UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Markéta Dvořáková

Radionuklidová diagnostika onemocnění ledvin

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Iva Metelková, PhD.

Olomouc 2015

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

Olomouc 30. dubna 2015

Podpis

Ráda bych poděkovala MUDr. Ivě Metelkové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytla při zpracování bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Typ závěrečné práce přehledová bakalářská práce

Téma práce: Radionuklidová diagnostika onemocnění ledvin

Název práce: Radionuklidová diagnostika onemocnění ledvin

Název práce v AJ: Radionuclide diagnosis of kidney disease

Datum zadání: 2014-05-22

Datum odevzdání: 2015-04-30

Vysoká škola, fakulta, ústav:

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor práce: Dvořáková Markéta

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

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

Abstrakt v ČJ: Bakalářská práce s názvem „Radionuklidová diagnostika onemocnění ledvin“ objasňuje kompletní postup při statické, dynamické scintigrafii ledvin a jejích modifikacích. Od přípravy pacienta až po hodnocení vyšetření. Součástí bakalářské práce jsou rozdíly ve vyšetření ledvin při statické a dynamické scintigrafii u dětí a dospělých. Informace a poznatky v bakalářské práci jsou předloženy na základě rešeršní činnosti vyhledaných odborných článků a publikací.

Abstrakt v AJ: Bachelor thesis entitled „Radionuclide diagnosis of kidney disease“ explains the complete procedure at static, dynamic kidney scintigraphy and its modifications. From preparation of the patient to assessment of the examination. Part of the bachelor thesis are diferences in examination of kidney during static and dynamic scintigraphy between child and adults patients. The information and conclusions in the bachelor thesis are presented on the basic of research activity of available technical articles and publications.

Klíčová slova v ČJ: radiofarmaka, statická scintigrafie ledvin, dynamická scintigrafie ledvin, renovaskulární hypertenze, scintigrafie ledvin

Klíčová slova v AJ: radiopharmaceutical, static scintigraphy of kidneys, dynamic scintigraphy of kidneys, renovascular hypertension, scintigraphy of kidneys

Rozsah: 42 stran, 2 přílohy

Obsah

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE 4

ÚVOD 8

1. LEDVINY 10

1.1 Odlišnosti ledvin dětí 10

2. HISTORIE RADIONUKLIDOVÉHO VYŠETŘENÍ LEDVIN 11

3. SCINTIGRAFIE 12

3.1 Dynamická scintigrafie 12

3.2 Statická scintigrafie 12

4. PŘÍPRAVA PACIENTŮ KE SCINTIGRAFICKÉMU VYŠETŘENÍ LEDVIN 13

4.1 Příprava dětského pacienta 13

4.2 Příprava dospělého pacienta 13

5. KONTRAINDIKACE SCINTIGRAFICKÝCH VYŠETŘENÍ LEDVIN 15

5.1 Těhotenství 15

5.2 Laktace 15

6. STATICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN 16

6.1 Používaná radiofarmaka 16

6.1.1 Odlišnosti při používání radiofarmak u dětí 16

6.2 Provedení vyšetření 17

6.2.1 Odlišnosti při provedení vyšetření u dětí 18

6.3 Hodnocení 18

6.3.1 Odlišnosti při hodnocení u dětí 20

6.4 Indikace ke statické scintigrafii ledvin 20

6.4.1 Odlišnosti při indikaci u dětí 21

7. DYNAMICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN 22

7.1 Používaná radiofarmaka 22

7.1.1 Odlišnosti při používání radiofarmak u dětí 23
7.2 Provedení vyšetření 23
7.2.1 Odlišnosti při provedení vyšetření u dětí 23
7.3 Hodnocení 24
7.4 Indikace dynamické scintigrafie ledvin 26
8. SPECIÁLNÍ MODIFIKACE DYNAMICKÉ SCINTIGRAFIE 27
8.1 DYNAMICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN V DIAGNOSTICE OBSTRUKČNÍ UROPATIE 27
8.1.1 Diuretická nefrografie 27
8.1.2 Dynamická scintigrafie ledvin se stanovením tranzitních časů dekonvoluční analýzou 29
8.2 DYNAMICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN S PODÁNÍM ACE INHIBITORU PŘI DETEKCI RENOVASKULÁRNÍ HYPERTENZE 30
8.2.1 Používaná radiofarmaka 30
8.2.2 Příprava pacienta 31
8.2.3 Provedení 31
8.2.4 Hodnocení 32
8.2.5 Indikace 32
8.3 SCINTIGRAFIE TRANSPLANTOVANÉ LEDVINY 32
8.3.1 Používaná radiofarmaka 33
8.3.2 Provedení 34
8.3.3 Hodnocení 34
8.3.4 Indikace 35
ZÁVĚR 36
BIBLIOGRAFICKÉ A ELEKTRONICKÉ ZDROJE 38
SEZNAM ZKRATEK 41
SEZNAM PŘÍLOH 42
PŘÍLOHY 43

ÚVOD

Nukleární medicína je samostatný lékařský obor, který je neoddělitelnou součástí léčebné péče. Zabývá se aplikacemi radiofarmak pro diagnostické i terapeutické účely. Metody nukleární medicíny mají vynikající schopnost poskytnout informace o funkci orgánů a o průběhu fyziologických a patologických dějů.

Základní diagnostickou metodou v nukleární medicíně je scintigrafické vyšetření, během kterého je orgán nebo patologické ložisko zobrazeno na základě změněné funkce. Poruchy funkce většinou předcházejí poruchám struktury a díky tomu lze patologické děje odhalit metodami nukleární medicíny mnohem dříve, než jinými zobrazovacími metodami.

Mezi nejčastěji používané metody nukleární medicíny se řadí právě radionuklidové vyšetření ledvin. V diagnostice a sledování vývoje poruch urogenitálního traktu má nezastupitelné místo. Radionuklidová vyšetření ledvin poskytují především funkční informace o ledvinách a navazujících močových cestách. Radiofarmaka používaná při scintigrafii ledvin se do těla aplikují v podobě otevřených zářičů. Skládají se z chemické sloučeniny, na kterou je navázán radionuklid emitující gama záření, to lze registrovat pomocí scintilační kamery.

Na základě dostupných informací byly stanoveny tyto zkoumané problémy:

1. Jaké poznatky byly publikovány o radionuklidovém vyšetření ledvin?
2. Jaký je rozdíl při radionuklidovém vyšetření ledvin u dětí a dospělých?
3. Jaký je rozdíl při statické a dynamické scintigrafii ledvin?

Na základě položených otázek byly formulovány tyto cíle bakalářské práce :

1. Předložit a shrnout dohledané poznatky o radionuklidovém vyšetření ledvin.
2. Objasnit rozdíl při radionuklidovém vyšetření ledvin u dětí a dospělých.
3. Objasnit rozdílnost statické a dynamické scintigrafie ledvin.

Na základě zvoleného tématu byla použita tato vstupní literatura:

KORANDA, Pavel a kol. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 201 s. Skripta. ISBN 978-80-244-4031-6.

NAŇKA, Ondřej, ELIŠKOVÁ, Miloslava a ELIŠKA, Oldřich. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, ©2009. xi, 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0.

TEPLAN, Vladimír a kol. *Praktická nefrologie*. 2., zcela přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2006. xxviii, 496 s., 12 s. barev. obr. příl. ISBN 80-247-1122-2.

VIŽĎA, Jaroslav et al. *Atlas scintigrafie ledvin = Atlas of renal scintigraphy*. 1. vyd. Praha: Agentura Pankrác, 2002. 72 s. ISBN 80-902873-6-0.

K vyhledávání informací byla použita tato klíčová slova:

radiofarmaka, statická scintigrafie ledvin, dynamická scintigrafie ledvin, renovaskulární hypertenze, scintigrafie ledvin.

Dohledané poznatky byly získány rešerší českých článků a studií. Použity byly některé internetové zdroje a také odborná literatura. K vyhledávání odborných článků byly použity databáze jako MEDVIK, MEADLINE a EBSCO, přístupné on line prostřednictvím počítačové sítě Univerzity Palackého v Olomouci. Kromě těchto databází bylo použito i internetového vyhledávače Google Books.

Rešerše byla provedena od roku 1999 do současnosti. Na základě použitých klíčových slov bylo po pečlivém prostudování abstraktů jednotlivých článků použito celkem 18 odborných článků, z nichž 1 byl v anglickém jazyce. Pro tvorbu této přehledové bakalářské práce byly informace doplněny z 13 titulů odborné literatury a dále ze 3 elektronických zdrojů, z nichž 1 byl ve slovenském jazyce.

1. LEDVINY

Ledviny patří mezi párové orgány. Jsou fazolovitého tvaru, červenohnědé barvy a elastické konzistence. Hmotnost jedné ledviny je zhruba 120g. Povrch je pokryt vazivovým pouzdrem. Jejich uložení je v retroperitoneu. Levá ledvina bývá uložena o něco výš, než pravá. Na ledvině lze rozlišit kůru a dřeň. Kůra je po obvodu a je světlejší barvy, dřeň je pak barvy tmavší (Naňka, Elišková, 2009, s. 195-197).

1.1 Odlišnosti ledvin dětí

Kojenci a batolata mají ledviny uložené velmi nízko. U dětí do 2 let je lze vyšetřit pohmatem, jelikož dolní pól ledvin sahá hluboko do pánve. Zhruba u ročních dětí je dolní pól ledvin ve stejné úrovni jako okraj kyčelní kosti. U dětí do 8 let je tukový polštář malý, ledviny jsou tak celkem volně uloženy (Míková, 2008, s. 88).

2. HISTORIE RADIONUKLIDOVÉHO VYŠETŘENÍ LEDVIN

První radionuklidové studie ohledně funkce ledvin byly provedeny roku 1952. Oeser a Billion změřili po i.v. podání ^{131}I-idoxolu radioaktivitu moče. Radionuklidová renografie byla do klinické praxe zavedena v roce 1956. Dlouhou dobu tak byla využívána v diagnostice onemocnění ledvin. K rozšíření došlo po roce 1960, kdy Winter zavedl do klinické praxe orto-jodhipuran (OIH), značený ^{131}I. Funkční parenchym ledvin bylo možné zobrazit díky gamagrafu a rtuťových diuretik, které byly značené ^{197}Hg či ^{203}Hg, začátkem 60. let (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 5). Klíčovým byl roku 1962 objev medicínského využití ^{99m}Tc, které má velmi výhodné chemické i fyzikální vlastnosti (Hlůžová, Lang, 2008, s. 17). Roku 1964 se gamakamery, které dokázaly zobrazit parenchym a zároveň sledovat distribuci radiofarmaka v čase, dostaly do medicínské praxe. Jejich plné uplatnění však bylo dostupné koncem 60. let. Umožnilo to matematické zpracování získaných dat. Nejprve pomocí mnohokanálových analyzátorů, později pomocí počítačů (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 5). Došlo k významnému zlepšení diagnostiky uropoetického systému díky zavedení nových RF. Roku 1986 došlo k syntéze technecia značeného MAG3, který postupně nahradil ^{131}I-OIH u dynamické scintigrafie ledvin (Hlůžová, Lang, 2008, s. 17).

3. SCINTIGRAFIE

Mezi často využívané metody v nukleární medicíně patří právě scintigrafická vyšetření ledvin a močových cest. Díky těmto vyšetřením je možné získat mnoho informací o stavu uropoetického systému. Neinvazivita, možnost zobrazení a přesného kvantitativního zhodnocení separované funkce ledvin a močových cest je hlavním přínosem radionuklidové diagnostiky a to bez jakéhokoliv ovlivnění fyziologických procesů (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 5).

Základní charakteristikou scintigrafie je zobrazení orgánu na základě jeho funkce. Nahromadění radiofarmaka ve vyšetřované tkáni závisí na jejím funkčním stavu. Anatomické zobrazování u radiodiagnostických metod umožňuje hodnotit např. zlomeninu kosti, velikost cysty či rozsah nádoru. Scintigrafické vyšetření zobrazující funkci nám ukáže např. zánět, perfúzi, přestavbu kosti apod. (Kupka, Kubinyi, Šámal et. al., 2007, s. 14). Scintigrafie se provádí v režimu dynamické nebo statické scintigrafie (Koranda et al., 2014, s. 90).

3.1 Dynamická scintigrafie

Dynamická scintigrafie zaznamenává sérii na sebe plynule navazujících scintigramů. Během vyšetření se projekce, ve které je záznam prováděn, nemění (Koranda et al., 2014). Při dynamické scintigrafii ledvin je možno procentuelně posoudit funkční zdatnost ledvin (Sovová et al., 2012, s. 190).

3.2 Statická scintigrafie

U statické scintigrafie je výsledkem jeden scintigram nebo celá série scintigramů, která může být v různých projekcích (přední, zadní, bočná či šikmá). Tento způsob je využíván hlavně při vyšetřeních, kde je radiofarmakum celkem stabilně vychytáno v cílové tkáni. Při tomto způsobu je důležitá kvalita jednotlivých obrazů. Při delší době nahrávání je snímek více kontrastní a tím i více kvalitní (Koranda et al., 2014). Při statické scintigrafii ledvin je možno posoudit procentuelně stranový podíl na funkci, velikost a tvar ledviny (Sovová et al., 2012, s. 190).

4. PŘÍPRAVA PACIENTŮ KE SCINTIGRAFICKÉMU VYŠETŘENÍ LEDVIN

4.1 Příprava dětského pacienta

Pro správné scintigrafické vyšetření je velmi důležitá hydratace pacientů. V určitých případech, pokud tomu například brání zdravotní důvody, je možno použít i. v. infuzi (Mysliveček, Kamínek, et al., 2007, s. 101). Při vyšetření u kojenců se zavodňuje o jednu dávku tekutin navíc oproti normálnímu potravnímu režimu. Starší děti dostávají většinou k vypití 200-300ml tekutin. Dohlížíme u nich na to, aby vypily co největší množství (Pekárek, Kraft, 2012, s. 71). Jelikož výsledky scintigrafií závisejí na pohybu pacientů, je důležité, aby zůstali po dobu vyšetření v klidu (Míková, 2208, s. 90). Pokud by docházelo k výrazným posunům pacientů, nebylo by možné použít standardní vyhodnocovací programy. Dynamickou scintigrafii by bylo nutno posuzovat pomocí nestandardních alternativních postupů, které mají limitovanou přesnost hodnocení (Koranda et. al., 2014, s. 92). Kojence lze zpravidla uklidnit tím, že ho matka nakojí. U starších dětí to může být horší. Mohou mít například strach z aplikace (Míková, 2008, s. 90). Pokud je potřeba provést vyšetření u dětí, kteří jsou vystrašení či neklidní, lze dohodnout premedikaci sedativy (Pekárek, Kraft, 2012, s. 71). Podávání sedativ ve velkých dávkách však není vhodné z důvodu ovlivnění motility ureterů, čímž může dojít ke změně drenáže ledvin (Mysliveček, Kamínek, et al., 2007, s. 101). Zavedení kanyly u dětských pacientů, ať už hospitalizovaných nebo ambulantních, se většinou provádí na dětské ambulanci (Míková, 2008, s. 90). Předloktí dítěte je vždy těžké fixovat, takže ač lze v kubitální jamce najít většinou vhodnou žílu, volíme raději aplikaci radiofarmaka do žil na dorzu ruky a u velmi malých dětí volíme žíly na hlavě (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 168). Tam, kde má být proveden vpich je možné aplikovat krém, který místo vpichu lokálně znecitliví (Mysliveček, Kamínek, et al., 2007, s. 101). Při dynamické scintigrafii dítě ze stran podložíme stočenými prostěradly, která zajistí stabilní polohu (Skorčíková, Miháleková, 2008, s. 28).

4.2 Příprava dospělého pacienta

Aby bylo vyšetření kvalitní, je třeba pacienta dobře zavodnit. Dospělý člověk běžně vypije půl litru tekutin, zhruba 30-60minut před začátkem vyšetření (Pekárek, Kraft 2012, s. 71). Pokud je pacient dostatečně hydratován, dochází rychleji k vylučování RF z organismu (Hlůžová, Lang, 2008, č.2, s. 17). Jestliže není možno z určitých důvodů perorální podání tekutin, lze podat i.v.infuzi (Mysliveček, Kamínek et al., 2007, s. 100). Pacientům, kteří mají

od průměru výraznou odchylku hmotnosti, lze vypočítat objem tekutiny takovým způsobem, že na jeden kilogram tělesné váhy připadá 7 ml tekutiny. Velmi důležité je vymočení pacienta před vyšetřením (Hlůžová, Lang, 2008, č.2, s. 17).

5. KONTRAINDIKACE SCINTIGRAFICKÝCH VYŠETŘENÍ LEDVIN

5.1 Těhotenství

Těhotenství je jednou z hlavních kontraindikací při scintigrafickém vyšetření funkce ledvin. Jestliže je nutné vyšetřit ženu, která je v reprodukčním věku, je důležité pátrat po možném těhotenství (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 8).

5.2 Laktace

Laktace patří mezi další kontraindikace při vyšetření žen. Jestliže má být aplikováno radiofarmakum kojící ženě, je dobré zvážit, zda-li není možné vyšetření odložit. Například na dobu, kdy kojení bude ukončené. Jestliže je i přesto nutné aplikovat RF, musíme zjistit, jestli je to opravdu vhodné. Mohlo by dojít k jeho sekreci do mateřského mléka, což není žádoucí. U komerčně dodávaných preparátů jsou příbalové informace, podle kterých lze postupovat, jestliže je vyšetření nezbytné, např. při přetrvávajícím poškození funkce ledvin nebo při podezření na zánět ledvin (Vížďa, Lepej et al., 2002, s.8).

6. STATICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN

Cílem tohoto vyšetření je zobrazit ledvinný parenchym co nejkvalitněji a posoudit relativní funkci ledvin co nejpřesněji (Koranda et al., 2014, s. 100).

6.1 Používaná radiofarmaka

Ke statické scintigrafii ledvin se používá techneciem značená kyselina dimerkaptojantarová (^{99m}Tc-DMSA), která je aplikována intravenózně. Toto radiofarmakum je vychytáváno a zadržováno v buňkách proximálních ledvinných tubulů, kde je fixováno několik hodin (Teplan et al., 2006, s. 61). Akumulace ^{99m}Tc-DMSA je velmi závislá na průtoku krve a na funkční zdatnosti tubulárních buněk (Táborská, 2013, s. 292). Část radiofarmaka, která v glomerulech přechází do primární moči, je vyloučena z organismu (Teplan et al., 2006, s. 61). Při správné funkci ledvin je ^{99m}Tc-DMSA vylučována tubulární sekrecí a pouze částečně glomerulární filtrací (Hlůžová, Lang, 2008, s. 17). V ledvinné kůře je během vyšetření nashromážděno přibližně 60 % z podaného ^{99m}Tc-DMSA (Teplan et al., 2006, s. 61). Množství vychytaného radiofarmaka pravou i levou ledvinou je úměrné poměru tubulární funkce obou ledvin (Mysliveček, Kamínek et al., 2007, s. 99). Dospělým je aplikováno radiofarmakum u planární scintigrafie o aktivitě 100 MBq. Při vyšetření SPECT je pak aktivita 150 MBq. Pokud pacient váží méně než 70kg nebo více jak 85kg, aplikovaná aktivita se přepočítává dle příslušného vzorce (Vlček et al., 2010, s. 120).

Toto radiofarmakum je výhodné v tom, že dokáže specificky zobrazit funkční tubulární masu, čímž umožní velice přesnou detekci eventuelních ložiskových lézí (Hlůžová, Lang, 2008, s. 17).

6.1.1 Odlišnosti při používání radiofarmak u dětí

Pro výpočet aktivity je nutné použít přepočet podle tělesého povrchu nebo podle tělesné hmotnosti (Kupka, Kubinyi et al., 2006, s. 168). U dětí je při aplikaci radiofarmaka podávaná aktivita stanovena podle tabulek EANM (European Association of Nuclear Medicine), (věstník č.9/2011, s. 150) [on line]. Pro zhotovení kvalitních snímků by u novorozenců byla vypočtená aktivita příliš malá nebo by byl prodloužen čas vyšetření. EANM tak doporučila minimální aktivity poskytující ještě statisticky hodnotitelné výsledky (viz tabulka 1) (Kupka, Kubinyi et al.. 2006, s. 169).

Tabulka 1. Minimální a základní aktivity, které jsou doporučené EANM. Radiofarmaka jsou řazeny do 3 tříd (A, B, C). Hodnota základní aktivity je násobena koeficientem, který odpovídá určité hmotnosti dítěte a třídě radiofarmaka.

Radiofarmakum	**vyšetřovaný orgán**	**třída**	**Základní aktivita (jen pro výpočet) (MBq)**	**Minimální doporučená aktivita (MBq)**
^{99m}Tc-DMSA	ledviny	B	6,8	18,5
^{99m}Tc-DTPA	ledviny (abnormální funkce)	B	14,0	20
^{99m}Tc-DTPA	ledviny (normální funkce)	A	34,0	20
^{99m}Tc-MAG3	ledviny	A	11,9	15

Zdroj: Lassman, 2014 [on line] (citace 2015-04-09)

6.2 Provedení vyšetření

Před samotným vyšetřením je důležité ověřit osobní údaje pacienta, získat jeho souhlas s vyšetřením a poučit ho o průběhu vyšetření (věstník č.9/2011, s. 151) [on line]. Pacient je vyšetřován v poloze vleže na zádech. Nahrávají se scintigramy v zadní a v zadní šikmé projekci z pravé i levé strany. Pro výpočet poměru funkce ledvin nebo pro přesněji posouzené tvarové anomálie či ektopie ledviny, je zapotřebí i přední projekce (Mysliveček, Kamínek et al., 2007, s. 108). Používáme gamakameru s velkým zorným polem a kolimátor LEAP nebo HR. Fotopík nastavujeme na 140 keV a šířku okna analyzátoru na 15-20% (Hlůžová, Lang, 2008, s. 18). Obrazová matice se používá 128x128 a jemnější (Moučková, 2014, s. 28). Scintigramy jsou dostatečně kvalitní, pokud je v záznamu zaregistrováno alespoň 300 000 impulzů nebo pokud snímání trvá 5minut (Táborská, 2013, s. 292).

Do moči se vylučuje menší část radiofarmaka a to, pokud dojde k poruše drenáže ledviny, by mohlo díky přetrvávání po delší dobu v kalichopánvičkovém systému ledvin působit rušivě při hodnocení skenů. Jestliže dojde k těžké poruše drenáže, je vhodné doplnit vyšetření dalšími scintigramy ještě v delším časovém rozmezí. Z tohoto důvodu se statická scintigrafie ledvin provádí zásadně po 2-3hodinách od aplikace radiofarmaka (Koranda et al., s. 100).

Projekce mohou být doplněny o jednofotonovou emisní výpočetní tomografii (SPECT) – 120 projekcí, kdy jedna projekce trvá 15-20 sekund (Moučková, 2014, s. 28). Při zobrazení SPECT může být zvýšená senzitivita pro detekci funkčních defektů (Koranda et al., 2014). Může nám tak poskytnout užitečné informace, ale současně je zde při tomto

zobrazení riziko falešně pozitivních nálezů v místě ledvinných pólů (Monica, Rossleigh, 2001, s. 92).

6.2.1 Odlišnosti při provedení vyšetření u dětí

U dětí je vhodné naplánovat vyšetření s ohledem na jejich denní rytmus. Nejlépe během spánku po jídle. U velmi malých dětí je vhodné použít zoom 1-2, čímž se přizpůsobí zorné pole kamery tak, aby zde byla zobrazena celá oblast ledvin. Snímání pomocí kolimátoru pinhole přinese ještě detailnější rozlišení a přesněji zobrazí defekty funkčního parenchymu, je ale lepší snímání prodloužit na 10minut nebo registrovat 100 000-150 000 impulzů (Táborská, 2013, s. 292).

U velmi neklidných dětí je možné nastavit režim dynamické scintigrafie s jemnou maticí 128 x 128 a jemnější, při celkovém časovém záznamu 5-10minut. Následně proběhne kontrola průběhu studie a scintigramy z období bez pohybu dítěte se sloučí do jednoho statického scintigramu (věstník č.9/2011, s. 151) [on line].

6.3 Hodnocení

Pro hodnocení morfologie ledvin má sonografie lepší rozlišovací schopnost, proto nyní dominuje před scintigrafií. Pokud se ale hodnocení týká otázek spojených s funkční zdatností ledvinné tkáně a jejího zobrazení, udržuje si statická scintigrafie ledvin i nadále své místo (Teplan et al., 2006, s. 67). Je však nutné si pamatovat, že oba typy vyšetření si jsou vzájemně komplementární, jelikož každé z nich dává jiný typ informací (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 112).

Za běžných okolností se v parenchymu ledvin zobrazí distribuce radiofarmaka homogenně. Distribuce radiofarmaka může být lehce snížena v oblasti horního pólu, což vyplývá z polohy ledviny (Křížová, Bláhová, 2004, s. 91). Drobné okrajové nerovnosti mohou být způsobené v důsledku dýchacích pohybů (Hlůžová, Lang, 2008, s. 18). V přední projekci bývají kontury ledvin méně ostré, což je ovlivněno nižší akumulací RF, která je způsobena zeslabením záření při průchodu břišní dutinou (Moučková, 2014, s. 28).

The Scientific Committee of Radionuclides in Nephrourology našel shodu na běžných snímcích, které jsou fyziologické a lze je získat statickou scintigrafií při použití ^{99m}Tc-DMSA (Monica, Rossleigh, 2001, s. 92).

1. Okraje ledvin jsou obvykle kulaté, je zde patrný kontrast mezi aktivnější vnější částí na rozdíl od méně aktivní vnitřní části.

2. Okraj může být rovný bez náznaku léze.

3. Laterální strana horní poloviny ledvin může být stlačena nebo naopak vypouklá.

4. U kojenců mohou být normální ledviny trojúhelníkovitého tvaru s plochými vnějšími stranami.

5. Štíhlé ledviny s krátkou příčnou osou v zadní projekci jsou většinou normální, štíhlý tvar odpovídá otočení ledviny.

6. Při horním nebo dolním pólu ledvin může být příčná osa kratší, čímž dává ledvině „hruškovitý“ vzhled.

7. Horní pól ledvin se může jevit jako patologicky hypoaktivní, jelikož je kontrastní s hyperaktivní columna Bertini.

8. Počet a velikost sloupců columna Bertini může být u pacientů odlišný.

Statická scintigrafie ledvin je často využívána k posouzení efektu léčby či jizvení parenchymu až po proběhlé atace akutní pyelonefritidy (APN) a také je doporučována pro diagnostiku jizvení parenchymu jako metoda první volby Evropskou společností nukleární medicíny (EANM), (Rossleigh, M., A., 2001, s. 91-95).

Během APN vznikají ložiska snížené akumulace RF, avšak objem i funkce jsou zachovány. Někdy se může projevit difúzním poškozením parenchymu. Vzhled jizev je charakterizován jako klínovitý defekt, kde kůra je ztenčená nebo zploštělá. Okraje jsou nepravidelné a ledvina ztrácí na objemu. Vznik poškození je podmíněn několika faktory. K vývoji jizev dochází většinou u zánětu, který trvá delší dobu, nejvíce při přechodu do chronického stádia. Následkem chronického zánětu může být ledvina zmenšená a s nepravidelnými okraji. Oboustranné renální jizvy, které jsou vícečetné, mohou znamenat pokročilé postižení ledvin, dokonce i mohou být známkami renálního selhávání (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 13-14).

Při hodnocení přináší problémy i renkulizace ledviny (políčkování patrné na ledvině). Tento nález je při snížené relativní funkci ledvin považován za patologický (Vížďa, Lepej, 2002, s. 13).

U hodnocení vyšetření je důležité znát diagnózu pacientů. Velmi důležitá jsou anamnestická data. Pokud nemáme základní údaje, je těžké rozhodnout, jestli např. snížená

glomerulární filtrace je důsledkem stárnutí nebo jestli to znamená zhoršení onemocnění, kvůli kterému je pacient sledován (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 170).

6.3.1 Odlišnosti při hodnocení u dětí

Při akutní pyelonefritidě je u dětí jako projev parenchymové léze považována ložiskově snížená akumulace radiofarmaka v parenchymu (bez ztráty objemu ledviny), která bývá lokalizována v oblasti pólů. Dalšími projevy mohou být jednostranné nebo oboustranné defekty, které jsou mnohočetné, či snížená akumulace ve zvětšené ledvině (Křížová, Bláhová, 2004, s. 92).

U dětských pacientů s akutní pyelonefritidou se senzitivita při statické scintigrafii ledvin pohybuje v rozmezí 25-98 %. U kojenců a batolat se na nižší senzitivitě může podílet neklid pacienta při vyšetření, čímž může dojít ke zhoršení kvality obrazu. Kvůli nezralosti parenchymu se může na nižší senzitivitě podílet také nižší poměr akumulace radiofarmaka vůči pozadí (Křížová, Bláhová, 2004, s. 92). Díky snížené akumulaci RF mohou být ložiskové defekty podhodnocené až do věku 3 měsíců dítěte (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 13).

Významné je riziko progresivního renálního poškození u dětí s bakteriurií, jestliže je již během prvního vyšetření přítomna jizva. Důležité je provést scintigrafii ve správný čas (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 13).

Při podezření na zdvojenou ledvinu u dětí je rozhodující nález při statické ^{99m}Tc-DMSA scintigrafii ledvin. Lze tak stanovit správnou léčebnou taktiku - rozhodnout o konzervativním sledování nebo o provedení chirurgického či ablačního výkonu. Statická scintigrafie umožní zhodnotit relativní funkci ledvin, posoudí podíl funkce dolního a horního pólu zdvojené ledviny na relativní funkci sledované ledviny a jeho podíl na celkové funkci ledvin (Příl. 2.), (Šmakal, 2010, s. 317).

6.4 Indikace ke statické scintigrafii ledvin

Statickou scintigrafii ledvin nejčastěji provádíme za účelem potvrzení nejednoznačné diagnózy akutní pyelonefritidy k detekci funkčních defektů, k posouzení funkce postižené ledviny, k ověřování tvarových anomálií, ke zhodnocení podílu ledviny nebo určité části ledviny na celkové ledvinné funkci. K prokázání trvalých postpyelonefritických funkčních lézí (jizev) nebo také k přesnému stanovení poměru funkce levé a pravé ledviny (poměr funkce ledvin stanovován dynamickou scintigrafií při ektopické lokalizaci ledvin, bývá nepřesný), (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 112). Dále k detekci ektopicky uložené ledviny (pokud např. při sonografii nacházíme jen jednu ledvinu) či k potvrzení afunkce (Koranda, 2014, s. 101). U úrazových stavů, včetně posouzení reparace poškozeného parenchymu,

je tato metoda také přínosná (Seidl, Burgetová et al., 2012, s. 348). Metoda je významná při podezření na agenesi jedné z ledvin. Umožňuje zobrazit ledvinný infarkt a difúzní poruchy v distribuci RF (Vížďa, Lepej, 2002, s. 14). Její využití je vhodné i při vrozených vývojových vadách (Hlůžová, Lang, 2008, č. 2, s. 18).

6.4.1 Odlišnosti při indikaci u dětí

U dětských pacientů je dle statistik nefrourologické poradny indikována statická scintigrafie ledvin nejčastěji. Před sonografií a vylučovací urografií jí je dokonce dávána přednost u dětí, které jsou starší 1 roku. Indikací může být akutně probíhající pyelonefritida. Po prodělané akutní pyelonefritidě se provádí u všech dětí s odstupem 6 měsíců od infektu. Pokud byl u některých dětí prokázán vezikoureterální reflux (VUR), provádí se dříve. Kontrolní statická scintigrafie při VUR se někdy opakuje po roce (Míková, 2008, s. 89). Využívá se u dětí po prodělaných infekčních atakách jako indikátor korové léze a dále k odlišení jizevnatých změn, které bývají následkem proběhlé pyelonefritidy (Seidl, Burgetová et al., 2012, s. 348).

7. DYNAMICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN

K nejčastěji užívaným metodám na pracovišti nukleární medicíny patří dynamická scintigrafie ledvin, díky níž lze podrobně sledovat kinetiku daného RF v ledvinách, v jejich částech a v močových cestách. Dynamická scintigrafie ledvin slouží jak ke kvantitativnímu, tak i ke kvalitativnímu hodnocení funkční schopnosti ledvin, k hodnocení jejich perfuze a kinetiky močových cest (Lang, Komorousová, 2011, s. 219).

7.1 Používaná radiofarmaka

Při dynamické scintigrafii ledvin se především používá techneciem značený merkaptoacetyltriglycin (^{99m}Tc-MAG3) a techneciem značená kyselina diethylentriaminpentaoctová (^{99m}Tc-DTPA), (Viklický, Tesař et al., 2010, s. 15).

^{99m}Tc-MAG3 je radiofarmakum, které je při dynamické scintigrafii používáno nejčastěji. Je to jedno z nově vyvinutých RF (Hlůžová, Lang, 2008, s. 17). ^{99m}Tc-MAG3 je do moči z krevního oběhu vylučováno velmi rychle a to hlavně tubulární sekrecí. V plazmě je navázáno až 90 % této sloučeniny na transportní bílkoviny a vzhledem k tomu nemá podíl glomerulární filtrace význam na celkové exkreci (Viklický, Tesař et al., 2010, s. 15). V průběhu 30 minut po aplikaci RF je vyloučeno téměř 70% podané aktivity RF. Po 3 hodinách se vyloučí více jak 95%. Nepříznivě může jeho vylučování ovlivnit předchozí aplikace RTG kontrastních látek (Hlůžová, Lang, 2008, s. 17). Během jednoho průtoku plazmy je ledvinami vychytáno více než 50% z množství, které přitéká z renální arterie (Viklický, Tesař et al., 2010, s. 15). Toto radiofarmakum je většinou aplikováno o aktivitě 75-250MBq (Pekárek, Kraft, 2012, s. 72). Značené MAG3 pomocí technecia zvyšuje kvalitu zobrazení parenchymu ledvin i vývodných močových cest (Hlůžová, Lang, 2008, s. 17).

^{99m}Tc-DTPA bývá vylučován pouze glomerulární filtrací. Do moči je vyloučeno při jednom průtoku radiofarmaka ledvinou zhruba 20% z přitékajícího množství (Viklický, Tesař et al., s 15). ^{99m}Tc-DTPA je většinou aplikováno o aktivitě 100-250MBq (Pekárek, Kraft, 2012, s. 72).

Pokud porovnáme obě radiofarmaka, je patrné, že rychlejší je vylučování ^{99m}Tc-MAG3. Díky tomu je výsledná koncentrace ^{99m}Tc-MAG3 vyšší v ledvinách i v moči než při podání ^{99m}Tc-DTPA (Viklický, Tesař et al., 2010, s. 15). Při použití ^{99m}Tc-MAG3 je na rozdíl od ^{99m}Tc-DTPA dosaženo vyššího kontrastu mezi okolními tkáněmi a zobrazovanými strukturami. To umožňuje získat mnohem kvalitnější scintigrafické obrazy (Koranda, 2014, s. 90).

Při vyšetření lze u zvykle uložených ledvin stanovit poměr jejich funkce s dostatečnou přesností, jelikož intenzita a vychytávání ^{99m}Tc-MAG3 v ledvinách závisí na jejich funkci. Rychlost, jakou odtéká moč spolu s radiofarmakem z kalichopánvičkového systému (KPS) v ledvině, je závislá na prostornosti KPS, případně na přítomnosti obstrukce v močových cestách (Koranda, Kabíčková, 2005, s. 311).

7.1.1 Odlišnosti při používání radiofarmak u dětí

U dětí je dynamická scintigrafie zásadně prováděna pomocí ^{99m}Tc-MAG3, který je vylučován tubulární sekrecí (Míková, 2008, s. 89). Orgánová distribuce způsobená nezralostí některých orgánových struktur či fyziologických procesů je u dětí odlišná. Prostupnost glomerulární membrány je v novorozeneckém věku také odlišná. Renální exkrece je nižší a tubuly dozrávají dříve než glomeruly. To je důvod, proč se u dětí dává přednost ^{99m}Tc-MAG3 před ^{99m}Tc-DTPA (Skorčíková, Miháleková, 2008, s. 28).

7.2 Provedení vyšetření

Před začátkem vyšetření je důležité ověřit identitu pacienta, poučit ho o průběhu a významu vyšetření a zkontrolovat jeho souhlas s vyšetřením (věstník č.9/2011 s. 153) [on-line]. Po standardní přípravě je pacient vyšetřován nejčastěji vleže, výjimečně pak vsedě, kdy se opírá o detektor kamery zády. Vyšetření se provádí v zadní projekci, kdy je zorné pole scintilační kamery zaměřeno na ledviny včetně oblasti od kaudální části srdce (baze) až po močový měchýř (Mysliveček, Kamínek et al., 2007, s. 102). Detektor kamery je pod vyšetřovacím stolem (Hlůžová, Lang, 2008, s. 18). Lékař si pomocí bodového zdroje, což je malý zdroj záření o velikosti tužky, který slouží k nastavení správné polohy pacienta pod/nad kamerou, nastaví oblast zájmu (Skorčíková, Miháleková, 2008, s. 29). Scintigrafie je zahajována ihned v okamžiku aplikace radiofarmaka (Pekárek, 2012, s. 73). Do počítače scintilační kamery je většinou nahrávána série přibližně desetivteřinových scintigramů a nahrávání celého záznamu trvá 30minut. Následně dochází ke zpracování takto zaznamenané studie díky speciálnímu vyhodnocovacímu programu (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 108). Jestliže je třeba přesně posoudit perfuzi ledvin, je důležité zahájit úvodní fázi dynamické scintigrafie s frekvencí 1scintigram/1s (věstník č. 9/2011, s. 153) [on line].

7.2.1 Odlišnosti při provedení vyšetření u dětí

Jak uvádí Míková, studie je prováděna ve dvou časových intervalech. Nejdříve snímáme 1obrázek/1vteřinu po dobu 1minuty, ve druhém intervalu je snímán

1obrázek/10vteřin po dobu 29 minut. Pokud je to u dětského pacienta možné, po dokončení vyšetření se vymočí. Abychom zkontrolovali, jestli nedochází ke změně polohy ledvin, snímáme ještě po skončení studie další 2minuty v zadní projekci ve vzpřímené poloze (Míková, 2008, s. 90). Kojenci mohou být při vyšetření dynamické scintigrafii ledvin položeni přímo na detektor kamery (Hlůžová, Lang, 2008, č. 2, s. 19).

7.3 Hodnocení

Vizuální posouzení ledvin a močových cest u dynamické scintigrafie ledvin je základem při hodnocení vyšetření (Moučková, 2014, s. 29).

Vizuální posouzení probíhá ve 3 fázích:

I. Fáze – nazývá se „perfúzní“ a při této fázi dochází k přítoku radiofarmaka do ledviny
II. Fáze – bývá označována jako „parenchymová“ nebo také „funkční“ a při této fázi je radiofarmakum především v parenchymu ledvin
III. Fáze - bývá označována jako „exkreční“ nebo také „drenážní“, při které odtéká moč spolu s radiofarmakem z kalichopánvičkového systému (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 108).

Během prvních 4-6 sekund se za normálních okolností po zobrazení aorty a velkých cév objevují kontury ledvin i sleziny. Intenzita perfuze ledviny by měla být stejná nebo o něco vyšší než u sleziny. Obraz, který ukazuje prokrvení ledvin má být homogenní. U pacientů, kteří mají chabou funkci či afunkci levé ledviny může vést prokrvení sleziny k diagnostickému omylu. Malá, ale jinak fyziologicky funkční ledvina se zobrazuje se stejnou rychlostí jako kontralaterální ledvina, akorát s nižší intenzitou (Hlůžová, Lang, 2008, s. 19). Pokud se nacházejí ložiska s defekty perfuze, mohou být podmíněné cystami či tumory, které jsou málo prokrvené. Pokud se nacházejí ložiska zvýšené perfuze, může to být způsobeno vaskularizovanými nádory. Už v průběhu prvních minut po aplikaci RF lze získat orientační informace o velikosti ledvin, jejich funkci, o anomáliích. Také už lze odhalit hrubší poruchy v distribuci RF. Sníženou nebo zcela chybějící akumulací se projevují defekty. Pokud dojde k opožděnému zobrazení obou ledvin, může to způsobit paravenózní aplikace RF nebo zhoršená funkce ledvin. Ve 3-4. minutě se za normálních okolností začíná RF objevovat v dutém systému ledvin. Je vylučováno do močového měchýře a ke konci vyšetření klesá sytost zobrazení parenchymu. Ke konci je možno doplnit vyšetření o statickou scintigrafii k upřesnění polohy ledvin vsedě nebo ve stoje díky zbytkové aktivitě v parenchymu ledvin. Problematické může být hodnocení exkreční fáze u pacientů, kteří mají dystopickou ledvinu,

uloženou blízko močového měchýře, kde je nezbytné doplnit snímky po mikci (Vížďa, Lepej, 2002, s. 10).

Dynamickou scintigrafií lze zhodnotit odtokové poměry obou ledvin na základě sledování průtoku RF močovými cestami (Hlůžová, Lang, 2008, s. 18). Pro hodnocení transportu RF ledvinami a kalichopánvičkovým systémem ledvin je nejjednodušším způsobem vytvoření četnostních nefrografických křivek. Na těchto histogramech lze vidět časový průběh množství RF, které se vychytalo v ledvinách. Pokud je porušena funkce ledviny, projeví se to snížením strmosti parenchymové fáze křivky (II.). Při zpomalení odtoku moči z KPS z důvodu obstrukce močových cest a občas i při výrazné prosté neobstruktivní dilataci tohoto systému, nastává zpomalení v poklesu křivky (III.). Stavy, které jsou spojené s těžkou alterací buněk ledvinných tubulů vedou ke zpomalení transportu tubulárně vylučovaného RF ledvinným parenchymem (Koranda, 2014, s. 93).

Nahromadění radiofarmaka v ledvinách v parenchymové fázi vyšetření je úměrné jejich funkci, což je základem scintigrafického stanovení poměru funkce ledvin. Výpočet je založen na prostém změření poměru množství RF vychytaného pravou a levou ledvinou ve 2. minutě při vyšetření ^{99m}Tc-MAG3 nebo ve 2. a 3. minutě při vyšetření ^{99m}Tc-DTPA. Existuje také druhá varianta pro hodnocení funkční zdatnosti ledvin. Ta jako parametr ledvinné funkce využívá rychlost nárůstu aktivity RF v ledvině v parenchymové fázi vyšetření. Za základ této metody lze označit srovnání strmosti vzestupné fáze nefrografické křivky pravé a levé ledviny při odečtení RF v cévním řečišti (Teplan et al., 2006, s. 63).

Je nutné říci, že u uvedeného hodnocení poměru funkce ledvin při dynamické scintigrafii mohou být hodnoty naměřené z oblasti pravé a levé ledviny částečně ovlivněné, což může být způsobeno rozdílnou hloubkou uložení ledvin. Jestliže je rozdílná tloušťka ve vrstvách tkání, mezi povrchem zad a ledvinou, dochází k rozdílné míře zeslabení záření vycházejícího z ledvin. Hlouběji uložená ledvina se tak zdá slaběji zobrazená. Asymetrie se však nejeví natolik výrazná, aby to mělo významný vliv při výpočtu poměru funkce ledvin (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 109). I přesto lze na základě výšky a hmotnosti pacienta pomocí některého ze vzorců odhadnout hloubku uložení pravé a levé ledviny. Existují ovšem i extrémní případy, kdy je asymetrie uložení ledvin velmi výrazná (např. pánevní dystopie ledviny). V takovýchto případech nelze dynamickou scintigrafií poměr funkce ledvin spolehlivě zhodnotit (Teplan et al., 2006, s. 64).

Celkovou funkci obou ledvin lze stanovit pomocí tzv. bezodběrových metod, které jsou založené na externím měření scintilační kamerou. Jednou z nejznámějších těchto metod je stanovení GFR podle Gatese. Při této metodě se scintigraficky měří aktivita ^{99m}Tc-DTPA

vychytaného ledvinami před začátkem odtoku RF z KPS ledvin, což znamená ve 2. a 3. minutě vyšetření. Celkové množství preparátu, hromaděného v ledvinách se pak vyjádří podílem z celkové aktivity RF, která byla pacientovi aplikována. Na přepočtu hodnoty stanoveného podílu na hodnotu GFR pomocí speciální rovnice je založen vlastní výpočet. Čím větší část z podaného RF je v určitém časovém intervalu v ledvině vychytána, tím je funkce ledviny lepší (Teplan et al., 2006, s. 64). Při scintigrafii ^{99m}Tc-MAG3 je využíván stejný postup s tím rozdílem, že akumulace RF v ledvinách je zde hodnocena ve 2. minutě vyšetření. Výsledek pak podává informace o efektivním průtoku plazmy ledvinami (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 109).

Tyto bezodběrové metody jsou technicky jednoduché a nijak zvlášť nezatěžují pacienta. Nejsou sice natolik přesné, jako vzorkové metody, avšak reprodukovatelnost výsledků je velmi dobrá (Kupka, Kubinyi et al., s. 109).

Standardní součástí výsledného protokolu u dynamické scintigrafie ledvin jsou:

- Vybrané scintigramy z fáze perfúzní, parenchymové i exkreční
- Nefrografické křivky, které vyjadřují průběh změn aktivity RF hromaděného v ledvinách a v KPS
- Vypočtený poměr funkce pravé a levé ledviny, případně záznam o celkové funkci obou ledvin
- Číselné údaje, které popisují průběh vychytávání a vylučování RF ledvinami
- Popis nálezu s kvalifikovaným závěrem (Teplan et al., 2006, s. 63).

7.4 Indikace dynamické scintigrafie ledvin

Díky obrazové prezentaci je možné posoudit tvar, velikost i polohu ledviny. Dynamickou scintigrafií lze posoudit perfuzi a funkční zdatnosti ledvin (Hlůžová, Lang, 2008, s. 19). Dynamickou scintigrafii lze indikovat, pokud je třeba zhodnotit funkční podíl jedné ledviny na celkové renální funkci. V exkreční fázi zachytí retenci RF v pánvičce a opožděný či obstrukční odtok moče (Schmidt, Hanek et al., 2010, s. 35). Využívána je především ke kontrole funkce po operacích, dále při sledování změn funkce ledvin při nefropatiích. Mezi další indikace patří určení funkce u dystopické ledviny či při podezření na afunkci ledviny (Hlůžová, Lang, 2008, s. 19). Typickou indikací je situace, kdy potřebujeme zhodnotit průběh odtoku moči močovými cestami a současně získat údaje o funkci pravé a levé ledviny, případně o jejich jednotlivých částech (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 109).

8. SPECIÁLNÍ MODIFIKACE DYNAMICKÉ SCINTIGRAFIE

Mezi speciální modifikace dynamické scintigrafie patří (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 109) :

1. Dynamická scintigrafie ledvin v diagnostice obstrukční uropatie
2. Dynamická scintigrafie ledvin s podáním ACE inhibitoru při detekci renovaskulární hypertenze
3. Scintigrafie transplantované ledviny

8.1 DYNAMICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN V DIAGNOSTICE OBSTRUKČNÍ UROPATIE

8.1.1 Diuretická nefrografie

Při diuretické scintigrafii ledvin je hlavním úkolem odlišit obstrukci od dilatovaného dutého systému, který je bez obstrukce. Obstrukce způsobuje vysoký tlak v dutém systému ledvin a jeho následkem dojde k renálnímu průtoku a následně i funkce. Jako diuretikum je při dynamické scintigrafii používán furosemid. Dávkování furosemidu je standardizováno. U dětí do 1 roku se podává 1mg/kg, u starších je to 0,5mg/kg (Chroustová, Urbanová et al., 2010, s. 683). U dospělých se aplikuje až 40 i více mg s ohledem na funkci ledvin (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 11).

Používaná radiofarmaka

Jako radiofarmakum je vhodnější používat ^{99m}Tc-MAG3. ^{99m}Tc-DTPA není vhodná, jelikož je vylučována pomaleji a to zhoršuje podmínky při vyšetření postupně vyzrávajících ledvin u dětí ve věku do 2 let nebo u ledvin s funkčním poškozením (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 110).

Příprava pacienta

Při přípravě pacientů, podobně jako u dynamické scintigrafie ledvin, je velmi důležitá hydratace pacienta. Dále je nutné zabezpečit, aby pacient setrval ve stabilní poloze po celou dobu vyšetření (Koranda et al., 2014, s. 97).

Provedení

Diuretický efekt začíná za 1-2 minuty po i. v. aplikaci. V evropských zemích se hodnocení furosemidového testu liší od hodnocení v USA. Rozdíl spočívá především v načasování aplikace diuretika (Chroustová, Urbanová et al., 2010, s. 683). Podle

standardního protokolu probíhá u nás aplikace furosemidu ve 20. minutě vyšetření (F+20) (Kupka, Kubinyi et at., 2007, s. 110). Furosemid by měl být aplikován při maximální náplni dutého systému a prázdném močovém měchýři (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 11). Výhodou této metody (F+20) je možnost zhodnocení průběhu drenáže jak za základních podmínek, tak i při působení diuretika. Nevýhodou je však nutnost dvojí i. v. aplikace, což u malých dětí vyžaduje zavedení kanyly do periferní žíly nebo podání sedativ. Jednou z variant je podání furosemidu v bezprostřední návaznosti na podání RF během jedné i. v. aplikace (F 0). V obou případech je nutné mít na paměti, že k odplavení RF z KPS může dojít ještě před dosažením maximálního diuretického efektu furosemidu, který nastává až po uplynutí desáté minuty od jeho i. v. podání. Posouzení drenáže v době maximální diuretické zátěže je spolehlivé při samostatném podání furosemidu 15 minut před zahájením dynamické scintigrafie (F-15). Nutnou součástí vyšetření v případě přítomnosti zbytku RF v KPS na konci studie je scintigrafie po postavení a vymočení pacienta. Díky těmto scintigrafům lze vyloučit možnost falešně pozitivních výsledků z důvodu velké náplně močového měchýře a vlivu gravitace (Příl. 1.), (Kupka, Kubinyi et at., 2007, s. 110).

Hodnocení

Efekt diuretika je posuzován dle tvaru křivek, tzn. nefrogramů, v době účinku furosemidu a pomocí matematických parametrů popisujících reakci na furosemid. Nejjednodušším příkladem je poločas odtoku RF. Je to doba, za kterou odteče polovina RF z rozšířeného KPS (Koranda, 2014. s. 97).

Jestliže jsou hodnoty poločasu odtoku RF menší nebo rovny 10 minutám, obstrukci lze vyloučit. Pokud jsou hodnoty větší nebo rovny 20-ti minutám, jedná se o obstrukci a jestliže jsou hodnoty poločasu odtoku RF mezi 10. až 20. minutou, jedná se o neurčitý nález, kdy však nelze obstrukci vyloučit (Chroustová, Urbanová et al., 2010, s. 683).

Důležitou roli při posuzování odpovědi na furosemid hraje věk pacienta. Například u velmi malých dětí není ledvina uniformně schopná odpovědět na diuretikum a má glomerulární průtok nižší než u dětí starších. Hydratace a náplň močového měchýře hrají také důležitou roli v hodnocení. Je třeba pamatovat na určité okolnosti, které mohou hodnocení zkomplikovat (Chroustová, Urbanová et al., 2010, s. 683) :

1. Pokud není pacient dostatečně hydratován, může to způsobit prodlouženou akumulaci a exkreci RF, čímž může simulovat horší funkci či demonstrovat normální odpověď při obstrukci.

2. Pokud je diuretikum aplikované před maximálním roztažením dutého systému, nemusí jeho odpověď odrážet pravdivý stav.

3. Jestliže je renální funkce při dlouhodobé těžké obstrukci snížená, může způsobit velmi pomalou akumulaci RF v postižené ledvině a tím se může ztížit hodnocení odtokové fáze.

4. U ledviny s relativně dobrou funkcí, avšak neobstrukčním rozšířením dutého systému se často drenáž jeví jako zpomalená s prodlouženým poločasem odtoku RF.

5. Neklidné a pohyblivé dítě při vyšetření komplikuje hodnocení, avšak většina vyhodnocovacích systémů je již dnes vybavena programy s korekcí na pohyb.

Při obstrukci je typický pokles funkce postižené ledviny. Je zpomalen odtok moči z KPS a to i v době působení diuretik. Drenáž není urychlena ani po vzpřímení a vymočení pacienta. (Koranda, 2014, s. 97).

8.1.2 Dynamická scintigrafie ledvin se stanovením tranzitních časů dekonvoluční analýzou

U pacientů s nefrolitiázou by furosemid neměl být aplikován (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 11). Stanovení tranzitních časů radiofarmaka v ledvinném parenchymu a v celé ledvině včetně KPS pomocí dekonvoluční analýzy ledvinných křivek může být alternativou pro posouzení obstrukce močových cest, která nevyžaduje podání diuretika (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 110).

Touto metodou jsou vymezeny zájmové oblasti krevního řečiště, levé a pravé ledviny, korových oblastí ledvin, případně i tkáňového pozadí. Výsledkem této analýzy jsou křivky časového průběhu radioaktivity (Kraft, Ullmann, 1999, s. 34). Profil křivky vypadá jako četnostní ledvinná křivka v případě, kdyby bylo možné podat radiofarmakum jednorázově do celého řečiště a toto radiofarmakum by již do ledvin znovu v důsledku systémové recirkulace nepřitékalo (Koranda et al.) [on line] . Pro každou ledvinu se z tranzitní funkce stanovuje minimální, střední a maximální tranzitní čas jak pro parenchym a pánvičku, tak i pro celou ledvinu (Kraft, Ullmann, 1999, č. 1, s. 34).

Při prosté dilataci KPS dochází k prodloužení celkové doby tranzitu RF ledvinou a jejím KPS ale vlastní doba tranzitu RF ledvinným parenchymem přitom není prodloužena. Při hydronefróze s obstrukcí v močových cestách je naopak prodloužen i parenchymový tranzitní čas. Nutnost zcela spolehlivého vymezení oblasti parenchymu částečně brání

rutinnímu používání této metody, jelikož zobrazení oblasti parenchymu není ovlivněno rozptýleným zářením vycházejícího z RF nahromaděného v rozšířeném KPS (Teplan et al., 2006, s. 65).

8.2 DYNAMICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN S PODÁNÍM ACE INHIBITORU PŘI DETEKCI RENOVASKULÁRNÍ HYPERTENZE

Renovaskulární hypertenze je definována jako zvýšený krevní tlak, což je způsobené stenózou renální arterie nebo také jednou z jejich hlavních větví (Chroustová, Vaňková et al., 2004, s. 633). Základním vyšetřením sloužícím k prokázání stenóz renální arterie je dopplerovské sonografické vyšetření. Význam scintigrafického vyšetření je v tom, že lze přímo posoudit hemodynamický efekt stenózy renální arterie. Dynamická scintigrafie ledvin s podáním angiotenzin konvertujícího enzymu (ACE inhibitoru) zhodnotí hemodynamické významnosti sonograficky hraničních stenóz (Koranda et al., 2014, s. 100).

Z důvodu ischemie je v postižené ledvině aktivován renin-angiotensinový systém. ACE inhibitor zabraňuje přeměně angiotenzinu I na angiotenzin II, díky čemuž je jeho produkce nízká a to vede ke snížení postglomerulární rezistence arteriol. Dojde ke snížení filtračního tlaku, což se projeví sníženou funkcí postižené ledviny (Chroustová, Vaňková et al., 2004, s. 633). Na nefrogramu se účinkem ACE inhibitoru zobrazí změny, které jsou způsobeny poklesem glomerulární filtrace se sníženou produkcí moče v postižené ledvině (Chroustová, Vaňková et al., 2004, s. 634).

Při nefrografii jsou největší zkušenosti z užívaných ACE inhibitorů s kaptoprilem. Ten byl již použit ve většině klinických studií, což je také důvodem, proč se dynamická scintigrafie ledvin (DSL) s ACE inhibitory nazývá „kaptoprilová nefrografie“, bez ohledu na použitý ACE inhibitor (Lang, Trešlová et al., 2005, s. 238).

8.2.1 Používaná radiofarmaka

K vyšetření DSL s podáním ACE inhibitoru při detekci renovaskulární hypertenze lze použít jak ^{99m}Tc-DTPA, tak ^{99m}Tc-MAG3. U každého z těchto RF se však efekt ACE inhibitoru projeví jinak. Jestliže podáme DTPA, dojde ke snížení kumulace RF v ledvině během parenchymové fáze vyšetření. To odpovídá snížení glomerulární filtrace (GF) v ledvině za hemodynamicky významnou stenózou renální arterie vyvolané ACE inhibitory. Jestliže použijeme ^{99m}Tc-MAG3, ACE inhibitor naopak moc neovlivní rychlost vychytávání ^{99m}Tc-MAG3 v postižené ledvině, ale dojde ke zpomalení rychlosti transportu tohoto RF

ledvinným parenchymem. Vytvoří se tak obraz parenchymové retence ^{99m}Tc-MAG3 (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 110).

8.2.2 Příprava pacienta

Opět, jako u všech předchozích vyšetření, je velmi důležitá hydratace pacienta a vymočení se těsně před vyšetřením. Zhruba 3-7 dní před vyšetřením je potřeba vysadit z antihypertenzní léčby inhibitory angiotensin-konvertujícího enzymu podle poločasu vylučování, pokud není prováděna cílená studie při dlouhodobé medikaci. Minimálně 3 dny předem je nutné vysadit diuretika, jelikož zvyšují riziko těžké hypotenzní reakce. Je také vhodné vysadit blokátory angiotensin II. receptorů. Zejména u pacientů s obtížně kontrolovatelnou hypertenzí je možné ostatní antihypertenziva ponechat. 4 hodiny před vyšetřením musí pacient lačnit a pít pouze vodu (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 11).

8.2.3 Provedení

Vyšetření se provádí ve formě opakované DSL. Jednou za bazálních podmínek a jednou po podání ACE inhibitoru. Podává se 25-50mg kaptoprilu v rozdrcené formě perorálně a to 1 hodinu před aplikací RF (^{99m}Tc-MAG3, ^{99m}Tc-DTPA). Pacient vypije patřičné množství kaptoprilu rozpuštěného ve 250ml vody (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 11-12). Aplikace ACE inhibitoru je zejména u diabetiků preferována intravenózně, protože snižuje riziko falešně negativního testu při zpomaleném vyprazdňování žaludku a smíšené resorpci z trávicího traktu (Lang, Trešlová et al., 2005, s. 238). Poté je zapotřebí monitorovat TK a tepovou frekvenci v intervalu 10-15minut. Nedoporučuje se během kaptoprilové studie aplikovat diuretikum, jelikož hrozí zvýšené riziko těžké hypotenzní reakce (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 11-12).

Toto vyšetření lze provést jak ve formě jednodenního, tak i dvoudenního protokolu (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 11-12). Jednodenní test spočívá v provedení bazální studie i studie s ACE inhibitorem v jednom dni. Je to pohodlnější pro ambulantní pacienty. Nejdříve provedeme bazální studii s nízkou aplikovanou aktivitou RF, poté podáme ACE inhibitor a následuje provedení druhé studie s vyšší aktivitou RF (Lang, Trešlová et al., 2005, s. 239). Při dvoudenním protokolu je nejprve vyšetřena DSL po podání ACE inhibitoru. Jestliže je nález normální, je nízká pravděpodobnost renovaskulární hypertenze a vyšetření bez ACE inhibitoru již není nutné. Snižuje se tím radiační zátěž pacienta a šetří se tak čas pacienta, i kliniky NM (Lang, Trešlová et al., 2005, s. 239). Abychom mohli posoudit, jestli jsou uvedené nálezy skutečně důsledkem podání ACE inhibitoru, je důležité při patologickém nálezu provést srovnání s bazálním vyšetřením, které není ovlivněno touto premedikací.

Využíváme přitom vizuální hodnocení scintigramů, porovnání poměru funkce ledvin a porovnání průběhu nefrogramů (Koranda et al., 2014, s. 99). Pacient však musí přijít na vyšetření v jiný den z důvodu předchozího podání ACE inhibitoru. Tento dvoudenní protokol je vhodnější u pacientů, kteří jsou hospitalizováni (Lang, Trešlová et al., 2005, s. 239).

8.2.4 Hodnocení

Při kaptoprilové nefrografii hodnotíme jak scintigrafické obrazy, tak nefrografické křivky. Na scintigramech hodnotíme především asymetrii velikosti ledvin, opožděné zobrazení dutého systému, zadržení RF v dutém systému, nestejnoměrnou kumulaci v ledvině. Nefrogramy lze hodnotit pomocí kvalitativních a kvantitativních parametrů. Mezi kvantitativní parametry patří čas dosaženého maxima, poměr výše nefrogramu ve dvacáté minutě k maximu a poměr kumulace RF v ledvinách (Lang, Trešlová et al., 2005, s. 239).

8.2.5 Indikace

Indikací k tomuto vyšetření je posouzení přítomnosti hemodynamicky významné stenózy renální arterie u pacienta, který má střední až vysokou pravděpodobnost renovaskulární hypertenze (RVH). Senzitivita testu je kolem 90% (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 11).

Stavy, při kterých se zvyšuje pravděpodobnost RVH jsou například (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 111) :

- zvýšený krevní tlak ve věku do 30 let
- vyšší diastolický tlak než 130 torr
- hypertenzní retinopatie III.-IV. stupně
- pokles ledvinné funkce u pacienta, který je léčený ACE inhibitory

Dále lze tuto metodu využít při screeningu jednostranné stenózy renální arterie (Chroustová, Vaňková et al., 2004, s. 634).

8.3 SCINTIGRAFIE TRANSPLANTOVANÉ LEDVINY

Transplantace ledvin patří mezi metodu volby léčby nemocných, kterým selhávají ledviny. V porovnání s dialyzačními metodami je spojena s delším přežitím nemocných při vyšším konfortu života. Transplantační program má v ČR více než 40ti-letou historii

(Viklický, Janoušek et al., 2008, s. 17). Roku 1954 byla provedena první úspěšná transplantace ledvin na světě (Sobotová, 2005, r. 51(S1), s. 64) [on line]. Smyslem transplantací ledvin je plná rehabilitace nemocných a jejich návrat do plnohodnotného života. S transplantovanou ledvinou žije v ČR více než 3000 nemocných. Každý rok přibude zhruba dalších 400 pacientů (Viklický, Janoušek et al., 2008, s. 17).

Vyšetření transplantované ledviny dynamickou scintigrafií slouží ke kvalitativnímu a kvantitativnímu hodnocení průtoku krve a funkčnosti transplantátu, jeho drenáže a kinetiky horních močových cest (HMC) (Ullmann) [on line]. Jen tak je možné diagnostikovat stavy rejekce nebo akutní tubulární nekrózy (ATN) transplantované ledviny (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 111).

Při tomto vyšetření je nezbytnou součástí provedení angioscintigrafie (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 12).

Po transplantaci ledviny provádíme:

- První vyšetření 2.-4. pooperační den, pokud je potřeba, provede se dříve. Toto je základ pro další monitoraci nemocného.
- Další vyšetření zhruba za 7 dní. Pokud je pooperační období bez komplikací, provedeme vyšetření ještě před propuštěním do ambulantní péče. Při podezření na komplikaci se provede statimové vyšetření.
- Podle indikace nefrologa se provádí další vyšetření v průběhu ambulantní péče (Kraft) [on line].

8.3.1 Používaná radiofarmaka

Jako RF lze použít jak ^{99m}Tc-MAG3, tak i ^{99m}Tc-DTPA. U hodnocení je však důležité zohlednit, který typ RF byl použit. ^{99m}Tc-DTPA je vhodnější použít pro hodnocení perfuze, jelikož akumulace RF nastupuje v ledvině pomaleji a lze tak přesněji odlišit fázi perfuze a funkce (Koranda et al.) [on line].

Radiofarmakum je aplikováno intravenózně jako bolus o aktivitě přibližně 450-500 MBq, resp. 7,4 MBq/kg (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 12). Při použití ^{131}J-Hippuranu je možné zjistit parenchymovou retenci projevem akutní rejekce (AR) nebo ATN. Jsou to nejčastější příznaky anúrie v prvním měsíci po transplantaci (Spišiaková, Dzúrik et al., s. 5) [on line].

8.3.2 Provedení

Vyšetření provádíme vleže na zádech. Pacient je vyšetřován v přední projekci. Zorné pole detektoru je zaměřeno na oblast transplantované ledviny, ilické arterie a močového měchýře. Během perfuzní fáze jsou nahrávány 0,25-1,0 sekundové snímky po dobu jedné minuty (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 12). Je tak sledován první průtok RF ilickou arterií a ledvinou (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 111). Poté snímáme 20-30 minut 10.-30. sekundové obrazy (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 12), díky nimž již obvyklým způsobem sledujeme vychytávání RF v ledvinách a odtok moči do močového měchýře (Teplan et al., 2006, s. 66).

8.3.3 Hodnocení

Výsledkem vyšetření je studie, která se skládá z fáze perfuzní, funkční a exkreční. Perfuzní fáze je hodnocena jak vizuálně, tak kvantitativně (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 111). Jak uvádí Kraft ve své práci, vizuálně sledujeme kontrast a homogenitu RF v transplantované ledvině, kontury transplantátu a ložiskové změny, plnění močového měchýře. Kvantitativně pak efektivní průtok plazmy ledvinou (parametr globální funkce), perfuzní index (relativní měřítko perfuze štěpu), funkční index (parametr tubulární funkce štěpu) a tranzitní index (parametr rychlosti tranzitu ^{99m}Tc-MAG3 v parenchymu štěpu) (Kraft) [on line]. Důležitými parametry pro posouzení exkreční činnosti je časový okamžik dosažení maxima a stejně tak hodnota poločasu exkrece RF z celé ledviny a parenchymu (Ullmann) [on line].

„Nejčastěji je vypočítáván index podle Hilsona, který je definován jako poměr integrálů četnostních křivek z oblasti a. illiaca ext. a z oblasti ledviny v časovém intervalu od přítoku radiofarmaka do okamžiku dosažení maxima aktivity v a. illiaca externa.“, jak uvádí většina autorů (Kupka, Kubinyi et al., Teplan et al., Mysliveček et al.).

U ATN bývá snížená funkce ledviny, zpomalená exkrece RF, ale zachovalá perfuze. U akutní rejekce se pomalu začíná zhoršovat perfuze ledviny i hromadění RF v ledvině, u některých pacientů lze zaznamenat i zvětšování ledviny. U urinomu se během prvních 5-10 minut může objevit fotodeficitní oblast, která se následně začíná vyplňovat RF. Pokud tato fotodeficitní oblast přetrvává delší dobu, může být znakem hematomu nebo lymfokély (Vížďa, Lepej et al., 2002, s. 12).

8.3.4 Indikace

Akutní tubulární nekróza transplantované ledviny (ATN)

Dochází k ní hlavně z důvodu ischemizace ledviny v době od vynětí štěpu od dárce ledviny do té doby, než dojde k obnovení průtoku krve ledvinou v organismu příjemce. Porušena je více funkčnost ledviny, než její perfuze (Mysliveček, Kamínek et al., 2007, s. 107).

Rejekce

Projevuje se alterací perfuze ledviny a následně pak poruchou funkce.

- Hyperakutní rejekce – Vznikne během pár hodin po transplantaci. V dnešní době vzácná.
- Akutní rejekce – Patří mezi velmi časté komplikace. Je nejčastější v prvních týdnech po transplantaci, ale může se objevit i po 6-ti měsících od operace. Obvykle ji lze úspěšně léčit.
- Chronická rejekce – Pomalý nevratný proces, který vede ke ztrátě funkce štěpu. Díky dynamické scintigrafii ji lze snadno odlišit od akutní rejekce (Kraft) [on line] (citace 2015-03-09).

Detekce urinomu (únik moči do dutiny břišní)

K úniku moči dochází při dehiscenci anastomózy ureteru. Projeví se to hromaděním moči a radiofarmaka na pozdních scintigramech. Zhruba za 60 až 90 minut po podání RF (Teplan et al., 2006, s. 66).

ZÁVĚR

Na začátku přehledové bakalářské práce byly stanoveny cíle, které byly zaměřeny na shrnutí dohledaných poznatků o radionuklidovém vyšetření, objasnění rozdílů při radionuklidovém vyšetření dětí a dospělých a objasnění rozdílnosti statické a dynamické scintigrafie ledvin. Všechny tři cíle byly v rámci bakalářského obsahu splněny.

Prvním cílem bakalářské práce bylo shrnutí dohledaných poznatků o radionuklidovém vyšetření ledvin, které je běžně používaným vyšetřením na klinice nukleární medicíny. Statická, dynamická i modifikace dynamické scintigrafie ledvin byly popsány z hlediska přípravy pacienta, provedení, hodnocení a indikací k jednotlivým vyšetřením.

Obě radionuklidová vyšetření jsou často indikována jak u dětských, tak i u dospělých pacientů. Poskytují funkční informace k morfologickým metodám, jako třeba ultrazvukové vyšetření, což je jejich výhodou (Moučková, 2014, s. 31). Mezi další výhody radionuklidového vyšetření patří poměrně nízká radiační zátěž spojená s vyšetřením a jejich minimální invazivita (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 113).

Druhým cílem bakalářské práce bylo objasnit rozdíly při radionuklidovém vyšetření ledvin u dětí a dospělých. Aby bylo provedeno scintigrafické vyšetření správně, je důležité zavodnění pacienta, což platí u dětí i dospělých. Na základě poznatků lze říci, že u dětí bývá příprava o něco delší než u dospělých z důvodu neklidu či strachu, kdy musíme v těchto případech dítě uklidňovat, případně i fixovat. Z dohledaných informací je jasný rozdíl v použití radiofarmaka při dynamické scintigrafii. Na rozdíl od dospělých pacientů, kde lze použít jak ^{99m}Tc-DTPA, tak ^{99m}Tc-MAG3, u dětí se používá pouze ^{99m}Tc-MAG3. ^{99m}Tc-DTPA bývá vylučován glomerulární filtrací a u dětí glomerurální funkce vyzrávají do 2 let věku. U dětí se provedení vyšetření nijak zvlášť neliší od dospělých pacientů. U statické scintigrafie lze použít kolimátor pinhole pro detailnější zobrazení. U dynamické scintigrafie lze položit kojence přímo na detektor kamery. Hodnocení výsledků probíhá stejným způsobem u dětí i u dospělých. Jak již bylo zjištěno z dohledaných informací, u dětských pacientů bývá statická scintigrafie indikována nejčastěji.

Je třeba mít na mysli, že při radionuklidovém vyšetření dětí je odlišná orgánová distribuce radiofarmaka v dětském organismu, která je způsobena nezralostí některých orgánových struktur, či fyziologických procesů. I přes tyto výše uvedené informace lze konstatovat, že metodika radionuklidových vyšetření ledvin i jiných orgánových systémů a jejich indikační oblasti se v zásadě od dospělých neliší (Kupka, Kubinyi et al., 2007, s. 169-170).

Třetím cílem bakalářské práce bylo objasnit rozdílnost statické a dynamické scintigrafie ledvin. Statická scintigrafie posuzuje izolovaně funkci pravé a levé ledviny, její uložení, tvar a velikost. U dynamické scintigrafie lze kvalitativně a kvantitativně zhodnotit funkci ledvin, perfuzi a kinetiku močových cest (Moučková, 2014, s. 28).

Rozdílnost lze vidět i u typů použitých radiofarmak. Zatímco u statické scintigrafie se používá ^{99m}Tc-DMSA, u dynamické se používá ^{99m}Tc-DTPA a ^{99m}Tc-MAG3. ^{99m}Tc-DMSA je zadržována v buňkách proximálních tubulů, kde je fixována několik hodin (Teplan et al., 2006, s. 61). Při správné funkci je vylučována tubulární sekrecí a pouze částečně glomerulární filtrací (Hlůžová, Lang, 2008, s. 17). ^{99m}Tc-DTPA bývá vylučován pouze glomerulární filtrací. ^{99m}Tc-MAG3 je do moči vylučováno hlavně tubulární sekrecí (Viklický, Tesař et al., 2010, s. 15).

Pro provedení vyšetření se u obou používá stejná gamakamera s kolimátorem LEAP nebo HR (Hlůžová, Lang, 2008, s. 18).

Na rozdíl od dynamické scintigrafie lze při statické scintigrafii určit hloubku uložení ledvin od povrchu zad, jelikož je možné při tomto vyšetření získat obrazy ledvin jak v zadní, tak ale i v přední projekci (Koranda, Kabíčková et al, 2005, s. 311).

Závěrem lze říci, že radionuklidová vyšetření ledvin jsou jedinečnou metodou pro neinvazivní hodnocení ledvin a vývodných cest močových. V diagnostice nejrůznějších onemocnění má nezastupitelnou roli a proto také patří na klinice nukleární medicíny k nejčastěji používaným metodám.

BIBLIOGRAFICKÉ A ELEKTRONICKÉ ZDROJE

1. HLŮŽOVÁ, L., LANG, O. 2008. Přehled nejčastěji užívaných metod v nukleární nefrologii. *Praktická Radiologie*. 2008, roč. 13, č. 2, s. 17-22. ISSN 1211-5053.
2. CHROUSTOVÁ, D., URBANOVÁ I., et al., 2010. Současné postavení dynamické scintigrafie ledvin s aplikací diuretika v dětském věku. *Česko-slovenská Pediatrie.* 2010, roč. 65, č. 12, s. 683. ISSN 0069-2328.
3. CHROUSTOVÁ, D., VAŇKOVÁ, S.. 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. 633-634. ISSN 0008-7335.
4. LASSMAN, M., 2014. Paediatric radiopharmaceutical administration: harmonization of the 2007 EANM paediatric dosage card (version 1.5.2008)and the 2010 North American consensus guidelines. *European Association of Nuclear Medicine* [on line] (citace 2014-04-09). Dostupné z : http://www.eanm.org/publications/guidelines/art10.1007_s00259-014-2731-9.pdf
5. KORANDA, Pavel a kol. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 201 s. Skripta. ISBN 978-80-244-4031-6.
6. KORANDA, P., KABÍČKOVÁ, E. et al., 2005. Vyšetřovací metody nukleární medicíny v pediatrii. *Pediatrie pro praxi*. 2005, roč. 6, č. 6, s. 311. ISSN 1213-0494
7. KORANDA, P. et al. Dynamická scintigrafie transplantované ledviny. Klinika nukleární medicíny LF a FN Olomouc. [on line] (citace 2015-3-3). Dostupné z : http://vyuka.i-consult.cz/gastroenterologie-nefrourologie/ghtml.php?id=28
8. KRAFT, O. Dynamická scintigrafie ledvin. [on line prezentace] Zdravotní a sociální fakulta Ostravské univerzity. [on line] (citace 2015-3-3). Dostupné z : http://www.fno.cz/klinika-nuklearni-mediciny/ke-stazeni
9. KRAFT, Otakar a PEKÁREK, Jan. *Radiofarmaka*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012. 97 s. ISBN 978-80-7464-183-1.
10. KRAFT, O., ULLMANN, V., 1999. Klinický význam tranzitních funkcí u dynamické scintigrafie ledvin. *Česká Radiologie*. 1999, roč. 53, č. 1, s. 34. ISSN 1210-7883.
11. 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. 91. ISSN 1210-7883.

12. KUPKA, Karel a kol. *Nukleární medicína: [učební text]*. 1. vyd. Praha, 2007. 185 s. ISBN 978-80-903584-9-2
13. LANG, O., KOMOROUSOVÁ, I., 2011. Nový software pro pro dynamickou scintigrafii ledvin. *Česká Radiologie*. 2011, roč. 65, č. 3, s. 219. ISSN 1210-7883.
14. LANG, O., TREŠLOVÁ L., et al., 2005. Scintigrafická detekce renovaskulární hypertenze. *Česká Radiologie*, 2005, roč. 59, č. 4, s. 238-239. ISSN 1210-7883.
15. MÍKOVÁ, Vlasta, ed. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, ©2008. 118 s. Care. ISBN 978-80-7262-533-8.
16. MONICA, A., ROSSLEIGH, 2001. Renal Cortical Scintigraphy and Diuresis Renography in Infants and Children. *The Journal of Nuclear Medicine.* 2001. Vol. 42, č. 1, s. 92. ISSN 2159-662X.
17. MOUČKOVÁ, L., 2014. Dynamická a statická scintigrafie ledvin. *Praktická Radiologie*. 2014. č. 2, s. 28. ISSN 1211-5053.
18. MYSLIVEČEK, Miroslav et al. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007- . sv. Skriptum. ISBN 978-80-244-1723-3.
19. NAŇKA, Ondřej, ELIŠKOVÁ, Miloslava a ELIŠKA, Oldřich. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, ©2009. xi, 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0.
20. SEIDL, Zdeněk et al. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012. 368 s., ISBN 978-80-247-4108-6.
21. SCHMIDT, M., HANEK, P. et al., 2010. Laparoskopická pyeloplastika. *Endoskopie*. 2010, roč.19, č. 1, s. 35. ISSN 1804-6096.
22. 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. ISSN 1211-5053.
23. SOBOTOVÁ, D., 2004. Izolovaná transplantace ledviny u diabetiků. *Vnitřní lékařství*, 2004, roč. 51, S1/únor. ISSN 0042-773X. [on line] (citace 2015-03-01) Dostupné z : http://www.prolekare.cz/dokumenty/j47_2005_1_vl_supplementum.pdf#page=58
24. SOVOVÁ, Eliška a kol. *Vybrané kapitoly z vnitřního lékařství pro nelékařské obory*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. 283 s. Skripta. ISBN 978-80-244-3133-8.
25. SPIŠIAKOVÁ, D., DZÚRIK, P., et al., Prvé skúsenosti s novým prístupom pri posudzování exkrečnej schopnosti transplantovaných obličiek pomocou ^{131}J-Hippuranu. [on line] (citace 2015-03-04). Dostupné z : http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/001/28001283.pdf

26. ŠMAKAL, O., 2010. Diagnostika a léčba vrozených vad zdvojené ledviny u dětí. *Urologie pro praxi*. 2010, roč. 11, č. 6, s. 317. ISSN 1213-1768.
27. TÁBORSKÁ, K., 2013. Současné trendy v provedení statické scintigrafie ledvin u dětí s akutní pyelonefritidou. *Česká Radiologie*. 2013. roč. 67, č. 4, s. 292. ISSN 1210-7883.
28. TEPLAN, Vladimír a kol. *Praktická nefrologie*. 2., zcela přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2006. xxviii, 496 s., 12 s. barev. obr. příl. ISBN 80-247-1122-2.
29. ULLMANN, V., SLANINA, A. Komplexní vyhodnocování dynamické scintigrafie transplantované ledviny. [on line] (citace 2015-03-01). Dostupné z : http://astronuklfyzika.cz/strana2.htm
30. VIKLICKÝ, Ondřej a kol. *Doporučené postupy a algoritmy v nefrologii*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. 192 s. ISBN 978-80-247-3227-5.
31. VIKLICKÝ, Ondřej a kol. *Transplantace ledviny v klinické praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008. 380 s. ISBN 978-80-247-2455-3.
32. VIŽĎA, Jaroslav et al. *Atlas scintigrafie ledvin = Atlas of renal scintigraphy*. 1. vyd. Praha: Agentura Pankrác, 2002. 72 s. ISBN 80-902873-6-0.
33. VLČEK, Petr a kol. *Praktická cvičení z nukleární medicíny*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2010. 187 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-80-246-1819-7.
34. Věstník Ministerstva Zdravotnictví České republiky, 2011, roč. 2011, č.9 Dostupné z: http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c9/2011_5340_2162_11.html

SEZNAM ZKRATEK

EANM – European Association of Nuclear Medicine

SPECT – Jednofotonová emisní výpočetní tomografie

RF – radiofarmakum

APN – akutní pyelonefritida

VUR – vezikoureterální reflux

KPS – kalichopánvičkový systém

ACE – angiotenzin konvertující enzym

DSL – dynamická scintigrafie ledvin

TK – tlak krve

NM – nukleární medicína

RVH – renovaskulární hypertenze

HMC – horní močové cesty

ATN – akutní tubulární nekróza

MAG – merkaptoacetyltriglycin

DTPA – diethylentriaminopentaoctová kyselina

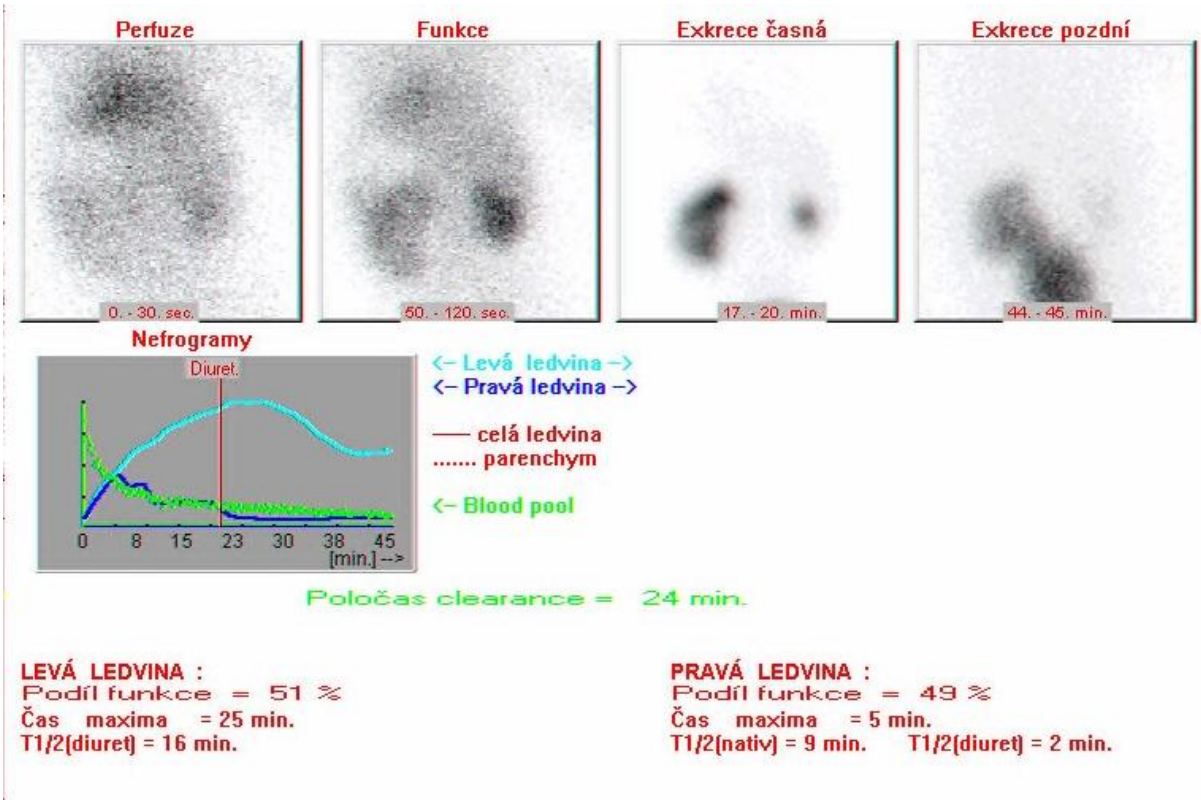
DMSA - kyselina dimerkaptojantarová

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha	Popis přílohy	Strana
Příloha 1	Dynamická scintigrafie ledvin……	43
Příloha 2	Statická scintigrafie ledvin…….....	44-45

PŘÍLOHY

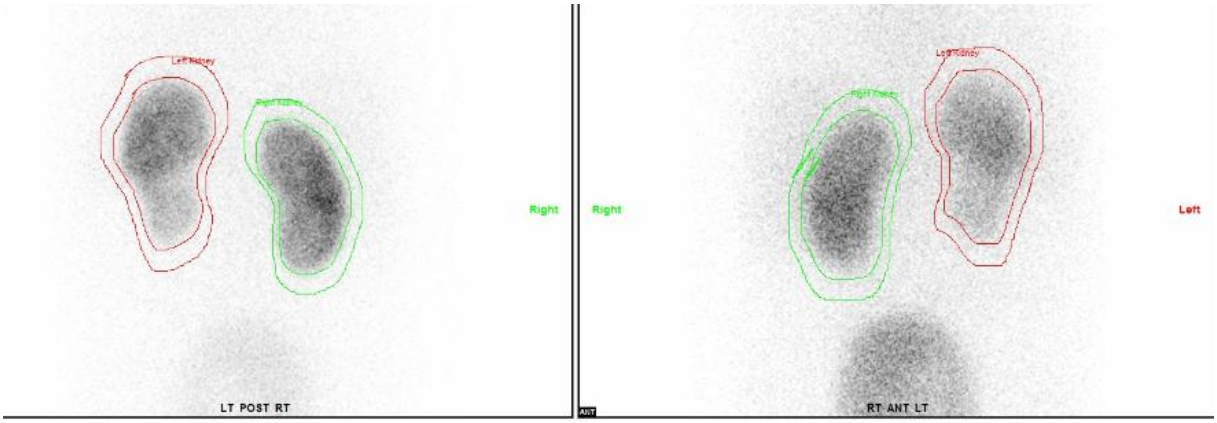
Příloha 1: Dynamická scintigrafie ledvin ^{99m}Tc-MAG3



Obr. 1.1 : (2-měsíční kojenec s významnou dilatací kalichopánvičkového systému levé ledviny podle ultrazvukového vyšetření). Na scintigramu je patrná významná dilatace kalichopánvičkového systému levé ledviny a pánvičky i extrarenálně, podle chabého efektu aplikovaného Furosemidu nález svědčí pro urodynamicky významnou překážku vlevo na přechodu pánvičky a močovodu

Zdroj: FNOL

Příloha 2: Statická scintigrafie ledvin ^{99m}Tc-DMSA

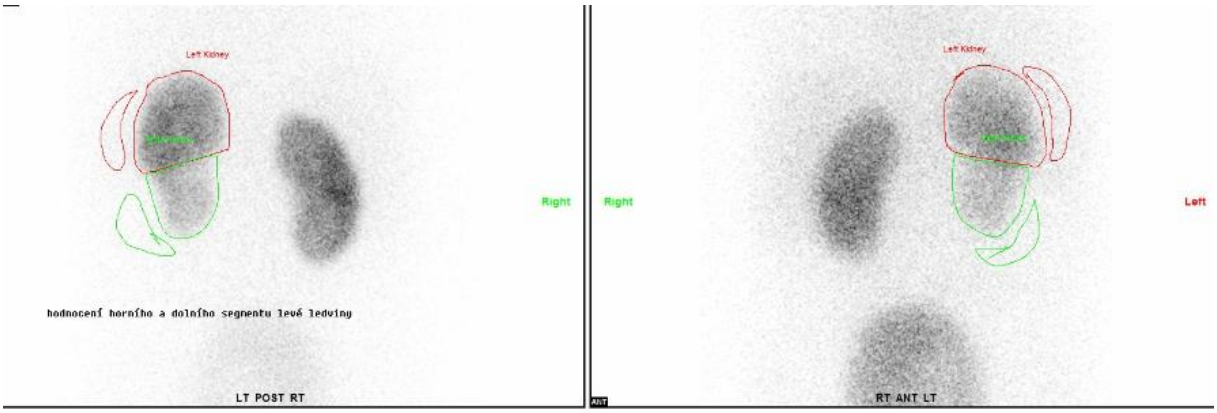


Renal DMSA Uptake

	LEFT		RIGHT	
% Total Relative Uptake:	44,87 %		55,13 %	
% Total Area:	52,29 %		47,71 %	
Radiopharmaceutical:	DMSA (Tc-99m)			
Height (cm):	107,00			
Weight (kg):	18,00			
Age (years):	5			
	Post	Ant	Post	Ant
Kidney Counts:	64836,	36211,	72302,	46511,
Kidney Area (pixels):	4850,	4899,	4065,	4829,
Bkgd Counts:	71025,	43122,	79470,	54455,
Bkgd Area (pixels):	7499,	7579,	8278,	7512,

Obr. 2.1 : (4leté dítě se zdvojeným dutým systémem levé ledviny) Na scintigramu je patrná relativní hypofunkce dolního segmentu levé ledviny, podle výpočtu poměru funkce je celkově levá ledvina mírně hypofunkční - podílí se 45% na ledvinných funkcích.

Zdroj: FNOL



Renal DMSA Uptake

	LEFT		RIGHT	
% Total Relative Uptake:	73,03 %		26,97 %	
% Total Area:	63,07 %		36,93 %	
Radiopharmaceutical:	DMSA (Tc-99m)			
Height (cm):	107,00			
Weight (kg):	18,00			
Age (years):	5			
	Post	Ant	Post	Ant
Kidney Counts:	48708,	26415,	16624,	10724,
Kidney Area (pixels):	3058,	3285,	1804,	1910,
Bkgd Counts:	983,	1445,	821,	855,
Bkgd Area (pixels):	560,	725,	728,	610,

Obr. 2.2 : Doplňující výpočet poměru funkce horního a dolního segmentu levé ledviny u výše uvedeného dítěte. Dolní segment levé ledviny (jedná se o její dolní polovinu) je zřetelně hypofunkční - podílí se 27% na funkci levé ledviny.

Zdroj: FNOL