

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Šárka Munzarová

Statická a dynamická scintigrafie ledvin

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Iva Metelková, Ph.D.

Olomouc 2014

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Název práce v ČJ: Statická a dynamická scintigrafie ledvin

Název práce v AJ: Static and dynamic kidney scintigraphy

Datum zadání práce: 2013-09-20

Datum odevzdání práce: 2014-04-30

Název vysoké školy, fakulty a ústavu:

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Munzarová Šárka

Vedoucí práce: MUDr. Iva Metelková, Ph.D.

Oponent práce: MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.

Abstrakt v ČJ:

Zkoumanými problémy a zároveň i cíly bakalářské práce je předložení dosavadních publikovaných poznatků o statické, dynamické scintigrafii ledvin a jejich modifikacích. Statická scintigrafie napomáhá posoudit funkce ledvin, jejich relativní podíl na celkové funkci, tvar, potvrdit vrozené vývojové vady a prokázat korové léze u akutní a chronické pyelonefritidy. Dynamická scintigrafie poskytuje informace o poměru funkce, drenáže. Její modifikace poté slouží k posouzení hydronefrózy, diagnostice renovaskulární hypertenze a posouzení stavu a pooperačních komplikací transplantované ledviny. Odborné články nejen z České republiky, ale také ze zahraničí, byly získány pomocí rešerše v odborných elektronických zdrojích, jakými jsou MEDLINE, EBSCO, PubMed, Medvik a ProQuest.

Abstrakt v AJ:

The studied issues and goals of this bachelor thesis are stating the present published findings about static, dynamic kidney scintigraphy and its modifications. Static scintigraphy helps to evaluate kidney functionality, its relative participation on the overall functionality, its shape, to affirm congenital developmental defects and to prove cortex lesions in urgent and chronical pyelonephritis. Dynamic scintigraphy

provide information about its function rate, drainage. Its modification then serves to appraisal of hydronephrosis, diagnosis of renovascular hypertension and condition and postoperative complication evaluation of the transplanted kidney. Specialized articles from both the Czech Republic and foreign countries were obtained thanks to electronic source research, such as MEDLINE, EBSCO, PubMed, Medvik and ProQuest.

Klíčová slova v ČJ:

scintigrafie ledviny, statická scintigrafie, dynamická scintigrafie, renovaskulární hypertenze, onemocnění ledvin

Klíčová slova v AJ:

scintigraphy kidney, static scintigraphy, dynamic scintigraphy, renography, renovascular hypertension, kidney diseases

Rozsah:

47 s./ 5 příloh

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 30. dubna 2014

Podpis

Děkuji MUDr. Ivě Metelkové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování
přehledové bakalářské práce.

Obsah

| | |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| Úvod | 7 |
| 1. Statická scintigrafie ledvin | 9 |
| 1.1. Příprava pacienta před vyšetřením | 9 |
| 1.2. Radiofarmaka | 10 |
| 1.3. Vlastní vyšetření | 11 |
| 1.4. Hodnocení | 12 |
| 1.5. Indikace | 16 |
| 2. Dynamická scintigrafie ledvin | 18 |
| 2.1. Příprava pacienta před vyšetřením | 18 |
| 2.2. Radiofarmaka | 19 |
| 2.3. Vlastní vyšetření | 21 |
| 2.4. Hodnocení | 22 |
| 2.5. Indikace | 26 |
| 3. Modifikace dynamické scintigrafie | 28 |
| 3.1. Furosemidový test | 28 |
| 3.2. Kaptoprilový test | 31 |
| 3.3. Dynamická scintigrafie transplantované ledviny | 34 |
| Závěr | 36 |
| Bibliografické a elektronické zdroje | 38 |
| Seznam zkratk | 45 |
| Seznam příloh | 46 |
| Přílohy | 47 |

Úvod

Nukleární medicína hraje v dnešní době nezastupitelnou roli v diagnostice a léčbě nejrůznějších onemocnění. Ve srovnání s ostatními obory zobrazovacích metod nám neposkytne detailní zobrazení anatomie, ale včas odhalí případné patologické procesy na základě funkční změny orgánu nebo jeho části.

Mezi jedny z nejčastějších vyšetření prováděných na odděleních nukleární medicíny patří nepochybně i statická a dynamická scintigrafie ledvin s jejími modifikacemi. Vyšetření primárně poskytuje informace o funkci ledvin a odvodných močových cest. V dětském věku je scintigrafie ledvin kombinována s dalšími zobrazovacími metodami, které podávají informace o morfologii a dochází tak ke sledování vývoje poruch urogenitálního ústrojí. U dětí se používá především ultrazvukové vyšetření, protože nepracuje s ionizujícím zářením.

Na základě dostupných informací jsou formulovány tyto zkoumané problémy:

1. Jaké poznatky byly publikovány o statické scintigrafii ledvin?
2. Jaké existují informace o dynamické scintigrafii ledvin?
3. Jaké poznatky byly publikovány o modifikacích dynamické scintigrafie ledvin?

Od těchto zkoumaných problémů se dále odvíjí i cíle práce:

1. Předložit dohledané poznatky o statické scintigrafii ledvin.
2. Předložit dohledané poznatky o dynamické scintigrafii ledvin.
3. Předložit dohledané poznatky o modifikacích dynamické scintigrafie ledvin.

Pro formulaci zkoumaných problémů a cílů byla použita následující vstupní literatura:

1. MYSLIVEČEK, Miroslav et al. 2007. *Nukleární medicína – 1.díl*. 1.vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1723-3.
2. URBÁNEK, Jan et al. 2000. *Nukleární medicína*. 3., zcela přeprac.vyd. Jilemnice: Gentiana, 2000. ISBN 8090213391.

3. SEIDL, Zdeněk et al. 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

4. ZIESSMAN, H. A., O'MALLEY, J. P., THRALL, J. H. a F. H. FAHEY, ed. c2014. *Nuclear medicine*. 4.th ed. Philadelphia, Pa.: Elsevier Saunders, c2014. ISBN 978-0-323-08299-0.

Odborná literatura v českém jazyce byla vyhledána pomocí těchto klíčových slov: scintigrafie ledvin, statická scintigrafie, dynamická scintigrafie, renovaskulární hypertenze, onemocnění ledvin. V anglickém jazyce pak: scintigraphy kidney, static scintigraphy, dynamic scintigraphy, renography, renovascular hypertension, kidney diseases.

Přehled dohledaných poznatků byl získán rešerší českých a zahraničních odborných článků a studií, doplněný o odbornou literaturu a jeden internetový zdroj. Rešerše byla prováděna pomocí odborných on-line databází, jako jsou MEDLINE, EBSCO, PubMed, Medvik a ProQuest. Vzhledem k tomu, že počátky dynamické scintigrafie sahají až do 50. let minulého století, bylo do výběru zahrnuto období od roku 1990 do 2014. Na základě použití klíčových slov bylo nalezeno 35 článků v českém jazyce a 50 článků v anglickém jazyce. Po pečlivém prostudování bylo použito 28 článků v českém jazyce a 21 v anglickém jazyce. 36 článků nebylo pro bakalářskou práci použito. Důvodem byly nejčastěji příliš detailní či naopak nedostatečné informace.

Na základě takto dohledaných informací byla práce rozdělena do tří kapitol. První kapitola je zaměřena na statickou scintigrafii ledvin, druhá kapitola se věnuje dynamické scintigrafii a v poslední, třetí kapitole, jsou popsány nejčastější modifikace dynamické scintigrafie. Každá kapitola obsahuje základní princip scintigrafické metody, přípravu pacienta, průběh samotného vyšetření, jeho hodnocení a nejčastější indikace. A to nejen u dospělých pacientů, ale i u dětí, protože právě u nich má včasné zjištění diagnózy zásadní význam.

1. Statická scintigrafie ledvin

Hlavním cílem této vyšetřovací metody je snaha o co nejkvalitnější zobrazení funkčního parenchymu ledvinné kůry, především jeho přechodné nebo trvalé poškození, a zjištění poměru funkce obou ledvin (Koranda In Kupka, 2007, s. 111). Skorčíková uvádí, že ne vždy je možné odlišit rozšíření dutého systému ledviny od obstrukce močových cest pomocí dalších neinvazivních metod, a proto bývá indikováno právě toto radioizotopové vyšetření (Skorčíková, Miháleková, 2008, s. 28). Scintilační kamera zachytí obraz intrarenální distribuce radiofarmaka. To je po nitrožilní aplikaci vychytáváno v tubulárních buňkách a zůstává zde po určitou dobu také akumulováno. Tímto vyšetřením získáváme poznatky nejen o rozložení funkčního parenchymu v ledvině, ale i o velikosti a uložení orgánu, jeho tvaru a zjišťujeme případné narušení makrostruktury (Urbánek et al., 2000, s. 100).

1.1. Příprava pacienta před vyšetřením

Před vyšetřením je nutné klást důraz především na dostatečnou hydrataci pacientů. Pacient by měl minimálně půl hodiny před začátkem vyšetření vypít půl litru tekutiny. U dětí se upravuje objem nápoje podle hmotnosti. Pokud pacient není schopný perorálního příjmu tekutiny, je nutné použít intravenózní infuzi. Příjem tekutiny urychluje transport moči s radiofarmakem v kalichopánvičkovém systému, nedochází tak ke znehodnocení kvality vyšetření. U dětských pacientů je potřebné zajistit stabilní polohu během celé doby vyšetření (Koranda In Kupka, 2007, s. 107-108). Skorčíková a Miháleková upozorňují také na minimalizování psychických stresujících faktorů, klidné prostředí s dostatkem času na vyšetření a možnost přítomnosti rodiče u vyšetření (Skorčíková, Miháleková 2008, s. 28). Zatímco menší kojence lze uklidnit nakojením, u starších dětí ve věku od 7 měsíců do 2 let je nutná sedace (Slavíčková, 2008, s. 89). Před vlastním zahájením vyšetření je nutné, aby se pacient vymočil a došlo tak k vyprázdnění močového měchýře (Lang, Hlůžová, 2008, s. 17).

1.2. Radiofarmaka

Ačkoli v minulosti byla používána větší řada radiofarmak, v současnosti patří mezi nejčastěji aplikovaná radiofarmaka při statické scintigrafii ^{99m}Tc – glukonátové nebo glukohoheptonátové komplexy, především pak $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ (kyselina dimerkaptojantarová) (Urbánek et al., 2000, s. 100). V případě normální funkce ledvin je toto radiofarmakum vylučováno tubulární sekrecí a jen částečně glomerulární filtrací. Množství kortikální akumulace v ledvině je závislé na renálním krevním průtoku a na neporušenosti buněk proximálního tubulu. $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ se naváže na cytoplazmatické proteiny proximálních tubulů a horní části Henleyovy kličky (Chroustová, 2005, s. 552). 60 % radiofarmaka je kumulováno v parenchymu a maxima dosahuje za 2-6 h po aplikaci (Lang, Hlůžová, 2008, s. 17). Jiní autoři tvrdí, že je to zhruba 40-50 % dávky (Ziessman, O'Malley, Thrall, 2014, s. 173–174). Po 24 hodinách se močí vyloučí 30-40 % podaného radiofarmaka. Onemocnění, která postihují proximální tubuly, jako je renální tubulární acidóza a Fanconi syndrom, inhibují jeho vychytávání. Také u pacientů s nízkou renální funkcí, nemusí vyšetření podat dostatečné diagnostické informace. Vysoce kvalitní snímky lze získat při použití pinhole kolimátoru nebo SPECT (Ziessman, O'Malley, Thrall, 2014, s. 173–174). $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ je aplikována intravenózně o aktivitě 1-2 MBq/kg hmotnosti pacienta. Dospělým pacientům je podávána dávka o aktivitě 70-190 MBq, u dětí je dávka stanovena podle váhy. Zatímco Lang a Hlůžová (2008, s. 18) se zmiňují o minimální aplikované radioaktivitě o velikosti 20 MBq, Skorčíková a Miháleková (2008, s. 29) doporučují minimální radioaktivitu 30 MBq. Pro stanovení množství se používají tabulky EANM (Slavíčková, 2008, s. 89).

Dalším radiofarmakem, o kterém se zmiňuje literatura, je $^{99m}\text{Tc-GH}$ (glukoheptonát). Toto radiofarmakum je částečně koncentrováno a vylučováno močí a částečně vázáno v renálních tubulech. 10-20 % podané aktivity je akumulováno v proximálních tubulech kůry za 2 hodiny a snímky mohou být snímány již za 20-30 minut po aplikaci (Mandell et al., 1997, s. 1645).

1.3. Vlastní vyšetření

Po nitrožilní aplikaci radiofarmaka provádíme za 2-3 hodiny snímání distribuce aktivity. Jak uvádí Koranda, časový odstup je důležitý - menší část radiofarmaka je fyziologicky vyloučena do moči. Pokud by došlo k poruše drenáže ledviny, může být radiofarmakum delší dobu zadržováno v kalichopánvičkovém systému ledvin a to by negativně ovlivnilo hodnocení získaných skenů. V případě velice těžké poruchy drenáže se doporučuje doplnit standardní vyšetření o další scintigramy, které budou provedeny v delším časovém odstupu (Koranda In Kupka, 2007, s. 112). Délka vyšetření závisí na podané aktivitě (Skorčíková, Miháleková, 2008, s. 29).

V dnešní době nám k detekci distribuce radiofarmaka slouží scintilační kamery, které mají velké zorné pole a jsou opatřeny kolimátory s vysokou rozlišovací schopností. Fotopík se nastavuje na 140 keV, šíře okna analyzátoru na 15-20 %, obrazová matice je 256 x 256 pixelů. Na jeden obraz je potřeba 200 000 (děti) – 400 000 (dospělí) impulzů. Pokud používáme kolimátor pinhole, záznam obrazu trvá 5 minut (Lang, Hlůžová, 2008, s. 18). V některých nemocnicích bývá snímání prováděno na 500 000 impulzů s kolimátorem LEHR a maticí 256 x 16 (Slavičková, 2008, s. 89) či 128 x 128 (Doležal, 2008, s. 251)

Počet projekcí se u různých autorů liší. Koranda popisuje, že vyšetření je prováděno vleže v zadní a zadních šikmých projekcích, přičemž sklon kamer je -120 a +120 stupňů. Přední projekce se provádí k přesnému výpočtu poměru funkce ledvin, případně k posouzení tvarových anomálií či ektopie ledviny (Koranda In Kupka, 2007, s. 112). Slavičková doplňuje ještě zadní projekci ve stoje při vyšetření dětí (Slavičková, 2008, s. 89).

Základní projekce mohou být doplněny o SPECT (jednofotonová emisní výpočetní tomografie) nebo scintigramy kolimátorem pinhole (Lang, Hlůžová, 2008, s. 18), které se provádí především u tvarových anomálií a vrozených vývojových vad (Slavičková, 2008, s. 89). SPECT bývá u řady autorů upřednostňován před planární scintigrafii kvůli velké senzitivitě při detekci kortikálních změn. Naopak jiní autoři souhlasí s tím, že SPECT je velice kvalitní metodou pro podávání informací o změnách renálního parenchymu, ale z pohledu detekce kortikálních defektů nezjistili ve srovnání s planární scintigrafii významnější přínos. Na přínos pinhole obrazů

poukazuje ve své studii Chroustová. Kolimátor typu pinhole je obecně využíván u zobrazování menších orgánů (například u scintigrafie štítné žlázy), obraz je zvětšený, převrácený, umožňuje detailnější zobrazení orgánu a lepší rozlišení. Pinhole obrazy tedy podávají detailnější obraz renálního parenchymu, ovšem samotné pinhole obrazy by byly nedostatečné, jelikož neumožňují posoudit celkovou akumulaci radiofarmaka v ledvinách a stanovit izolovaně funkci levé a pravé ledviny. Pokud je však statická scintigrafie ledvin doplněná o tyto obrazy, stává se preciznějším vyšetřením a poskytuje lepší posouzení počtu a rozsahu parenchymových změn (Chroustová et al., 2005, s. 551-556).

Předností statické scintigrafie je (na rozdíl od dynamické) možnost odlišit hloubku uložení pravé a levé ledviny od povrchu zad a to díky obrazům ledvin nejen v zadní, ale i přední projekci (Koranda In Kupka, 2007, s. 112).

1.4. Hodnocení

Za fyziologicky normální nález se považuje homogenní obraz korové distribuce radiofarmaka, případně s drobnými nerovnými okraji, které jsou způsobeny dýchacími pohyby (Lang, Hlůžová, 2008, s. 17).

The Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology definoval snímky, které se objevují při studii pomocí radiofarmaka $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ a jsou fyziologické (Rossleigh, 2001, s. 91):

1. Okraje ledvin jsou kulaté a objevuje se kontrast mezi aktivnější vnější částí a méně aktivní vnitřní částí.
2. Okraj může být plochý bez viditelné léze.
3. Laterální část horní poloviny levé ledviny může být zploštělá a dokonce i konkávní.
4. U kojenců a batolat může mít ledvina trojúhelníkovitý tvar s plochými stranami.
5. Štíhlá ledvina, charakterizovaná krátkou příčnou osou ze zadního pohledu, je obvykle normální a odpovídá otočené ledvině.

6. Příčná osa může být kratší u horního nebo dolního pólu ledviny, dává jí „hruškovitý“ tvar.

7. Zejména horní pól se může jevit jako patologicky hypoaktivní, protože kontrastuje s hyperaktivní columna Bertini.

8. Počet a velikost sloupců columna Bertini se může u pacientů lišit.

V případě ložiskových i difúzních patologických procesů bývá homogenita narušena. Specificita vyšetření však není natolik vysoká, abychom určily jasnou etiologii. Prostorová rozlišovací schopnost je z fyzikálních důvodů nižší než u rentgenologických vyšetření, která jsou zaměřena primárně na morfologii (Urbánek et al., 2000, s. 100).

Významnou roli u hodnocení morfologie ledvin zaujímá především sonografie, která má lepší rozlišovací schopnost. Ovšem pokud chceme informace i o funkční zdatnosti ledvinné tkáně, zůstává scintigrafie stále hojně využívanou metodou, a to především u detekcí pyelonefritických funkčních defektů ledvinné kůry (Koranda In Kupka, 2007, s. 112). Stále je však diskutováno, zda by se statická scintigrafie ledvin u podezření na akutní pyelonefritidu měla stát rutinním vyšetřením či jen dodatkovou metodou (Bláhová, Janda, Křížová, 2002, s. 547). Jak však udává Slavičková (Slavičková, 2008, s. 89), statická scintigrafie se stala, podle statistik nefrologických poraden, jedním z nejčastěji indikovaných vyšetření u dětských pacientů a na některých pracovištích je jí dávana přednost před ultrasonografií i vylučovací urografií.

Akutní pyelonefritida (APN) se vyznačuje nehomogenní distribucí radiofarmaka ve funkční tkáni - s jedním nebo více ložisky, které vykazují sníženou akumulaci radiofarmaka bez ztráty objemu a změnou funkce separované ledviny. V některých případech může dojít k trvalému poškození parenchymu (Lang, Hlůžová, 2008, s. 17). Difúzní snížení akumulace radiofarmaka však nemusí být známkou pouze akutní pyelonefritidy, ale může být také způsobeno zánětem zvětšené ledviny (Chroustová et al., 2005, s. 552).

Zatímco pro diagnostiku akutní parenchymové léze i jizvení je statická scintigrafie metodou „zlatého standardu“, není zcela jednotný názor na využití statické scintigrafie u diagnostiky pyelonefritidy v akutní fázi. Zastánci vyšetření argumentují často

obtížnou a chybnou diagnózou na základě klinických, laboratorních parametrů a sonografickém vyšetření. Dalším argumentem je možnost selekce dětí s vysokým rizikem rozvoje následného jizvení parenchymu. Naopak odpůrci vyšetření považují tuto metodu za zbytečnou, protože polovina akutních lézí je pouze přechodná a během několika měsíců dojde k normalizaci nálezu. Studie, která byla provedena ve Fakultní nemocnici Motol, však na základě výsledků doporučuje provádět statickou scintigrafii u kojenců a batolat s akutním zánětem močových cest vždy při diagnostických rozpacích. Zároveň však dodávají, že u pacientů, kteří měli normální nálezu v akutní fázi, není nezbytné doplňovat kontrolní vyšetření (Křížová, Bláhová, 2004, s. 91). Jaksic doplňuje, že včasná scintigrafie pomocí $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ napomáhá k diagnostice dokonce i u pacientů s negativní kultivací moče a může snížit četnost cystografií (Jaksic et al., 2011, s. 37).

I ultrasonografie může v některých případech zachytit zánětlivé změny, a to tehdy, jestliže dochází ke změně echogenity ledvinného parenchymu, edému části ledviny nebo ke ztrátě kortikomedulární diference. U dětí s akutní pyelonefritidou se však změny při ultrazvukovém vyšetření objeví jen ve 40 %. Štarha a kolektiv srovnávají vyšetření ledvin ultrazvukem s B záznamem a energetickým dopplerovským záznamem (který disponuje větší citlivostí) se statickou scintografií. Zatímco při použití radiofarmaka $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ je senzitivita 91 % a specificita 99 % (ve srovnání s histopatologickými nálezy), nespornou výhodou ultrasonografie je časová, finanční nenáročnost, komfortnost a neinvazivnost. Nevýhodou jsou pohybové artefakty při pohybu vyšetřovaného, vyšetření se tak stává téměř nemožným u dětí předškolního věku, které jsou neklidné a neschopné vyšetření v apnoické pauze. Ze studie vyplývá, že ultrazvukové metody nejsou dostatečně přínosné pro diagnózu APN v dětském věku ve srovnání s $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ scintografií (Štarha et al., 2003, s. 135-136). Mandell dodává, že výpočetní tomografie (CT) má podobnou senzitivitu a specificitu pro detekci akutní pyelonefritidy, ale zvyšuje se riziko reakce na kontrastní látku a je zde větší radiační zátěž (Mandell et al., 1997, s. 1646)

Akutní pyelonefritida může u dětí často přejít v parenchymové jizvení (Chroustová, 1998, s. 270). Evropská společnost nukleární medicíny doporučuje statickou scintigrafii ledvin jako metodu první volby pro diagnostiku renálního jizvení. Senzitivita vyšetření je na rozdíl od CT, vylučovací urografie či sonografie vyšší (Křížová, Bláhová, 2004, s. 91). Renální jizva se na scintigrafickém obraze zobrazuje

jako defekt akumulace, který je způsobený kontrakcí a ztrátou funkčního ledvinného parenchymu. Při okraji ledviny se objevují klínovité defekty, kortex je ztenčený, oploštělý (Chroustová et al., 2005, s. 552). Toto ledvinné poškození je trvalého charakteru a v pozdějším věku se může projevit hypertenzí, proteinurií a s progresivní ztrátou parenchymu až ledvinným selháním. Chroustová spolu s dalšími spolupracovníky zkoumala citlivost statické scintigrafie při vývoji parenchymových jizev po akutní pyelonefritidě. Rozhodující pro studii byl věk dětí a přítomnost rizikových faktorů, kterými byly opakované infekce močových cest (IMČ) a vezikoureterální reflux (VUR). V rámci studie bylo vyšetřeno 118 dětí s klinickou diagnózou APN, děti byly rozděleny do 3 skupin podle věku. 1. skupinu tvořilo 53 dětí do 1 roku věku, 2. skupina byla zastoupena 49 dětmi ve věku 1-5 let a 3. skupina 16 dětmi ve věku nad 5 let. Ložiskové změny byly prokázány u 46 dětí, z nichž jich 32 bylo opětovně vyšetřeno v časovém úseku 3 měsíce až 1,5 roku od prvního vyšetření. Oba výsledky byly porovnány a hodnoceny z hlediska přetrvání, zlepšení či normalizace patologického nálezu. Studie ukázala, že až 66 % parenchymových změn bylo reverzibilních, nejvíce dětí s přetrvávajícím nálezem bylo ve věku 1-5 let. Dále se zjistil častější výskyt jizev u dětí s VUR a s rekurentní IMC. Z výzkumu vyplynulo, že statická scintigrafie je validní metodou pro určení renálních jizev při akutní pyelonefritidě u dětí. Pokud chceme posoudit rozvoj jizvení, je nutný kontrolní scintigrafické vyšetření obvykle za 6 měsíců (Chroustová et al., 1998, s. 270).

Chronická atrofická pyelonefritida může přejít v refluxovou nefropatii, pro kterou je typická přítomnost jizev nebo sraštění celé ledviny. Ledviny postižené chronickými záněty jsou téměř vždy menší velikosti, často s nehomogenní distribucí a sníženou akumulací radiofarmaka (Chroustová et al., 2005, s. 552).

Hodnoty separované funkce ledvin získáváme díky matematické analýze. Nejprve se však musí na planárních snímcích vymezit oblasti zájmu. Lang a Hlůžová ve své práci uvádějí tento postup analýzy obrazů: *„Díky vymezení oblasti zájmu (ROI) na planárních obrazech získáme pomocí matematické analýzy hodnoty separované funkce ledvin, a to i v případě atypického uložení či insuficience ledvin. Výpočet separované funkce ledvin se provádí podle geometrického průměru četností impulsů v zadní i přední projekci. Zpracování tomografických řezů ve třech rovinách a následná trojrozměrná rekonstrukce napomáhá k lepšímu odlišení normálních a patologických nálezů.“* Po zjištění kumulace $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ v ledvině, popřípadě hloubky orgánu,

odhadujeme velikost funkční tubulární masy, což umožňuje velmi přesnou detekci ložiskových lézí, zjišťujeme separovanou funkci ledvin (Lang, Hlůžová, 2008, s. 17) a vyhodnocujeme funkční stranové symetrie (Urbánek et al., 2000, s. 100).

1.5. Indikace

Za vhodné indikace ke statické scintigrafii ledvin je možné považovat přesné stanovení poměru funkce ledvin, detekce funkčních defektů s cílem potvrdit nejednoznačnou diagnózu akutní pyelonefritidy (Koranda In Kupka, 2007, s. 112), potvrzení postpyelonefritických funkčních lézí (jizev) po 6 měsících (nebo později) po akutním infektu nebo u dětí, u kterých byl prokázán vezikoureterní reflux (Slavičková, 2008, s. 89), potvrzení afunkce nebo chybění jedné z ledvin, detekce ektopicky uložené ledviny, ověření tvarových anomálií (například ren arcuatus nebo příl. 1, s. 48) (Koranda In Kupka, 2007, s. 112), diagnostika vrozených vývojových vad, hypoplazie, ageneze, průkaz funkčního rezidua svaštělé ledviny (Urbánek, 2000, s. 100), dystopie ledvin (viz příl. 2, s. 49), stanovení relativní funkce (Vižda, 1998, s. 20).

Jako příklad uvádí Kraft kazuistiku 71 leté pacientky s karcinomem prsu, u které byla provedena kromě scintigrafie skeletu i scintigrafie ledvin. Scintigrafie ledvin prokázala po aplikaci 120 MBq $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ sakrální dystopii pravé ledviny. Výsledek vyšetření vedl nejen k zabránění chybné interpretace nálezu na kostním scintigramu, ale také pomohl stanovit možné příčiny onemocnění uropoetického systému (Kraft, 1998, s. 23-24).

Konkrétní případ využití scintigrafie pro stanovení funkce a stavu parenchymu popisuje také Doležal - šestnáctiletému chlapci se střelným poraněním levé ledviny byla provedena statická scintigrafie ledvin. Metoda umožnila přesně zjistit rozsah jizvy po poranění a posoudila funkce zbývající části ledviny (Doležal, 2008, s. 251).

Šmakal popisuje důležitost statické scintigrafie pro správnou volbu léčebné taktiky u vrozené vývojové vady - zdvojené ledviny (viz příl. 3, s. 50). Statická scintigrafie zhodnotí funkci dolního a horního segmentu zdvojené ledviny, přesněji řečeno relativní poměr funkce segmentů v rámci sledované ledviny i podíl event. hypofunkčního segmentu na celkové ledvinné funkci. Při podezření na úplnou afunkci

horního segmentu nebo vzácně úplnou afunkci dolního segmentu je nutno porovnat rozměry parenchymu ledviny na scintigramu a při ultrazvukovém (UZ) vyšetření. Diskrepance mezi rozměry – „menší“ ledvina na scintigramu a „větší“ při UZ vyšetření - potvrdí afunkci jednoho ze segmentů a nedojde tak k chybnému hodnocení. Pro většinu pacientů je proto ke stanovení správného léčebného postupu potřeba ultrazvukové vyšetření, statická scintigrafie a mikční cystoureografie (Šmakal, 2010, s. 317). Jak dodává Koranda et al., méně častou indikací k vyšetření je verifikace ložiskového zmnožení funkčního ledvinného parenchymu typu columny Bertini (Koranda et al., 2005, s. 311).

2. Dynamická scintigrafie ledvin

Dynamická scintigrafie ledvin je celosvětově jedním z nejčastějších vyšetření uropoetického systému, které se provádí na odděleních nukleární medicíny (Dedek, Ullmann, 2006. s. 11). Samotná historie dynamické scintigrafie sahá již na počátek 50. let. V průběhu času a s rozvojem techniky došlo k jejímu zdokonalení, princip však zůstává i nadále stejný – sledování distribuce radiofarmaka v závislosti na čase při vylučování z ledvin (Urbanová, Vižďa, 1999, s. 10). Jak už samotný název napovídá, jedná se o funkční vyšetření, které slouží ke kvalitativnímu a kvantitativnímu hodnocení ledvin (Kraft, Ullmann, 1999, s. 34).

Po intravenózní aplikaci radiofarmaka získáváme obrazové údaje o funkčním parenchymu ledvin a o odtoku radiofarmaka vývodnými močovými cestami. K detekci radiofarmaka nám slouží scintilační kamera, jež je napojená na vyhodnocovací aparaturu, a ta nám poskytuje informace nejen o distribuci a vylučování radiofarmaka celé ledviny, ale i z každé její části zvlášť (Lang, Hlůžová, 2008, s. 18).

Dynamická scintigrafie má v dnešní době celou řadu specifických modifikací. Mezi ně patří diuretická nefrografie s furosemidovým testem, dynamická scintigrafie ledvin po podání inhibitoru enzymu angiotenzin-konvertázy (ACE inhibitor), jejíž využití je při detekci renovaskulární hypertenze, a v neposlední řadě scintigrafie transplantované ledviny. Tyto modifikace budou podrobněji rozebrány v další kapitole.

2.1. Příprava pacienta před vyšetřením

Pacient před vyšetřením nemusí být nalačno (Dedek, Ullman, 2006, s. 11), doporučuje se lehká snídaně (Lang, Hlůžová, 2008, s. 18), ale důležitá je především dostatečná hydratace. Pacient by měl proto minimálně půl hodiny před vyšetřením vypít půl litru vody, Vižďa s Urbanovou (1999, s. 11) udávají 300–500 ml, Šálek (2010, s. 152) doporučuje 100 ml tekutiny na 10 kg hmotnosti a jak doplňuje Lang s Hlůžovou,

s sebou je vhodné přinést si žvýkačku nebo dva bonbony. Dojde tak ke zlepšení vylučování radiofarmaka z ledvin (Hlůžová, 2008, s. 18).

U dětí je množství podávané tekutiny závislé na jejich hmotnosti. Pokud zdravotní důvody brání perorálnímu podání tekutiny, podáváme tekutiny intravenózní infuzí. Díky dostatečné hydrataci nedochází k hromadění koncentrované moči s radiofarmakem v kalichopánvičkovém systému, což by znesnadnilo provedení dynamické scintigrafie. U dynamické scintigrafie je důležité, aby se pacient před vyšetřením vymočil. Roztažený močový měchýř může zpomalit nebo zastavit odtok moči z kalichopánvičkového systému ledviny. Pokud chceme vyšetřením zjistit průběh drenáže ledvin u pacientů s vezikoutererálním refluxem či poruchami vyprazdňování močového měchýře, je nutné zvážit možnost provedení scintigrafie při zakatetrizovaném močovém měchýři (Koranda In Kupka, 2007, s. 107-108). Katetrizace je často velice užitečná u kojenců a u dětí, které se nemohou samy vymočit.

Vyšetření prováděné u dětí s sebou přináší jistá specifika. Nejprve je nutné vytvořit příjemné a klidné prostředí, bez přítomnosti rušivých vlivů, tímto způsobem můžeme snížit množství sedativ. Není vhodné podávání vysokých dávek, protože by mohla být ovlivněna motilita ureterů, a tím by mohlo dojít ke změně průběhu drenáže. Pro děti je nejvíce nepříjemná injekce, jelikož je spojená s bolestivým podnětem, proto je doporučováno aplikovat na místo vpichu lokálně znečítlivující krém. Pokud má být dítěti aplikována další injekce, je doporučováno zavést v přípravném období, nejlépe v jiné místnosti, periferní venózní kanylu (Koranda In Kupka, 2007, s. 107-108). Po vyšetření je doporučováno více pít a častěji močit, zmenší se tím radiační zátěž močového měchýře (Heráček, Urban, 2013). Dynamická scintigrafie by neměla být prováděna do tří dnů po vylučovací urografii, protože může přetrvávat ovlivnění tubulů a tím můžeme získat falešně pozitivní výsledek.

2.2. Radiofarmaka

Dynamická scintigrafie ledvin může být prováděna třemi druhy radiofarmak. Jedním z nich je ¹²³I – *hippuran* (OIH). Radiofarmakum je nepříliš často používané díky jeho

vysoké ceně a nižší dostupnosti, která je spojená s výrobou v cyklotronech (Dedek, Ullmann, 2006, s. 11). Látka je z 80 % vylučována tubulární sekrecí a z 20 % glomerulární filtrací. Při dynamické scintigrafii nám napomáhá zjistit nejen podíl jednotlivé části ledviny na celkovém průtoku, ale zjistí nám i funkční tubulární kapacitu (Urbánek et al., 2000, s. 97-98). Jak ale doplňují jiní autoři, kvalita pořízených snímků bývá nízká. (Ziessman, O'Malley, Thrall, 2014, s. 170).

V současné době se upřednostňují radiofarmaka, která jsou značená ^{99m}Tc . Patří sem *MAG3* a *DTPA*.

$^{99m}\text{Tc-MAG3}$ (*merkptoacetyltriglycin*) je nejpoužívanější radiofarmakum u dětských pacientů a u pacientů se sníženou renální funkcí. Až 80 % farmaka se váže na plazmatické proteiny. Podstatné je, že se vylučuje až z 98 % tubulární sekrecí a jen ze 2 % glomerulární filtrací. Proto se používá při dětských vyšetřeních, neboť u dětí dozrávají dříve tubulární buňky než glomerulární. Kvalitní zobrazení ledvin je zajištěno plazmatickou clearancí, která dosahuje hodnot 340-400 ml/min a vysokou exkrekční frakcí při prvním průtoku ledvinami (40-50 %) (Dedek, Ullmann, 2006, s. 11).

Koranda doplňuje, že při porovnání clearancí *MAG3* a *OIH* byla zjištěna úzká korelace mezi oběma radiofarmaky. Clearance $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ odpovídala 0,67 násobku clearance *OIH*. Na základě těchto údajů můžeme vypočítávat efektivní průtok plazmy ledvinami z clearance $^{99m}\text{Tc-MAG3}$.

Vychytávání radiofarmaka je u dynamické scintigrafie závislé na funkci ledviny. Rychlost odtoku moči pak závisí na velikosti kalichopánvičkového systému a případné obstrukci močových cest (Koranda, 2005, s. 310-311).

Lang a Hlůžová (2008, s. 18) uvádí jako minimální aplikovanou aktivitu u vyšetření dětí 18 MBq, u dospělých pak 100-200 MBq, zatímco Heráček a Urban (2013) doporučují jako minimální aktivitu u dětí 15 MBq (1,5 MBq/kg), přičemž je vždy nutné vycházet z doporučení EANM.

$^{99m}\text{Tc-DTPA}$ (*dietylentriamine pentaacetic acid*) je radiofarmakum vylučující se především glomerulární filtrací, jeho plazmatická clearance se pohybuje okolo 120 ml/min a extrakční frakce činí pouze 20 %. Nízká plazmatická clearance může způsobovat snížené vychytávání radiofarmaka u ledvin se sníženou funkcí a může tak

docházet ke zkreslenému vyhodnocení vyšetření (Dedek, Ullmann, 2006, s. 11). Aplikovaná aktivita se pohybuje mezi 100-200 MBq (Lang, Hlůžová, 2008, s. 18). Radiofarmakum bylo užíváno od roku 1970, nyní je však stále častěji nahrazováno $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ (Meller et al., 2002, s. 271). Zajímavostí je, že nejrozšířenějším radioindikátorem při dynamické scintigrafii ledvin ve Velké Británii je právě $^{99m}\text{Tc-DTPA}$, která je těsně následována $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ (Kalkman, Paterson, 2008, s. 24).

Použití jednotlivých radiofarmak je v klinické praxi často zaměnitelné, protože pomocí obou radiofarmak ($^{99m}\text{Tc-MAG3}$ i $^{99m}\text{Tc-DTPA}$) jsme schopni vyšetřit odtok i renální funkci. Ovšem pouze *DTPA* nám podává informace k výpočtu glomerulární filtrace. Obrazy z obou vyšetření se také liší, protože v porovnání s $^{99m}\text{Tc-MAG3}$, u vyšetření s $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ je vyšší aktivita pozadí a pomalejší clearance, což se projeví nekvalitnějšími snímky (Ziessman, O'Malley, Thrall, 2014, s. 170-171). Výhodou $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ je však pětikrát až desetkrát nižší cena (Kalkman, Paterson, 2008, s. 24).

2.3. Vlastní vyšetření

Na samotném začátku vyšetření je, jak již bylo dříve zmíněno, důležité vymočení pacienta. Aplikace radiofarmaka se provádí nejčastěji do kubitální žíly (Šálek, 2010, s. 152). Většina autorů se poté shoduje na podobném průběhu vyšetření. Probíhá nejčastěji vleže na zádech, ve výjimečných případech může pacient při vyšetření sedět (Urbanová, Vižda, 1999, s. 11; Urbánek et al., 2000, s. 99). Heráček s Urbanem (2013) uvádějí variatu vleže na zádech s pokrčenými a podloženými koleny. Kojenci bývají vyšetřováni vleže, na některých pracovištích ležící přímo na detektoru kamery (Lang, Hlůžová, 2008, s. 18).

Pro detekci distribuce radiofarmaka je používána scintilační kamera. Vyšetření se provádí v zadní projekci, aby vzdálenost mezi detektorem a ledvinami byla co nejkratší (Ziessman, O'Malley, Thrall, 2014, s. 176). V zorném poli kamery je nejen předpokládána oblast ledvin, ale oblast podstatně širší - od srdeční baze až po močový měchýř (Koranda In Kupka, 2007, s. 108). Heráček s Urbanem (2013) upřesňují, že po nastavení pacienta je jeho 12. žebro v kraniokaudální polovině detektoru.

Nejčastěji používaným typem scintilační kamery pro dynamickou scintigrafii ledvin je, jak uvádí Urbánová a Vižďa, jednohlavá či dvouhlavá gamakamera. Kameře by měl odpovídat patřičně citlivý kolimátor (Urbanová, Vižďa, 1999, s. 11) typu low-energy high resolution (LEHR) (Slavičková, Cicutto In Míková, 2008, s. 90) nebo low-energy all-purpose (LEAP). Pokud je používané radiofarmakum značené ^{99m}Tc , je nastavován energetický pík na 140 keV, přičemž okno analyzátoru má 15-20 % (Lang, Hlůžová, 2008, s. 18).

Ihned po intravenózní aplikaci radiofarmaka začíná scintigrafický záznam. Snímání obrazu by mělo začít v momentě, kdy radiofarmakum vstupuje do abdominální aorty. (Ziessman, O'Malley, Thrall, 2014, s. 176). Do počítače se poté zaznamenává série scintigramů, které trvají 10 vteřin a celková doba studie je asi 30 minut (Dedek, Ullmann, 2006, s. 11). Délka vyšetření se však u různých autorů liší. Nejčastěji se udává doba 30 minut, není však vzácností ani 20 minut trvající vyšetření (Bergmann et al., 1999, s. 838). Scintigramy jsou ukládány ve formě matice nejčastěji o velikosti 64 x 64 x 16, v některých případech o velikosti 128 x 128 (Poyraz et al., 2012, s. 85). Slavičková a Cicutto udávají, že záznam je prováděn ve dvou časových intervalech. První interval trvá 60 vteřin a během něho je získáván jeden obrázek za vteřinu. Druhý interval trvá 29 minut a právě zde se provádějí scintigramy po deseti vteřinách (Slavičková, Cicutto In Míková, 2008, s. 90). Snímky pořízené v intervalu 1-3 s po dobu 1 minuty slouží k posouzení prokrvení ledviny, snímky do 4. minuty (prováděné v intervalu 10-15 s) ukazují funkci a scintigramy v intervalu 10-30 s, po zbývající dobu vyšetření, zobrazují exkretční fázi (Marinescu, 2012, s. 12). Celý průběh vyšetření sledujeme na obrazovce, kde můžeme sledovat jednotlivé fáze. Na některých pracovištích je nastaveno uniformní strádání desetivteřinových scintigramů po dobu 30 minut.

2.4. Hodnocení

Hodnocení dynamické scintigrafie ledvin se skládá z kvalitativního vizuálního hodnocení pořízených scintigramů, vytvoření nefrografických křivek a zjištění poměru funkce ledviny (viz příl. 4, s. 51; patologický nález viz příl. 5, s. 52).

Abychom správně vyhodnotili vyšetření, je nutné vymezit si oblasti zájmu nejen ledvin, ale také tkáňového pozadí (Lang, Hlůžová, 2008, s. 18). Oblast zájmu se zakresluje pro každou ledvinu zvlášť. Vymezení probíhá pomocí kurzoru, počítač následovně vytvoří křivku akumulace radiofarmaka v závislosti na čase pro každou ledvinu zvlášť (Heráček, Urban, 2013).

Fyziologická ledvina se již za 4-6 sekund po intravenózním podání objevuje s homogenním prokrvením. V první fázi (perfúzní) získáváme hrubé informace o tvaru, poloze, velikosti ledvin. Během prvních minut jsou již viditelné významné poruchy distribuce radiofarmaka v parenchymu.

Druhá fáze nám zobrazí parenchym a v něm event. významné ložiskové defekty. V tomto případě na scintigramech pozorujeme sníženou nebo dokonce chybějící akumulaci. Pokud je snížena funkce obou ledvin, dochází k pozdějšímu zobrazení.

Ve třetí fázi je radiofarmakum postupně vylučováno do močového měchýře (Lang, Hlůžová, 2008, s. 19).

Nefrografické křivky software vytvoří z ledvinných impulzů zaznamenaných během vyšetření. Na fyziologické nefrografické křivce rozlišujeme tři fáze:

1. fáze zobrazuje prokrvení ledviny, má strmý a krátký průběh a závisí na průtoku radiofarmaka cévním řečištěm.

2. fáze se nazývá funkční nebo také parenchymová. Během této fáze již pomalu začíná vylučování, ale ještě není natolik významné, aby převažovalo nad přítoky radiofarmaka, nárůst impulzů již není tak výrazný jako v první fázi. Obvykle do 5 minut po aplikaci radiofarmaka dochází k vyrovnání rychlostí absorpce a vylučování, je dosaženo maxima.

Ve 3. fázi, drenážní, odtok převažuje a křivka má spádovitý průběh. Fyziologicky by se renální činnost měla snížit o 50 % každých 10 minut nebo ještě rychleji (Kalkman, Paterson, 2008, s. 26-27).

Jak uvádějí autoři, nefrografické křivky by měly být vždy popisovány spolu se scintigramy, protože tvar křivek může být ovlivněn z různých příčin, jako je například přetrvávající aktivita v dutém systému při hydronefróze, kdy dochází ke změně sklonu křivky (Ziessman, O'Malley, Thrall, 2014, s. 177).

Tvary křivek se mohou v souvislosti s patologií měnit. Urbánek et al. uvádí ve své publikaci několik typů nefrografických křivek:

Parenchymový typ – objevuje se již při lehkém narušení odtoku moči z horních vývodných cest močových, při dilataci pánvičky a hypotonii.

Obstrukční typ – u tohoto typu dochází k neustálému hromadění radiofarmaka, akumulace radiofarmaka neustále stoupá, ve 3. fázi nedochází k poklesu. Nejčastější příčinou bývá vážná porucha odtoku moči způsobená akutní glomerulonefritidou, tubulointersticiální nefritidou či obstrukční uropatií. Příčina však nemusí být pouze ledvinného původu a trvalého charakteru, může se jednat i o hypoxii, šok, apod.

Horizontální typ – vyskytuje se u ledvin, jejichž koncentrační schopnost je značně omezena.

Afunkční typ – souvisí s malou možností ledvin zachytit a poté vyloučit radiofarmakum (Urbánek et al., 2000, s. 101). U křivek tohoto typu chybí funkční segment.

Podstatné pro posouzení funkce ledvin je zjištění poměru relativní a celkové funkce. Jakou měrou se podílí jednotlivá ledvina na celkové funkci ledvin, můžeme zjistit dvěma způsoby. Kříž a Morávek uvádějí, že první způsob je založen na posouzení plochy pod nefrografickou křivkou v čase mezi 1. a 3. minutou, tedy v parenchymové fázi, kdy dochází k největší akumulaci, od aplikace radiofarmaka, přičemž se nesmí zapomenout odečíst aktivita pozadí („metoda area“). Tato metoda je založena na skutečnosti, že množství naakumulovaného radiofarmaka v parenchymu je přímo úměrné funkci ledviny. Druhý způsob je založen na posouzení strmosti křivky ve stejném časovém úseku („metoda slope“). Ideální hodnoty relativní funkce ledvin jsou 50 % : 50 %. Odchylka je +- 5 % (Kříž, Morávek, 2009, s. 237). Koranda et al. u první metody upozorňuje na možnost nepřesnosti výsledku u ledvin s významnou asymetrií v hloubce uložení. Může se jednat například o ektopickou nebo ptotickou ledvinu. V těchto případech dochází k nestejnomyšernému pohlcení záření, čím je větší vrstva mezi ledvinou a povrchem, tím je větší pohlcení, než je obvyklé. Důsledkem tohoto jevu je hlouběji uložená ledvina hůře zaznamenaná a v následném matematickém vyhodnocení vykazuje menší funkční zdatnost (Koranda et al., 2005, s. 311).

Celkovou funkci obou ledvin zjišťujeme pomocí vzorkových nebo bezodběrových metod. Ty jsou založeny na vnějším měření scintilační kamerou. Nejznámější bezodběrovou metodou je zjištění glomerulární filtrace (GFR) podle Gatese při dynamické scintigrafii s použitím $^{99m}\text{Tc-DTPA}$. Radiofarmakum vycyтанé v ledvinách se poté vyjádří jako podíl z celkové aplikované aktivity radiofarmaka. Následuje výpočet, který pomocí speciální rovnice přepočítá získané hodnoty na GFR (Koranda In Kupka, 2007, s. 109). Jak udává Šálek (2010, s. 152), tímto způsobem získáváme informace o filtraci pravé a levé ledviny, toto zjištění je důležité pro detekci zánětem poškozené ledviny. Lang a Komorousová ve své práci uvádí: „*Globální funkce je obvykle počítána jako množství aplikované radioaktivity nahromaděné v ledvinách v období před začátkem jeho odtoku z kalichopánvičkového systému.*“ Jak dále dodávají, tato metoda potřebuje měření aplikované aktivity plné a prázdné stříkačky či v určitém okamžiku odběr krve pacienta, tento způsob je však časově technicky náročnější (Lang, Komorousová, 2011, s. 219).

Zda je dynamická scintigrafie dostatečně vhodná pro zjišťování separované funkce ledvin zkoumá ve své studii Kraft, Kuba a Ullman. Srovnávali tuto metodu se statickou scintigrafií a prokázali, že poskytuje korektní výsledky u symetricky uložených ledvin. U ledvin, jejichž rozdíl polohy je do poloviny velikosti ledviny, je chyba výpočtu snesitelná. V případě, že je rozdíl polohy větší než ona polovina, je doporučováno provést ještě doplňující statickou scintigrafii, nebo monografii, a výsledek upravit. Dynamická scintigrafie je přednostně doporučována u těžkých obstrukčních uropatií (Kraft, Kuba, Ullman, 1995, s. 702).

Kraft a Ullmann se ve své práci zabývají klinickým významem tranzitních funkcí a křivek, které také bývají součástí vyšetřovacího protokolu. Tranzitní čas je čas radiofarmaka k průchodu parenchymem nebo celou ledvinou. Jak je již zmíněno výše, z oblastí zájmu jsou počítačem vytvořeny nefrografické křivky. Na nefrogramech vidíme Laplaceovskou dekonvoluzi, obsahující křivku blood-poolu a konstrukci tranzitních funkcí. Výsledkem dekonvoluce je křivka, jak uvádí Koranda (Koranda In Kupka, 2007, s. 109): „*křivka, která má profil, jaký by měla ledvinná křivka v případě, kdyby bylo radiofarmakum podáno jednorázově přímo do renální arterie a toto radiofarmakon by již do ledvin nepřitékalo znovu v důsledku systémové recirkulace.*“

Pro každou ledvinu určujeme minimální, střední a maximální tranzitní čas. Abychom byli schopni odlišit, zda je prodloužení tranzitního času na úrovni glomerulární či tubulární nebo je způsobeno obstrukcí či dilatací, je nutné měřit tranzitní čas nejen parenchymu a pánvičky, ale i celé ledviny. Pro diagnostiku jsou nejdůležitější maximální a střední časy. Pánvičkové tranzitní časy jsou zvýšené u dilatace i obstrukce, v případě renovaskulárních onemocnění dosahují normálních hodnot. Podstatné je, že u jednostranné stenózy renální tepny je střední parenchymový i tranzitní čas prodloužený o více než 60 s (Kraft, Ullman, 1999, s. 35).

V současné době slouží pro zpracování studie několik softwarových programů. Tím neznámějším je v České republice OSTNUCLINE. Tento program vypočítá funkci ledvin z detekovaného objemu radiofarmaka, který je určen z výšky a váhy pacienta a z jeho krevní clearance. Není třeba odběr moči, krve ani měření aktivity stříkačky. Problémem tohoto programu je však nutnost WINDOWS 98. Na trhu se objevuje program InterViewXP, který je schopný tento problém vyřešit. Navíc nabízí možnost oblasti zájmu značit současně v různých časech vyšetření, další výhodou je pak možnost korekce případných pohybů během vyšetření (Lang, Komorousová, 2011, s. 221).

2.5. Indikace

Včasně zjištění onemocnění ledvin je velice podstatné, při zanedbání péče dochází k náhlému a výraznému poklesu jejich funkce. Takovýto problém se poté projevuje řadou komplikací, jakými jsou hypertenze, neuropatie, anémie, malnutrice, kostní choroby. V samotném závěru dochází až k selhání ledvin (Manjunath, Sarnak, Levey, 2002, s. 39).

Dynamická scintigrafie je indikována vždy, pokud chceme zjistit funkci ledvin, jejich částí a zároveň vyhodnotit průběh drenáže (Koranda et al., 2005, s. 311). Patří sem tedy: „*zobrazení funkčního zobrazení ledvin, separované posouzení tubulární sekrece, odtokových poměrů moče, dif.dg. funkční a organické příčiny obstrukce (furosemidový test), stanovení efektního průtoku plasmy ledvinami a relativní funkce*“ (Vižďa, 1998, s. 20). Dále nám poskytuje informace o tvaru, velikosti, umístění a

případných výrazných změnách parenchymu. Slouží ke zjištění funkce dystopické či afunkční ledviny (Lang, Hlůžová, 2008, s. 19).

Jednou z hlavních indikací dynamické scintigrafie je odlišení obstrukční uropatie od hypotonie vývodných močových cest, čili nezaměnit skutečnou obstrukci s pouhou dilatací (Chroustová et al., 2010, s. 682). Jak upřesňuje Slavíčková a Cicutto, vyšetření se provádí s použitím diuretika již od 2 týdnů věku, u dětí s prokázanou hydronefrózou (Slavíčková, Cicutto In Míková, 2008, s. 89). Autoři Koranda, Ullmann a Utíkalová (1998, s. 20) konstatují, že u dětí do 1 měsíce věku je podstatný nález pouze vylučující obstrukci, pouhé zpomalení odtoku moči z kalichopánvičkového systému není spolehlivým ukazatelem případné obstrukce.

Obecně řečeno může být obstrukce vrozená, způsobená kameny, malignitami z endoluminálních nádorů, radioterapií, stenózami po implantaci uretru. Scintigrafie se rovněž používá při posuzování úspěšnosti léčby například po pyeloplastice nebo stentu v uretru (Kalkman, Paterson, 2008, s. 25). Dále pak pomocí radiofarmaka $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ stanovujeme postmikční residuum v močovém měchýři a kvantifikujeme diagnózu vesikoureterálního reflexu (Vižďa, 1998, s. 20).

3. Modifikace dynamické scintigrafie

3.1. Furosemidový test

Jednou z modifikací dynamické scintigrafie je použití diuretika k včasnému odlišení obstrukční uropatie od prosté dilatace kalichopánvičkového systému. Někteří autoři doplňují klasickou dynamickou scintigrafii o scintigrafii s použitím furosemidu, pokud nedochází k vyprázdnění pánviček do konce vyšetření (Heráček, Urban, 2013). V některých publikacích je tato metoda označována pod pojmem diuretická nefrografie. Jako diuretikum je používán nejčastěji furosemid, který je aplikován intravenózně. Hodnocení je založeno na sledování odtoku radiofarmaka právě po iniciaci diuretika (Koranda et al., 2005, s. 311). Za kontraindikaci je považováno podezření na ledvinnou koliku (Urbanová, Vižďa, 1999, s. 11).

Množství furosemidu je standardizováno. Dítěti do 1 roku věku se podává 1mg/kg a u starších dětí je to 0,5 mg/kg. Slavičková a Cicutto uvádějí u starších dětí množství 0,2-0,5 mg/kg hmotnosti (Slavičková, Cicutto In Míková, 2008, s. 90). Lang a Hlůžová dodávají, že maximální dávka, kterou aplikujeme je 40 mg. Zároveň poukazují na samozřejmost včasného upozornění pacienta na diuretický efekt (Hlůžová, 2008, s. 19). Pokud by byla dávka větší, může dojít ve výjimečných případech až k ledvinnému selhání (Mandell et al, 1997, s. 1649).

Dynamickou scintigrafii ledvin s furosemidovým testem je možné provádět třemi různými způsoby. Nejběžnější je protokol F + 20. V tomto případě je furosemid aplikován ve 20. minutě vyšetření. V tomto časovém úseku je v kalichopánvičkovém systému akumulováno nejvíce radiofarmaka a v parenchymu je ho jen zanedbatelné množství (Koranda et al., 2005, s. 311).

Druhý způsob bývá označován jako F - 15. V tomto případě podáváme furosemid 15 minut před začátkem vyšetření a takto zjistíme odtok moči v nejsilnějším účinku diuretika. Vyšetření F - 15 se doporučuje v případě, že vyšetření prováděné jako F + 20 ukázalo nejasné výsledky (Chroustová et al, 2010, s. 683). Protokol je také

výhodný, pokud je objeveno Homseyovo znamení, což je opakovaný vzestup křivky při použití F + 20 (Koranda, Ullmann, Utíkalová, 1998, s. 20). Tímto způsobem je možné snížit počet nejasných nálezů při studii F + 20 ze 17 % na 3 % (Dedek, Ullmann, 2006, s. 14). Chroustová s dalšími autory dodává (Chroustová et al., 2003, s. 133), že i protokol F - 15 může podávat nejasný nález a je proto nutné jej po určitém čase provést znovu.

Třetí způsob se označuje jako F = 0. V této studii je radiofarmakum a diuretikum podáno současně. Někteří autoři považují studii F = 0 za jakousi obdobu studie F + 20 (Chroustová et al., 2003, s. 132). Tato možnost je výhodná zejména v případě, že je intravenózní přístup náročný (Kalkman, Paterson, 2008, s. 26). Na to navazují Urban a Heráček (2013), kteří říkají, že je tento způsob aplikace možný u kojenců a batolat a Koranda et al. (2005, s. 311) potvrzuje tuto skutečnost s tím, že již není potřebná dvojitá intravenózní aplikace, což je právě v případě malých dětí výhodné a rozhodně nezanedbatelné. Protokol F = 0 byl jednou studií označen za příjemnější a pohodlnější pro pacienta. F = 0 autoři porovnávali s protokolem F - 15. U F = 0 udávají pravděpodobně kratší období mezi účinkem diuretika a ukončením vyšetření. Ve výsledku není močový měchýř natolik naplněný, aby způsoboval nepříjemný nebo nepohodlný pocit (Liu et al., 2005, s. 1317). Jiná studie potvrzuje protokol F = 0 jako vynikající ukazatel diuretické nefrografie a považuje ji za platnou metodu k vyšetření hydronefrózy a hydrouretronefrózy u kojenců a dětí (Wong, Rossleigh, Farnsworth, 1999, s. 1805).

Liepe a Taut-Sack zkoumali, zda by bylo možné, aby Dopplerovská ultrasonografie nahradila tuto radionuklidovou metodu. Na základě výsledků však museli konstatovat, že tomu tak být nemůže, protože ultrazvuková metoda vykazovala nižší specifitu v odlišení obstrukční a neobstrukční hydronefrózy (Liepe, Taut-Sack, 2006, s. 221).

Diuretická nefrografie probíhá stejným způsobem jako klasická dynamická scintigrafie, jen po samotném dokončení vyšetření je nutné vymočení. Poté se ještě provádí dvouminutové snímání v zadní projekci. Aby bylo zřejmé, že se nemění poloha ledvin, může být tyto 2 minuty prováděno snímání ve vzpřímené poloze (Slavičková, Cicutto In Míková, 2008, s. 90). Někdy pomáhají ke správnému vyhodnocení studie statické scintigramy po skončení vyšetření (Chroustová et al., 2003, s. 129-133).

Při vyhodnocení vyšetření posuzujeme tvar a velikost ledvin, průběh aktivity v čase (Červeňová et al., 2001, s. 521). Jak uvádí Dedek a Ullmann, hodnocení furosemidového testu nebývá vždy jednoduché. Zásadní je tvar nefrografické křivky. Pokud dojde k rychlému poklesu křivky, hovoříme o dilatačním typu drenáže. V případě, že však po podání furosemidu křivka stále stoupá, jedná se o obstrukci. Ne vždy je však výsledek, zejména pokles, jednoznačný. Na tvaru křivky má podíl neustálé prolínání akumulace radiofarmaka v ledvině a její odtok. Posouzení je zejména obtížné u ledviny, jejíž funkce je zhoršená a křivka má celkově plošší tvar (Dedek, Ullmann, 2006, s. 12). Pro kvantitativní hodnocení je podstatné zjištění parametru rychlosti poklesu křivky po podání diuretika, neboli „poločas poklesu“ (Koranda, Ullmann, Utíkalová, 1998, s. 20). Jak vysvětluje Červeňová (2001, s. 521): „*T 1/2 – je to čas od vrcholu křivky po jej pokles na polovicu východiskovej hodnoty po podání diuretika*“. Tento poločas nám pomáhá určit přítomnost obstrukce. Pokud je $T \frac{1}{2}$ menší než 10 minut, obvykle není přítomna obstrukce, hodnoty $T \frac{1}{2}$ větší než 20 minut naopak jasně potvrzují obstrukci. Pokud se $T \frac{1}{2}$ pohybuje mezi 10-20 minutami jedná se o nejasný výsledek. Někteří odborníci však považují poločas 10-15 minut za normální (Mandell et al., 1997, s. 1649).

Pokud není pacient dostatečně hydratovaný, může dojít k prodloužení akumulace i exkrece. Vyšetření pak vykazuje horší funkci ledvin nebo normální hodnoty, ačkoli je zde parciální obstrukce. Jestliže je furosemid podán před maximálním roztažením dutého systému, nemusí nám být znám jeho skutečný stav. U pacientů s dlouhodobou těžkou obstrukcí může docházet ke komplikovanějšímu hodnocení odtokové fáze, protože mají jen velmi pomalou akumulaci radiofarmaka (Chroustová et al., 2010, s. 682).

Koranda, Ullmann a Utíkalová (1998, s. 20) uvádějí, že u dětí do 1 měsíce věku slouží ke zjištění obstrukce nikoli zpomalení odtoku z kalichopánvičkového systému, ale pouze nepřítomnost obstrukce. Ve stejném roce konstatují Černianska, Červeňová a Vívodová (1998, s. 20), že vyšetření batolat a dětí v kojeneckém věku s hydronefrózou pomocí $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ s furosemidem pomohlo vyloučit obstrukci a nemuselo dojít k chirurgickému výkonu, který by byl při nedostatečném zjištění zcela zbytečný. Jiní autoři doplňují, že zároveň došlo ke snížení radiační zátěže, která by byla v případě, že by bylo nutné dovyšetřit dítě pomocí rentgenových kontrastních vyšetření. Na základě výsledků bylo zjištěno, že spolehlivost této metody

je u pozitivních výsledků 92 % a u negativních 96 %. Při zjištění pozitivního výsledku následuje cystografie a urografie, u negativního výsledku je pacient nadále sledován pod ultrasonografií (Červeňová et al., 2001, s. 523)

3.2. Kaptoprilový test

Kaptoprilový test pomáhá diagnostikovat renovaskulární hypertenzi, zjistit příčinu a také hodnotit následnou léčbu (Lang, Hlůžová, 2008, s. 19). Vyšetření se provádí, pokud se u pacientů vyskytnou následující příznaky: náhlá těžká hypertenze, hypertenze rezistentní na medikamentózní léčbu, šelesty slyšitelné na boku nebo na bříše, nevysvětlitelná azotemie, zhoršení funkce ledvin v průběhu léčby ACE inhibitorem, 3. nebo 4. stupeň retinopatie a výskyt hypertenze před 30. rokem nebo po 55. roku věku (Taylor et al., 1998, s. 1297).

Diagnostika bývá obtížná, neboť často dochází ke spojení renálního selhání a hypertenze a vzhledem k počtu možných příčin, jakými mohou být arteriopatie, diabetes mellitus, chronická hypertenze nebo nefropatie, nebývá její zjištění lehké. Přestože je renovaskulární hypertenze nejběžnější formou sekundární arteriální hypertenze s nízkou prevalencí (0,5-1 %), může způsobit zhoršení renální funkce (Fernandez et al., 1999, s. 412). Hypertenze se však, bohužel, v dnešní době nevyhýbá ani dětem. Roste podíl dětí, které trpí obezitou a hypertenzí s fenotypem metabolického syndromu. Proto je potřeba nalézt neinvazivní metodu pro vyhledávání hypertenze. Hypertenze vzniká stenózou renální tepny, která je u dětí nejčastěji způsobena fibromuskulární dysplázií nebo stenózami spojenými se syndromy jednotlivých nebo vícečetných menších větvených cév (Reusz et al., 2010, s. 185). Prevalence výskytu hypertenze u dětí se pohybuje mezi 1 % až 3 % a je způsobena právě onemocněním ledvin. Včasné zjištění přitom může významně pomoci k účinné léčbě. Zlatým standardem pro detekci renovaskulární hypertenze je digitální subtrakční angiografie (DSA). Jedná se však o invazivní vyšetření vyžadující zejména u dětí anestézii a hospitalizaci v nemocnici. Avšak scintigrafie ledvin před a po podání kaptoprilu je dostatečnou diagnostickou neinvazivní metodou a může být používána jako screeningový test k výběru pacientů pro DSA (Abdulsamea et al., 2009, s. 317).

Jak již bylo uvedeno, hlavní příčinou hypertenze je stenóza renální tepny. Stenóza způsobuje ledvinám nedostatečné zásobování krví, dochází k ischemii a ta aktivuje renin-angiotensinový systém (Chroustová et al., 2004, s. 633). Vlivem přeměny angiotensinogenu na angiotensin I a později na angiotensin II dochází k vazokonstrikci na vas efferens glomerulů. Tato přeměna má za následek zvýšení filtračního tlaku v glomerulech. Pokud je tento stav dlouhotrvající, dochází ke vzniku hypertenze nebo svraštělé ledviny (Urbanová, Vižďa, 1999, s. 11). Kaptopril je využíván jako ACE inhibitor, který má krátkodobý účinek, a který zabraňuje přeměně angiotensinů. Patofyziologicky dochází po podání kaptoprilu ke snížení filtračního tlaku v glomerulu, což má za následek snížení funkce postižené ledviny (Chroustová et al., 2004, s. 633).

Všichni autoři se shodují na tom, že by pacienti měli být před samotným vyšetřením dostatečně hydratováni. Množství podané tekutiny se však nepatrně liší. Zatímco jedna skupina autorů doporučuje vypít půl až hodinu před vyšetřením 5-10 ml tekutiny na kg hmotnosti (Urban, Heráček; Trešlová, Balonová, Lang, 2005, s. 238), druhá udává 7 ml/kg, Fernandez a kolektiv navíc doplňují tekutinu o 5% roztok glukózy (Taylor, 1998, s. 1297; Fernandez et al., 1999, s. 413). Ideální hydratace je taková, která umožní diurézu o rychlosti 2-3 ml/min. Dále je pak nutné vysadit antihypertenziva a diuretika 3-7 dní před vyšetřením. Dlouhodobé užívání ACE inhibitorů má vliv na zkreslení senzitivity testu – snižuje jej (Trešlová, Balonová, Lang, 2005, s. 238). Chroustová s dalšími autory doporučuje vyvarovat se 4 hodiny před vyšetřením tuhé stravy, napomůže se tak snadnějšímu vstřebávání kaptoprilu. Před podáním ACE inhibitoru a před vyšetřením je změřen krevní tlak (Chroustová et al., 2004, s. 634). Některá pracoviště krevní tlak mezi podáním kaptoprilu a začátkem vyšetření měří opakovaně.

Vyšetření se provádí v jednom nebo ve dvou dnech. Pokud je relativně nízká pravděpodobnost renovaskulárního onemocnění, upřednostňujeme dvoudenní protokol (Taylor et al., 1998, s. 1298). Aplikovaná aktivita se poté pohybuje okolo 220 MBq u $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ a 74 MBq u $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ (Dondi et al., 1992, s. 2041). Jednodenní protokol vyžaduje od pacientů zůstat na oddělení delší dobu, ale vyšetření proběhne v jednom dni. U jednodenního protokolu se při bazální studii aplikuje radiofarmakum s aktivitou 37 MBq, při studii s ACE inhibitorem pak vyšší aktivita – 200-400MBq (Taylor et al., 1998, s. 1298). Vlastní vyšetření probíhá nejprve natočením bazální

dynamické studie s použitím vhodného radiofarmaka (Hlůžová, 2008, s. 19). Pacienti s normální funkcí ledvin mohou použít $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ i $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ bez ovlivnění výsledku (Lang, Trešlová, Balonová, 2005, s. 238). Pokud je renální tepna postižena závažnou stenózou a použijeme $^{99m}\text{Tc-DTPA}$, nezaznamenáme téměř žádnou akumulaci. V případě pacientů, u nichž jsou zřetelné známky renálního selhání, aplikujeme $^{99m}\text{Tc-MAG3}$. Za hodinu po podání captoprilu probíhá natáčení dynamické scintigrafie s kaptoprilem (Urbanová, Hlůža, 1999, s. 11). Natáčení studie probíhá vleže na zádech za pomoci gamakamery tak, jak bylo uvedeno výše. Kaptopril se obvykle podává v dávce v rozmezí 25-50 mg per os. Jiný způsob dávkování udává 0,7 mg/kg (Abdulsamea et al., 2009, s. 318). Tablety jsou rozdrcené a rozpuštěné ve 250 ml vody. Jiný způsob spočívá v intravenózní aplikaci o dávce 0,04 mg/kg po dobu 3-5 minut (Lang, Trešlová, Balonová, 2005, s. 238). Zde se podává Enalapril, který je naředěný v 10 ml fyziologického roztoku (Heráček, Urban, 2013). Po 15 minutách je aplikováno radiofarmakum. Intravenózní způsob je preferován u pacientů s diabetem. Dochází zde ke snížení počtu falešně negativních testů (Trešlová, Balonová, Lang, 2005, s. 238).

Hodnocení je založeno stejně jako u předešlých vyšetření ledvin na hodnocení scintigramů a nefrografických křivek. Při dynamické scintigrafii s kaptoprilovým testem po aplikaci $^{99m}\text{Tc-MAG3}$, pokud je u pacienta přítomna stenóza renální arterie, nefrografická křivka neustále stoupá (Lang, Hlůžová, 2008, s. 19). Na scintigramech sledujeme případnou intraparenchymovou stagnaci radiofarmaka. U pacientů, u kterých je vyšetření prováděno pomocí $^{99m}\text{Tc-DTPA}$, dochází v důsledku snížení filtračního tlaku, tedy glomerulární filtrace, k poklesu strmosti funkčního segmentu, tj. k přechodnému snížení funkce ledviny až k přechodné afunkci (Urbanová, Vižďa, 1999, s. 11).

Pravděpodobnost vzniku renovaskulární hypertenze můžeme na základě výsledků rozdělit do 3 skupin. Vysoká pravděpodobnost vzniku – větší než 90%, střední 10-90 % a nízká – menší než 10 %. Nejpodstatnější je porovnání bazální studie se studií po podání captoprilu. „ *Pro vysokou pravděpodobnost svědčí vzestup 20/max o více než 0,15 a prodloužení T max o více než 2 minuty.*“ (Trešlová, Balonová, Lang, 2005, s. 240). Pokud dojde ke změně poměru o více než 10 %, je pravděpodobnost také specifická.

3.3. Dynamická scintigrafie transplantované ledviny

Prognóza pacientů s transplantovanou ledvinou se za několik posledních let výrazně zlepšila. Stále ale existují následné pooperační obtíže, jakými jsou cévní komplikace, urologické komplikace, toxicita cyklosporinem a akutní rejekce. Právě z tohoto důvodu je nutné pacienta po transplantaci ledvin ještě 2-3 týdny kontinuálně sledovat (Heaf, Iversen, 2000, s. 871). Mezi další časté potransplantační komplikace patří také akutní tubulární nekróza. Vzniká při nedostatečném průtoku krve ledvinami (Anavy et al., 2012, s. 275). K ischemii štěpu dochází v době přenosu od dárce (nejčastěji zemřelého) do organismu příjemce, resp. do obnovení průtoku krve v organismu příjemce (Nováková, 2012, s. 26). Dynamická scintigrafie nám umožňuje posoudit prokrvení graftu, poměry odtoku moče, současný stav funkčního parenchymu, detekovat urinom, blokádu lymfy (Urbanová, Vižďa, 1999, s. 11).

Dynamická scintigrafie štěpu může být poprvé provedena do 24 hodin po transplantaci. V této době je možné odlišit akutní rejekci od jiných komplikací. Rejekce se totiž objevuje až později. Nejprínosnější je opakování vyšetření po určitém časovém období (Nováková, 2012, s. 26). Pacient by měl být před vyšetřením hydratován, měl by vypít minimálně 300 ml vody (Akahira, 1999, s. 31). Jiní autoři udávají množství 500-600 ml půl hodiny před samotným vyšetřením. Nejčastěji používanými radiofarmaky jsou $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ a $^{99m}\text{Tc-MAG3}$. Aktivita podaného radiofarmaka se v jednotlivých studiích mírně liší. Při použití $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ Sanches udává aktivitu 370 MBq (Sanches et al., 2003, s. 507), u $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ se pohybuje mezi 300 MBq (Nováková, 2012, s. 25) až 555 MBq (Akahira et al., 1999, s. 33). Aplikace radiofarmaka probíhá intravenózně formou bolu. V průběhu první minuty pozorujeme první průtok podaného radiofarmaka arteria aliaca externa a ledvinou. Děje se tak pomocí série jednovteřinových scintigramů. Dále je sledována klasická akumulace radiofarmaka v ledvině a jeho odtok do močového měchýře (Koranda In Kupka, 2007, s. 111). V následujících 15 minutách se mohou získávat scintigramy o délce 60s (většinou se však jedná o scintigramy v délce 10-20 sekund). Celková doba vyšetření se pohybuje okolo 30 minut (Ash et al., 1990, s. 581). Pacient leží na zádech na vyšetřovacím stole, ke snímání je používána gama kamera s paralelním

kolimátorem. Obraz je nahráván do matice o velikosti 64 x 64 (Akahira et al., 1999, s. 33).

Hodnocení vyšetření se skládá z vizuálního posouzení kontrastního zobrazení, homogenity a kontur transplantované ledviny, popřípadě ložiskových změn. Poté z kvantitativního hodnocení, které je založeno na matematickém výpočtu efektivního průtoku plazmy ledvinou (ERPF) a z hodnocení nefrogramu (Nováková, 2012, s. 26). Průběh vyšetření můžeme rozložit na 3 fáze. První fáze je perfuzní, následuje funkční a poslední je exkrece. Perfuzní fáze je hodnocena převážně vizuálně a pomocí četnostních křivek. Křivky znázorňující první průtok radiofarmaka ledvinou a ilickou arterií slouží k výpočtu perfuzního index podle Hilsona, který Koranda definuje jako: „ *Poměr integrálů četnostních křivek z oblasti a.iliaca ext. a z oblasti ledviny v časovém intervalu od přítoku radiofarmaka do okamžiku dosažení maxima aktivity v a. iliaca ext.*“ (Koranda In Kupka, 2007, s. 111). Hodnocení funkční fáze popisuje Sanches (2003, s. 508) jako kvalitativní a kvantitativní. Kvalitativní hodnocení posuzuje scintigramy a kvantitativní nefrografické křivky – hodnocení je obdobné jako u běžné dynamické scintigrafie ledvin. U pacientů s akutní tubulární nekrózou sledujeme špatnou funkci ledvin, pokles exkrece, ale zachovalou perfuzi (Urbanová, Vižďa, 1999, s. 11). Akumulace radiofarmaka v močovém měchýři chybí (Nováková, 2012, s. 26). V případě akutní rejeckce dochází k mírnému nebo výraznému snížení perfuze a následně i funkce. Toxicita způsobená cyklosporinem má podobný obraz jako akutní tubulární nekróza. U kortikální nekrózy se objevuje absence perfuze a funkce, místo nekrózy se zobrazuje jako studené ložisko (Sanches et al., 2003, s. 509). Pro urinom je typická abnormální kolekce moči s radiofarmakem za 60-90 min od podání radiofarmaka (Koranda In Kupka, 2007, s. 111). Kolekce se nachází v dutině břišní mimo uropoetický systém.

Závěr

Prvním cílem práce bylo předložit dohledané poznatky o statické scintigrafii ledvin. Z dohledaných informací vyplývá, že hlavní význam statické scintigrafie spočívá v poskytování dostatečných informací o tvaru, velikosti a uložení ledvin, jsme schopni zjistit poměr funkce obou ledvin a případný charakter parenchymového poškození (Urbánek et al., 2000, s. 100; Skorčíková, 2008, s. 28). Díky tomuto vyšetření je možné včas diagnostikovat akutní pyelonefritidu, parenchymové jizvení po pyelonefritidě, vrozené vývojové vady ledvin, tvarové odchylky, agenezi, dystopii, afunkci, provést průkaz funkčního rezidua svrásťelé ledviny, columny Bertini. Dohledané studie prokázaly, že statická scintigrafie je dostatečně senzitivní metodou pro diagnostiku akutní pyelonefritidy (Štarha et al., 2003, s. 135-136; Chroustová et al., 1998, s. 270; Křížová, Bláhová, 2004, s. 91) v porovnání s ultrasonografií, CT a vylučovací urografií. Na rozdíl od CT je pacient ušetřen větší radiační zátěží a nežádoucí reakce na kontrastní látku (Mandell et al., 1997, s. 1646). Vyšetření bývá doporučováno vždy při diagnostických rozpacích u kojenců a batolat s akutním zánětem močových cest (Křížová, Bláhová, 2004, s. 91).

Druhým cílem bylo předložit dohledané poznatky o dynamické scintigrafii ledvin. Na základě poznatků lze konstatovat, že nám daná metoda podává kvalitní informace o distribuci a vylučování radiofarmaka z ledvin, tedy o funkci a průběhu drenáže (Urbanová, Vižďa, 1999, s. 10; Lang, Hlůžová, 2008, s. 18). Pro vyšetření je možno použít 3 druhů radiofarmak, nejčastější je však ^{99m}Tc -MAG3 u dětí a ^{99m}Tc -DTPA u dospělých pacientů (Dedek, Ullmann, 2006, s. 11; Ziessman, O'Malley, Thrall, 2014, s. 170-171). Na základě získaných informací je možné posoudit glomerulární filtraci, tubulární sekreci, odtokové poměry moče, stanovit efektivní průtok plasmy a relativní funkce ledvin. Hlavní význam této diagnostické metody spočívá v odlišení prosté dilatace KPS od obstrukce (Chroustová et al., 2010, s. 682; Slavíčková, Cicutto In Míková, 2008, s. 89).

Poslední, třetí cíl spočíval v předložení dohledaných poznatků o jednotlivých modifikacích dynamické scintigrafie. První modifikací je furosemidový test, který je používán k odlišení obstrukce od prosté kalichopánvičkové dilatace. Pokud při

dynamické scintigrafii nedochází k odtoku moče z pánviček, aplikuje se furosemid. Standardně je používán protokol F + 20, protokol F - 15 bývá užíván, jestliže dojde k nejasnému výsledku u studie s F + 20 nebo se objeví Homseyovo znamení (Koranda, Ullmann, Utíkalová, 1998, s. 20; Chroustová et al, 2010, s. 683). Protokol F = 0 bývá doporučován u pacientů s problematickým intravenózním přístupem, mezi něž se bezpochyby řadí i děti (Kalkman, Paterson, 2008, s. 26; Koranda et al., 2005, s. 311; Urban, Heráček, 2013) a je považován za platnou metodu k vyšetření hydronefrózy a hydrouretronefrózy u kojenců a dětí (Wong, Rossleigh, Farnsworth, 1999, s. 1805). Díky diuretické nefrografii lze zjistit obstrukci, aniž by muselo dojít k mnohdy zbytečnému chirurgickému výkonu. Dynamická scintigrafie s furosemidem se provádí v případě starších dětí, které trápí bolesti břicha nebo okolí beder a mají nálezy přechodné dilatace KPS, nebo jim má být stanovena léčba primárního obstrukčního megaretru (Šmakal et al., 2004, s. 165).

Hlavním významem kaptoprilového testu je diagnostika renovaskulární hypertenze, zjištění její příčiny a následné léčby (Kolský et al., 1998, s. S81). S použitím ACE inhibitoru je možné určit, u kterých pacientů je možná revaskularizační léčba, tito pacienti poté podstupují digitální substrakční angiografii (Lang, Trešlová, Balonová, 2005, s. 237; Abdulsamea et al., 2009, s. 317).

Význam dynamické scintigrafie u transplantované ledviny spočívá v možnosti detekce perfuze, sekrece a exkrece a kontroly úspěchu léčby, případně pooperačních komplikací (Nováková, 2012, s. 25). Mezi nejčastější patří akutní tubulární nekróza (časně po transplantaci) a akutní nebo chronická rejekce (v pozdějším období). Pokud je však scintigrafie provedena do 24hod od operace, umožňuje nám odlišit akutní rejekci od ostatních komplikací. Další indikací je detekce urinomu, diagnostika kortikální nekrózy. Sanches ve své studii prokazuje, že dynamická scintigrafie pomocí $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ poskytuje přesné výsledky a podává natolik dostatečné informace, že může být používána k rutinnímu hodnocení komplikací u pacientů po transplantaci ledvin (Sanches et al., 2003, s. 508).

Závěrem lze konstatovat, že statická i dynamické scintigrafie hrají nezastupitelnou roli v diagnostice nejrůznějších onemocnění ledvin, významné jsou především v dětském a kojeneckém věku. Včasné a správné stanovení diagnózy umožňuje pak ošetřujícímu lékaři zvolit optimální způsob léčby.

Bibliografické a elektronické zdroje

ABDULSAMEA, S. et al. 2010. Pre- and postcaptopril renal scintigraphy as a screening test for renovascular hypertension in children. *Pediatric Nephrology* [online]. 2010, vol. 25, no. 2, pp. 317-322. [cit. 6. 9. 2013]. ISSN 1432-198X. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Pre+and+postcaptopril+renal+scintigraphy+as+a+screening+test+for+renovascular+hypertension+in+children>.

AKAHIRA, H. et al. 1999. Dynamic SPECT evaluation of renal plasma flow using technetium-99m MAG3 in kidney transplant patients. *Journal of Nuclear Medicine Technology* [online]. 1999, vol. 27, no. 1, pp. 32-37. [cit. 6. 9. 2013]. ISSN 00914916. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/218616771/fulltextPDF?accountid=16730>.

ANAVY, N. D. et al. 2012. Wandering kidney in dual-kidney transplant recipient presents a pitfall in the interpretation of renal scintigraphy. *Journal of Nuclear Medicine Technology* [online]. 2012, vol. 40, no. 4, pp. 275-277. [cit. 6. 9. 2013]. ISSN 00914916. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/1323976985/fulltextPDF?accountid=16730>.

ASH, J. et al. 1990. Quantitative assessment of blood flow in pediatric recipients of renal transplants. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 1990, vol. 31, no. 5, pp. 580-585. [cit. 6. 9. 2013]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://search.proquest.com/docview/79782083?accountid=16730>.

BERGMANN, H. et al. 1999. Improved automatic separation of renal parenchyma and pelvis in dynamic renal scintigraphy using fuzzy regions of interest. *European Journal of Nuclear Medicine* [online]. 1999, vol. 26, no. 8, pp. 8377p. [cit. 6. 9. 2013]. ISSN 1619-7089. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s002590050457>.

BLÁHOVÁ, K., KŘÍŽOVÁ, H., JANDA, J. 2002. Diagnostický a prognostický význam DMSA scintigrafie v akutní fázi pyelonefritidy. *Československá pediatrie*. 2002, roč. 57, č. 10, s. 547-549. ISSN 0069-2328.

ČERNIANSKA, A., ČERVEŇOVÁ, O., VÍVODOVÁ, D. 1998. Význam dynamickej scintigrafie pri dilatácii dutého systému v novorodeneckom a dojčeneckom veku. *Česká urologie* [online]. 1998, roč. 2, č. 4, s. 20. [cit. 14. 8. 2013]. ISSN 1211-8729. Dostupné z: <http://www.czechurol.cz/detail.php?stat=335>.

ČERVEŇOVÁ, O. et al. 2001. Diagnostika obštrukcie pyeloureterálnej junkcie: porovnanie výsledkov dynamickej scintigrafie obličiek s Furosemidom a operačného nálezu. *Československá pediatrie*. 2001, roč. 56, č. 9, s. 521-523. ISSN 0069-2328.

DEDEK, V., ULLMANN, V. 2006. Dynamická scintigrafie ledvin v diferenciálnej diagnostice typu uropatie pomocou kvantifikácie nefrografických kriviek. *Praktická radiologie*. 2006, roč. 11, č. 1, s. 11-15. ISSN 1211-5053.

DOLEŽAL, J. 2008. Posouzení funkce ledviny po střelném poranění záchovné operaci pomocí statické scintigrafie s 99m Tc-DMSA. *Urologie pro praxi* [online]. 2008, roč. 9, č. 5, s. 251-252. [cit. 14. 8. 2013]. ISSN 1803-5299. Dostupné z: <http://www.urologiepropraxi.cz/artkey/uro-200805-0009.php>.

DONDI, M. et al. 1992. Prognostic Value of Captopril Renal Scintigraphy in Renovascular Hypertension. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 1992, vol. 33, no. 11, pp. 2040-2044. [cit. 1. 2. 2014]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/33/11/2040.full.pdf+html>.

FERNANDEZ, P. et al. 1999. Value of Captopril Renal Scintigraphy in Hypertensive Patients with Renal Failure. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 1999, vol. 40, no. 3, pp. 412-417. [cit. 1. 2. 2014]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/40/3/412.full.pdf+html>.

HEAF, J., IVERSEN, J. 2000. Uses and limitations of renal scintigraphy in renal transplantation monitoring. *European Journal of Nuclear Medicine* [online]. 2000, vol. 27, no. 7, pp. 871-879. [cit. 3. 2. 2014]. ISSN 1619-7089. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1007/s002590000281>.

HERÁČEK, J., URBAN, M. et al. *Urologie pro studenty* [online]. Androgeos. [cit. 28. 09. 2013]. ISBN 978-80-254-1859-8. Dostupný z: <http://www.urologieprostudenty.cz>.

CHROUSTOVÁ, D. et al. 1998. Detekce renálního jizvení po akutní pyelonefritidě při statické scintigrafii ledvin v dětském věku. *Československá pediatrie*. 1998, roč. 53, č. 5, s. 270-274. ISSN 0069-2328.

CHROUSTOVÁ, D. et al. 2003. Postavení dynamické scintigrafie ledvin s furosemidovým testem v diagnostice obstrukčních uropatií v dětském věku. *Československá pediatrie*. 2003, roč. 58, č. 3, s. 129-133. ISSN 0069-2328.

CHROUSTOVÁ, D. et al. 2004. Korelace nálezů dynamické scintigrafie ledvin pomocí 99m Tc-DTPA s ACE inhibitorem a sonografického vyšetření při skríninku stenózy renální arterie. *Časopis lékařů českých*. 2004, roč. 143, č. 9, s. 633-637. ISSN 0008-7335.

CHROUSTOVÁ, D. et al. 2005. Přínos pinhole obrazů u statické scintigrafie ledvin v dětském věku. *Československá pediatrie*. 2005, roč. 60, č. 10, s. 551-557. ISSN 0069-2328.

CHROUSTOVÁ, D. et al. 2010. Současné postavení dynamické scintigrafie ledvin s aplikací diuretika v dětském věku. *Československá pediatrie*. 2010, roč. 65, č. 12, s. 682-693. ISSN 0069-2328.

JAKSIC, E. et al. 2011. Diagnostic role of initial renal cortical scintigraphy in children with the first episode of acute pyelonephritis. *Annals of Nuclear Medicine* [online]. 2011, vol. 25, no. 1, pp. 37-43. [cit. 13. 8. 2013]. ISSN 1864-6433. Dostupné z: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12149-010-0431-5#page-1>.

KALKMAN, E, PATERSON, C. 2008. Radionuclide imaging of the renal tract: principles and applications. *Imaging* [online]. 2008, vol. 20, no 1, pp. 23-28. [cit. 13. 8. 2013]. ISSN 09656812. Dostupné z: <http://www.birpublications.org/doi/pdf/10.1259/imaging/25131026>

KORANDA, P., ULLMANN, V., UTÍKALOVÁ, A. 1998. Dynamická scintigrafie v diagnostice obstrukční uropatie. *Česká urologie* [online]. 1998, roč. 2, č. 4, s. 20. [cit. 14. 8. 2013]. ISSN 1211-8729. Dostupné z <http://www.czechurol.cz/detail.php?stat=335>.

KORANDA, P. et al. 2005. Vyšetřovací metody nukleární medicíny v pediatrii. *Pediatrie pro praxi* [online]. 2005, roč. 6, č. 6, s. 310-313. [cit. 14. 8. 2013]. ISSN-1803-5264. Dostupné z <http://www.pediatriepropraxi.cz/artkey/ped-200506-0009.php>.

- KORANDA, P. c2007. Nukleární nefrologie. In KUPKA, K., KUBINYI, J., ŠÁMAL, M. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007. s. 106-113. ISBN 978-80-903584-9-2.
- KRAFT, O., KUBA, J., ULLMANN, V. 1995. Problematika stanovení separované funkce ledvin pomocí dynamické scintigrafie. *Vnitřní lékařství*. 1995, roč. 41, č. 10, s. 699-703. ISSN 0042-773X.
- KRAFT, O. 1998. Dystopie ledviny a scintigrafie skeletu. *Česká urologie*. 1998, roč. 2, č. 3, s. 23-24. ISSN 1211-8729.
- KRAFT, O., ULLMAN, V. 1999. Klinický význam tranzitních funkcí u dynamické scintigrafie ledvin. *Česká radiologie*. 1999, roč. 53, č. 1, s. 34-36. ISSN 1210-7883.
- KŘÍŽ, J., MORÁVEK, J. 2009. Použití dynamické scintigrafie ledvin k hodnocení funkce kongenitální hydronefrózy u dětí. *Česká urologie*, 2009, roč. 13, č. 3, s. 237. ISSN 1211-8729.
- KŘÍŽOVÁ, H., BLÁHOVÁ, K. 2004. Statická scintigrafie ledvin v diagnostice a následném sledování kojenců a batolat s první atakou akutní pyelonefritidy. *Česká radiologie*. 2004, roč. 58, č. 2, s. 90-93. ISSN 1210-7883.
- LANG, O., HLŮŽOVÁ, L. 2008. Přehled nejčastěji užívaných metod v nukleární nefrologii. *Praktická radiologie*. 2008, roč. 13, č. 2, s. 17-22. ISSN 1211-5053.
- LANG, O., KOMOROUSOVÁ, I. 2011. Nový software pro dynamickou scintigrafii ledvin. *Česká radiologie*. 2011, roč. 65, č. 3, s. 218-223. ISSN 1210-7883.
- TREŠLOVÁ, L., BALONOVÁ, H., LANG, O. 2005. Scintigrafická detekce renovaskulární hypertenze. *Česká radiologie*. 2005, roč. 59, č. 4, s. 236-241. ISSN 1210-7883.
- LIEPE K., TAUT-SACK, H. 2006. Can renal Doppler sonography replace diuretic radionuclide renography in infants with hydronephrosis? *The Turkish Journal Pediatrics* [online]. 2006, vol. 48, no. 3, pp. 221-227. [cit. 2. 2. 2014]. ISSN 0041-4301. Dostupné z: <http://www.turkishjournalpediatrics.org/?fullTextId=340>.
- LIU, Y. et al. 2005. The F+0 Protocol for Diuretic Renography Results in Fewer Interrupted Studies Due to Voiding Than the F-15 Protocol. *The Journal of Nuclear*

Medicine [online]. 2005, vol. 46, no. 8, pp. 1317–1320. [cit. 2. 2. 2014]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/46/8/1317.full>

MANDELL, G. A. et al. 1997. Procedure Guideline for Radionuclide Cystography in Children. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 1997, vol. 38, no. 10, pp. 1650-1654. [cit. 13. 1. 2014]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/38/10/1650.full.pdf+html>.

MANJUNATH, G., SARNAK, M. J., LEVEY, A. S. 2002. Měření glomerulární filtrace: Jak správně postupovat při hodnocení funkce ledvin. *Medicina po promoci*. 2002, roč. 3, č. 3, s. 39-45. ISSN 1212-9445.

MARINESCU, G. 2012. The value of scintigraphy in diagnosis of renal disease. *Revista Română de Urologie* [online]. 2012, vol. 11, no. 1, pp. 12-16. [cit. 2. 2. 2014]. ISSN 1223-0650. Dostupné z: <http://revista-urologia.ro/wp-content/uploads/2012/04/The-value-of-scintigraphy-in-diagnosis-of-renal-disease.pdf>.

MELLER, J., SAHLMANN, C. O., BECKER, W. 2002. Nuclear Medicine Studies in the Dialysis Patient. *Seminars in Dialysis* [online]. 2002, vol. 15, no. 4, pp. 269-276. [cit. 13. 1. 2014]. ISSN 08940959. Dostupné z: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=f87aca31-b73c-49ce-9d56-bc977908b05a%40sessionmgr112&hid=108>.

NOVÁKOVÁ, D. 2012. Scintigrafie ledvinového graftu. *Florence*. 2012, roč. 8, č. 6, s. 25-27. ISSN 1801-464X.

POYRAZ, NY, et al. 2012. Additional Value of SPECT/CT to Tc-99m MAG3 Renal Scintigraphy in the Diagnosis of a Patient with Ureteroileal Fistula. *Molecular Imaging and Radionuclide Therapy* [online]. 2012, vol. 21, no. 2, pp. 84-7. [cit. 17. 1. 2014]. ISSN 2147-1959. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23487021>.

REUSZ, G. S. et al. 2010. Captopril-enhanced renal scintigraphy in the diagnosis of pediatric hypertension. *Pediatric Nephrology* [online]. 2010, vol. 25, no. 2, pp. 185-9. [cit. 1. 2. 2014]. ISSN 1432-198X. Dostupné z: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=13&sid=730c2b02-d527-4e2a-a3cb-d522f7660a07%40sessionmgr4002&hid=4214>.

ROSSLEIGH, M. 2001. Renal Cortical Scintigraphy and Diuresis Renography in Infants and Children. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 2001, vol. 42, no. 1, pp. 91 – 95. [cit. 15. 2. 2014]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/42/1/91.full>.

SANCHES, A. et al. 2003. The accuracy of ^{99m}Tc-DTPA scintigraphy in the evaluation of acute renal graft complications. *International braz j urol* [online]. 2003, vol. 29, no. 6, pp. 507-516. [cit. 2. 1. 2014]. ISSN 1677-5538. Dostupné z: <http://www.scielo.br/pdf/ibju/v29n6/v29n6a05.pdf>.

SKORČÍKOVÁ, P., MIHÁLEKOVÁ, V. 2008. Vyšetření ledvin u dětí na klinice nukleární medicíny ve FN Olomouc. *Praktická radiologie*. 2008, roč. 13, č. 3, s. 28-30. ISSN 1211-5053.

SLAVÍČKOVÁ, J., CICUTTO, R. 2008. Scintigrafie ledvin u kojenců a batolat. In MÍKOVÁ, V. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, c2008. s. 88-91. ISBN 978-80-7262-533-8

ŠÁLEK, T. 2010. Současné metody stanovení glomerulární filtrace a jejich klinický význam. *Kardiologická revue*. 2010. roč. 12, č. 3, s. 151-152. ISSN 2336-288X.

ŠMAKAL, O. 2010. Diagnostika a léčba vrozených vad zdvojené ledviny u dětí. *Urologie pro praxi* [online]. 2010, roč. 11, č. 6, s. 316-318. [cit. 14. 8. 2013]. ISSN 1803-5299. Dostupné z: http://www.urologiepropraxi.cz/artkey/uro-201006-0007_Diagnostika_a_lecba_vrozenych_vad_zdvojene_ledviny_u_deti.php.

ŠTARHA, J. et al. 2003. Ultrazvukové vyšetření ledvin (ultrazvuk s B záznamem a ultrazvuk s energetickým dopplerovským záznamem) u dítěte s akutní pyelonefritidou: srovnání se statickou scintigrafií ledvin. *Československá pediatrie*. 2003, roč. 58, č. 3, s. 134-136. ISSN 0069-2328.

TAYLOR, A. T. et al. 1998. Procedure Guideline for Diagnosis of Renovascular Hypertension. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 1998, vol. 39, no. 7, pp. 1297-1302. [cit. 1. 2. 2014]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/39/7/1297.full.pdf+html>.

URBÁNEK, J. et al. 2000. *Nukleární medicína*. 3., zcela přeprac.vyd. Jilemnice: Gentiana, 2000. ISBN 8090213391.

URBANOVÁ, E., VIŽĎA, J. 1999. Radionuklidová vyšetření urogenitálního traktu II.část. *Praktická radiologie*. 1999, roč. 4, č. 1, s. 10-11. ISSN 1211-5053.

VIŽĎA, J. 1998. Současné možnosti diagnostického zobrazování v nukleární medicíně. *Praktická radiologie*. 1998, roč. 3, č. 1, s. 18-20. ISSN 1211-5053.

WONG, D. C., ROSSLEIGH, M. A., FARNSWORTH, R. H. 1999. F+0 Diuresis Renography in Infants and Children. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 1999, vol. 40, no. 11, pp. 1805-1811. [cit. 20. 1. 2014]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/40/11/1805.full.pdf+html>.

ZIESSMAN, H. A., O'MALLEY, J. P., THRALL, J. H. a F. H. FAHEY, ed. c2014. *Nuclear medicine*. 4.th ed. Philadelphia, Pa.: Elsevier Saunders, c2014. ISBN 978-0-323-08299-0.

Seznam zkratk

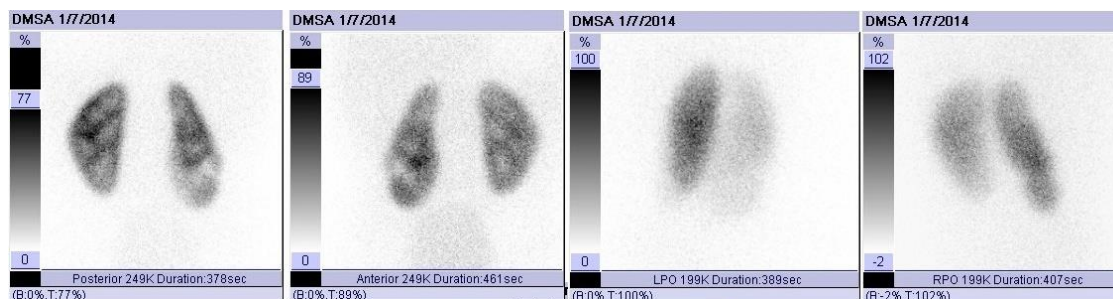
| | |
|-------|-------------------------------------------|
| APN | akutní pyelonefritida |
| CT | výpočetní tomografie |
| DSA | digitální subtrakční angiografie |
| EANM | European Association of Nuclear Medicine |
| ERPF | efektivní průtok plazmy ledvinou |
| GFR | glomerulární filtrace |
| IMČ | infekce močových cest |
| LEAP | low-energy all-purpose |
| LEHR | low-energy high resolution |
| SPECT | jednofotonová emisní výpočetní tomografie |
| UZ | ultrazvuk |
| VUR | vezikoureterální reflux |

Seznam příloh

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Příl. 1 – Abnormální tvar pravé ledviny..... | 48 |
| Příl. 2 – Dystopie levé ledviny..... | 49 |
| Příl. 3 – Zdvojený dutý systém obou ledvin..... | 50 |
| Příl. 4 – Dynamická scintigrafie ledvin – normální nález..... | 51 |
| Příl. 5 – Dynamická scintigrafie ledvin – patologický nález..... | 52 |

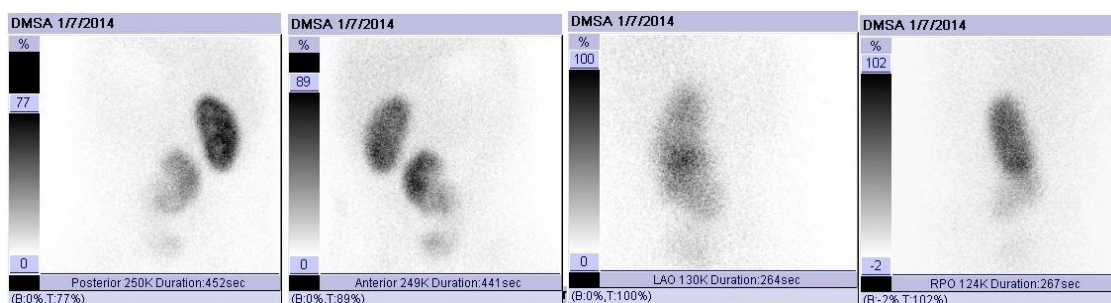
Přílohy

Příloha 1 - Abnormální tvar pravé ledviny



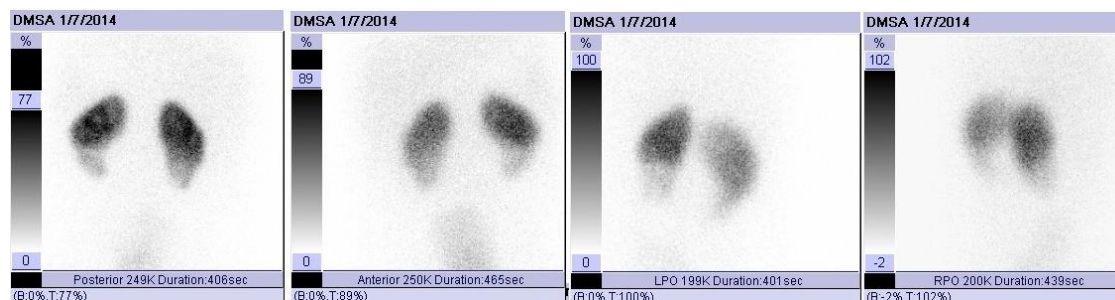
Pravá ledvina kyjovitého tvaru (zúžená horní polovina, rozšířená dolní polovina), relativní hypoakumulace radiofarmaka v dolní polovině s drobným kortikálním defektem v laterokaudální části kontury (klinicky stp. akutní pyelonefritidě). *Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc*

Příloha 2 - Dystopie levé ledviny



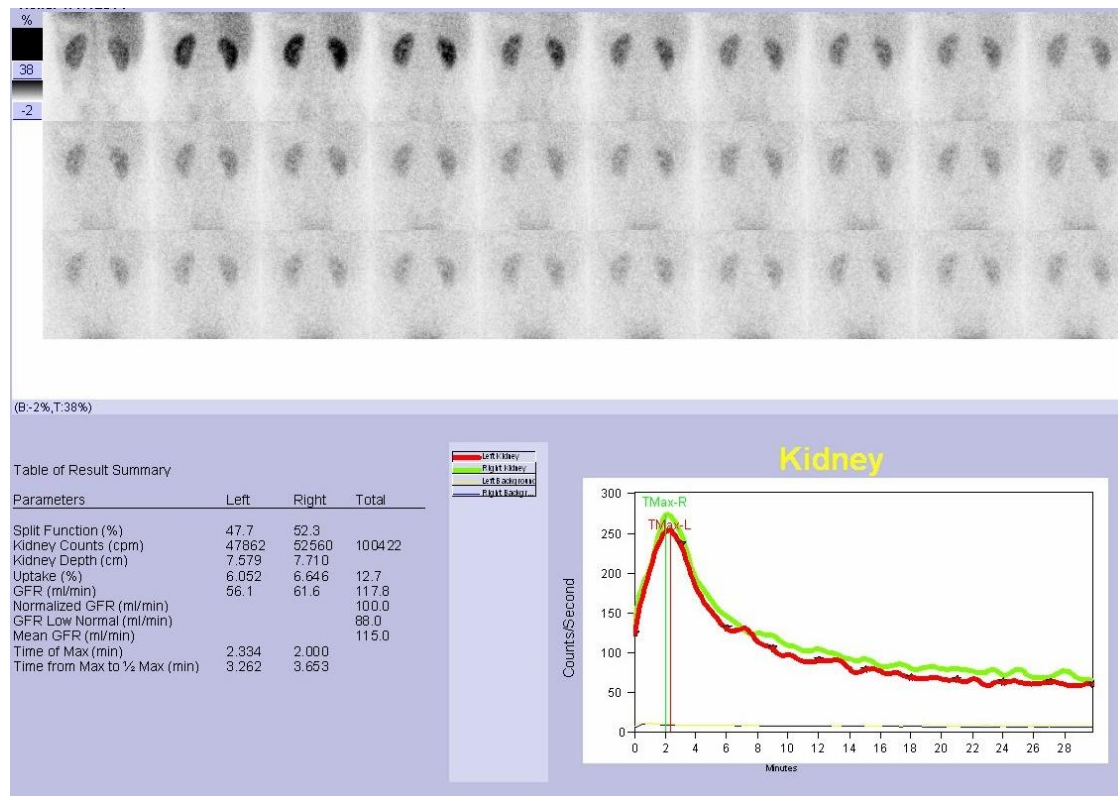
Levá ledvina dystopická, malrotovaná, hypoakumulující radiofarmakum s relativním maximem hypoakumulace (hypofunkce) v kaudální třetině, z matematického vyhodnocení poměru počtu impulzů vyplývá, že levá ledvina se podílí 31 % na ledvinných funkcích. *Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc*

Příloha 3 - Zdvojený dutý systém obou ledvin



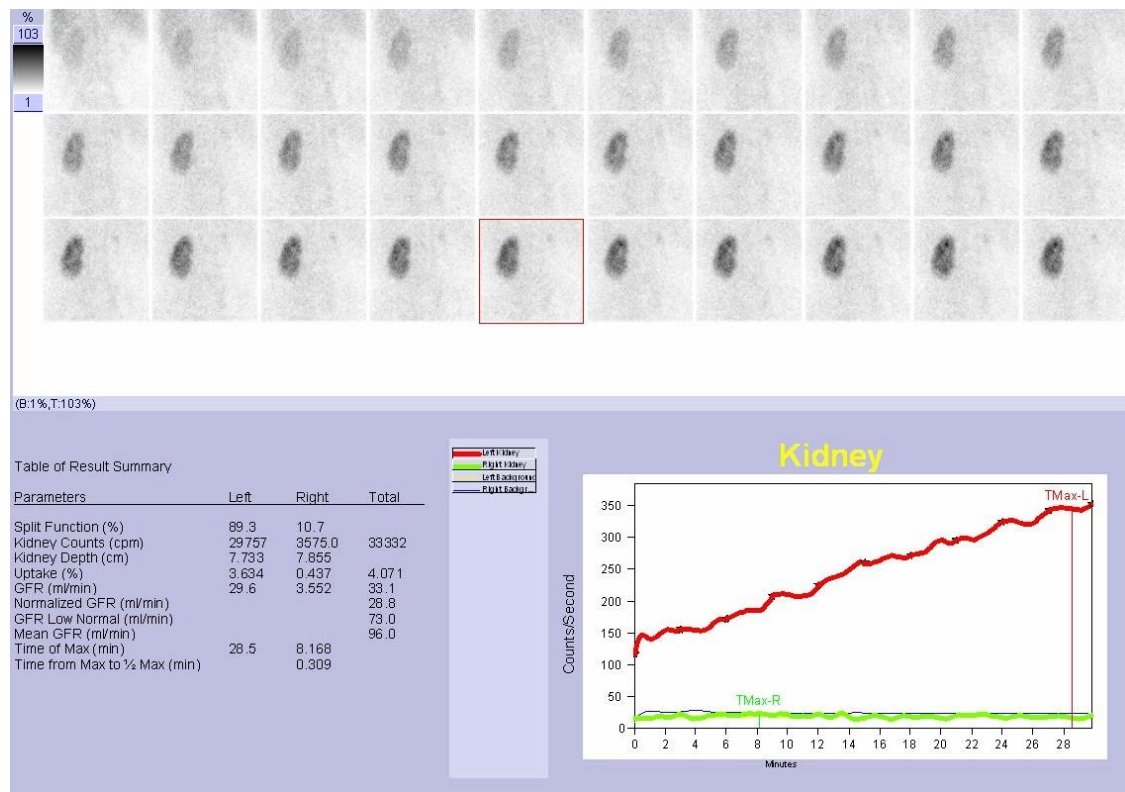
Oboustranně relativní hypoakumulace radiofarmaka (hypofunkce) v dolních segmentech ledvin, z matematického vyhodnocení poměru počtu impulzů vyplývá, že poměr funkce ledvin je v mezích normy (52 %: 48 %), dolní segment levé ledviny se podílí 15 % na funkci celé ledviny, dolní segment pravé ledviny se podílí 13 % na její funkci. *Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc*

Příloha 4 – Dynamická scintigrafie ledvin (po aplikaci $^{99m}\text{Tc-DTPA}$) – normální nález



Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc

Příloha 5 - Dynamická scintigrafie ledvin (po aplikaci ^{99m}Tc -DTPA) – patologický nález



Patologie prakticky funkce pravé ledviny, levá ledvina kompenzatorně zvětšená s výrazně zpomaleným transportem radiofarmaka parenchymem. *Zdroj: Archiv KNM FN Olomouc*