

Dynamická scintigrafie ledvin

MUDr. Otakar Kraft, Ph.D.

Bakalářské studium

Katedra vyšetřovacích metod a biologie

Katedra zobrazovacích metod

Zdravotní a sociální fakulta Ostravské univerzity

Účel

Vyšetření slouží především k posouzení funkční zdatnosti ledvin a průběhu odtoku moči horními močovými cestami, taktéž k hodnocení perfuze funkce a drenáže transplantátu, komplikací po transplantaci, průběhu odtoku moči horními močovými cestami.

Přístroj

**kamera MB 9200, kamera MB9100,
kamera GAMA GMA 11CN,
s kolimátorem HR a s vyhodnocovacím
zařízením, vyhodnocovací program
OstNucline nebo OstNucline 2000.**

Planární scintigrafická kamera MB 9200



Personální zajištění

lékaři, sestry pro NM, zdravotní laboranti, radiologičtí asistenti, klinický radiologický fyzik pro NM

Indikace

- ledvinná onemocnění, u nichž je třeba samostatně určit funkční zdatnost pravé a levé ledviny a posoudit odtok moči z kalichopánvičkových systémů a ureterů
- kontrolní vyšetření k posouzení vývoje ledvinného onemocnění, posoudit průběh odtoku moči z kalichopánvičkových systémů a ureterů
- perfuze, funkce a drenáže transplantátu, zhodnocení komplikací po transplantaci, posoudit odtok moči z kalichopánvičkového systému transplantátu a ureteru.
- globální funkce (ERPF, GFR) a relat. funkce ledvin

Kontraindikace

Relativní kontraindikací je gravidita (provedení jen z vitální indikace při minimalizaci aplikované aktivity RF) a laktace

Radiofarmakum

^{99m}Tc -MAG3 o aktivitě 75-200 MBq.

DRÚ 250 MBq, DRÚ při hodnocení perfuze 500 MBq

^{99m}Tc -DTPA o aktivitě 100-200 MBq.

DRÚ 250 MBq, DRÚ při hodnocení perfuze 500 MBq

(vyšší aktivitu než uvedené DRÚ lze podat pouze ve zvlášť zdůvodnitelných případech). U pacientů s hmotností vyšší než 70 kg se uvažovaná optimální aktivita RF přepočte. Při aplikaci radiofarmaka dětem se jeho podávaná aktivita stanovuje podle doporučení EANM. Aplikovaná aktivita RF se zaznamená v dokumentaci k vyšetření.

Měřič aktivity



Příprava pacienta

- Zavodnění pacienta před vyšetřením – dospělá osoba standardně vypije půl litru tekutiny 30 až 60 minut před vyšetřením, u pacientů s výraznou odchylkou hmotnosti od průměru je možno vypočítat objem tekutiny tak, aby pacient vypil 7 ml/kg hmotnosti.
- Kojenci dostávají vypít navíc jednu porci tekutin proti normálnímu potravnímu režimu. Starší děti dostanou vypít 200-300 ml tekutin. Těsně před scintigrafií se pacient vymočí.
- U neklidných dětí je třeba ve spolupráci s odesílajícím pediatrem dohodnout případnou premedikaci sedativy.

Poloha pacienta při vyšetření a případná součinnost pacienta

**Poloha vleže na zádech, méně častěji vsedě,
kdy je pacient opřený zády o kameru**

Mobilní ledviny – vyšetření ve stoje.

**U dětí případné použití prostředků
k omezení pohybů pacienta.**



Poloha detektoru kamery při vyšetření transplantátu



Akvizice scintigramů

Nastavení okénka analyzátoru na fotopík 140 keV, šíři okénka volit v souladu s doporučením výrobce přístroje.

Dynamická scintigrafie je zahajována v okamžiku aplikace radiofarmaka.

Zvolená projekce: zadní, v zorném poli kamery má být oblast od kaudální části srdce až po močový měchýř včetně.

Akvizice scintigramů

Délka záznamu scintigramů: dynamická scintigrafie s frekvencí 1 scintigram/10-20 s celková doba záznamu 20 – 45 minut dle typu studie, v případě potřeby posouzení perfuze ledvin je třeba vyšetření zahájit úvodní fází dynamické scintigrafie s frekvencí 1 scintigram/1 s. Matice 64×64 , případně 128×128 ; u dětí zoom, který přizpůsobí zorné pole kamery tak, aby v něm byla celá požadovaná oblast.

Akvizice scintigramů

Případné zvláštní intervence:

Postmikční scintigramy v období po přechodné vzpřímené poloze pacienta jako pokračování dynamické scintigrafie nebo jako statické scintigramy.

Akvizice scintigramů

Při měření parametrů celkové ledvinné funkce neozorkovou metodou se provádí změření aktivity ve stříkačce před aplikací, ve stříkačce po aplikaci a případně aktivity v místě aplikace. Měření aktivit ve stříkačce se provádí ve vzdálenosti 25-30 cm od čela kolimátoru–statické scintigramy s předvolbou na 1 minutu, matice 128×128 a jemnější.

Akvizice scintigramů

Při měření parametrů celkové ledvinné funkce vzorkovou metodou se provádí odběr krevního vzorku v čase stanoveném dle používané metody – odběr se provádí z žíly na jiné končetině než kde byla provedena aplikace radiofarmaka.

Zpracování obrazu a výpočty parametrů nutných k interpretaci nálezu

**Dynamická scintigrafie - zobrazení obrazů
z významných fází vyšetření
v monochromatické nebo barevné škále při
optimálním obrazovém spektru (lineární,
exponenciální, procentuální atd.) a při volbě
optimálních mezí pro dolní a horní
zobrazovanou četnost impulzů.**

Zakreslení ROI ledvin a pozadí a výpočet nefrografických křivek (histogramů zobrazujících průběh aktivity radiofarmaka v levé a pravé ledvině během vyšetření po korekci na aktivitu radiofarmaka v tělovém pozadí). Výpočet poměru funkce ledvin, případně celkové funkce ledvin, vyhodnocení parametrů popisujících odtok radiofarmaka z ledvin, které jsou odvozeny od tvaru nefrogramu.

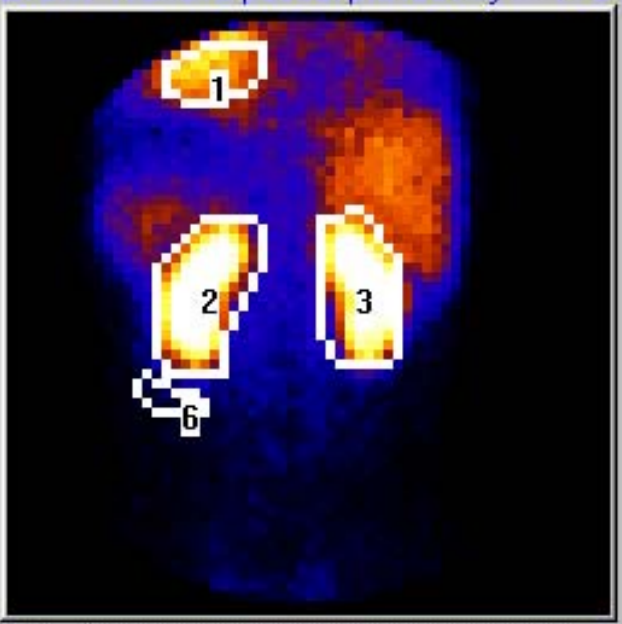
Krokovat snímky a postupně vyznačit :

- Blood pool ROI 1
- Levá ledvina ROI 2
- Pravá ledvina ROI 3

- Pokud je retence :
- Parenchym l.ledviny ROI 4
 - Parenchym p.ledviny ROI 5

Event.: Tkáňové pozadí pro ledviny ROI 6

ROI	CELLS	COUNTS	
1	63	26626	<input type="checkbox"/>
2	155	60105	<input type="checkbox"/>
3	134	52343	<input type="checkbox"/>
4			<input type="checkbox"/>
5			<input type="checkbox"/>
6	26	2012	<input type="checkbox"/>
7			<input type="checkbox"/>



Navigation and statistics controls:

◀ ◻ ▶

Frm: 5 LT: 0 UT: 82 S9: 0 IT: 0

Min: 0 Max: 851 Sum: 430066

Nastavení LT/UT

Obrazy Zavři

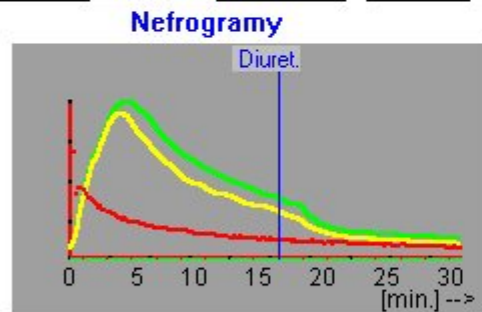
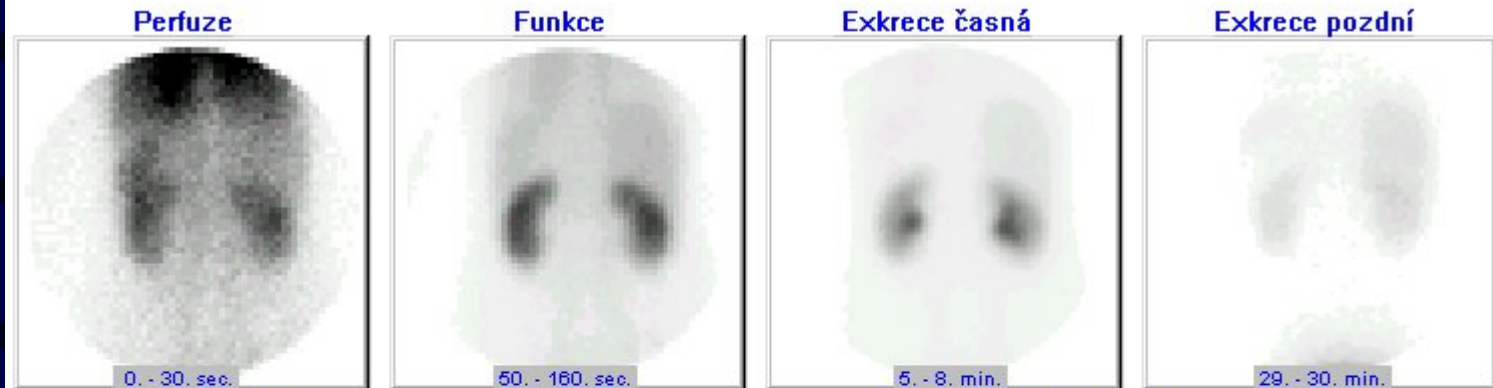
0 150

LT 0 ◀ ◻ ▶

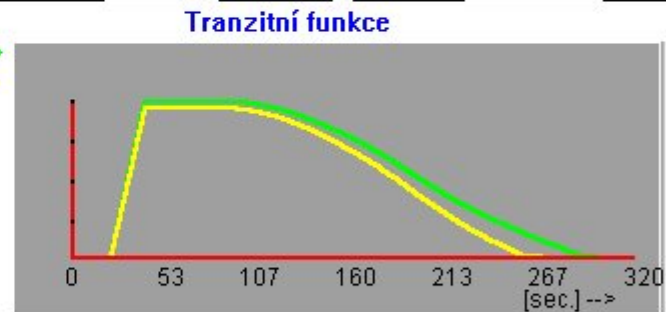
UT 82 ◀ ◻ ▶

Scintigramy – normální nálezn

Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy ledvinami



← Prává ledvina →
← Levá ledvina →
— celá ledvina
..... parenchym
← Blood pool



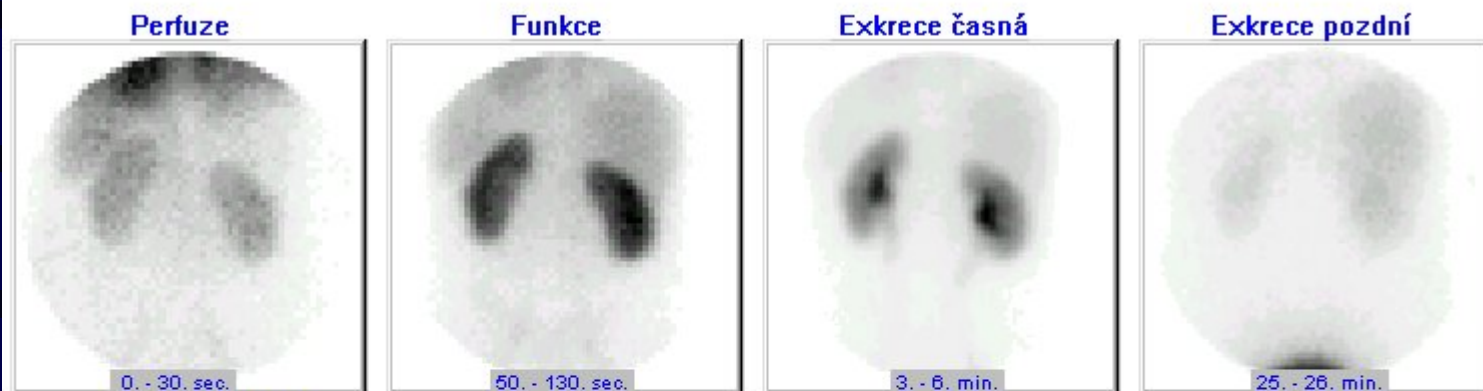
Poločas clearance = 18 min.

LEVÁ LEDVINA :
Podíl funkce = 49 %
Čas maxima = 4 min.
T1/2(nativ) = 6 min.
Max. tranzit. čas = 260 sec.

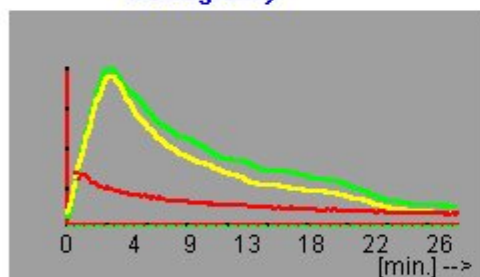
PRAVÁ LEDVINA :
Podíl funkce = 51 %
Čas maxima = 4 min.
T1/2(nativ) = 7 min.
Max. tranzit. čas = 290 sec.

Scintigramy – normální nále

Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy ledvinami



Nefrogramy



← Prává ledvina →

← Levá ledvina →

— celá ledvina

..... parenchym

← Blood pool

Poločas clearance = 17 min.

LEVÁ LEDVINA :

Podíl funkce = 49 %

Čas maxima = 3 min.

Poločas exkrece = 5 min.

PRAVÁ LEDVINA :

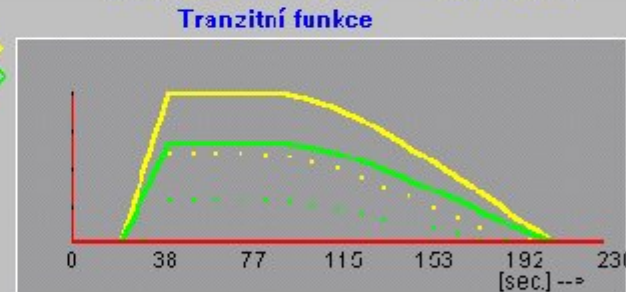
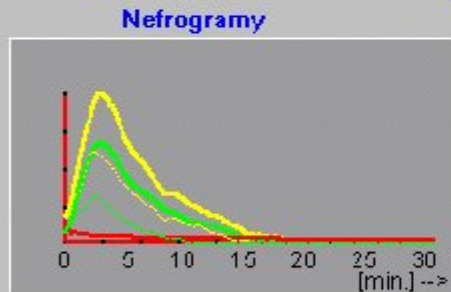
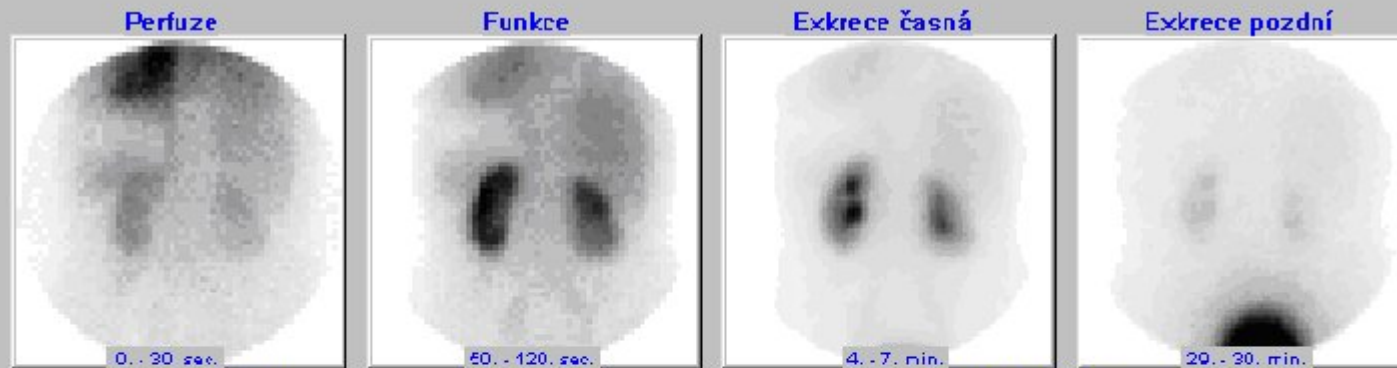
Podíl funkce = 51 %

Čas maxima = 3 min.

Poločas exkrece = 6 min.

Lehká relat. hypofunkce pravé ledviny

Komplexní matematické zpracování dynamické funkční scintigrafie ledvin



Poločas clearance = 19 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 8.59 ml/s = 9.33 ml/s/1.73m²
(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 5.18 ml/s = 60 %

Čas maxima = 3 min.

Poločas exkrece = 3 min.

Max. tranzit. čas = 200 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 3.41 ml/s = 40 %

Čas maxima = 3 min.

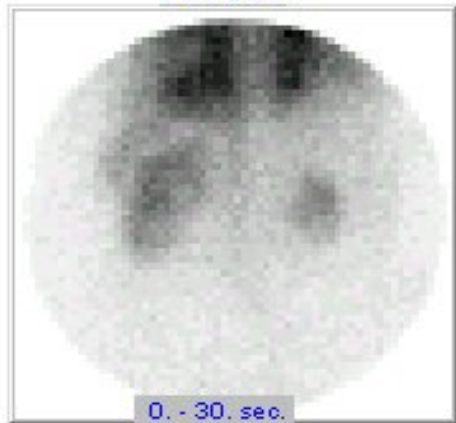
Poločas exkrece = 3 min.

Max. tranzit. čas = 200 sec.

Malá pravá ledvina

Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy ledvinami

Perfuze



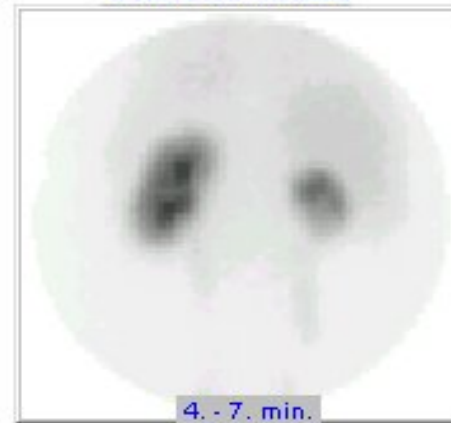
0. - 30. sec.

Funkce



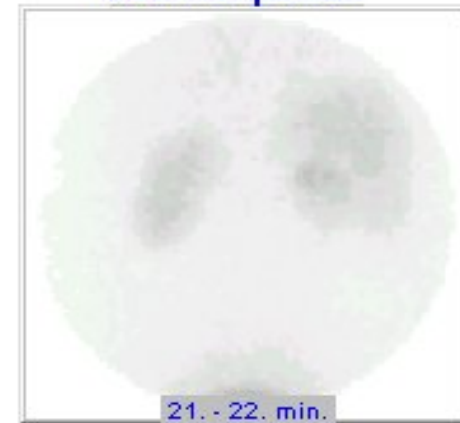
50. - 140. sec.

Exkrece časná



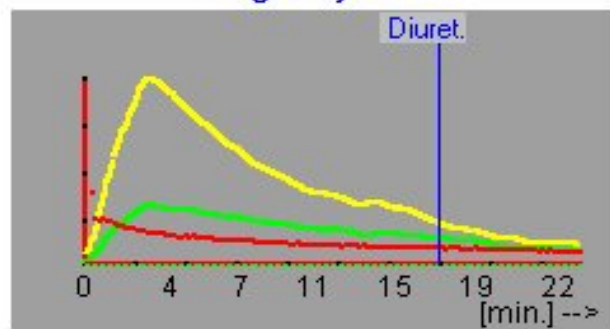
4. - 7. min.

Exkrece pozdní



21. - 22. min.

Nefrogramy



← Levá ledvina →

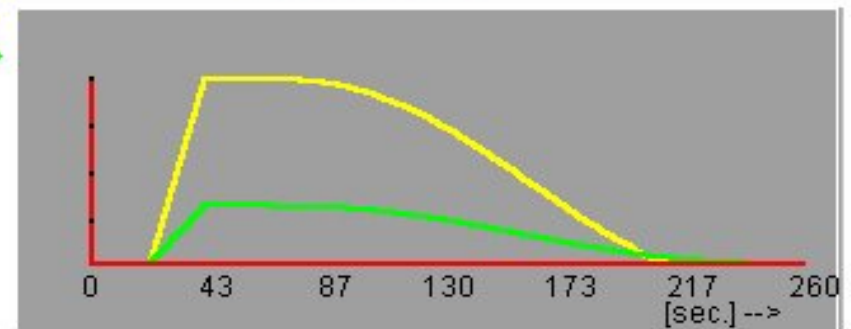
← Pravá ledvina →

— celá ledvina

..... parenchym

← Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 17 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 11.16 ml/s = 10.14 ml/s/1.73m²
(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 8.54 ml/s = 76 %

Čas maxima = 3 min.

T1/2[nativ] = 5 min.

Max. tranzit. čas = 210 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 2.62 ml/s = 24 %

Čas maxima = 3 min.

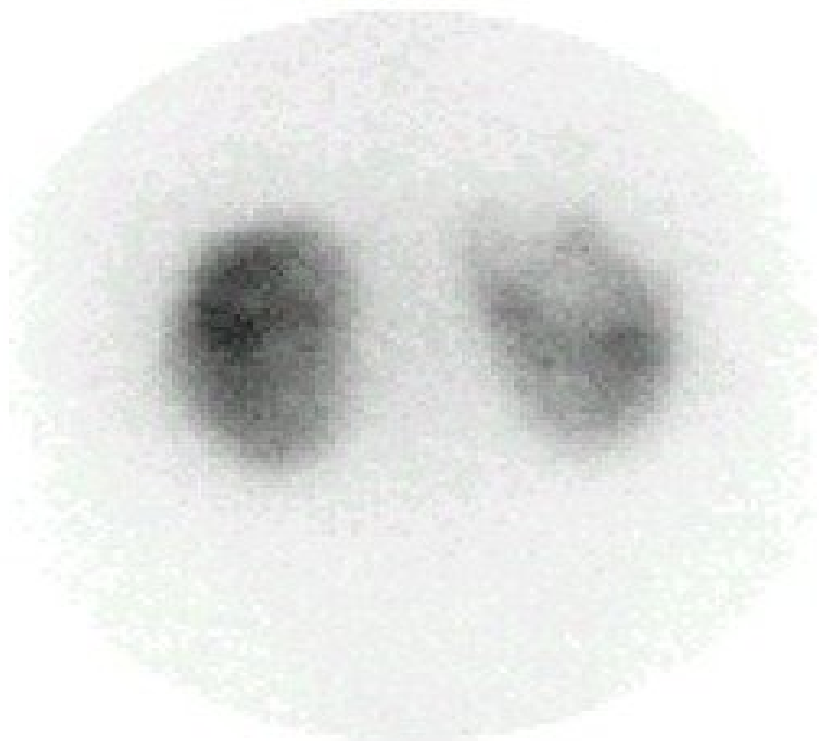
T1/2[nativ] = 9 min.

Max. tranzit. čas = 230 sec.

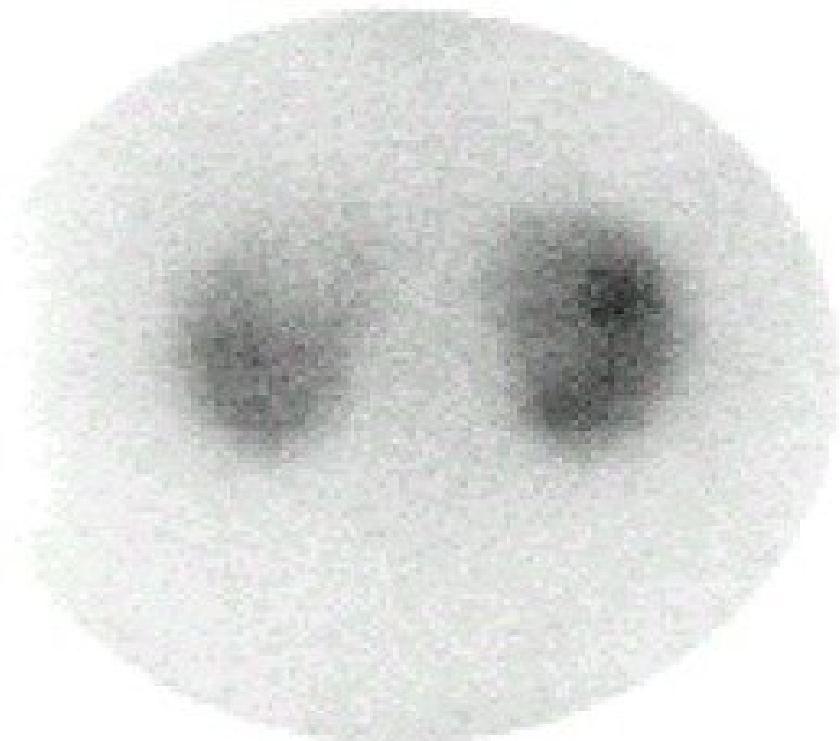
Ložisková léze v horní části pravé ledviny u 39 leté ženy s urolithiasou

Statická scintigrafie ledvin pomocí ^{99m}Tc -DMSA

Posterior



Anterior



Stanovení separované funkce ledvin :

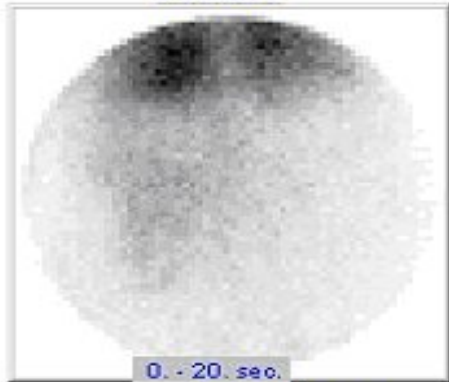
Levá ledvina = 60 % Pravá ledvina = 40 %

(Počítáno s korekcí z PA + AP projekce)

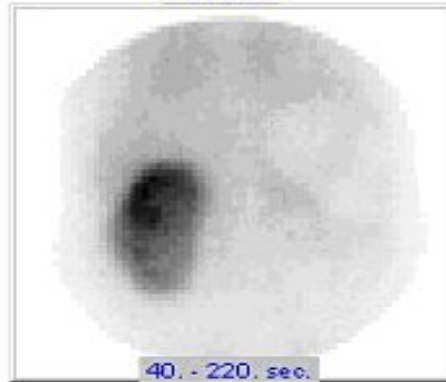
Úplná destrukce ledviny odlitkovým kamenem u 39 leté ženy s urolithiasou – dynam.scintigrafie 4,5 roku po static.scintigrafii

Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy ledvinami

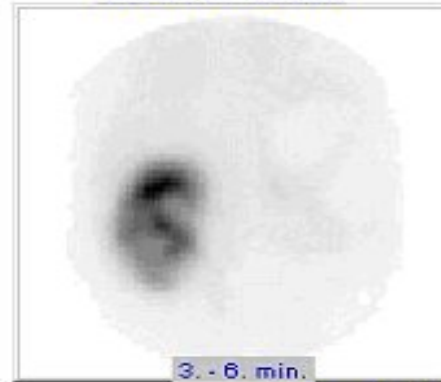
Perfuze



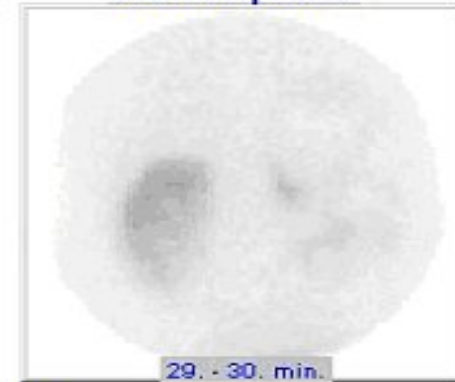
Funkce



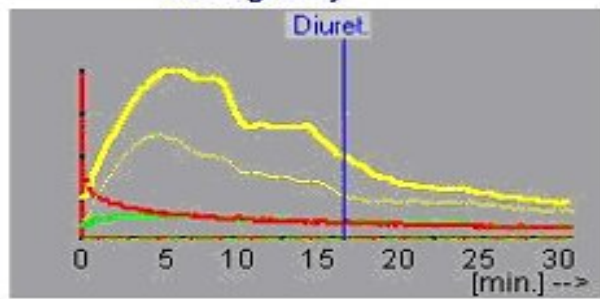
Exkrece časná



Exkrece pozdní

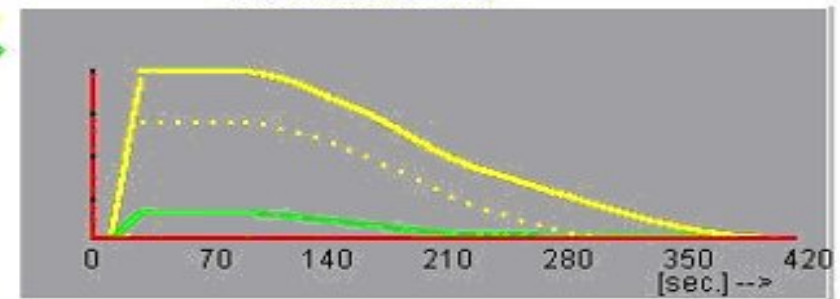


Nefrogramy



← Levá ledvina →
 ← Pravá ledvina →
 — celá ledvina
 parenchym
 ← Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 21 min.

LOBÁLNÍ FUNKCE = 8.60 ml/s = 8.36 ml/s/1.73m²
 (ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Čas maxima = 6 min.
 T1/2[nativ] = 4 min. T1/2[diuret] = 5 min.
 Max. tranzit. čas = 390 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

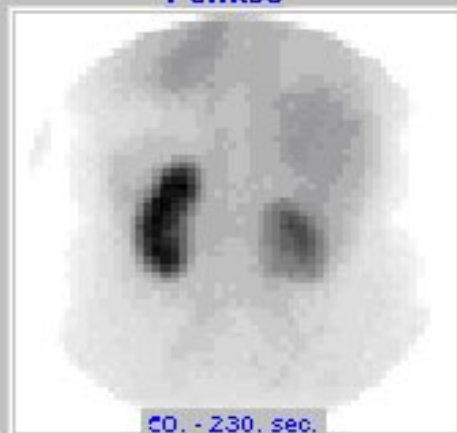
T1/2[nativ] = 15 min.
 Max. tranzit. čas = 360 sec.

Mobilní ledvina – vyšetření vsedě

Perfuze



Funkce



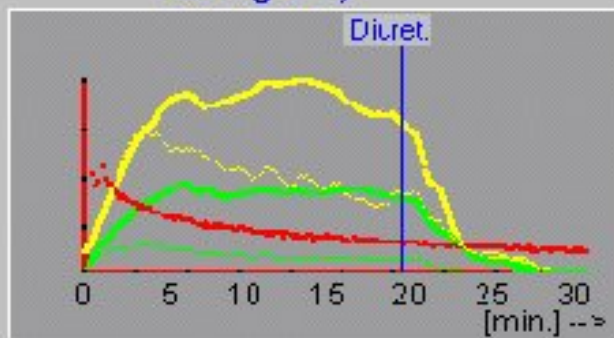
Exkrece časná



Exkrece pozdní



Nefrogramy



< Levá ledvina >

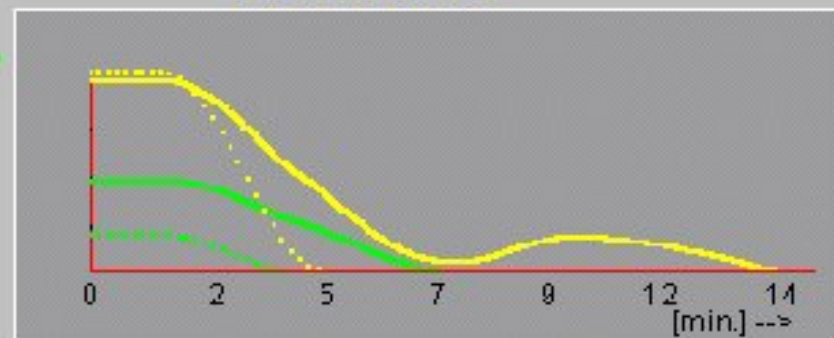
<- Pravá ledvina ->

..... celá ledvina

..... parenchym

<- Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance – 20 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 5.82 ml/s = 6.32 ml/s/1.73m²

(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 3.96 ml/s = 68 %

Čas maxima = 13 min.

T1/2[nativ] = 14 min. T1/2[diuret] = 1 min.

Max. tranzit. čas = 790 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 1.86 ml/s = 32 %

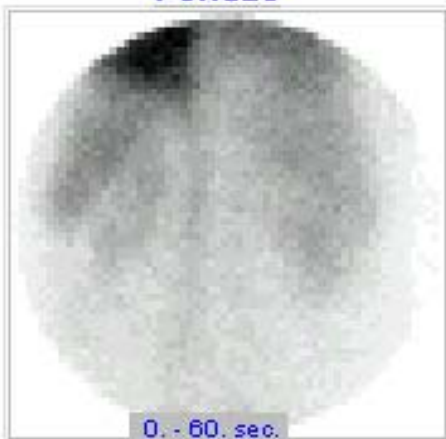
Čas maxima = 6 min.

T1/2[nativ] = 12 min. T1/2[diuret] = 2 min.

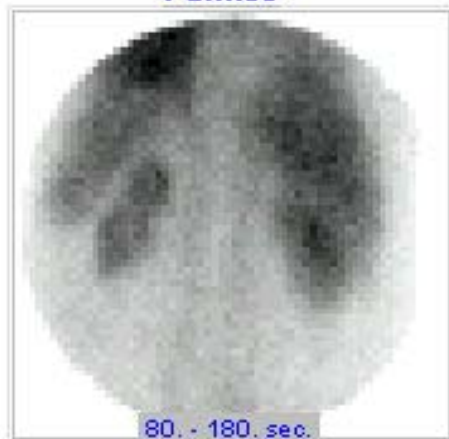
Max. tranzit. čas = 400 sec.

Chronická pyelonefritida – renální insuficience

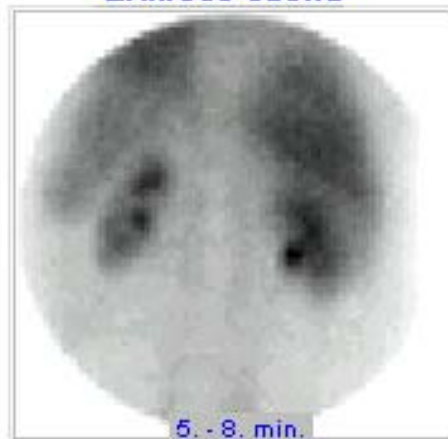
Perfuze



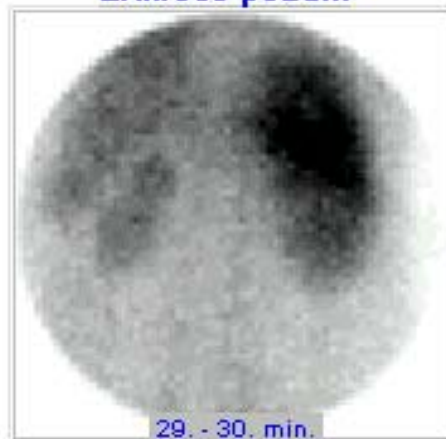
Funkce



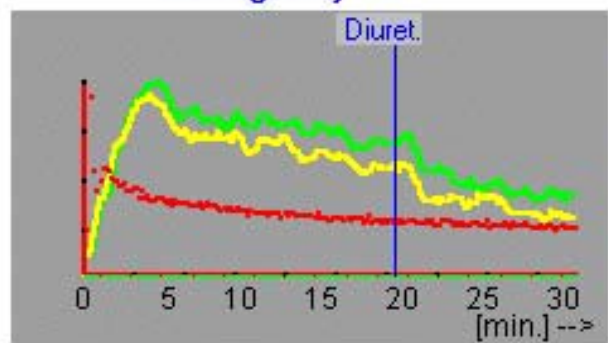
Exkrece časná



Exkrece pozdní



Nefrogramy



← Pravá ledvina →

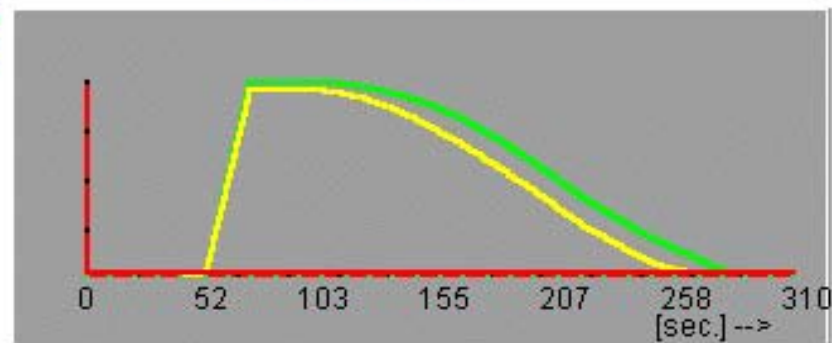
← Levá ledvina →

— celá ledvina

..... parenchym

← Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 53 min.

GLOBÁLNÍ FUNKCE = 4.16 ml/s = 3.31 ml/s/1.73m²

(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 2.09 ml/s = 50 %

Čas maxima = 4 min.

T1/2[nativ] = 29 min.

Max. tranzit. čas = 260 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 2.06 ml/s = 50 %

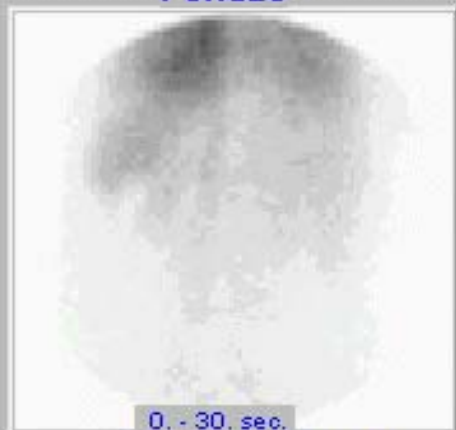
Čas maxima = 4 min.

T1/2[nativ] = 26 min.

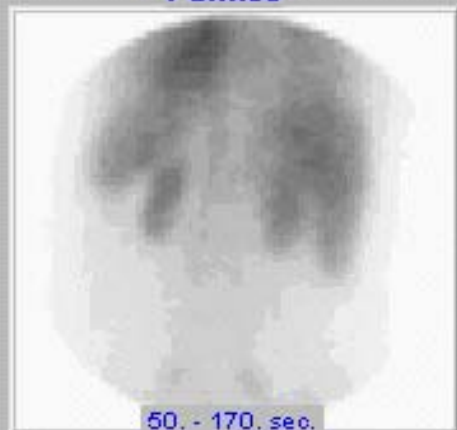
Max. tranzit. čas = 280 sec.

Chronická pyelonefritida – renální insuficience

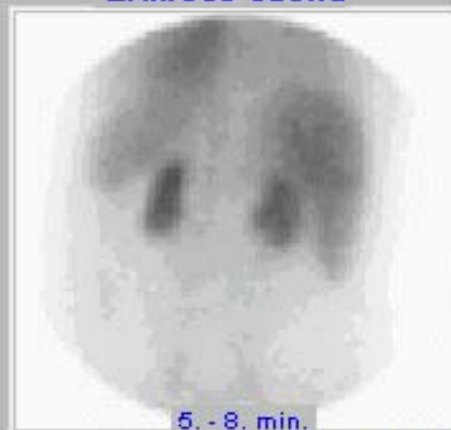
Perfuze



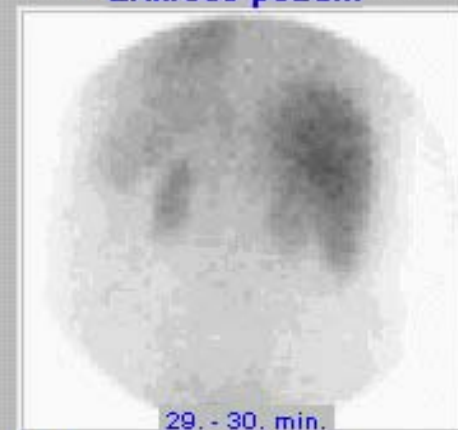
Funkce



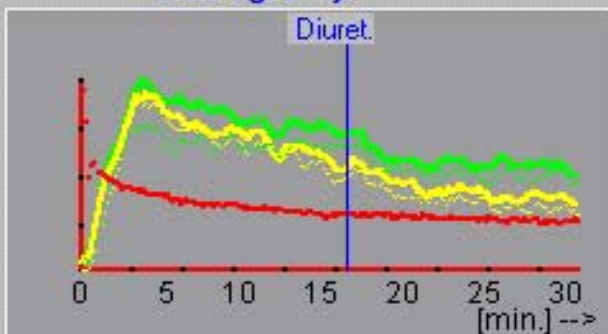
Exkrece časná



Exkrece pozdní

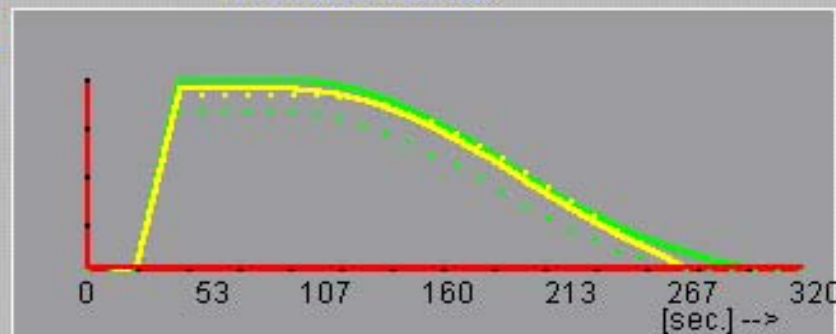


Nefrogramy



← Prává ledvina →
 ← Levá ledvina →
 — celá ledvina
 parenchym
 ← Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 63 min.

LEVÁ LEDVINA :

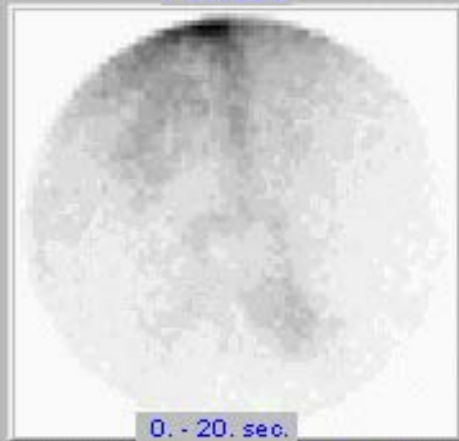
Podíl funkce = 49 %
 Čas maxima = 4 min.
 T1/2(nativ) = 26 min.
 Max. tranzit. čas = 270 sec.
 Exkreční frakce (/30 min) = 80 %

PRAVÁ LEDVINA :

Podíl funkce = 51 %
 Čas maxima = 4 min.
 T1/2(nativ) = 26 min.
 Max. tranzit. čas = 290 sec.
 Exkreční frakce (/30 min) = 77 %

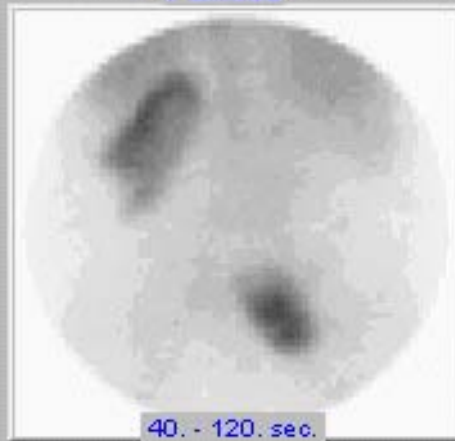
Dystopická pravá ledvina, ložiskový defekt v dolní části levé ledviny

Perfuze



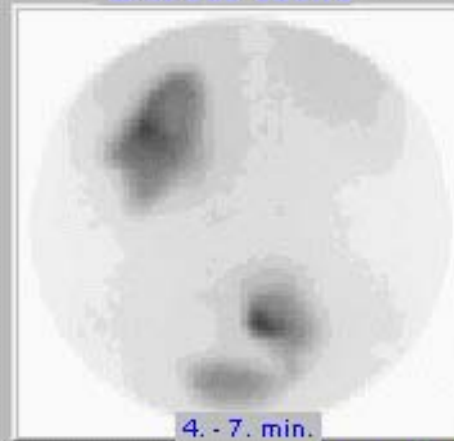
0. - 20. sec.

Funkce



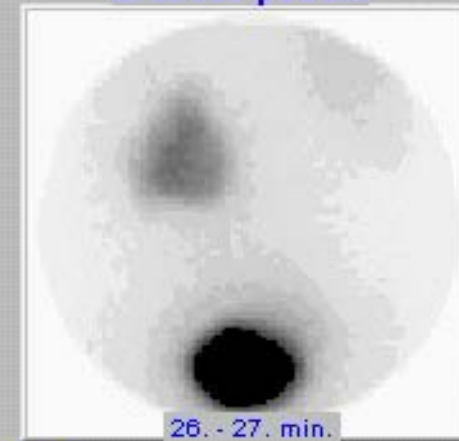
40. - 120. sec.

Exkrece časná



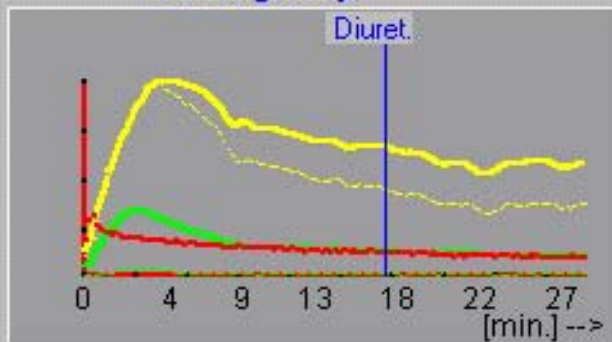
4. - 7. min.

Exkrece pozdní



26. - 27. min.

Nefrogramy



← Levá ledvina →

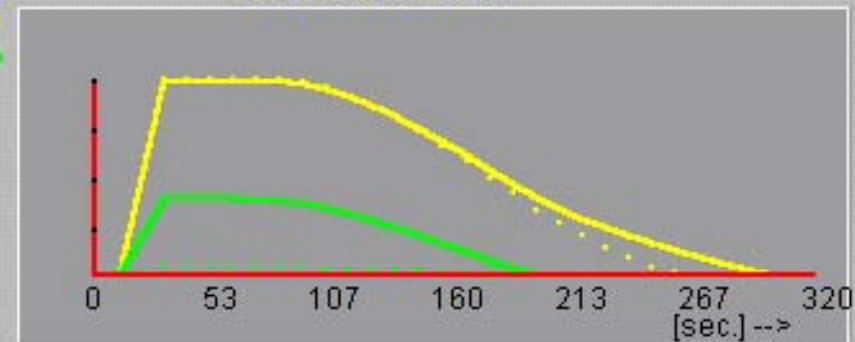
← Pravá ledvina →

— celá ledvina

..... parenchym

← Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 27 min.

LEVÁ LEDVINA :

Podíl funkce = 70 %

Čas maxima = 5 min.

T1/2[nativ] = 18 min.

Max. tranzit. čas = 290 sec.

Exkreční frakce (/26 min) = 74 %

PRAVÁ LEDVINA :

Podíl funkce = 30 %

Čas maxima = 3 min.

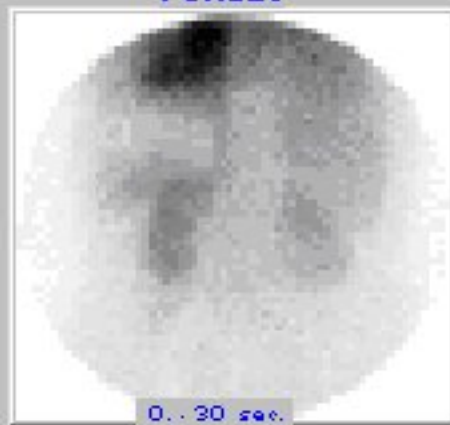
T1/2[nativ] = 5 min.

Max. tranzit. čas = 190 sec.

Exkreční frakce (/26 min) = 86 %

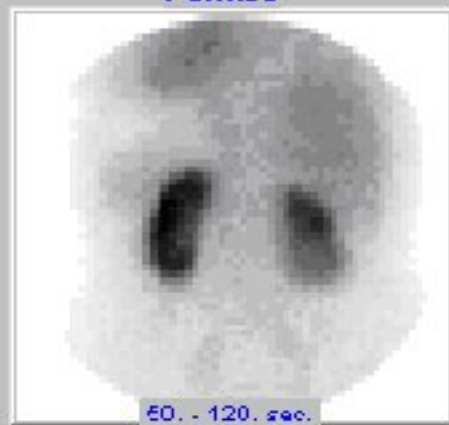
Mobilní ledvina – vyšetření vleže

Perfuze



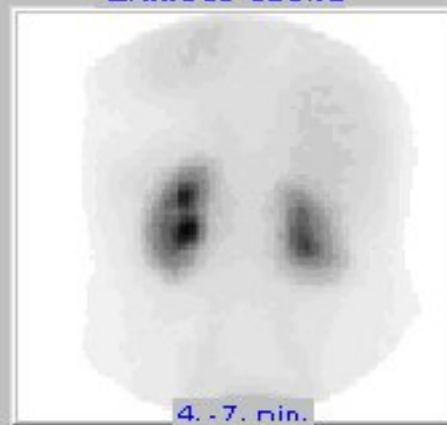
0. - 30. sec.

Funkce



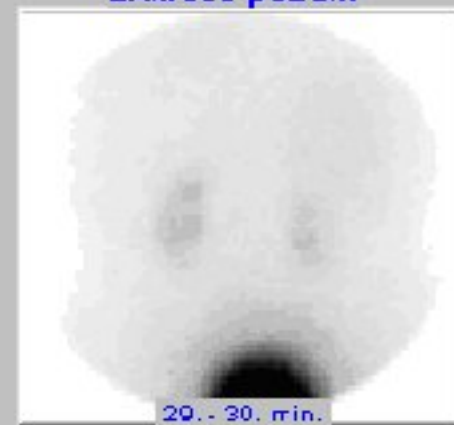
60. - 120. sec.

Exkrece časná



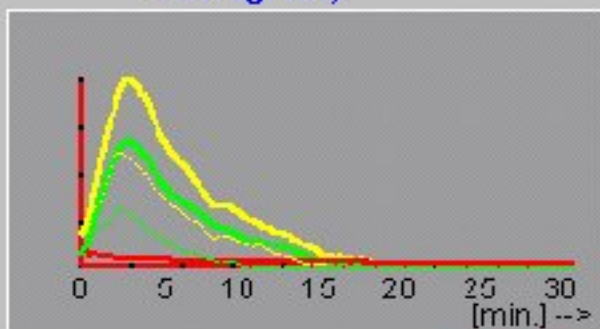
4. - 7. min.

Exkrece pozdní



20. - 30. min.

Nefrogramy



← Levá ledvina →

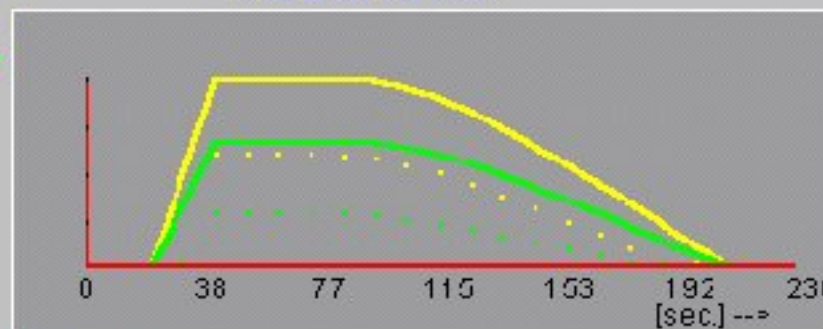
← Pravá ledvina →

— celá ledvina

..... parenchym

← Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 19 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 8.59 ml/s = 9.33 ml/s/1.73m²
(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 5.18 ml/s = 60 %

Čas maxima = 3 min.

Poločas exkrece = 3 min.

Max. tranzit. čas = 200 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 3.41 ml/s = 40 %

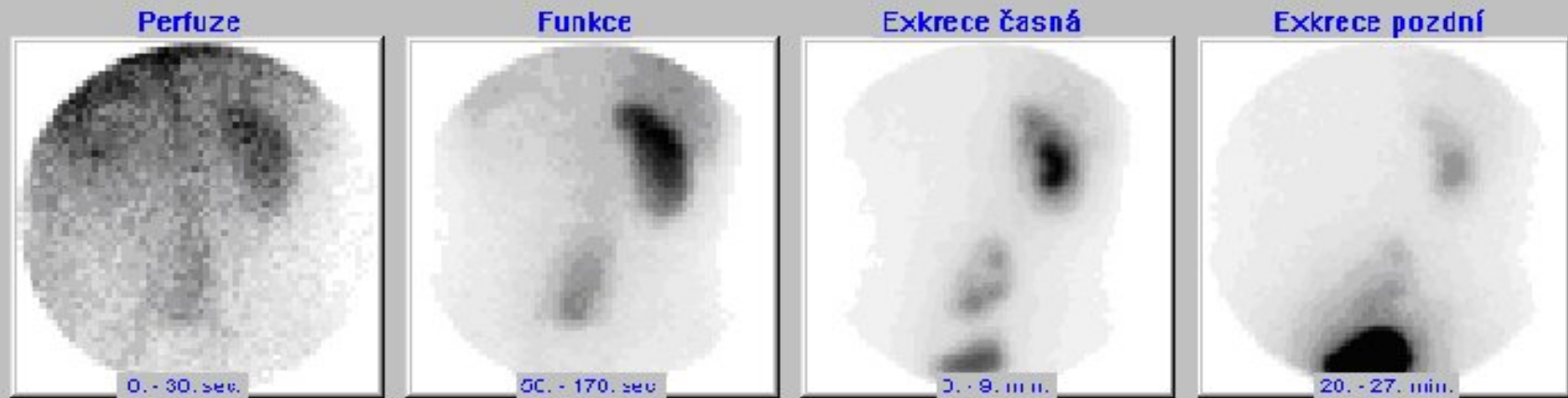
Čas maxima = 3 min.

Poločas exkrece = 3 min.

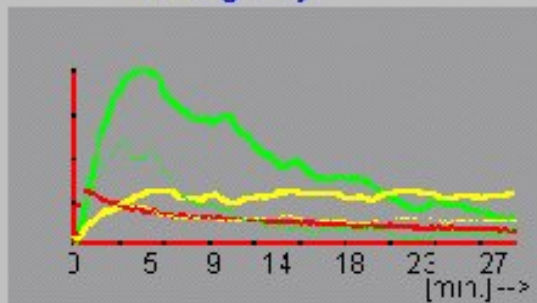
Max. tranzit. čas = 200 sec.

Problematika stanovení relativní funkce u dystopické ledviny – dyn. scintigrafie

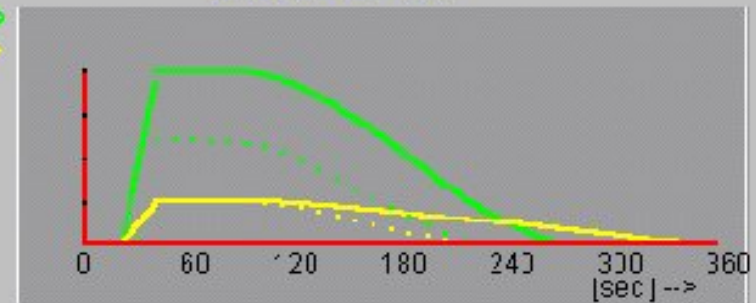
Komplexní matematické zpracování dynamické funkční scintigrafie ledvin



Netrogramy



Tranzitní funkce



Poločas clearance = 19 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 11.21 ml/s = 9.21 ml/s/1.73m²

(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 2.06 ml/s = 18 %

Čas maxima = 6 min.

Poločas exkrece = 44 min.

Max. tranzit. čas = 330 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 9.15 ml/s = 82 %

Čas maxima = 4 min.

Poločas exkrece = 15 min.

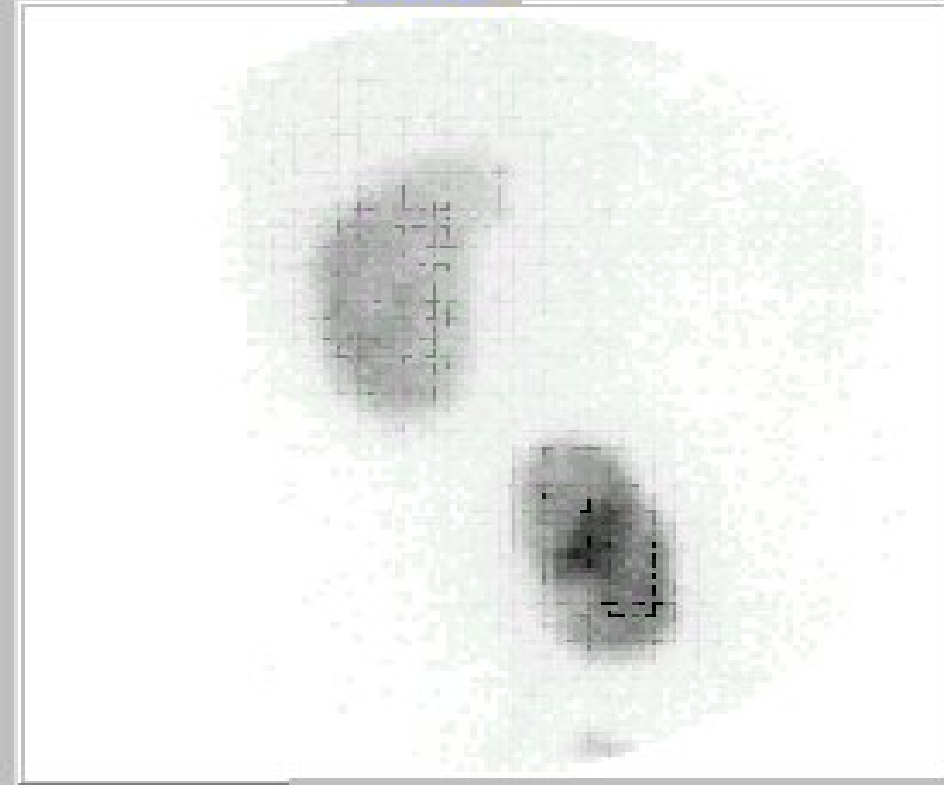
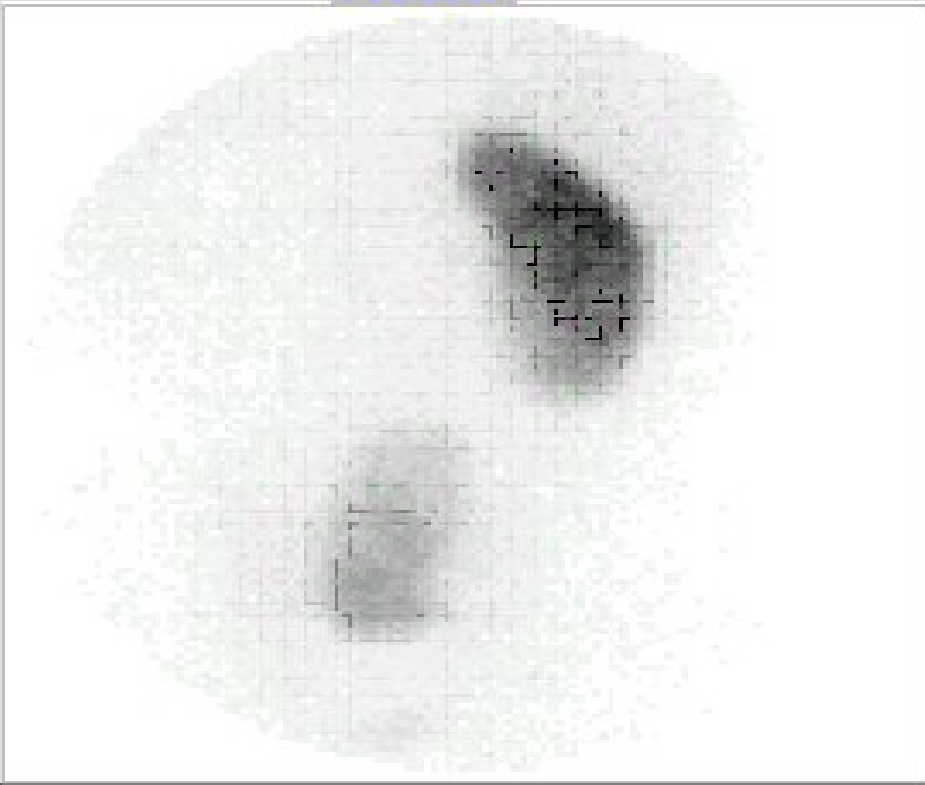
Max. tranzit. čas = 260 sec.

Problematika stanovení relativní funkce u dystopické ledviny – static. scintigrafie

Statická scintigrafie ledvin pomocí ^{99m}Tc -DMSA

Posterlor

Anterior



Stanovení separované funkce ledvin:

Levá ledvina = 38 % Pravá ledvina = 62 %

(Počítáno s korekcí z PA + AP projekce)

Stanovení močového rezidua

Močové reziduum se určuje na základě změn radioaktivity, měřené in vivo nad močovým měchýřem před vymočením a po něm, za předpokladu, že v moči se nacházelo vhodné radiofarmakum.

Radiofarmakum

^{99m}Tc -DTPA, ^{99m}Tc -MAG 3

Provedení

Intravenózní podání radiofarmaka.

Vyšetřovanému se před vymočením zaměří na oblast močového měchýře kolimovaný scintilační detektor. Vyšetřuje se krátce po skončení dynamické scintigrafie ledvin.

Hodnocení

- Přítomnost reziduální moči v močovém měchýři je možno stanovit kvalitativně nebo kvantifikovat výpočtem.
- Při kvalitativním vyšetření se po vymočení pacienta zjišťuje vyšší aktivita nad močovým měchýřem než je aktivita pozadí.

Hodnocení

- Při poměrně přesném určení množství reziduální moči v ml se postupuje výpočtem dle vzorce:
- $Reziduální\ moč = Ax B / C - B$
kde A- vymočený objem (v ml)
B- impulsy po vymočení
C- impulsy před vymočením

Dynamická scintigrafie ledvin k vyšetření ledvin. transplantátu

**Pacient leží na zádech pod detektorem kamery,
přiloženým nad oblast štěpu a moč. měchýře, kolimátor
HR pro nízké energie**



Provedení vyšetření

uzavření močového katetru peanem
měření stříkačky s RF před aplikací -
- zapsat hodnotu a čas měření
nastavení akvizice studie.

Provedení vyšetření

Injikujeme 350-500 MBq ^{99m}Tc MAG-3 (merkaptacetiltriglycin) do zajištěné žíly - podklíčkové kanyly nebo vnitřní jugulární žíly jako bolus. Musíme totiž injikovat bolus dobré kvality pro posouzení perfuze štěpu. Nutný proplach kanyly fyziologickým roztokem.

Měření stříkačky s RF po aplikaci -
- zapsat hodnotu a čas měření.

Data strádáme 30 minut do
vyhodnocovacího zařízení, nejprve
v krátkých čas. intervalech
(jednovteřinových), pak delších.

1. grupa - 60 snímků

2. grupa - 24 snímků

3. grupa - 54 snímků

celkem : - 138 snímků

aplikace Furosemidu - záznam
odběr krve - čas odběru
zaznamenat

centrifugace odebraného vzorku krve

pipetace 1 ml plazmy

změření aktivity vzorku plazmy

záznam hodnoty a času měření plazmy

Hodnocení studie

1. vizuálně

- kontrast a homogenita RF v transplantované ledvině
- kontury transplantátu a ložiskové změny
- plnění močového měchýře

2. kvantitativně

- ERPF (efektivní průtok plazmy ledvinou)
- perfuzní index
- funkční index
- tranzitní index

3. hodnocení nefrografické křivky

Sledované parametry u vyšetřovaných

1. Základem je **vizuální hodnocení** sekvenčních scintigramů, nefrogramů
křivky průběhu radioaktivity nad močovým měchýřem.
2. **Ekvivalent ERPF** (efektivního renálního průtoku) je parametrem globální funkce včetně residuální funkce autologních ledvin.
3. **Perfuzní index** (dle Bubecka) je relativním měřítkem perfuze štěpu při monitorování pooperačního průběhu u jednotlivých pacientů.
4. **Funkční index FI** (dle Bubecka) je parametrem tubulární funkce štěpu, počítá se ze vzestupu nefrogramu.

Sledované parametry u vyšetřovaných

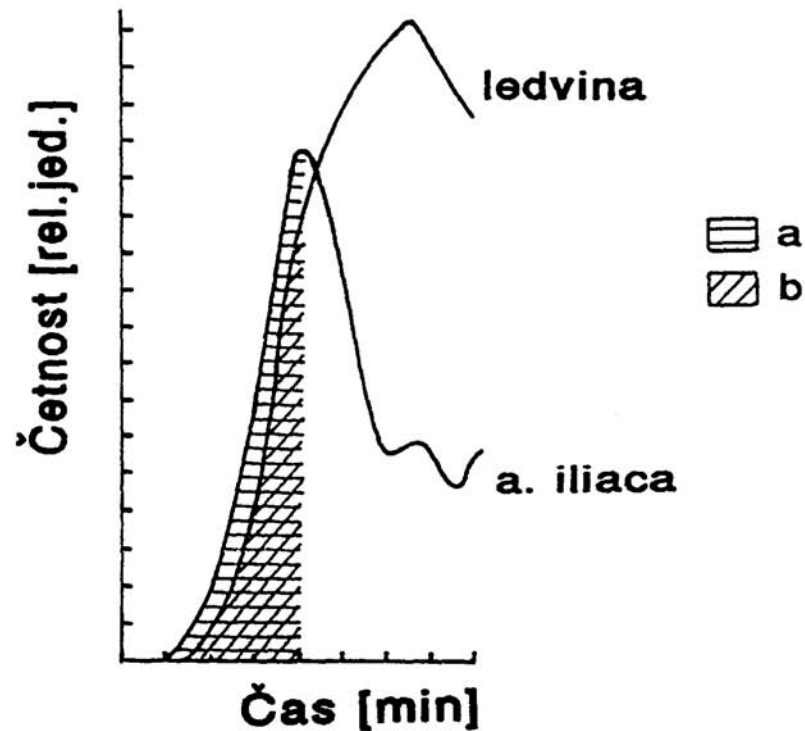
5. **Tranzitní index TI** je parametrem rychlosti tranzitu MAG3 parenchymem štěpu. Je velmi důležitý pro sledování průběhu akutní tubulární nekrózy i pro časnou detekci akutní rejekce. Je to poměr množství radioaktivity ve štěpu za 20 min. p. i. k množství za 3 min.
6. **Hilsonův index** porovnává průtok krve v a. iliaca ext. s průtokem krve ledvinným parenchymem.

$$\text{Hilsonův index: } HI = a/b * 100$$

- a*...hodnota integrálu celé vzestupné fáze četností křivky z oblasti a. iliaca. ext.
- b*...hodnota integrálu části vzestupné fáze četnosti křivky z oblasti transplantované ledviny, která je vymezena časovým intervalem určeným při výpočtu plochy a.

Výpočet Hilsonova perfuzního indexu

$$HI = \frac{a}{b} \cdot 100$$



System monitorování nemocných po transplantaci ledviny

1. První vyš. provádíme **2.-4. pooperační den**, dle potřeby i dříve. Toto vyš. je základ pro další monitorování nemocného hlavně z hlediska časného rozpoznání případné akutní rejekce v následujících dnech.
2. Další vyš. **za asi 7 dní** a v případě optimálního průběhu **před propuštěním** do amb. péče. Pokud ovšem vznikne podezření na komplikaci, provádíme vyš. ihned jako **statimové**.
3. **V průběhu amb. péče** provádíme další vyš. dle indikace nefrologa, vyš. před propuštěním do amb. péče pak slouží jako referenční.

Komplikace po transplantaci

Imunologické komplikace

Ischemické poškození štěpu

Toxické poškození štěpu

Chirurgické komplikace

Imunologické komplikace

Hyperakutní rejekce vzniká během několika hod. po transplantaci, účinná léčba neexistuje. Dnes velmi vzácná, příčinou preformované protilátky, které nyní odkryty již při typizaci příjemce.

Akutní rejekce velmi častou komplikací. Může se dostavit již od 5. poop. dne. Nejčastěji během prvních týdnů, může se objevit i do 6 i více měs. po operaci. Obvykle úspěšně léčitelná za předpokladu včasné diagnostiky – k tomu vhodná dyn. scintigrafie štěpu. Rejekce se projevuje především alterací perfuze ledviny a až následně poruchou funkce.

Chronická rejekce znamená pomalý ireversibilní proces vedoucí ke ztrátě funkce štěpu. Pomocí dyn. sc. je téměř vždy snadno odlišitelná od akutní rejekce.

Ischemické poškození štěpu

Akutní tubulární nekróza se vyskytuje v lehčí až těžké formě u většiny kadaverózních Tx, jen zřídka po Tx od živého dárce. Jde o ischem. poškození štěpu během jeho odběru dárce, během transplantace a hl. jeho skladováním. Je to stav charakteristický převahou poruchy funkční zdatnosti ledviny nad poruchou ledvinné perfuze.

Toxické poškození štěpu – některá imunosupresiva mohou způsobit závažné toxické poškození. Současné možnosti stanovení hladin nejrizikovějších imunosupresiv v plasmě příjemce však riziko této komplikace snižují.

Chirurgické komplikace

Infekce rány

Pooperační hematom

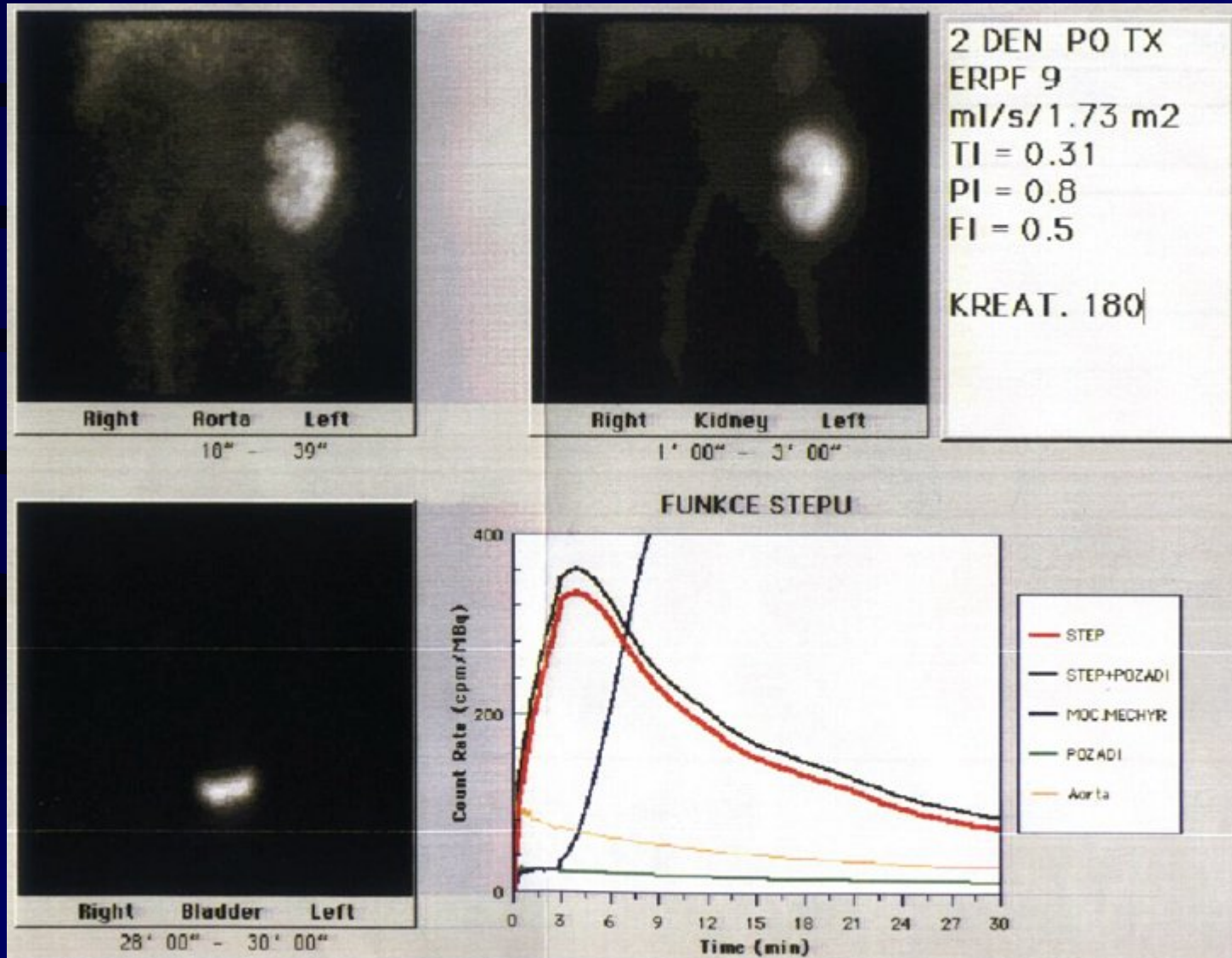
Lymfocéle

Únik moči paraureterálně (urinom)

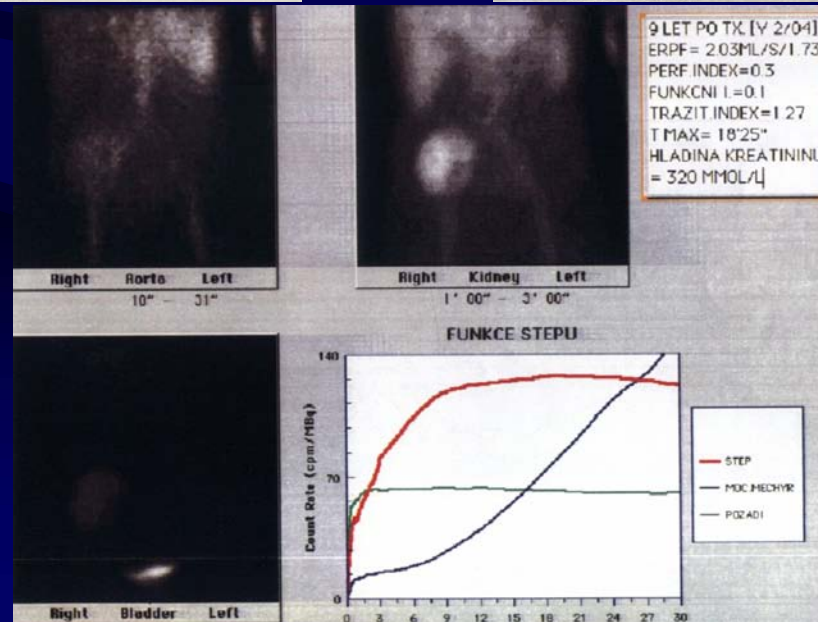
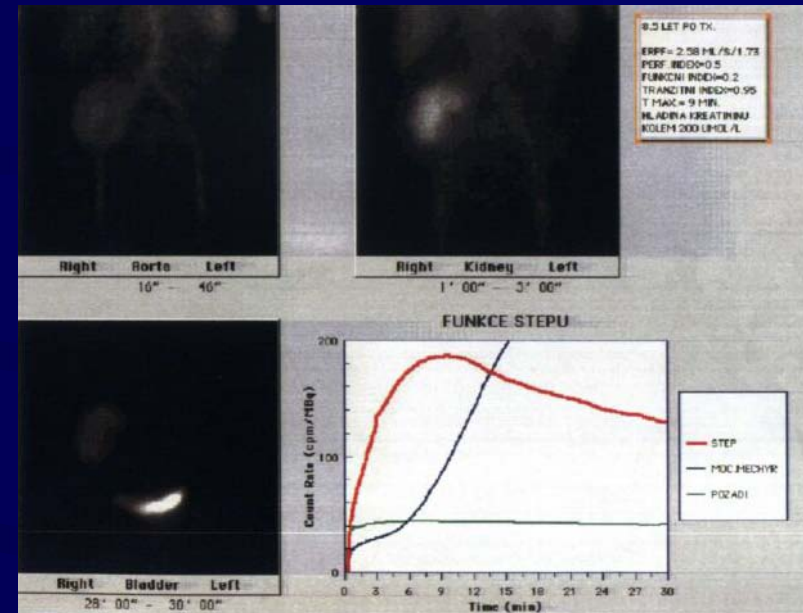
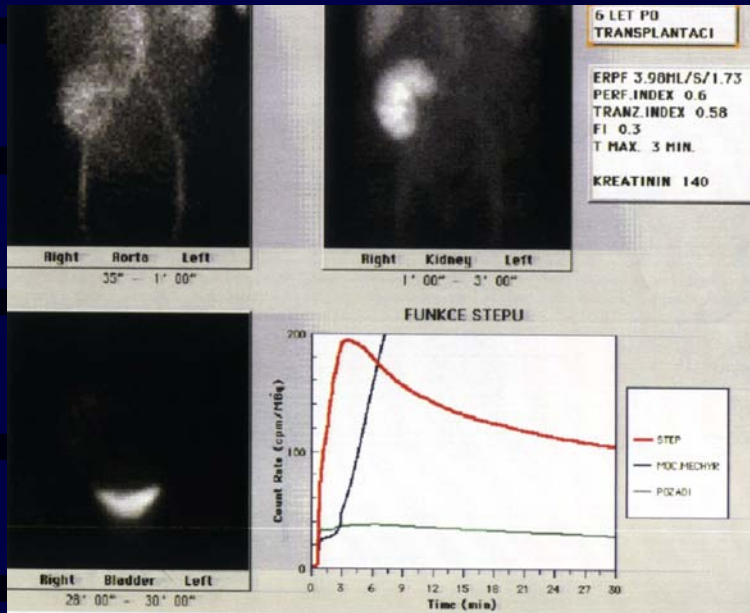
Obstrukce vývodných močových cest

Stenóza nebo obstrukce renální tepny nebo žíly

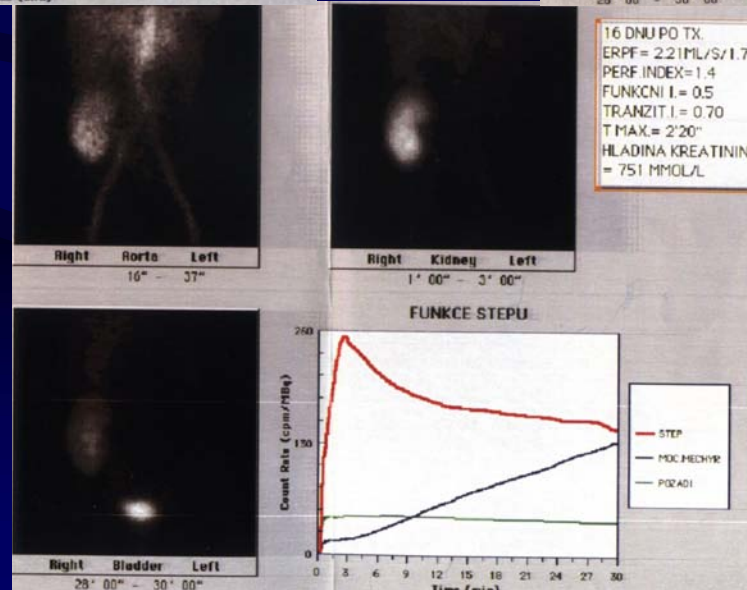
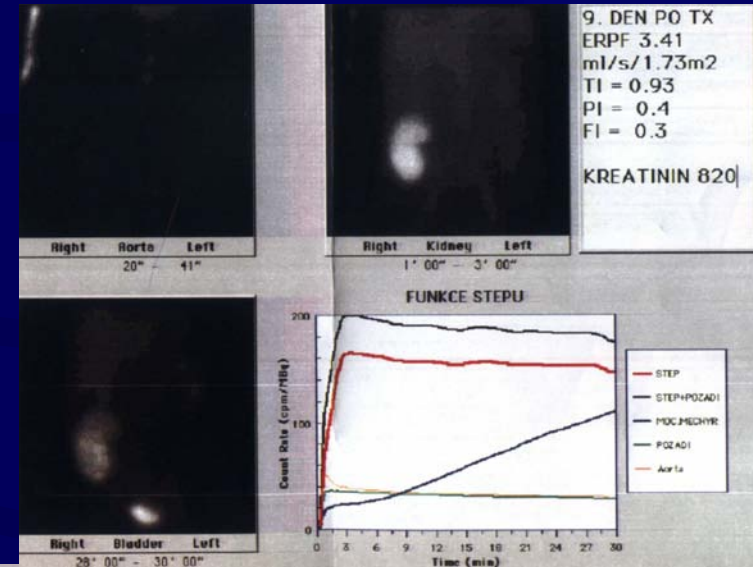
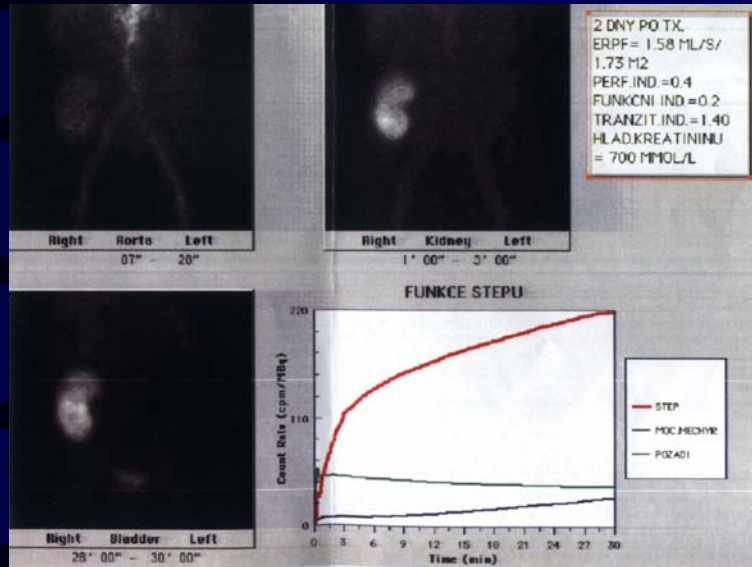
Ledvin. transplantát – norm. nález



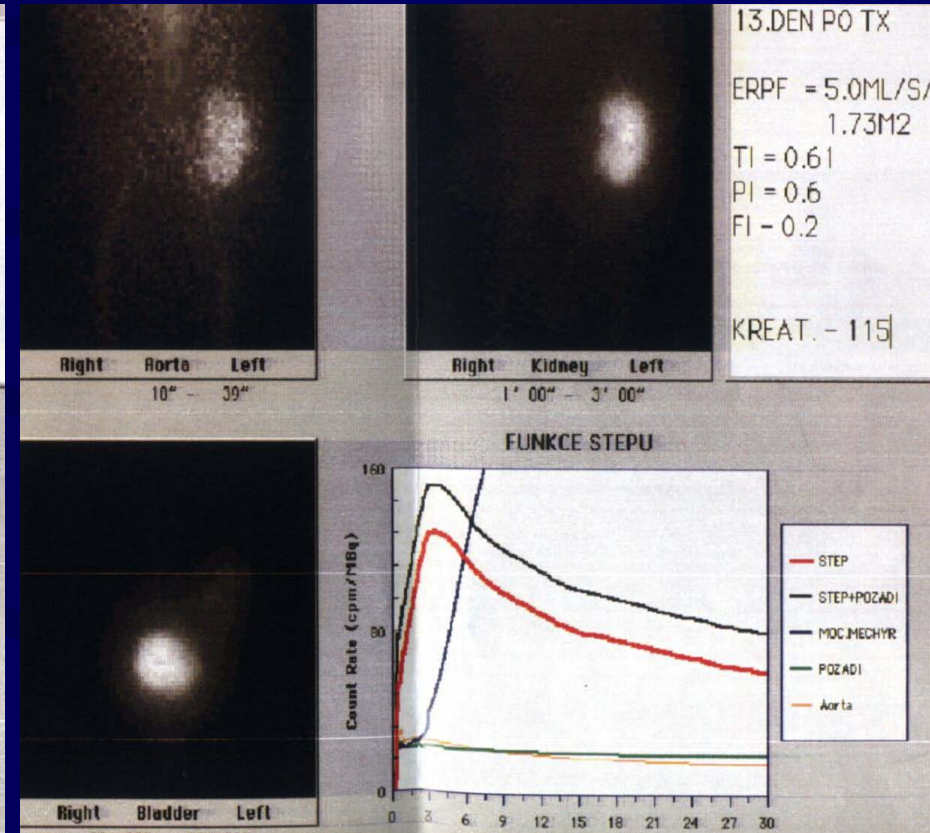
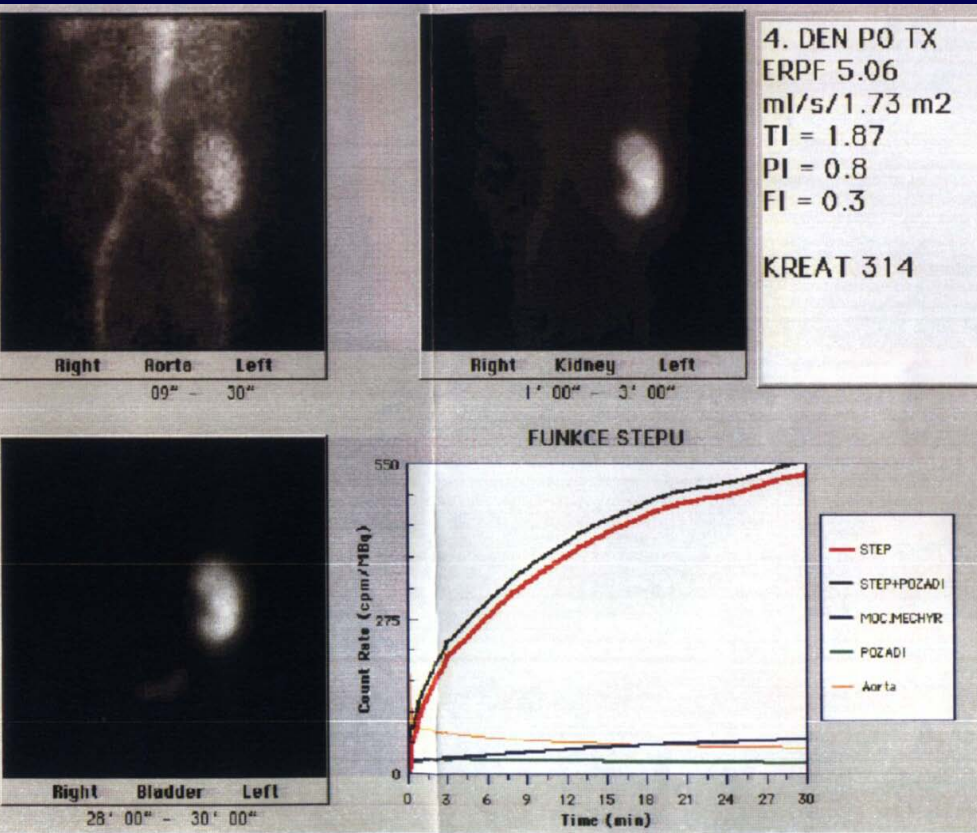
Ledvin. transplantát – chronická rejeckce



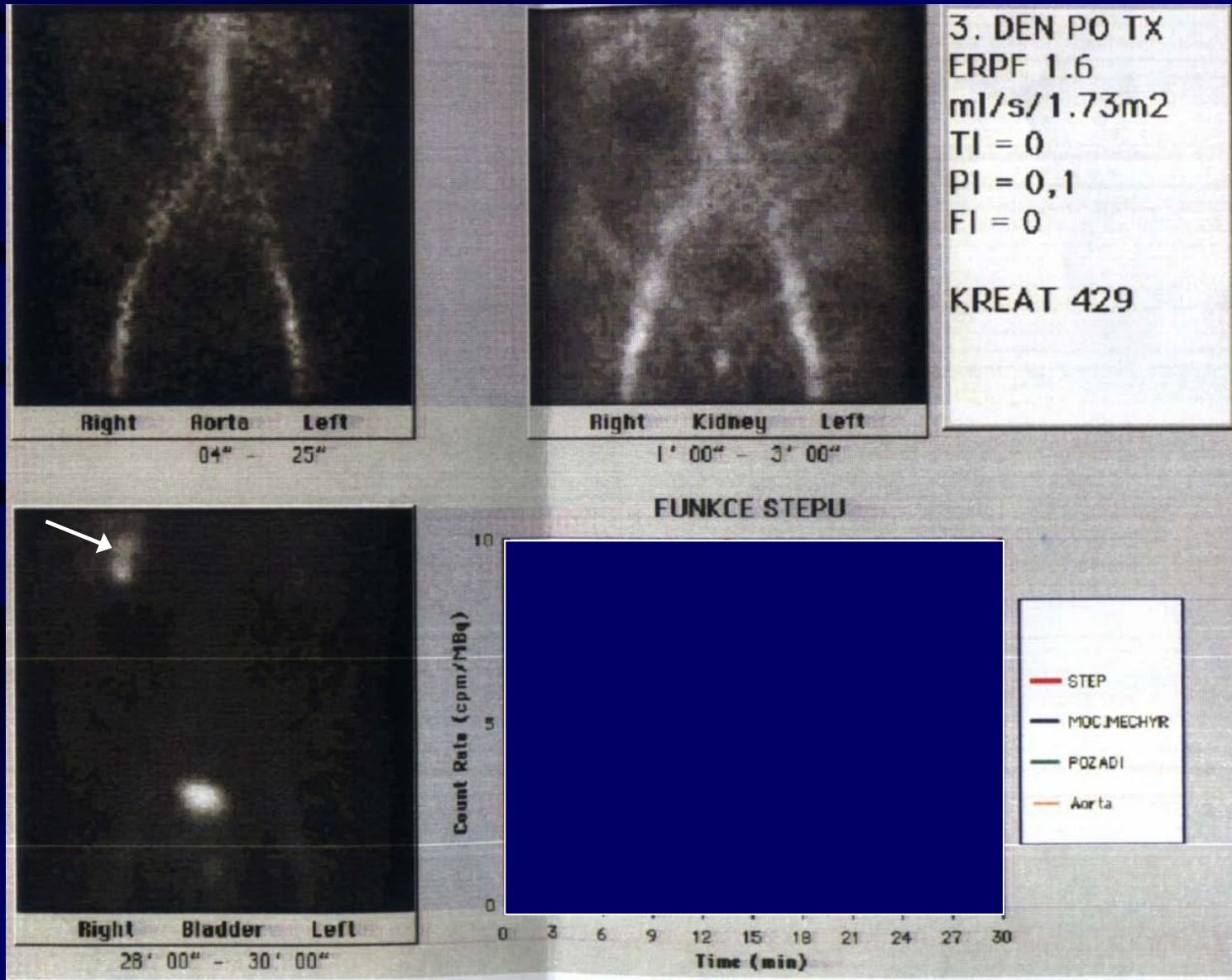
Ledvin. transplantát – akutní tubulární nekróza – postupný ústup



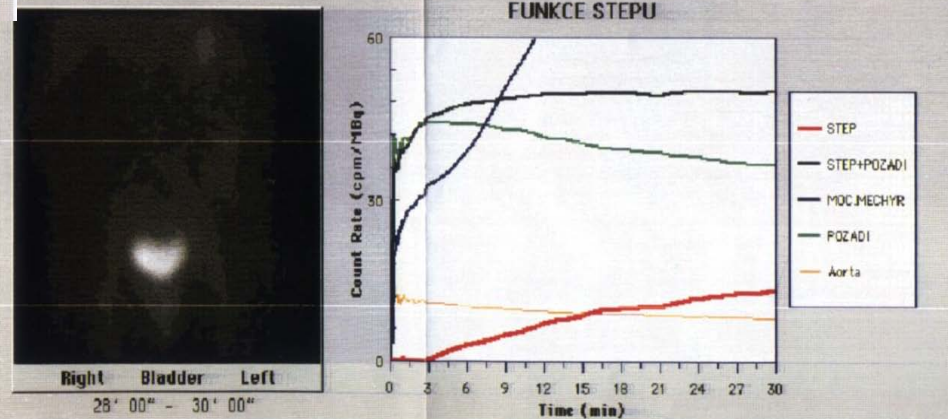
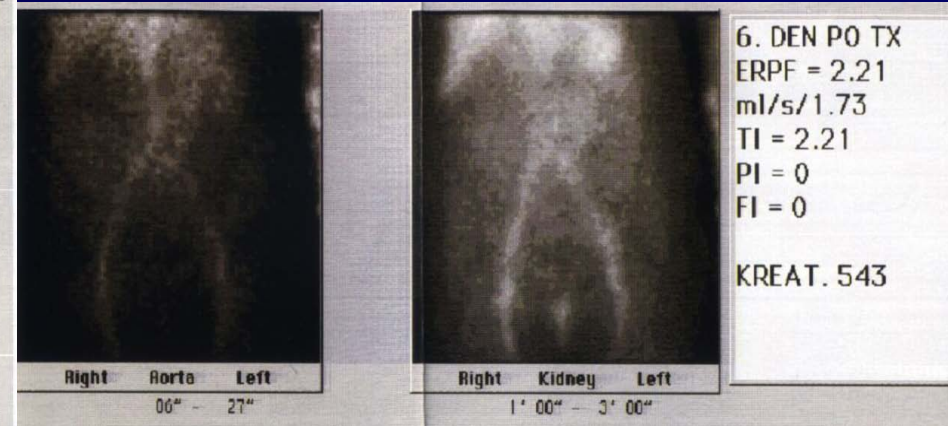
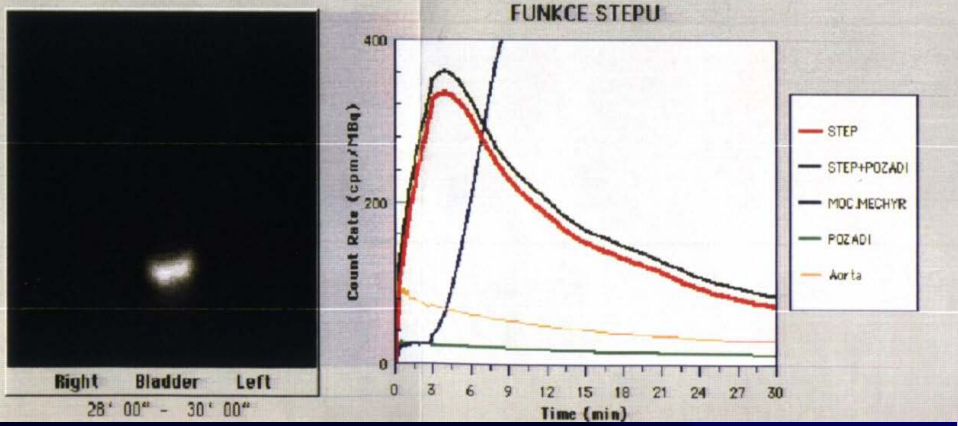
Ledvin. transplantát – akutní tubulární nekróza – postupný ústup



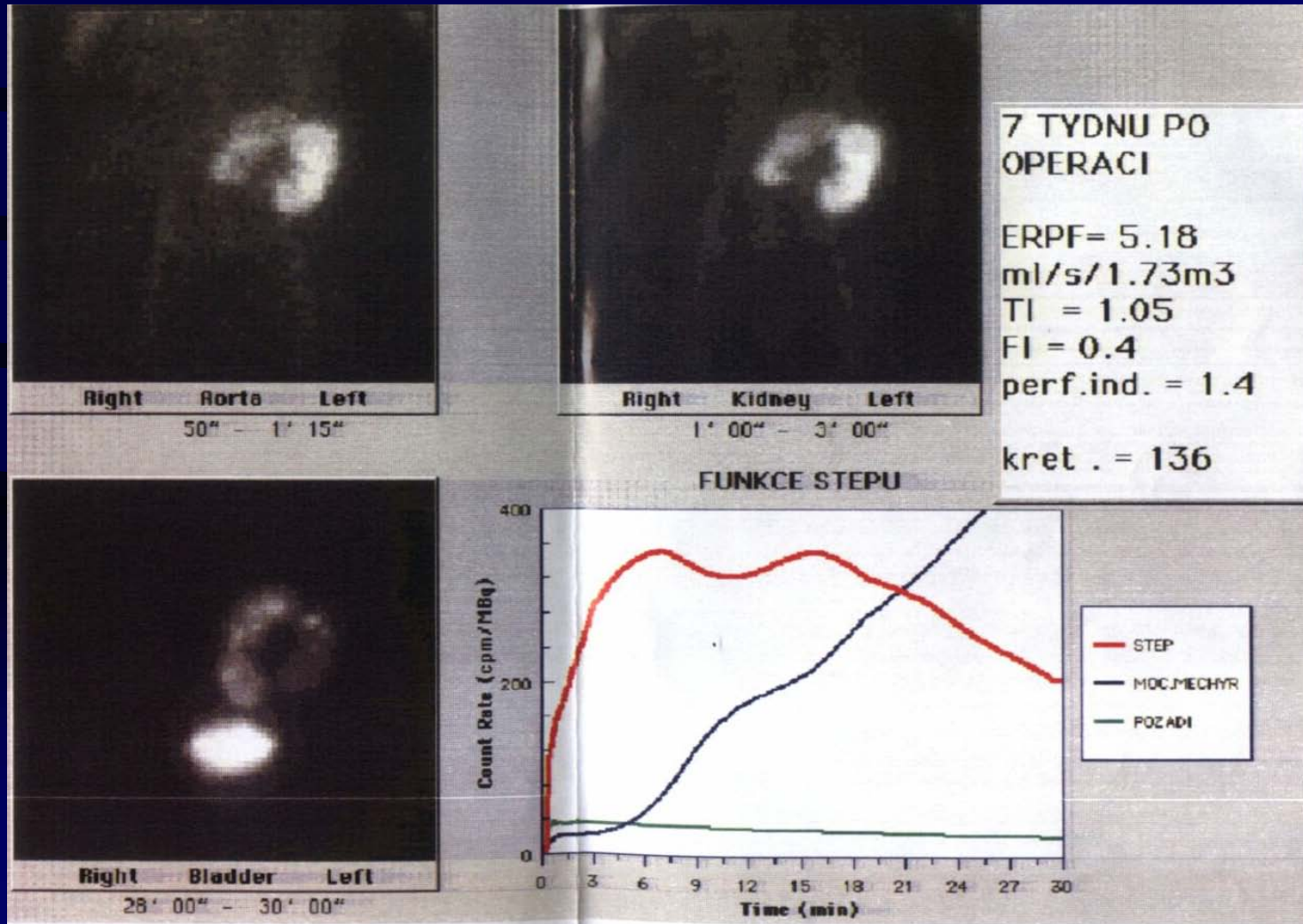
Aperfuze graftu, autologní ledvina vpravo



Trombóza renální žíly - aperfuze graftu



Urinom – únik moči mimo močové cesty, nejčastěji v místě našíť ureteru na transplantát příp. odjinud



**Dynamická scintigrafie ledvin
k detekci renovaskulární
hypertenze**

Účel

Vyšetření slouží především k neinvazivní detekci renovaskulární hypertenze.

Indikace

Podezření na renovaskulární hypertenzi zejména při stavech:

- **náhle vzniklé nebo zvláště těžké hypertenze**
- **rezistence hypertenze na standardní terapii**
- **zhoršení ledvinné funkce po podání ACE inhibitorů**
- **hypertenzní retinopatie III. nebo IV. stupně**
- **vznik hypertenze před 30. a po 55. roce věku**
- **šelest v oblasti břicha**
- **uzávěrové postižení arteriální řečiště v jiné lokalizaci**

Příprava pacienta

- Pacient přichází k vyšetření po 4 hodinovém lačnění, aby nedošlo k poruše resorpce p.o. podaného ACE inhibitoru.

Příprava pacienta

- Podání ACE inhibitoru před dynamickou scintigrafií s ACE-inhibitorovým testem: Captopril 25 - 50 mg p.o. jednu hodinu před vyšetřením rozdrcený a rozmíchaný ve 150-200 ml tekutiny, nesmí zůstat zbytky farmaka na stěně nádoby.
Změření krevního tlaku před podáním ACE inhibitoru a poté každých 10-15 minut až do doby zahájení dynamické scintigrafie ledvin.

Příprava pacienta

- Variantou podání ACE inhibitoru je i.v. aplikace 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Enalaprilatu během 3-5 minut, při nepřekročení maximální dávky 2,5 mg. Dynamickou scintigrafií ledvin lze v tomto případě zahájit již 15 minut p.i.

Příprava pacienta

- Zavodnění pacienta před vyšetřením – dospělá osoba standardně vypije půl litru tekutiny 30 až 60 minut před vyšetřením, u pacientů s výraznou odchylkou hmotnosti od průměru je možno vypočítat objem tekutiny tak, aby pacient vypil 7 ml/kg hmotnosti. Kojenci dostávají vypít navíc jednu porci tekutin proti normálnímu potravnímu režimu. Starší děti dostanou vypít 200-300 ml tekutin.

Příprava pacienta

- Pokud je ze zdravotních důvodů možné, je třeba vysadit již zavedenou dlouhodobou terapii ACE inhibitory na 2-5 dní před vyšetřením v závislosti na délce farmakologického poločasu podávaného léku. Obdobně je vhodné dočasně vysadit i terapii diuretiky.

Příprava pacienta

- Těsně před scintigrafií se pacient vymočí.

Hodnocení

U pacientů s renovaskulární hypertenzí podání léku ze skupiny inhibitorů ACE (např. captopril) blokádou tvorby angiotenzínu II odstraní angiotenzín II dependentní rezistenci eferentní arterioly. Při tom toto nastává výrazná redukce filtračního tlaku v glomerulu s následným poklesem glomerulární filtrace.

Hodnocení

Snížení tvorby primárního ultrafiltrátu v glomerulech vede také následně ke zpomalení transportu radiofarmaka ledvinnými tubuly, což se projeví na scintigramech obrazem perzistence radiofarmaka v ledvinném parenchymu. Vyšetření zjišťující separované parametry glomerulární filtrace ledvin před a po aplikaci inhibitoru ACE může sloužit k detekci renovaskulární hypertenze

Hodnocení

Hodnotí se série scintigramů a histogram četnosti impulsů z aktivity radiofarmaka v oblastech ledvin. Na studii po podání captoprilu se pátrá po známkách poruchy glomerulární filtrace a provádí se srovnání výsledků vyšetření s nálezem bez captoprilu. Pokles glomerulární filtrace ledvin a zpomalení transportu radiofarmaka ledvinným parenchymem v důsledku podání captoprilu se považuje za průkaz hemodynamicky významné stenózy a. renalis s průvodnou renovaskulární hypertenzí.

Dynamická scintigrafie ledvin diuretická

Účel

Vyšetření slouží především k diferenciální diagnostice obstrukční uropatie a prosté dilatace kalichopánvičkového systému ledviny především u dětí.

Indikace

Diferenciální diagnostika prostého rozšíření odvodných močových cest a obstrukční uropatie.

Intervence

I.v. podání furosemidu (1 mg/kg s maximem 20 mg) v 20. minutě dynamické scintigrafie ledviny (režim F+20), současně při aplikaci radiofarmaka (F 0) nebo 15 minut před dynamickou scintografií (F-15).

Nutnou součástí vyšetření, při kterém zbývá na konci dynamické scintigrafie zřetelné množství radiofarmaka v kalichopánvičkovém systému, jsou postmikční scintigramy. Tyto obrazy se nahrávají po přechodném uvedení pacienta do vzpřímené polohy buď jako pokračování dynamické scintigrafie, nebo jako statické scintigramy.

Výsledky

Exkreční frakce

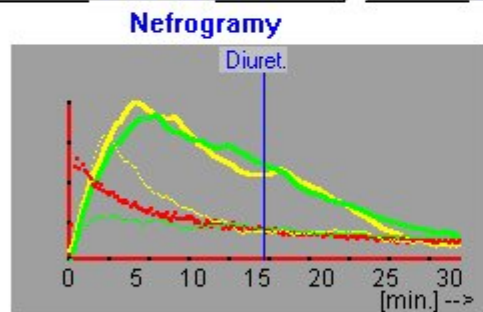
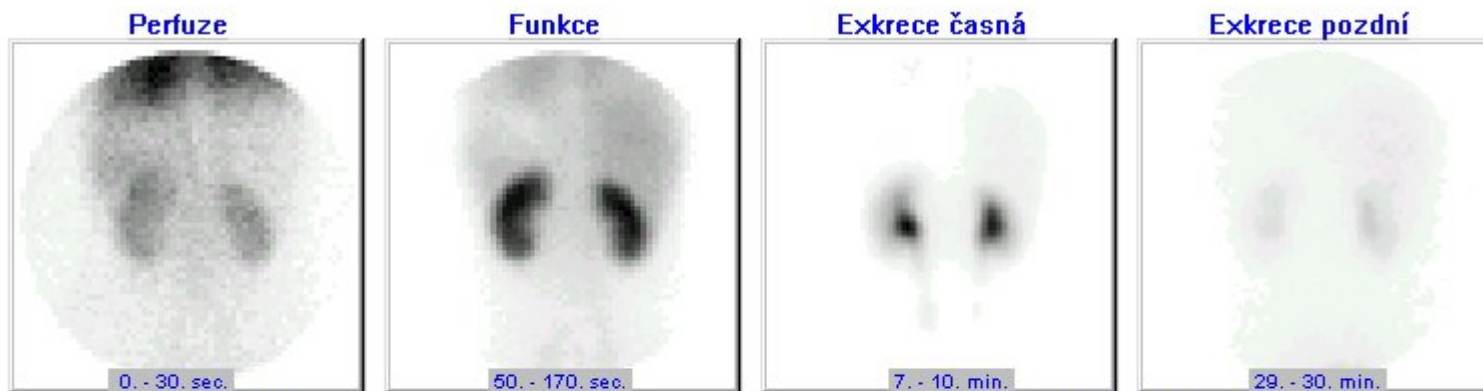
- norma	68% - 90%
- dilatační uropatie	50% - 65%
- obstrukční uropatie	7% - 31%

Tranzitní čas (WKTT max.)

- norma	do 300s
- dilatační uropatie	310s – 600s
- obstrukční uropatie	nad 800s

Dilatační uropatie oboustranně

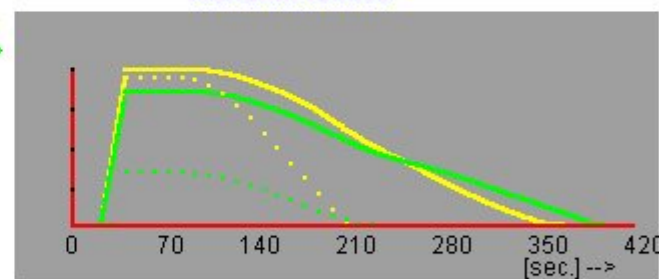
Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy ledvinami



← Levá ledvina →
← Pravá ledvina →

— celá ledvina
..... parenchym

← Blood pool



Poločas clearance = 20 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 7.83 ml/s = 8.70 ml/s/1.73m²
(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 4.19 ml/s = 54 ‰

Čas maxima = 5 min.

T1/2[nativ] = 9 min.

Max. tranzit. čas = 360 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 3.64 ml/s = 46 ‰

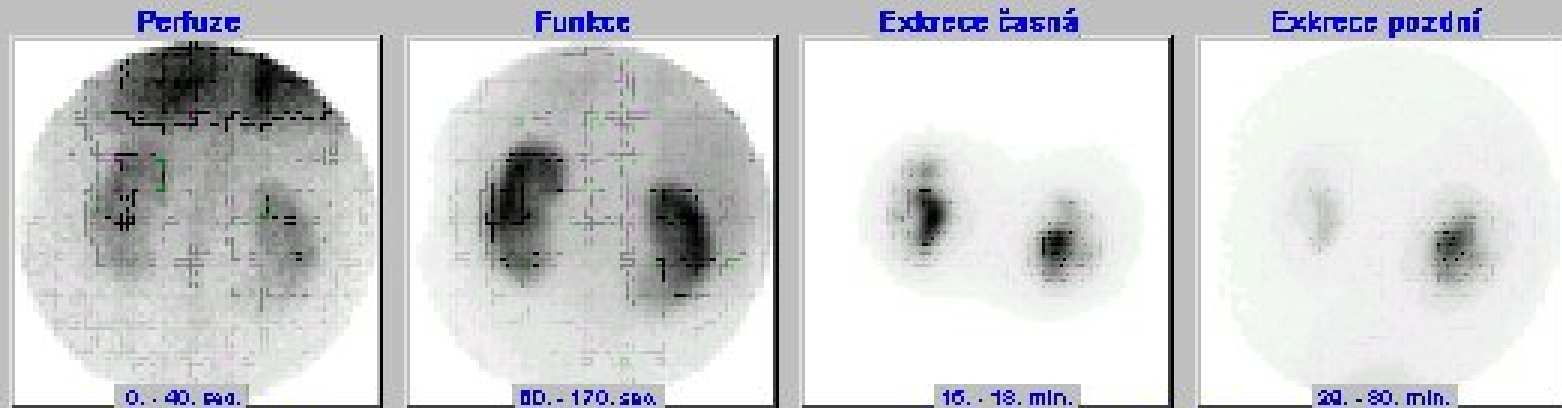
Čas maxima = 6 min.

T1/2[nativ] = 19 min. T1/2(diuret) = 7 min.

Max. tranzit. čas = 390 sec.

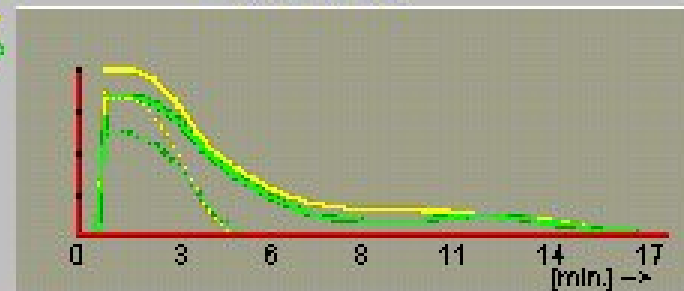
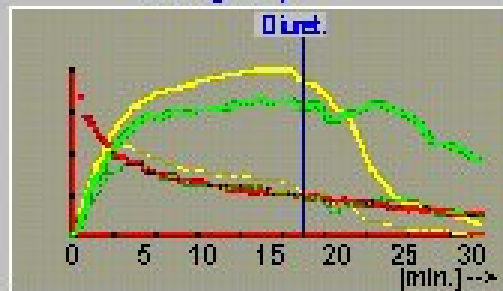
Dilatační uropatie vlevo, parciální obstrukce vpravo – odlišení reakcí na diuretikum

Komplexní matematické zpracování dynamické funkční scintigrafie ledvin



Nefrogramy

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 13 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 15.65 ml/s = 13.14 ml/s/1.73m²
(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 8.59 ml/s = 55 %

Čas maxima = 14 min.

T_{1/2}(natv) = 8 min. T_{1/2}(diuret) = 3 min.

Max. tranzit. čas = 890 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

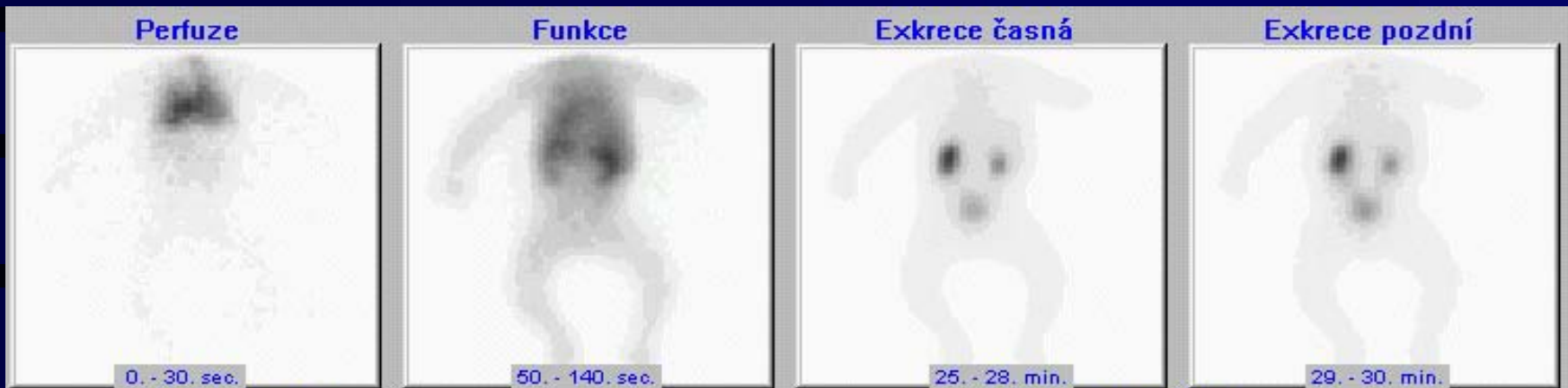
Funkce = 7.06 ml/s = 45 %

Čas maxima = 13 min.

T_{1/2}(diuret) = 9 min.

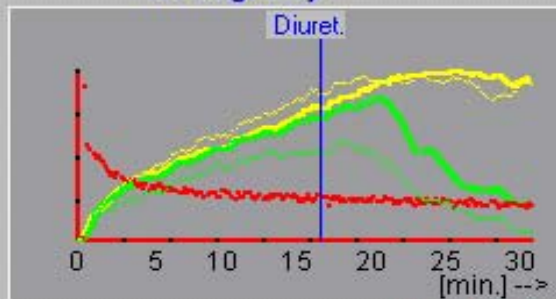
Max. tranzit. čas = 940 sec.

Dilatační uropatie vpravo, obstrukce vlevo – odlišení reakcí na diuretikum

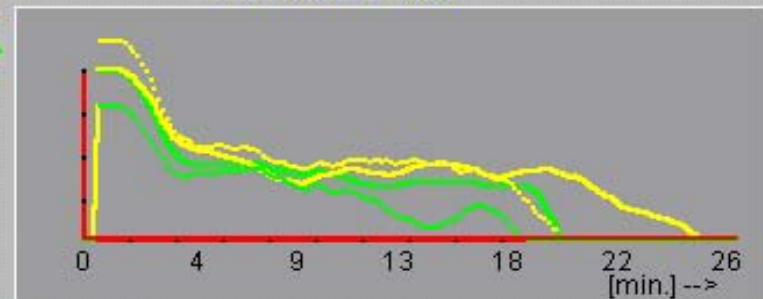


Nefrogramy

Tranzitní funkce



← Levá ledvina →
← Pravá ledvina →
— celá ledvina
..... parenchym
← Blood pool



Poločas clearance = 54 min.

LEVÁ LEDVINA :

Podíl funkce = 50 %

Čas maxima = 25 min.

T1/2 exkrece nekvantifikován

Max. tranzit. čas = 1490 sec.

Exkreční frakce (/30 min) = 31 %

PRAVÁ LEDVINA :

Podíl funkce = 50 %

Čas maxima = 20 min.

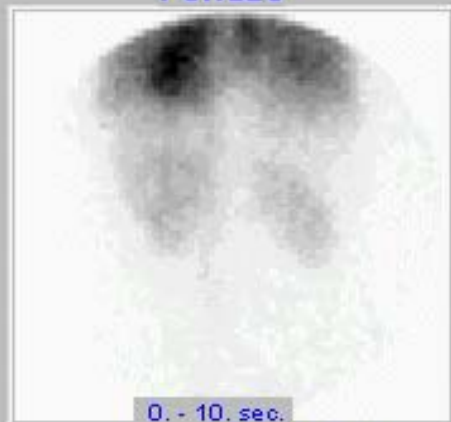
T1/2[diuret] = 6 min.

Max. tranzit. čas = 1150 sec.

Exkreční frakce (/30 min) = 50 %

Dilatační uropatie vpravo

Perfuze



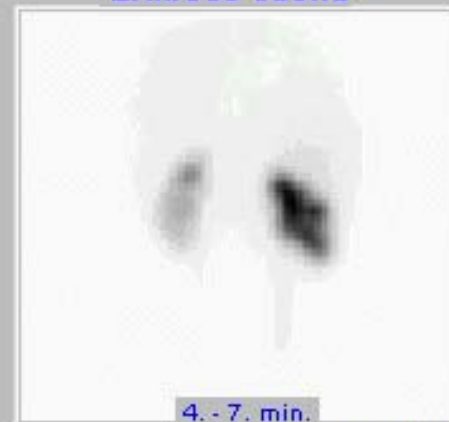
0. - 10. sec.

Funkce



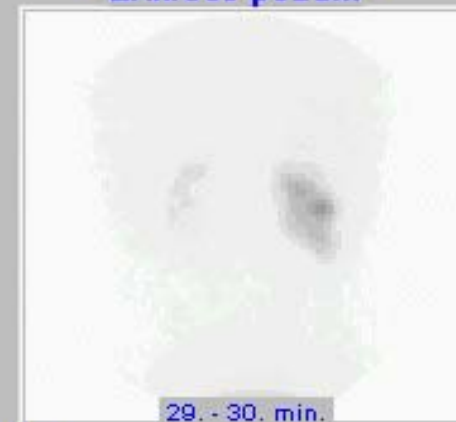
30. - 70. sec.

Exkrece časná



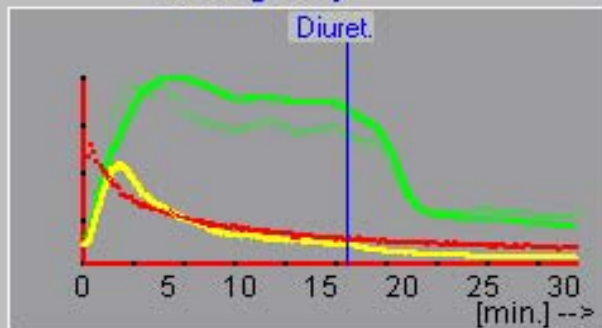
4. - 7. min.

Exkrece pozdní



29. - 30. min.

Nefrogramy



← Prává ledvina →

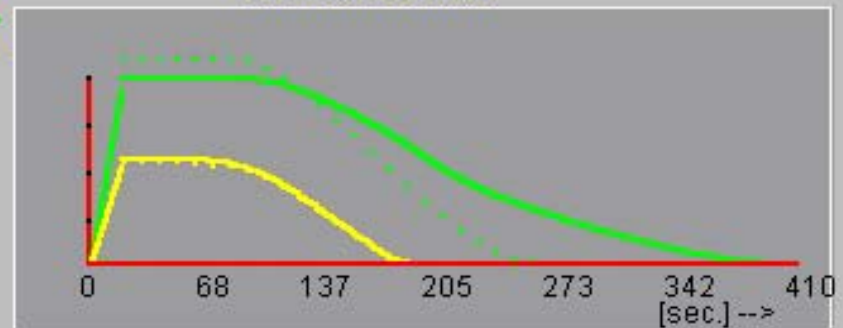
← Levá ledvina →

— celá ledvina

..... parenchym

← Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 22 min.

LEVÁ LEDVINA :

Podíl funkce = 46 %

Čas maxima = 2 min.

T1/2[nativ] = 4 min.

Max. tranzit. čas = 180 sec.

Exkreční frakce (/30 min) = 89 %

PRAVÁ LEDVINA :

Podíl funkce = 54 %

Čas maxima = 5 min.

T1/2[nativ] = 34 min. T1/2[diuret] = 2 min.

Max. tranzit. čas = 380 sec.

Exkreční frakce (/30 min) = 60 %

Destrukce ledviny odlitkovým kamenem – retence radioindikátoru v dutém systému pravé ledviny

0-20sec.

30-50sec.

60-100sec.

2-3min.

3-4min.

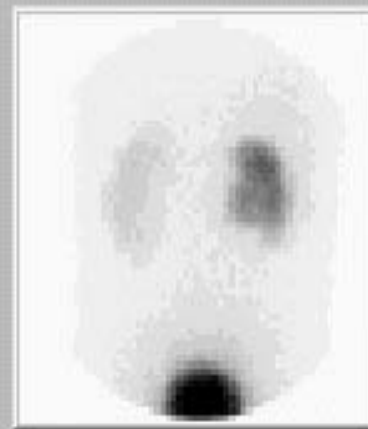
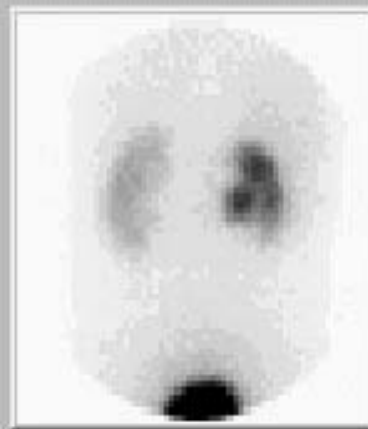
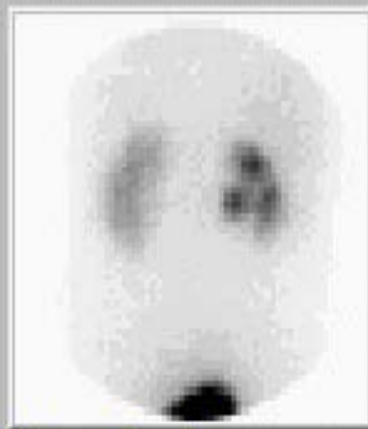
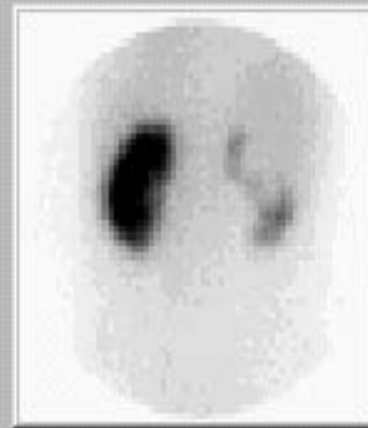
6-7min.

10-11min.

15-16min.

20-21min.

30-30min.

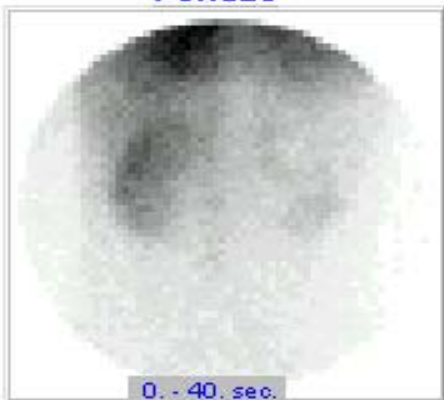


Všechny snímky jsou normovány k maximu snímku v 3.min.

Destrukce ledviny odlitkovým kamenem – úplná obstrukce bez reakce na Furosemid

Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy ledvinami

Perfuze



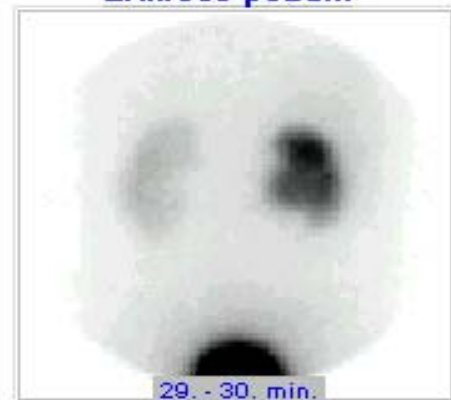
Funkce



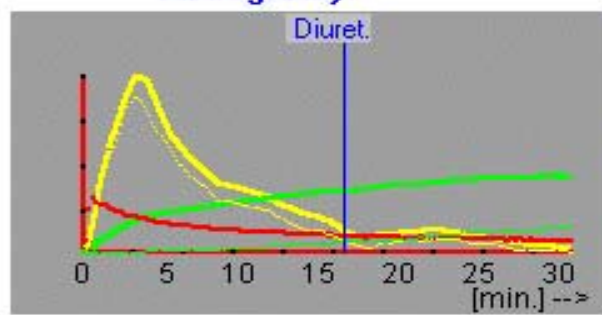
Exkrece časná



Exkrece pozdní

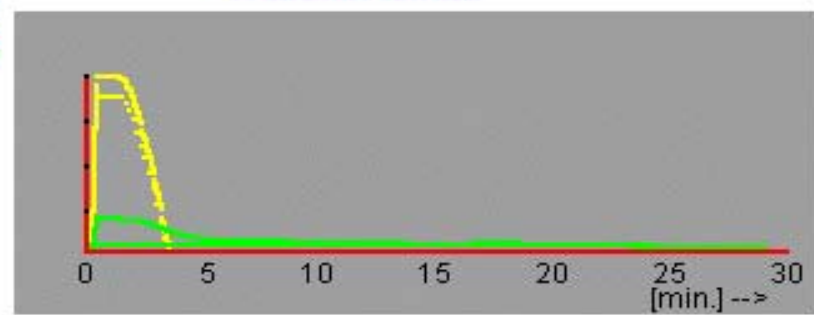


Nefrogramy



← Levá ledvina →
 ← Pravá ledvina →
 — celá ledvina
 parenchym
 ← Blood pool

Tranzitní funkce



Poločas clearance = 25 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 6.88 ml/s = 6.94 ml/s/1.73m²
 (ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 5.91 ml/s = 86 %

Čas maxima = 4 min.

T1/2[nativ] = 4 min. T1/2[diuret] = 4 min.

Max. tranzit. čas = 220 sec.

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 0.97 ml/s = 14 %

Exkrece nekvantifikována

Max. tranzit. čas = 1700 sec.

Závěr

Šíře indikačního spektra a komplexnost diagnostických informací včetně možnosti kvantifikace funkce a drenáže staví dynamickou scintigrafii ledvin na významné místo v paletě zobrazovacích metod uropoetického systému.

Radiační zátěž pacienta

Dynamická scintigrafie ledvin ^{99m}Tc -MAG3

	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,11 močový měchýř	0,007
Děti 5 let	0,18 močový měchýř	0,012

Dynamická scintigrafie ledvin ^{99m}Tc -DTPA

	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,062 močový měchýř	0,0049
Děti 5 let	0,095 močový měchýř	0,009

Vyšetřovací metody ledvinné clearance

Clearancové techniky umožňují stanovit efektivní průtok plazmy ledvinami nebo glomerulární filtraci (dle použitého radiofarmaka). Zakládají se na principu úbytku i.v. podané látky z krve pacienta.

Clearance patří k základním pojmům farmakokinetiky. Je definována jako virtuální objem plazmy, který je za jednotku času zcela očištěn od sledované látky, a to všemi eliminačními mechanismy i metabolismem. Stanovení renální clearance vyžaduje udržování stálé plazmatické koncentrace látky kontinuální infúzí a přísně kvantitativní sběr nebo odběr moči. Orgánovou clearance lze za určitých podmínek nahradit clearancí plazmatickou- tedy sledováním úniku indikátoru z plazmy po jeho jednorázovém intravenózním podání

Provedení

1. Plazmatická clearance stanovená metodami *kompartmentové analýzy- in slope* (metoda in vitro). Po intravenózní aplikaci příslušného radioaktivního indikátoru odebíráme v předem zvolených časových intervalech vzorky krve, v jejichž plazmě zjišťujeme aktivitu.

Předností metod in vitro je, že poskytují přesný údaj a nevyžadují složitější přístroje. Nevýhodou především u dětí je traumatizace pacienta v důsledku opakovaného odběru vzorků krve.

2. Plazmatická clearance stanovená technikami založenými na *zevní detekci* je metodicky náročnější. Měření úrovně záření nad místy více zásobenými krví.

Výhoda způsobu založeného na zevní detekci spočívá v menší traumatizaci dítěte, protože postačuje odběr jednoho, případně dvou vzorků krve. Nevýhodou je nevyhnutelnost použití složitější aparatury a časově poměrně náročné matematické zpracování.

Efektivní průtok plazmy (ERPF)

ledvinami, aproximovaný plazmatickou clearancí, není dosud hodnotou, která by patřila do standardního souboru vyšetřovacích metod klinické nefrologie.

Zvláště však u ledvinného transplantátu je to cenný ukazatel globální funkce štěpu - parametrem globální funkce včetně residuální funkce autologních ledvin.

Radiofarmakum

Pro stanovení přibližné hodnoty efektivního průtoku plazmy ledvinami lze použít ^{131}I nebo ^{123}I -OIH, případně $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3. O funkční kapacitě tubulární poskytují informaci metody využívající jako indikátory některé z tubulárních markerů. Při současné znalosti glomerulární filtrace je možné vypočítat *filtrační frakci* jako podíl GFR/ ERPF.

Měření glomerulární filtrace GFR

Patří mezi základní funkční vyšetření ledvin. Většina onemocnění renálního parenchymu vede dříve či později k poklesu glomerulární filtrace. Stanovení glomerulární filtrace je považováno za nejdůležitější postup pro posouzení kvanta fungujícího renálního parenchymu. Glomerulární filtrace se vyšetřuje většinou jako clearance endogenního kreatininu.

Radiofarmakum

Nejčastěji používanými indikátory pro stanovení hodnoty glomerulární filtrace jsou ^{99m}Tc -DTPA (metody in slope, zevní detekce) a ^{51}Cr -EDTA (jen kompartmentové studie).