## Senzitivita a specificita

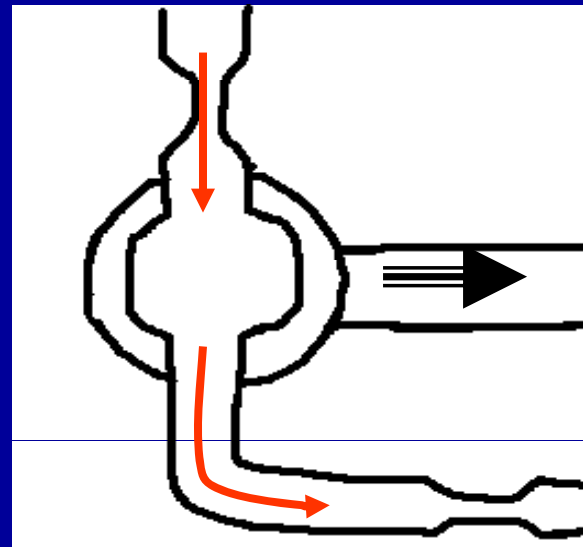
90%

při normálních renálních funkcích

# Patofyziologie renovaskulární hypertenze a farmakologický účinek Captoprilu



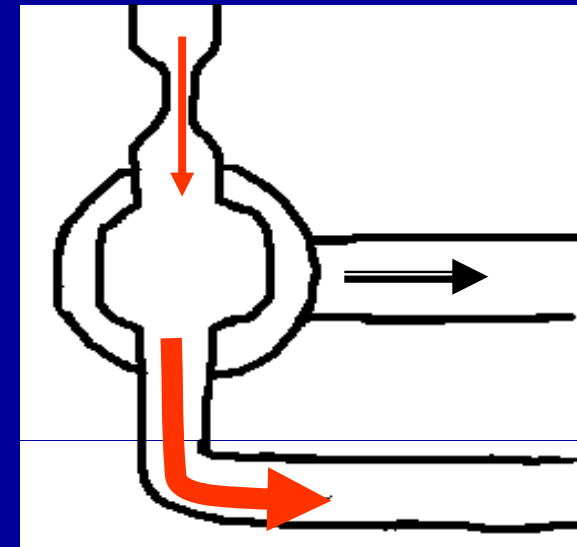
Normální  
perfúze  
glomerulu



Stenóza renální tepny

renin  
angiotenzinogen  
angiotenzin I

↑ ACEI (Inhibitory enzymu konvertujícího angiotenzin)  
angiotenzin II



Captopril

## **Captoprilový test**

### **Interpretace**

Je-li předtestová pravděpodobnost 10 - 30 % - mírné až střední riziko -  
**je pravděpodobnost renovaskulární hypertenze**

#### **Nízká (méně než 10 %)**

při normální ACEI renografii, je-li bazální studie abnormální a zlepšuje se po ACEI

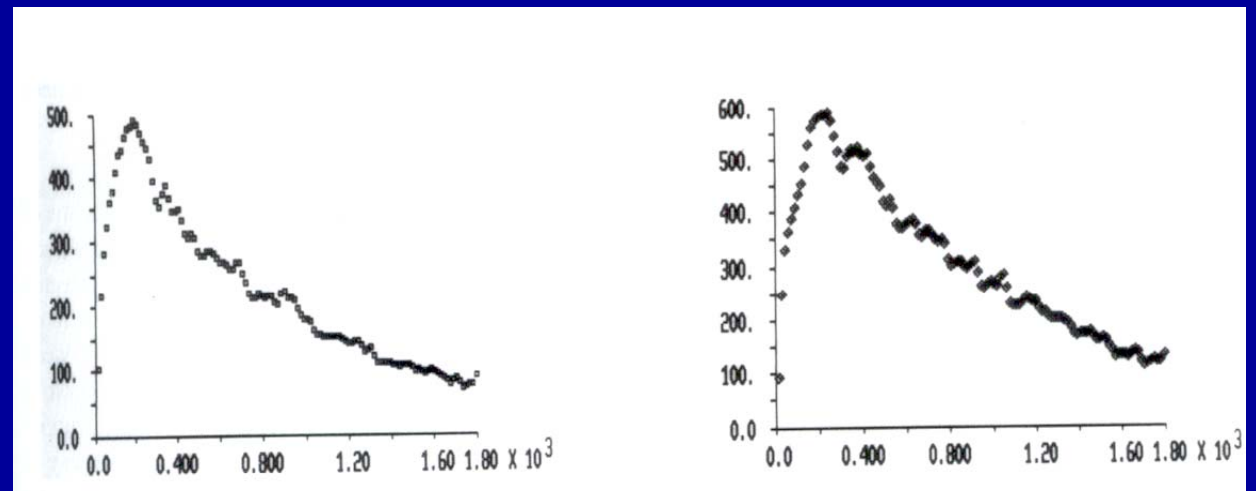
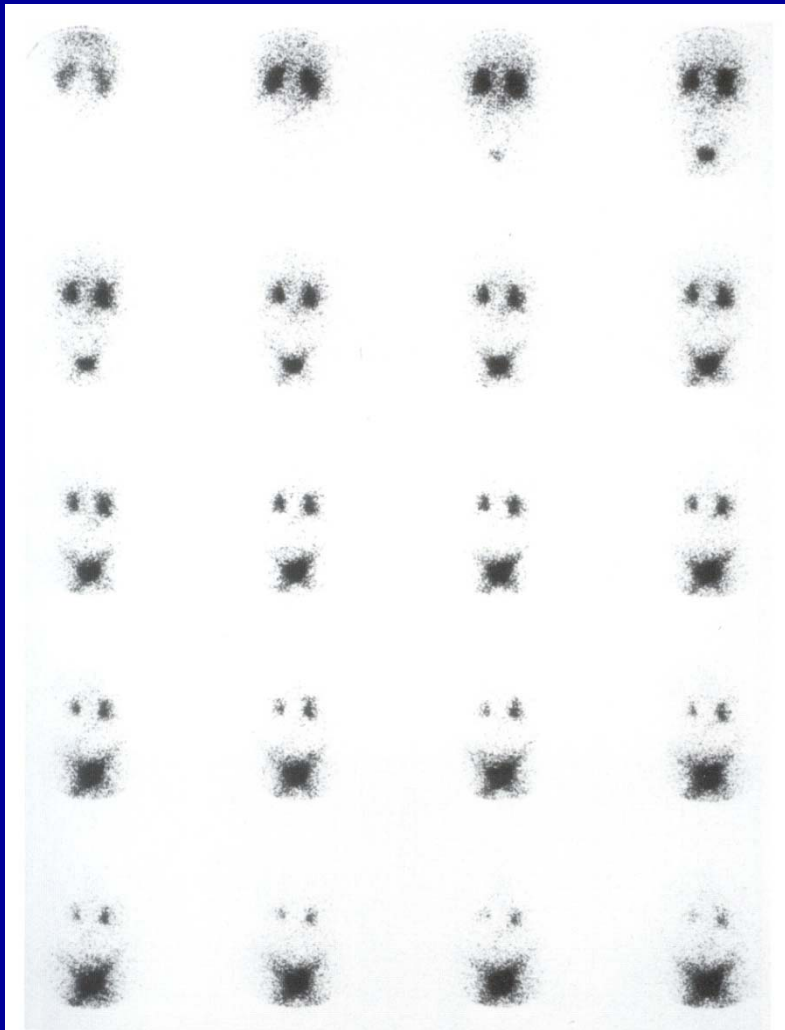
#### **Střední**

abnormální bazální studie, po ACEI se nemění,  
často zahrnuje pacienty s ischemickou nefropatií jedné nebo obou ledvin

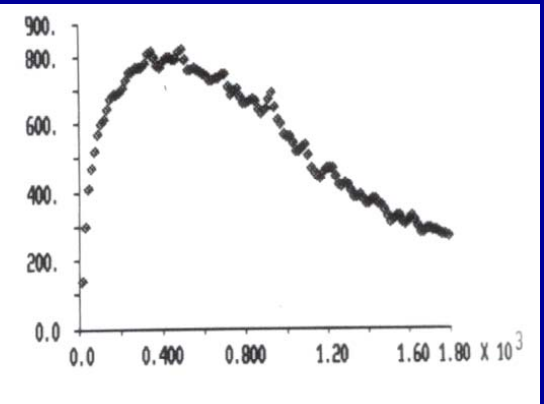
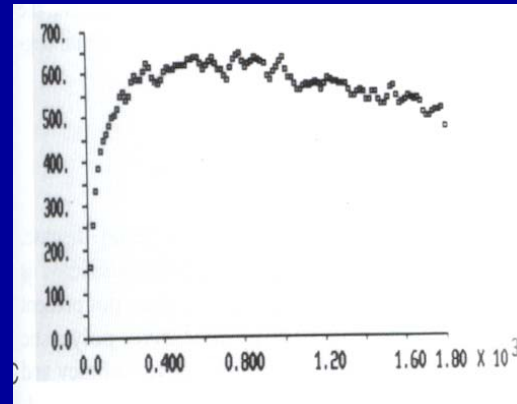
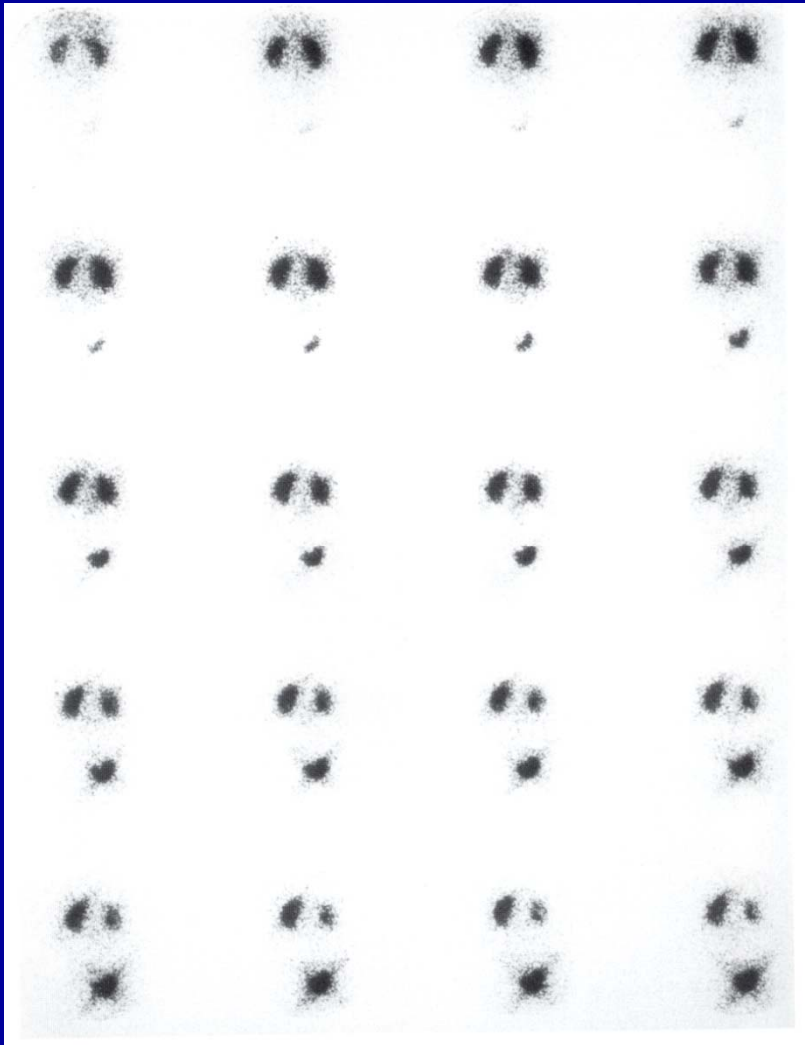
#### **Vysoká (více než 90%)**

je-li významná změna renografické křivky po ACEI ve srovnání s bazální studií

## Dítě s hypertenzí s oboustrannou stenózou renálních arterií základní studie



## Dítě s hypertenzí s oboustrannou stenózou renálních arterií po podání captoprilu





## Statická scintigrafie ledvin

zobrazuje intrarenální distribuci radiofarmaka,  
které je po nitrožilním podání vychytáváno tubulárními buňkami  
a po určitou dobu v nich akumulováno

**Indikátory**     **$^{99m}\text{Tc}$ -DMSA dimerkaptojantarová kyselina**  
 **$^{99m}\text{Tc}$ -glukonát, glukohexonát**

## Statická scintigrafie ledvin

### Příprava

žádná

u neklidných malých dětí sedace

### Provedení

statické snímky

(ANT, POST, RPO, LPO projekce)

SPECT

interval mezi podáním radiofarmaka a  
snímáním minimálně 2,5 hodin

pouze malá exkrece do moči (větší radiační  
zátěž ve srovnání s DSL !!!)

# Statická scintigrafie ledvin

## Indikace u dětí

1. Akutní pyelonefritida
2. Renální jizvy
3. Relativní podíl funkční tubulární masy a zhodnocení funkční stranové asymetrie
4. Diagnóza solitární ledviny či ektopické ledviny (v pánvi)
5. Podkovovitá či pseudopodkovovitá ledvina
6. Alergie na jódové kontrastní látky

# Statická scintigrafie ledvin

## Akutní pyelonefritida

**Detekuje** 2x více defektů než US  
4x více defektů než IVU

**CT** - obdobná senzitivita, ale vyšší radiační zátěž  
a riziko reakce na kontrastní látky

**MRI** - stejná senzitivita, ale drahá metoda

Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Renal Cortical Scintigraphy in Children

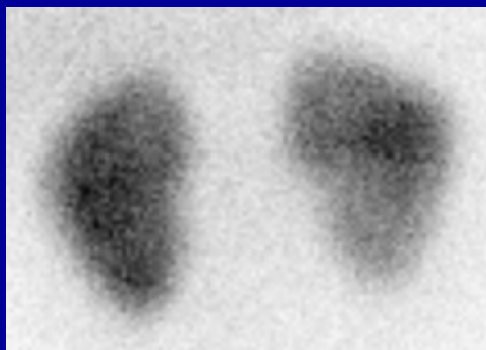
# Statická scintigrafie ledvin

## Další možné indikace

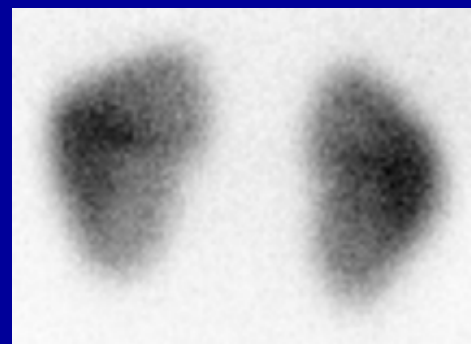
Diagnostika funkčního poškození při traumatu ledviny,  
monitorování jeho reparace

Průkaz funkčního rezidua svráštělé ledviny,  
ageneze ledviny, hypoplazie či ověření rtg němé ledviny

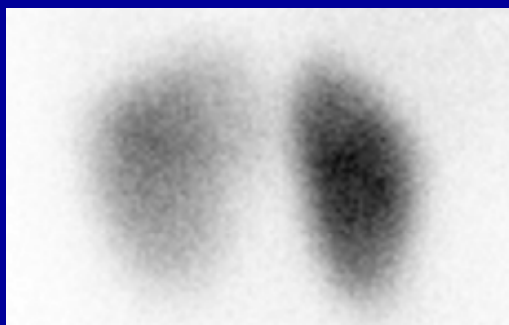
## Normální nález



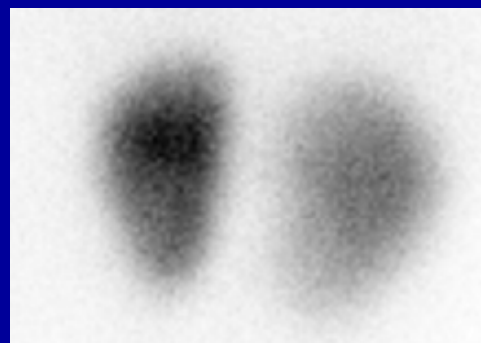
ANT



POST



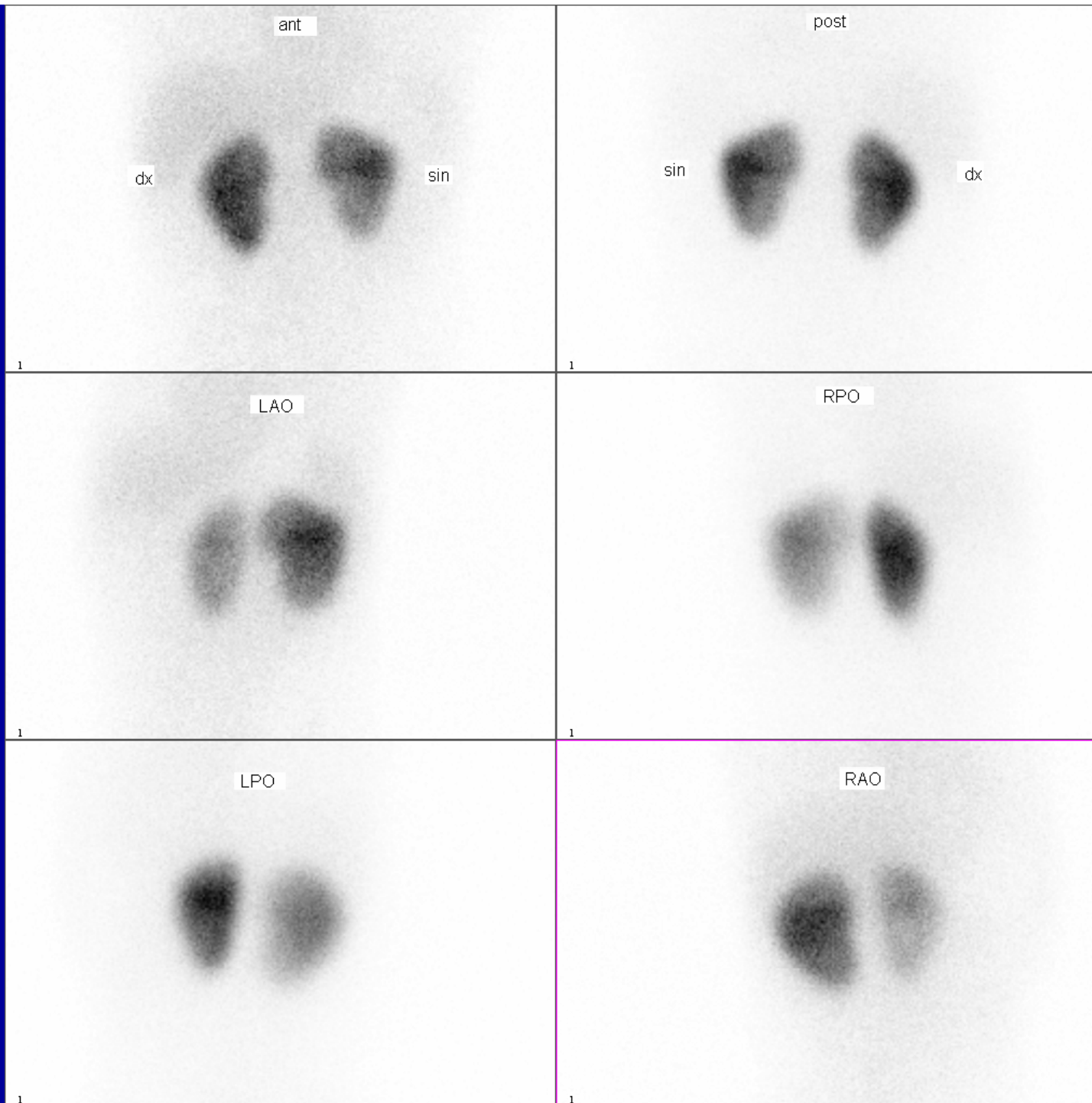
RPO



LPO

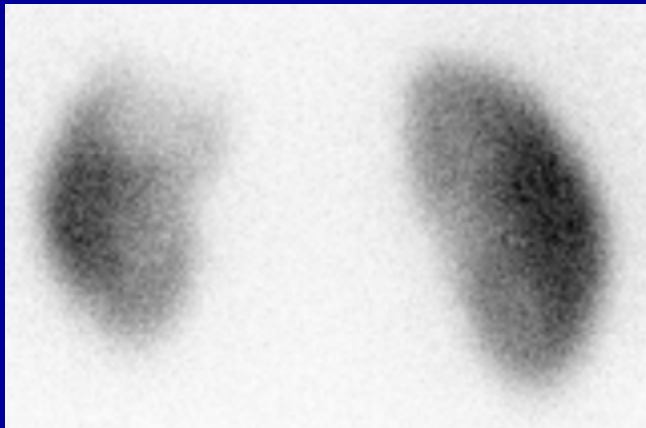


## 2. LF a FN Motol



## Hodnocení nálezu

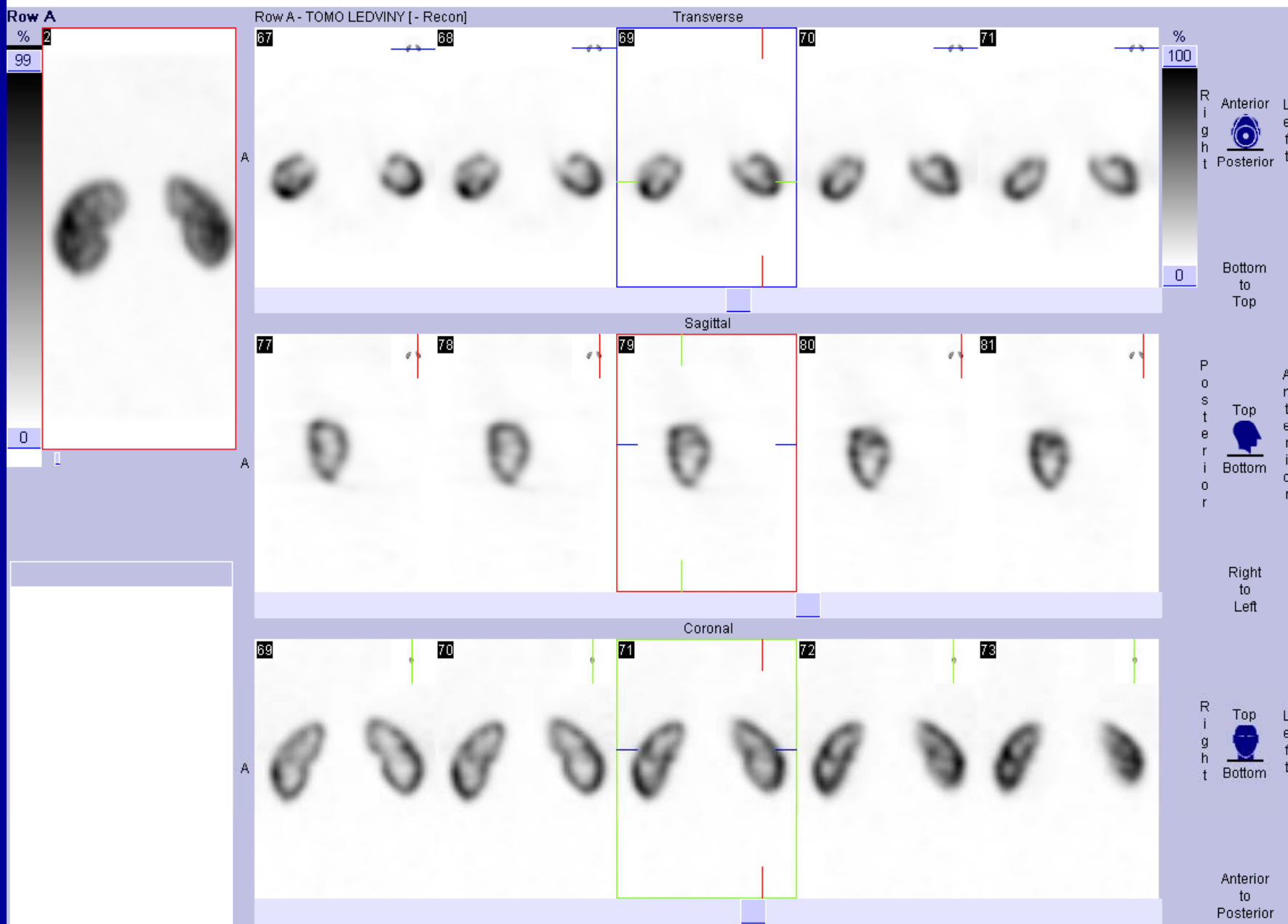
- počet ledvin
- poloha
- velikost
- tvar
- distribuce radiofarmaka v parenchymu
- výpočet podílu ledvin na celkové funkci



tumory, cysty, abscesy, záněty, hematomy

....

se zobrazují jako „**studená ložiska**“

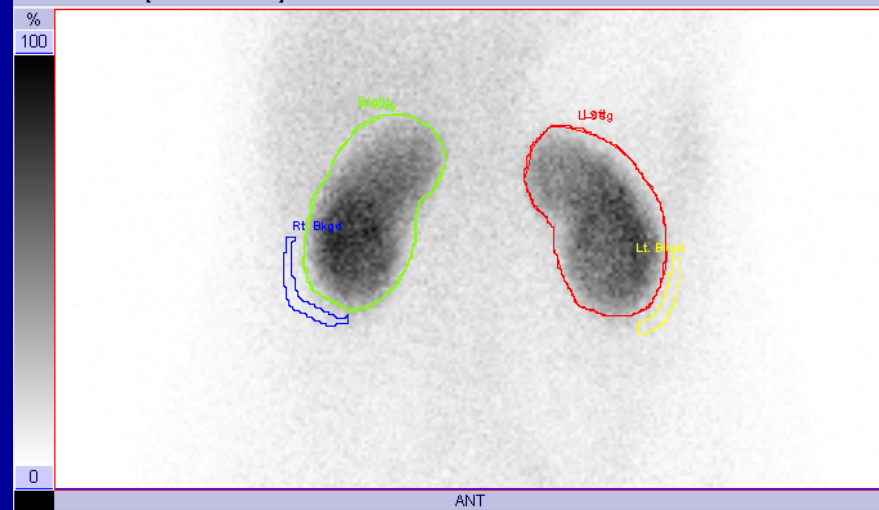


# Výpočet separované funkce ledvin.

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

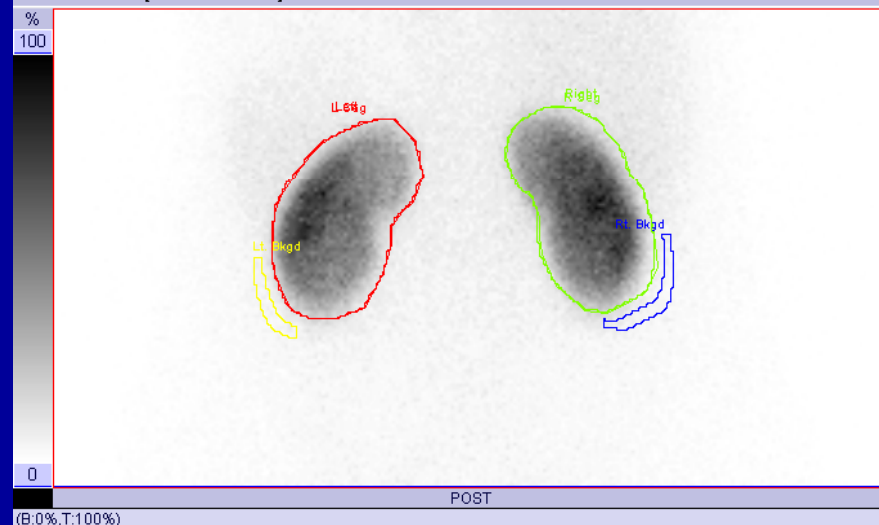
Označí se oblasti zájmu (ROI) na planárních obrazech; výpočet separované funkce ledvin je geometrickým průměrem četnosti impulzů v zadní a přední projekci (zohlednění rozdílných poměrů zeslabení extrarenálními tkáněmi a atenuací lůžka).

DMSA Statics [DMSA Results] 29-5-2008



(B:0%,T:100%)

DMSA Statics [DMSA Results] 29-5-2008



(B:0%,T:100%)

Statistical Table  
DMSA RESULTS

| (Counts) | Left | Right |
|----------|------|-------|
| Total    | 121K | 134K  |

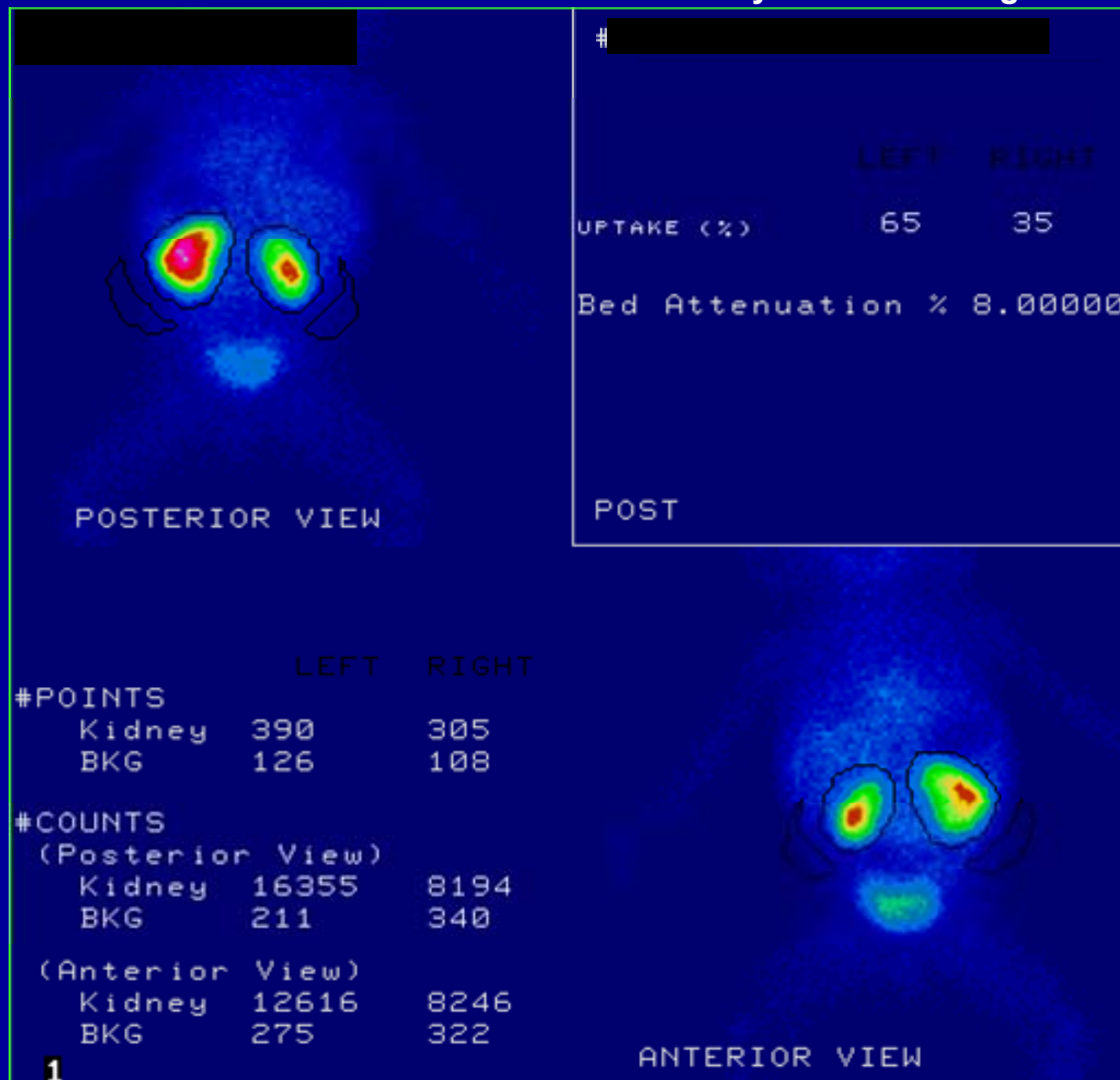
| (% Ratios) | Left  | Right |
|------------|-------|-------|
| Total      | 47.43 | 52.57 |

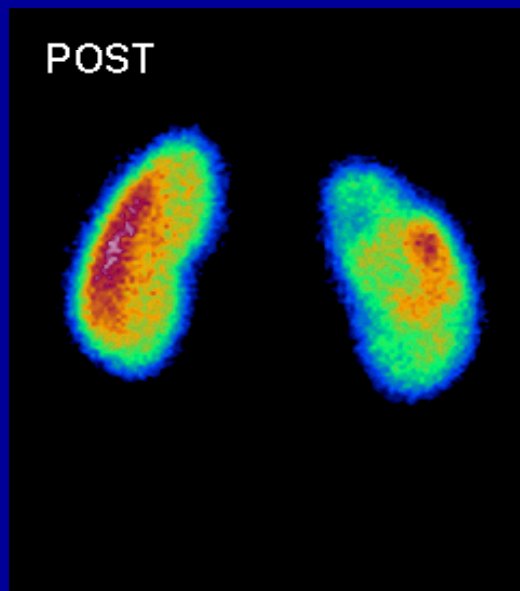
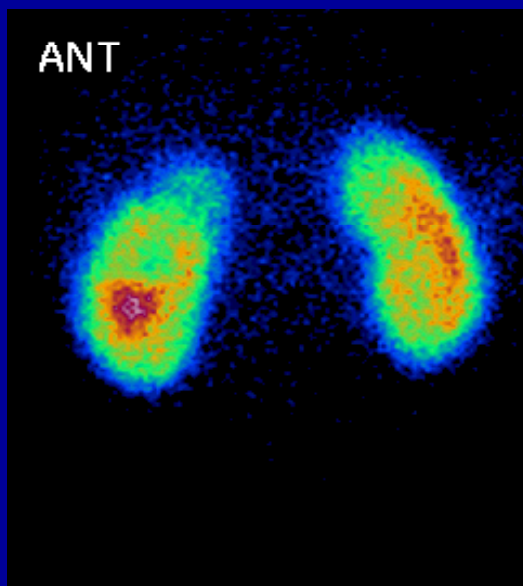
| ANT      |      |       |
|----------|------|-------|
| (Counts) | Left | Right |
| Total    | 065K | 071K  |

| (% Ratios) | Left  | Right |
|------------|-------|-------|
| Total      | 47.83 | 52.17 |

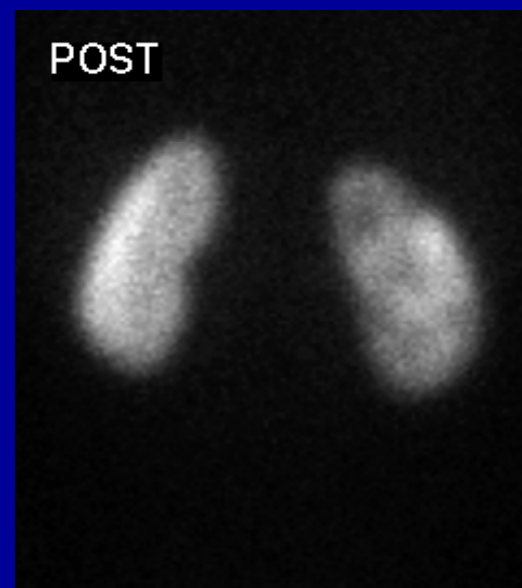
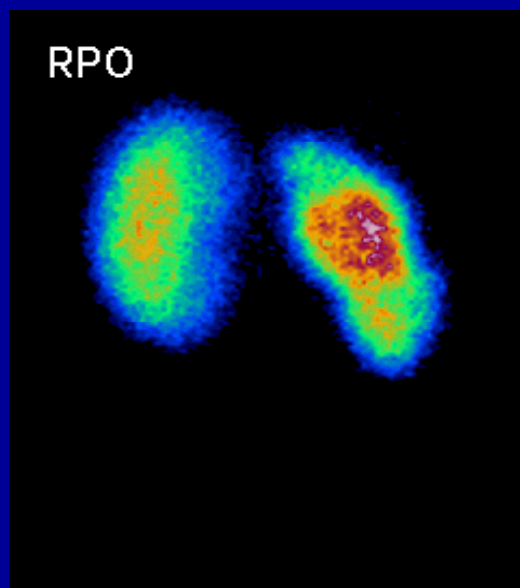
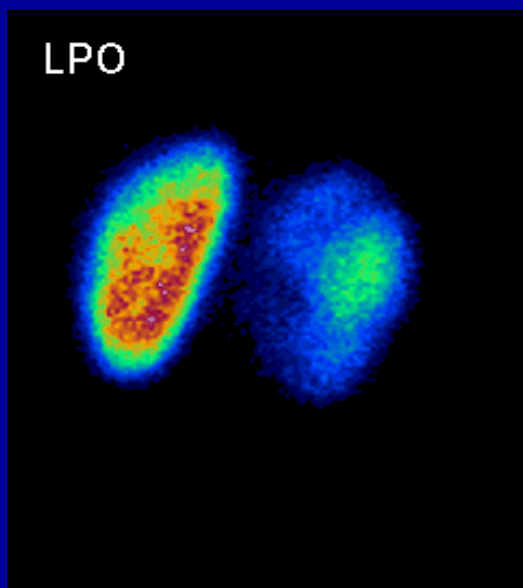
| Geometric Mean |      |       |
|----------------|------|-------|
| (Counts)       | Left | Right |
| Total          | 090K | 098K  |

| (% Ratios) | Left  | Right |
|------------|-------|-------|
| Total      | 47.83 | 52.17 |

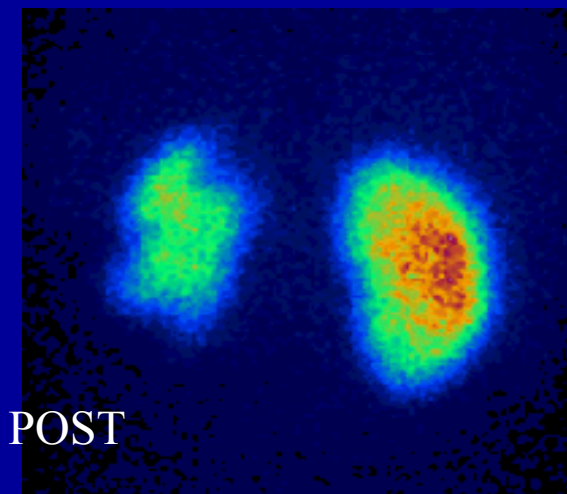
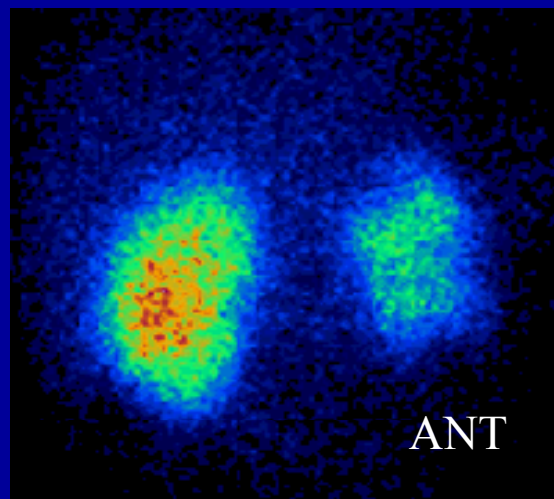




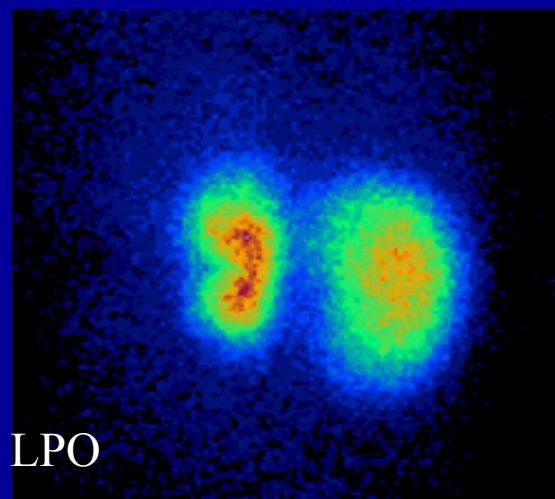
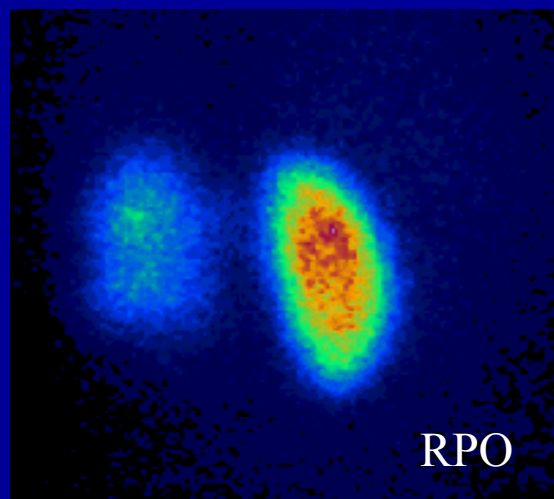
akutní pyelonefritis  
(multifokální)





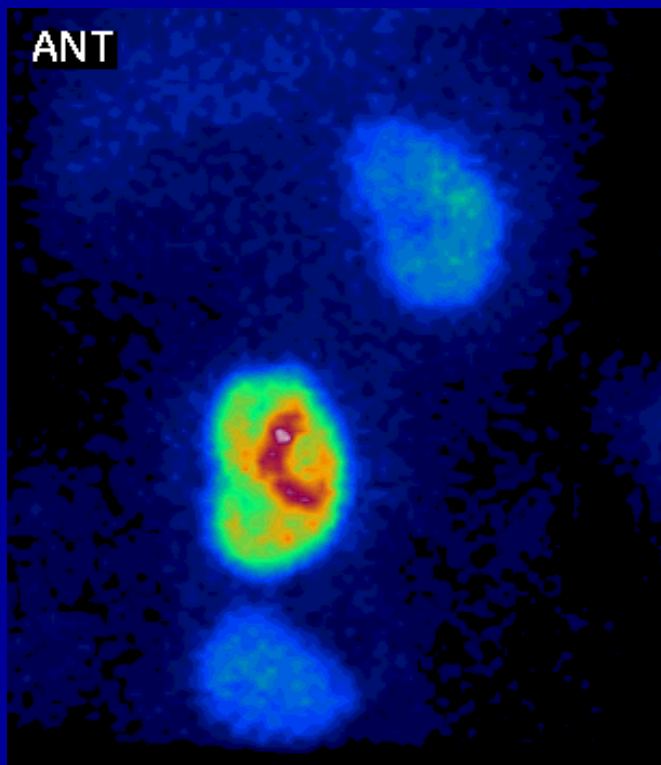


jizvení

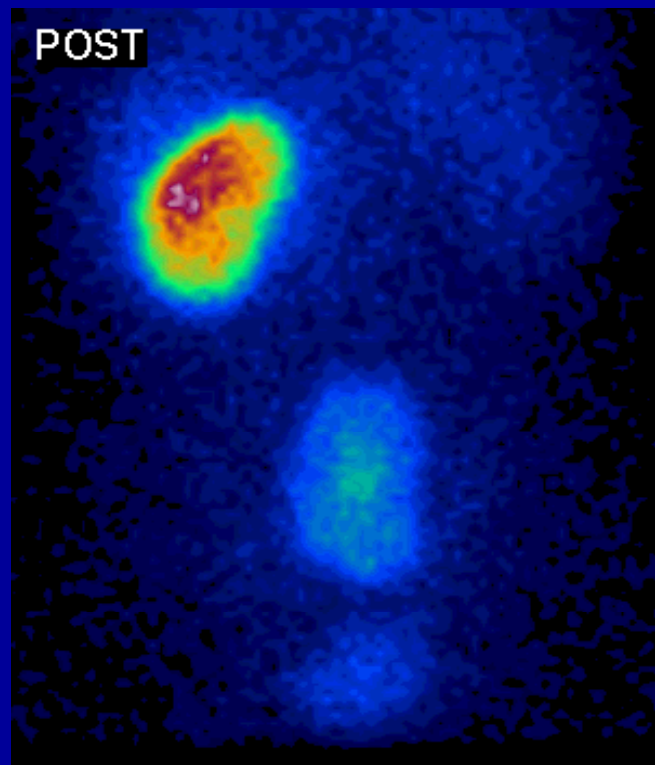


2-letá dívka po opakovaných IMC

## - vrozené anomálie ledvin



ANT



POST

dystopie



# Mikční radioizotopová cystografie

**Přímá**

**Nepřímá**

## **Mikční radioizotopová cystografie Přímá**

Vyžaduje katetrizaci močového měchýře a instilaci radionuklidu a tekutiny do maximální kapacity močového měchýře

Formou dynamické scintigrafie dovoluje zobrazení jeho plnění, vyprazdňování a po vymočení objem rezidua

**Indikátory**       **$^{99m}\text{Tc}$ -značená radiofarmaka**

**Příprava**      žádná

**Doba vyšetření**    **1 hodina**

# **Mikční radioizotopová cystografie**

## **Přímá**

### **Indikace u dětí**

#### **Průkaz vezikoureterálního refluxu a jeho stupně**

screening a monitorování efektu léčby  
diagnostika familiárního VUR

#### **Srovnání s mikční cystoradiografií**

- nižší radiační zátěž gonád (100-200x nižší než u MCG)
- stejná senzitivita pro detekci vezikouretrálního refluxu
- neposkytuje informaci o anatomických detailech jako mikční cystoradiografie

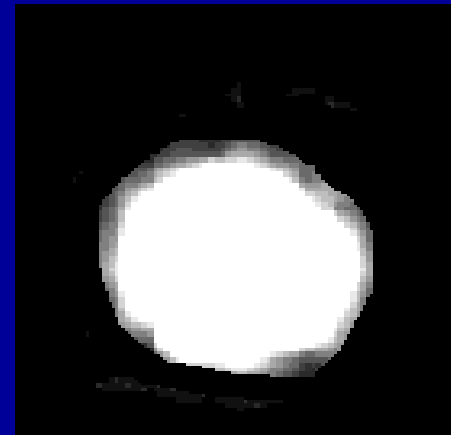
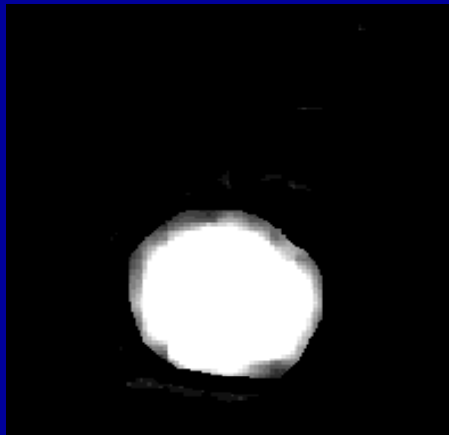
# Mikční radioizotopová cystografie Přímá

## Vezikoureterální reflux

### Interpretační kritéria

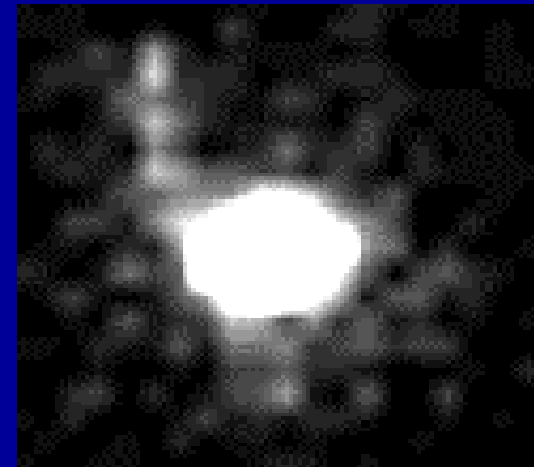
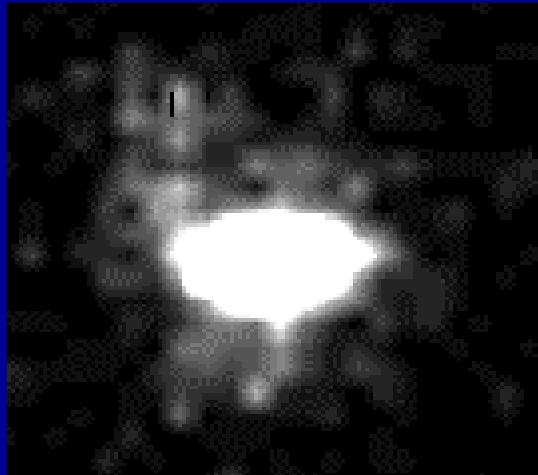
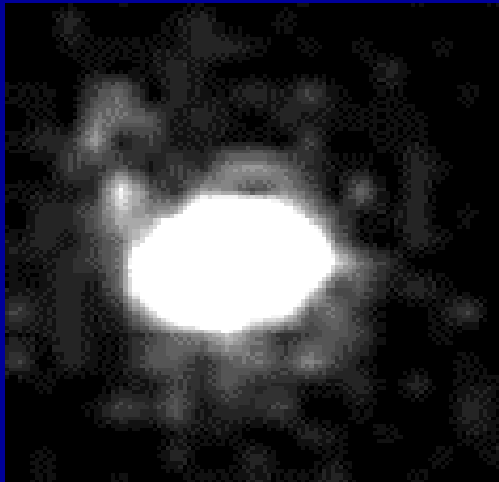
| Stupeň | Reflux  |   |
|--------|---------|---|
| I.     | Malý    | přítomnost diagnostika v ureteru                                  |
| II.    | Střední | akumulace radiofarmaka v<br>nedilatovaném dutém systému a ureteru |
| III.   | Závažný | dilatace ureteru a dutého systému                                 |

## *Normální nále*



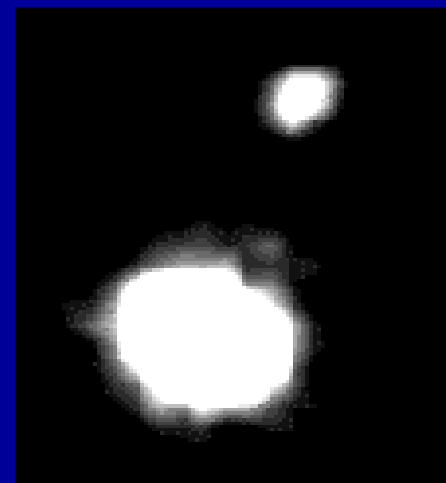
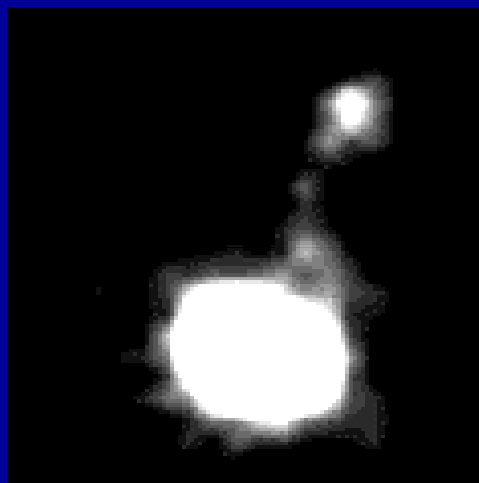
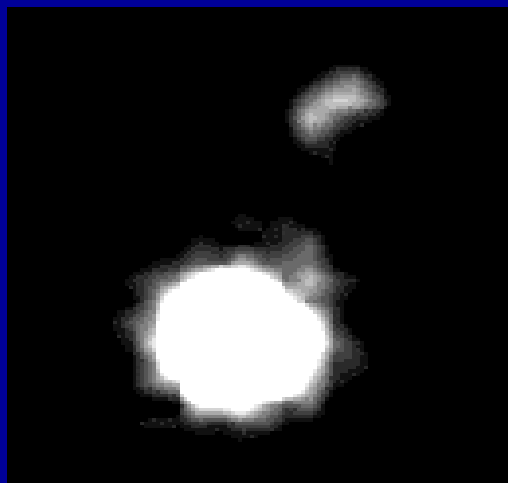
## *Vizuální hodnocení*

VUR grade I (do ureteru)



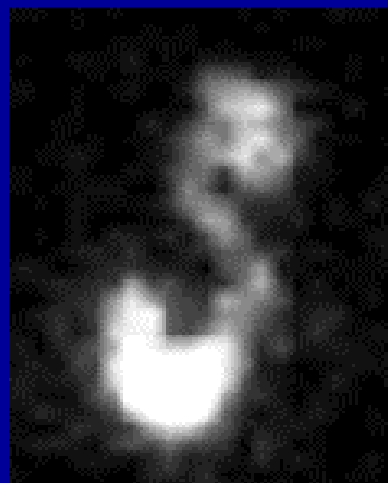
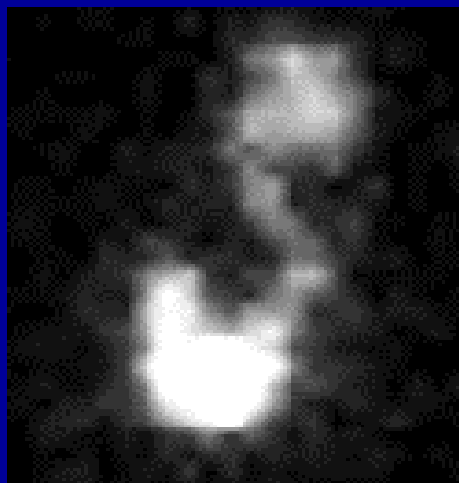
## *Vizuální hodnocení*

VUR grade II. (do KPS a nedilatovaného ureteru)



## *Vizuální hodnocení*

VUR grade III. (do dilatovaného ureteru a KPS)





## **Mikční radioizotopová cystografie** **Nepřímá**

V návaznosti na DSL

Nevyžaduje katetrizaci močového měchýře

Po i. v. injekci radiofarmaka dovoluje zhodnocení renálních funkcí, drenáže moči a detekci vezikoureterálního refluxu

**Indikátory** 99mTc-MAG 3

**Příprava** zvýšený příjem tekutin před vyšetřením

**Doba vyšetření** 1 hodina

# **Mikční radioizotopová cystografie Nepřímá**

## **Nevýhoda pro diagnostiku vezikoureterálního refluxu**

1. a 2. stupeň je obtížné detekovat  
asi 41 % případů je falešně negativních

Metoda je doporučována jen pro případy, kdy je  
nemožné provést katetrizaci močového měchýře

## Clearancové techniky

### Princip

Renální clearance je nahrazena clearancí plazmatickou

Sledování úniku indikátoru z plazmy  
po jeho jednorázovém podání

# **Clearancové techniky**

## **Glomerulární filtrace $^{51}\text{Cr-EDTA}$ , $^{99\text{m}}\text{TcDTPA}$**

**nejpřesnější stanovení GF**

### **Indikace**

**Úprava dávek cytostatik** vylučovaných GF v dětské onkologii

**Pro posudkové účely** při předpokládané diskrétní redukci GF  
k rozhodnutí, zda jsou renální funkce porušeny či ještě v normě

**V rutinní klinické praxi malý význam**  
stanovuje se clearance endogenního kreatininu

## Glomerulární filtrace $^{51}\text{Cr-EDTA}$ , $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$

### Provedení

1. I.v. aplikace RF o známém objemu a aktivitě
2. Odběry krve - 2 vzorky za 2 a 3 hodiny
3. Změření aktivity plazmy  
spektrometrickou aparaturou se studnovým detektorem
4. Výpočet metodou kompartmentové analýzy - „in slope“