

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Sabrina Flachsová

Scintigrafické vyšetření ledvin

Bakalářská práce

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

Olomouc 2023

Potvrzuji, že jsem samostatně vypracovala svou bakalářskou práci a využila pouze bibliografické a elektronické zdroje, v práci uvedené.

Olomouc 22. července 2023

Sabrina Flachsová

Ráda bych vyjádřila své poděkování MUDr. Ivě Metelkové, Ph.D. za její odborné vedení, cenné rady a čas, který mi věnovala při zpracování této přehledové bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Typ závěrečné práce: Přehledová bakalářská práce

Téma práce: Scintigrafické vyšetření ledvin

Název práce: Scintigrafické vyšetření ledvin

Název práce v AJ: Renal scintigraphy

Datum zadání: 2022-05-15

Datum odevzdání: 2023-07-22

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Sabrina Flachsová

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

Oponent práce: MUDr. Martin Doležilek

Abstrakt v jazyce českém: Tato přehledová bakalářská práce definuje rozdíl mezi statickým a dynamickým scintigrafickým vyšetřením Nukleární medicíny, které se využívá pro detekci funkčních poruch ledvin. Vysvětleny jsou zde také modifikace, týkající se vyšetření dynamickou scintigrafií. V práci jsou zahrnuty informace, jak správně pacienta poučit a nachystat před začátkem vyšetření, jak samotné vyšetření probíhá a v neposlední řadě jak jej správně vyhodnotit. Jednotlivá radiofarmaka, a také indikace i kontraindikace jsou součástí každé z kapitol. Údaje obsažené v bakalářské práci jsou nejen z nalezených vědeckých článků, ale i z publikací a jsou uplatněny v rámci rešeršní činnosti.

Abstrakt v jazyce anglickém: This review bachelor thesis defines the difference between static and dynamic scintigraphic examinations of Nuclear Medicine, which are used to detect functional renal disorders. Modifications related to the dynamic scintigraphy examination are also explained. Information on how to properly instruct and prepare the patient prior to the examination, how the examination itself is

performed, and finally how to properly evaluate the examination is included. Individual radiopharmaceuticals, as well as indications and contraindications are included in each individual chapter. The data contained in the bachelor thesis are not only from found scientific research articles, but also from published articles and are applied in the search process.

Použitá klíčová slova v jazyce českém: dynamická scintigrafie ledvin, gamakamera, radiofarmaka, renovaskulární hypertenze, scintigrafie ledvin, statická scintigrafie ledvin, transplantovaná ledvina

Použitá klíčová slova v jazyce anglickém: dynamic renal scintigraphy (dynamic scintigraphy of kidneys), gammacamera, radiopharmaceuticals, renovascular hypertension, renal scintigraphy (scintigraphy of kidneys), static renal scintigraphy (static scintigraphy of kidneys), transplanted kidney

Počet stran: 53

Obsah

Úvod	8
1. Ledviny z anatomického a fyziologického hlediska	11
2. Jak se pacient připravuje k vyšetření.....	12
3. Gamakamera	14
4. Scintigrafické vyšetření dětských pacientů	15
5. Statická scintigrafie ledvin.....	18
5.1 Indikace	18
5.2 Kontraindikace.....	19
5.3 Užívaná radiofarmaka.....	20
5.4 Jak postupovat při vyšetření.....	20
5.5 Vyhodnocování vyšetření	22
6. Dynamická scintigrafie ledvin.....	24
6.1 Indikace	24
6.2 Kontraindikace.....	25
6.3 Užívaná radiofarmaka.....	25
6.4 Jak postupovat při vyšetření.....	28
6.5 Vyhodnocování vyšetření	28
7. Dynamická scintigrafie ledvin a její nejčastější modifikace.....	34
7.1 Renovaskulární hypertenze (podání ACE inhibitoru)	34
7.1.1 Indikace	35
7.1.2 Kontraindikace.....	35
7.1.3 Užívaná radiofarmaka.....	36
7.1.4 Jak postupovat při vyšetření.....	36
7.1.5 Vyhodnocování vyšetření	37
7.2 Diuretická nefrografie s použitím furosemidu	39
7.2.1 Indikace	39
7.2.2 Kontraindikace.....	40
7.2.3 Užívaná radiofarmaka.....	40
7.2.4 Jak postupovat při vyšetření.....	40

7.2.5	Vyhodnocování vyšetření	42
7.3	Transplantovaná ledvina	45
7.3.1	Indikace	45
7.3.2	Kontraindikace.....	46
7.3.3	Užívaná radiofarmaka.....	46
7.3.4	Jak postupovat při vyšetření.....	46
7.3.5	Vyhodnocování vyšetření	47
Závěr		49
Bibliografické a elektronické zdroje		50
Seznam zkratk.....		52
Seznam obrázků.....		53

Úvod

Nukleární medicína je specializovaný obor v odvětví lékařství, který diagnostikuje možná onemocnění, a také se specializuje na léčbu, s využitím radioaktivních látek. Tyto látky, nazývané jako radiofarmaka jsou z radiologického hlediska otevřenými zářiči a obvykle se aplikují pacientovi intravenózně. Ovšem mohou být podány také p.o. Diagnostická metoda známá jako scintigrafie se využívá k vizualizaci záření, které je emitováno z těla pacienta po podání radiofarmaka. Klíčovým technickým prvkem v této oblasti je scintilační detektor, který je základem zařízení nazývaného scintilační kamera (gamakamera). Kamera snímá obrazy prostorového rozložení radiofarmaka ve vyšetřované oblasti. Radiofarmakum se akumuluje ve vyšetřované tkáni nebo v její postižené části. Základní scintigrafické zobrazení funkce tkáně je v podobě dvojrozměrných obrazů. Scintigrafické vyšetření lze rozdělit na statické (obdobu fotografie) a dynamické (obdobu videa). U statické scintigrafie se zobrazí rozložení radiofarmaka ve tkáni až po určitém časovém odstupu od aplikace. Oproti tomu u dynamické scintigrafie se zobrazí v průběhu času a snímky se pořídí ihned po aplikaci radiofarmaka. Snímá se pomocí scintilační kamery, z výsledných snímků se hodnotí funkce tkáně nebo orgánu. Velikost, resp. úroveň patologické akumulace radiofarmaka se odvíjí od míry dysfunkce tkáně (Urbánek a kol., 2000, s.13,14).

Radionuklidové vyšetření ledvin nám umožní posoudit funkci ledvin, velikost i jejich tvar, rozsah a kvality funkčního parenchymu zobrazit anatomické anomálie, stav vylučování, poruchy močového měchýře a případný reflux (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.106).

Před začátkem psaní mé bakalářské práce jsem si vytyčila cíle ohledně tématu Scintigrafického vyšetření u ledvin. Tyto cíle budou vysvětleny na základě informací, které jsem našla, a které jsou obsahem mé bakalářské práce.

Prvním cílem bylo popsat statickou scintigrafii ledvin.

Druhým cílem bylo charakterizovat dynamickou scintigrafii ledvin.

Posledním, třetím cílem bylo vytyčit nejpoužívanější modifikace u dynamické scintigrafie ledvin.

Pro své téma Scintigrafické vyšetření ledvin jsem jako zdrojovou literaturu vybrala následující publikace:

1. KORANDA, Pavel, 2014. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.
2. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL, 2015. *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K. ISBN 978-80-87343-54-8.
3. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-206-0.
4. URBÁNEK, Jan, Petr DVOŘÁK, Hana JISKROVÁ, et al., 2000. *Nukleární medicína*. 3. Praha: Gentiana Jilemnice. ISBN 80-902133-9-1.
5. VIŽŤA, Jaroslav, 2002. *Atlas scintigrafie ledvin*. Praha: Agentura Pankrác. ISBN 80-902873-6-0.

Při hledání a shromažďování relevantních informací jsem použila tato klíčová slova v jazyce českém:

dynamická scintigrafie ledvin, gamakamera, radiofarmaka, renovaskulární hypertenze, scintigrafie ledvin, statická scintigrafie ledvin, transplantovaná ledvina

Tato klíčová slova přeložena do jazyka anglického: dynamic renal scintigraphy (dynamic scintigraphy of kidneys), gammacamera, radiopharmaceuticals, renovascular hypertension, renal scintigraphy (scintigraphy of kidneys), static renal scintigraphy (static scintigraphy of kidneys), transplanted kidney

Rešeršní činnost

Rešeršní postup, pro nalezení odborných článků, byl datován od r. 1997 do současného roku 2023, a to zejména v následujících databázích: Ebsco, Google Scholar, Medline, Medvik, ProQuest, PubMed.

Byly využity články psané, jak v češtině, tak slovenštině i angličtině, stejně jako knihy i webové stránky v češtině i angličtině. Po důkladném studiu bylo do této bakalářské práce začleněno 23 zdrojů, z nichž 10 bylo dostupných online a 4 použité zdroje byly v angličtině. Knihy a skripta byly zapůjčeny nejen v knihovně LF a FZV UPOL, ale také v knihovně KNM FNOL. Databáze pro vyhledání článků, nám studentům FZV UPOL byly zdarma zpřístupněny přes přihlášení do online knihovny FZV.

1. Ledviny z anatomického a fyziologického hlediska

Hlavním orgánem močového systému jsou ledviny, které jsou párovým orgánem. Svým tvarem připomínají fazoli. Ledviny se obvykle nacházejí v retroperitoneu, ve vrstvě tukového pouzdra, v oblasti mezi obratlem Th12-L2. Pravá ledvina obvykle dosahuje nižšího umístění než levá. Jejich typické rozměry jsou kolem 12x6x3 cm a váha se pohybuje okolo 120 g, přičemž asi 50 g z toho připadá obsahu krve. Ledviny jsou pružné a zbarvené do červenohněda. Stěna ledviny se skládá ze sliznice, hladké svaloviny a vaziva (Naňka a Elišková, 2015, s. 195-203).

Makroskopicky lze na každé z ledvin rozeznat kůru od dřeně, přičemž kůra je o něco světlejší, má zrnitou strukturu a je na povrchu ledviny. Dřeň je tmavší a skládá se z 10 až 18 pyramid. Vrcholy těchto pyramid se nazývají papily, a právě zde ústí vývodné kanálky. Na papily se připojují ledvinné kalichy, které obklopují papily. Tyto kalichy se spojují do ledvinné pánvičky, ze které vystupuje močovod a ústí do močového měchýře (Holíbková a Laichman, 2010, s.82).

Ledviny se podílejí na udržování stálosti vnitřního prostředí tzv. homeostáze, díky níž organismus udržuje stálé množství i složení tekutin i stálé pH 7,4. Díky tomu může normálně fungovat. Další základní funkcí ledvin je produkce hormonu reninu, erythropoetinu a aktivace vitamínu D, regulace krevního tlaku. Vyloučení nadbytku látek (voda, ionty), zplodin metabolismu (kyselina močová) a cizích látek (léky) do moči. Udržení acidobazické rovnováhy, řízení objemu krve a krevního tlaku (Rokyta, 2000, s. 165-173).

Aby všechny tyto funkce správně fungovaly, musí být ledviny dobře prokrveny. Ledviny denně přefiltrují 1700l krve a vyloučí kolem 1,5l moči (diuréza) (Rokyta, 2000, s. 165-173).

2. Jak se pacient připravuje k vyšetření

Před zahájením vyšetření je nutno zkontrolovat si údaje pacienta, jako je jméno, věk, hmotnost, výška, onemocnění pacienta a název diagnostického výkonu, dále druh aplikovaného radiofarmaka, způsob aplikace (perorálně, intravenózně, inhalací) a aktivitu aplikovaného radiofarmaka. Radiační zátěž a velikost dávky pacienta se stanoví podle tabulek v závislosti na jeho osobních údajích (Věstník č.6/2015, s.42) [online]. Po příchodu je pacient poučen o vyšetření a podepíše informovaný souhlas. Zásadní roli hraje správná příprava pacienta. Před scintigrafickým vyšetřením ledvin je důležité, aby byl pacient dostatečně hydratován. Vypít by měl půl litru tekutin 30 min až 1h před vyšetřením. Pokud tekutiny nelze podat perorálně, využije se i.v. infuze (Koranda a kol., 2014, s.92).

Pokud je pacient málo zavodněn, tak se statická i dynamická scintigrafie hůře hodnotí. Důvodem je nahromadění koncentrované moči s RF v KPS. Nehybná poloha pacienta na vyšetřovacím stole, po celou dobu několika málo minut, kdy se detekují jednotlivé obrazy, je při vyšetření statickou scintigrafií velmi důležitou součástí. Oproti dynamické metodě, kdy je důležité, aby pacient nehybně ležel po dobu 30-45 min. Alternativních postupů, které se běžně nepoužívají, se využívá tehdy, pokud se pacient hýbe a nedá se využít klasických vyhodnocovacích programů. Ovšem při vyhodnocování jsou tyto postupy nepřesné. Před vyšetřením dynamickou scintigrafií, hraje důležitou roli vyprázdněný močový měchýř pacienta. Pokud by tomu tak nebylo, mohlo by dojít k pomalejšímu odtékání moči, nebo k úplné zástavě odtékání (Koranda a kol., 2014, s.92).

Dehydratace pacienta může zpomalit vylučování radiofarmaka ledvinami, což může napodobovat obstrukci nebo chybnou funkci. Důležité je zdokumentovat všechny léky užívané pacientem, které by mohly ovlivnit vyšetření. Obzvláště diuretika a léky na krevní tlak. Při určování polohy je důležité znát předchozí intervence a anatomické anomálie vyšetřovaného. V případě obstrukce nebo vývodu močového měchýře je třeba zvážit katetrizaci močového měchýře. Díky katetrizaci by se předešlo možnosti opožděného vylučování močových cest (Harvey a kol., 2014, s. 175,176).

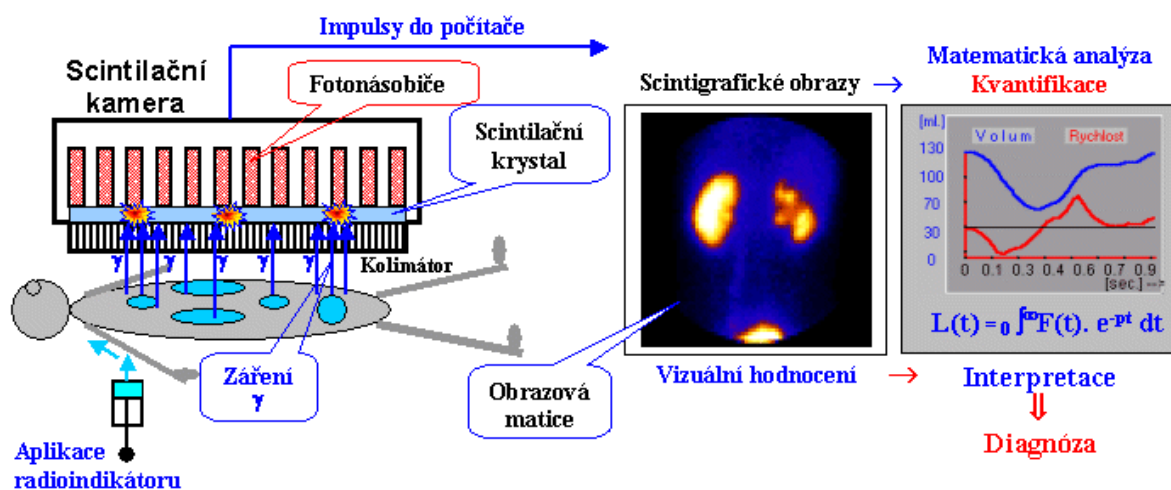
Nejpoužívanější poloha pro dynamickou scintigrafii ledvin je vleže na zádech, kvůli nežádoucímu pohybu ledvin do pánve, ke kterému dochází při vzpřímení pacienta.

Vyšetřovaný je umístěn ledvinami co nejbližše kameře. K vyšetření se používá přední i zadní kamera. U snímání normálně funkční zdravé ledviny využijeme zadní kameru, oproti tomu u transplantované pánevní ledviny či ledviny podkovovitého tvaru zvolíme kameru přední (Harvey a kol., 2014, s. 175,176).

3. Gamakamera

Gamakamera neboli scintilační kamera je jedním ze základních zobrazovacích přístrojů v nukleární medicíně. Zobrazuje nám distribuci radiofarmaka v těle pacienta. Používá se pro planární scintigrafie a tomografické zobrazování SPECT. Součástí gamakamery je detektor, který se skládá z kolimátoru, scintilačního krystalu, fotonásobiče a vyhodnocovací aparatury s počítačem. Díky tomuto detekčnímu systému se nám zobrazí planární obraz vyšetřované oblasti pacienta (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.27).

Nal(Tl) neboli jodid sodný aktivovaný thaliem patří k nejčastěji používaným scintilačním krystalům. Dojde k interakci fotonů záření gama s tímto krystalem, a to vede ke vzniku záblesku, zvaného scintilace. Při tomto záblesku vznikne světlo, které je vidět pouhým okem a doletí na fotokatodu u fotonásobiče. Ten je pomocí světlovodiče přilepený ke krystalu, z kterého detekuje světlo a dále ho převádí na elektrický signál. Na fotokatodě fotonásobiče se přemění viditelné světlo na elektrony, ty pokračují do systému dynod a anod s vysokým napětím, kde se zdvojnásobí. Díky tomu na výstupu fotonásobiče vznikne elektrický impulz, který se přes zesilovač zesílí a pokročí do amplitudového analyzátoru, kde je velikost impulsu rovna energii detekovaného fotonu. Přes analyzátor pokročí do počítače, kde se registrují (Koranda a kol., 2014, s.24, 25, 27).



Obr. 2.1 Jak probíhá scintigrafické vyšetření (Ullmann) [online]

4. Scintigrafické vyšetření dětských pacientů

U kojenců roste močovod velmi rychle. Je zvlněný s ohyby v retroperitoneu, a to bývá příčinou vzniku zánětů močových cest a infekcí v ohybech. Velikosti ledvin u dětí se určují pomocí ultrazvuku, dále podle nomogramu (grafu) (Míková, 2008, s.88-90).

EANM neboli Evropská asociace nukleární medicíny vypracovala doporučení pro vyšetření dětí. Tyto návody byly revidovány v roce 2009 a také z nich vychází radiologické standardy, podle nich postupují všechna pracoviště nukleární medicíny v České republice. Podle tabulky EANM se stanovuje aplikovaná aktivita u dětí, 15MBq ^{99m}Tc-DMSA je minimální aplikovaná aktivita. Při použití tabulky EANM se radiační zátěž, ze všech vyšetření na pracovištích nukleární medicíny neliší, protože vyšetření jsou standardizována. Efektivní dávka je přibližně 1 mSv bez ohledu na věk dítěte. Oproti ostatním scintigrafickým vyšetřením prováděným v nefrourologii (dynamická scintigrafie či radionuklidová cystografie), je radiační zátěž ze statické scintigrafie vyšší (Táborská, 2013, s. 291-295) [online].

Před samotným vyšetřením je nutné zavodnění dítěte per os či i.v. infuzí, důležitá je také častější mikce po vyšetření kvůli snížení radiační zátěže dítěte (Koranda a kol., 2014, s.92).

Objem tekutin u dětí se odvíjí od jejich hmotnosti. (Koranda a kol., 2014, s.92) Snímání se provádí po 2-4 hodinách od aplikace radiofarmaka, v této době je v ledvinách akumulováno 40-50% podané aktivity. Za 24 hodin se vyloučí 30-40% podané DMSA (Táborská, 2013, s. 291-295) [online].

Důležité je zajistit, aby dítě po dobu vyšetření (20-45min) v klidu leželo na vyšetřovacím stole na zádech (Koranda a kol., 2014, s.92). Vyšetření se doporučuje plánovat s ohledem na denní rytmy dítěte, vhodná doba je např. při poobědovém spánku (Táborská, 2013, s. 291-295) [online]. U dětí je doporučeno před zavedením i.v. injekce potřít místo lokálně znecitlivujícím krémem. Při diuretické nefrologii, kdy se zavádí dvojí i.v. injekce, se zavede periferní venózní kanyla předem před vlastním vyšetřením na dětské klinice. Omezí se tak nadbytečná bolest a motorický neklid dítěte, a dítě si tak nespojuje kliniku nukleární medicíny s utrpením (Koranda a kol., 2014, s.92). U neklidných, pohyblivých dětí je možné využít fixační pásky, speciální polštáře a další pomůcky k omezení pohybu pacienta, při horší situaci je výjimečně možné po

dohodě s indikujícím lékařem podat sedativa. Tlumící lék Midazolam (Dormicum) i.v., ovšem v co nejmenší míře, kvůli ovlivnění motility močovodů a tím odtoku moči z ledvin, ale také kvůli nepříznivému vlivu na dostatečnou hydrataci před vyšetřením (Mikova, 2008, s.88-90).

U dětí se nejčastěji indikuje statická scintigrafie ledvin, při které aplikuje se i.v. ^{99m}Tc -DMSA. Množství radiofarmaka určíme podle doporučení EANM. Nejběžnější způsob vyšetření se provádí v zadní a zadní šikmé projekci jednohlavou gamakamerou (Mikova, 2008, s.88-90). Jestliže se vyhodnocuje poměr funkcí pravé a levé ledviny, nebo se hodnotí ektopické uložení ledvin či tvarové anomálie ledvin, dělají se snímky v přední projekci (Táborská, 2013, s. 291-295) [online]. V případě tvarových změn či vrozené vývojové vady lékař doplní vyšetření o SPECT (Mikova, 2008, s.88-90).

Při detekci po dobu alespoň 5 min, současně se zachycením minimálně 300 000 impulzů, můžeme získat vysoce kvalitní scintigram. Zoom o velikosti 1 až 2, je vhodné využít při scintigrafickém vyšetření menších dětí. Jakou optimálně zvolit velikost zoomu se odvíjí od toho, jak je dítě vysoké a také podle toho, jak velké je zorného pole (Táborská, 2013, s. 291-295) [online].

Pro snímání detailů je ideální použít kolimátor, zvaný Pinhole. Pro dosažení tohoto rozlišení je nutné prodloužit čas snímání, a to na 10 min. Další možností je docílit četnosti impulzů na 100 000–150 000 a navolit šířku otvoru na 2–4 mm. Tomografické vyšetření je také možnou variantou. Dynamicky se zaznamenává PA projekci, a to zejména u dětí, které se hýbou a nejsou klidné. Vyloučí se tím možnost rozmazaných obrazů a docílíme sumace kvalitních obrazů (Táborská, 2013, s. 291-295) [online].

Dynamická scintigrafie ledvin je u dětí druhé nejčastější vyšetření, díky kterému zjistíme závažnost obstrukce v močových cestách, získáme informaci o funkci ledvin. Aplikuje se i.v. ^{99m}Tc -MAG3, který se vyloučí tubulární sekrecí. Vyšetření se opět provádí pomocí jednohlavé gamakamery s použitím LEHR kolimátoru (Miková, 2008, s.88-90).

Pinhole kolimátory a tomografická vyšetření nejsou využívány na všech pracovištích. Udává se, že ani mezinárodní komise odborníků v dětské radionuklidové nefrourologii (ISCORN) se neshodla v názoru na použití pinhole kolimátorů. Použití

navrhlo jen 46% expertů. Vyplynulo, že většina (70%) používá pinhole kolimátory jen u nejasných nálezů a 30% je aplikuje běžně (Táborská, 2013, s. 291-295) [online].

Tab. 1. Příklady efektivní dávky z radionuklidových nefrourologických vyšetření v různých věkových obdobích dle tabulky EANM a ICRP 80

	Kojenec 6kg		Pětileté dítě 20kg		Adolescent 70kg	
	AA (MBq)	E (mSv)	AA (MBq)	E (mSv)	AA (MBq)	E (mSv)
RCUG	20		20	0,05	40	
DSL	17	0,4	34	0,4	70	0,5
DSLO	17	0,6	34	0,75	70	0,84
SSL	25	1	48	1	98	0,8

AA-aplikovaná aktivita

E-efektivní dávka

RCUG-radionuklidová mikční cystografie

DSL-dynamická scintigrafie ledvin bez poruchy renálních funkcí

DSLO-dynamická scintigrafie ledvin s unilaterální obstrukcí

SSL-statická scintigrafie ledvin

(Táborská, 2013, s. 291-295) [online]

5. Statická scintigrafie ledvin

Statická scintigrafie je základní scintigrafické vyšetření. Oproti dynamické scintigrafii se získá jeden či několik "nehybných" obrazů vyšetřované oblasti, bez ohledu na čas. Obraz zobrazí distribuce radiofarmaka. Při snímání obrazu se distribuce radiofarmaka ve vyšetřované oblasti výrazně nemění. U scintigrafického vyšetření ledvin se využívá multistatické scintigrafie, kdy se snímá konkrétní místo z několika úhlů (projekcí) nebo více míst ze stejných či různých projekcí. U statické scintigrafie je možné provádět také celotělová scintigrafie, kdy se plynule staticky snímá celé tělo (Ullmann) [online].

Statická scintigrafie ledvin je neinvazivní vyšetřovací metoda, která nám zobrazí a posoudí funkci parenchymu kůry ledvin a relativní funkci ledvin (Koranda a kol., 2014, s.100).

5.1 Indikace

Dle Kupky et al patří mezi nejdůležitější indikace:

- Zobrazení vrozených tvarových anomálií a patologické uložení ledviny
- stanovení funkčních poměrů ledvin, pravé a levé na celkové renální funkci (test renální funkční symetrie)
- Přesná lokalizace nízkofunkční ledviny
- Detekce pyelonefritidy a následného postpyelonefritického jízvení (lézí)
- Odhalení defektu parenchymu
- Alergická reakce na rtg kontrastní látky
- Kontrola celistvosti tkáně při poranění ledviny

(Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.109)

Stejně indikace potvrzuje Koranda et al, navíc zde zmiňuje určení funkčních poměrů segmentů jedné ledviny s pelvis duplex, které rozhodne o typu operace, např. resekci nefunkčního segmentu ledviny. Další indikací je zobrazení afunkce či aplazie jedné ledviny, případně ektopické uložení ledviny, kdy nám sonografie u pacienta zobrazí pouze jednu ledvinu. A dále ověření tvarových anomálií, kterého docílíme

zobrazením můstků funkčního parenchymu spojující ledviny (např. ren acutus) při scintigrafii (Koranda a kol., 2014, s.101).

Urbánek navíc klade důraz na ověření funkčního rezidua svraštělé ledviny (komprese ze zevnějšku jizevnatými pruhy), agnezi, hypoplazii i prokázání rtg. Némé ledviny. Také upozorňuje na citlivé prokázání chronické refluxní nefropatie u dětí, od 1 roku života se vyšetření provádí před sonografií či vylučovací urografií (Urbánek a kol., 2000, s.100).

5.2 Kontraindikace

Relativními omezeními statické scintigrafie ledvin jsou těhotenství a kojení. U těhotných žen se toto vyšetření provádí pouze v nezbytně nutných případech a je použita minimální aktivita radiofarmaka. Během kojení se statická scintigrafie ledvin provádí pouze v akutních případech, například při poruše funkce ledvin nebo pyelonefritidě. Při použití 99mTc-DMSA neexistují žádné absolutní omezení pro provedení tohoto vyšetření (Věstník č.9/2011, s.150) [online]. Pokud je pacientka kojící, aplikuje se minimální množství radiofarmaka, 80MBq u 99mTc-DMSA. Doporučuje se, aby matka po podání radiofarmaka vynechala jedno kojení. Odsáté mléko se musí zlikvidovat. Dle publikace ICRP je doporučeno při použití 99mTc radiofarmak minimálně 12h od aplikace nekojit, s výjimkou 99m-Tc DTPA, kdy postačí nekojit 4h od aplikace (Věstník č.9/2011, s.111-112) [online].

Obecně lze říci, že dosažení snížení radiační zátěže po aplikování radiofarmaka lze zavodněním pacienta či omezením přísunu radiofarmaka do určitého orgánu, například blokováním štítné žlázy pomocí KI. V případě scintigrafie ledvin, kdy se aplikované radiofarmakum vylučuje převážně ledvinami (99mTc-MAG3, 99mTc-DTPA, 99mTc-fosfáty, atd.) je důležitý dostatečný pitný režim a močení pacienta. Tím docílíme k snížení dávky v močovém měchýři a k snížení efektivní dávky. Míková zde vysvětluje příklad, kdy pokud vyšetřovaný vyprázdní močový měchýř do 1 hodiny od aplikace 99m Tc-MAG3, sníží se pacientovi efektivní dávka na 40%, v porovnání s případem kdyby došlo k vyprázdnění měchýře až za 3,5 hodiny (Míková, 2008, s.117,118).

5.3 Užívaná radiofarmaka

Pro funkci ledvin a anatomii se dělí radiofarmaka do tří kategorií:

- vylučované tubulární sekrecí (např. ^{99m}Tc -MAG3)
- vylučované glomerulární filtrací, pro hodnocení funkce glomerulární filtrace (např. ^{99m}Tc -DTPA)
- vázané v renálních tubulech, dostatečně dlouhou dobu ke kortikálnímu anatomickému zobrazování (např. ^{99m}Tc -DMSA či ^{99m}Tc -glukoheptonát)

(Mettler a Guiberteau, 2012, s.315-316)

K provedení statické scintigrafie ledvin se využívá ^{99m}Tc -DMSA. Během první hodiny po intravenózní aplikaci se přibližně 40 % podané aktivity vychytá a zadrží v proximálních tubulech ledvin. Nejvyšší akumulace aplikované aktivity v kůře ledvin (50-60 %) nastane mezi 3. a 6. hodinou od aplikace. Ledviny vylučují zbylou část radiofarmaka močí. (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.108) Kvantum radiofarmaka naakumulovaného v obou ledvinách odpovídá poměru funkce u tubulů P i L ledviny. (Koranda a kol., 2014, s.90) Podle Kupky je obvyklá aplikovaná aktivita u dospělých pacientů 100 MBq a u obézních pacientů se aktivita zvyšuje. Oproti tomu u dětí se aplikují pouze desítky MBq, v závislosti na váze dítěte (Kupka a kol., 2015, s.108).

V roce 1974 bylo poprvé využito ^{99m}Tc -DMSA jako radiofarmakum k zobrazení ledvin. Množství akumulace tohoto radiofarmaka závisí na funkci tubulárních buněk a na krevním průtoku. Za snížení uptake (difúzního či fokálního) radiofarmaka je zodpovědný patologický proces, kterým je také ovlivněn průtok krve ledvinami a funkce tubulů. Experimentálně bylo u akutní pyelonefritidy prokázáno, že se na snížené akumulaci radiofarmaka podílí ischemie, ale také dysfunkce tubulárních buněk (Ullman) [online].

5.4 Jak postupovat při vyšetření

Během přípravy na vyšetření, jak již bylo uvedeno, dospělý pacient vypije 0,5 litru tekutin 30 až 60 minut před samotným vyšetřením. Objem tekutin se určuje na základě hmotnosti pacienta, a to ve výši 7 ml na 1 kilogram hmotnosti. Kojenci, ve srovnání s

jejich běžným stravovacím plánem, obdrží 1 porci tekutin navíc. Než se začne snímkovat, pacient se vymočí. Zdravotník poté ověří osobní a zdravotní údaje, poučí pacienta o průběhu vyšetření, zjistí možné kontraindikace pacienta (např. gravidita), které by mohly nepříznivě ovlivnit výsledek a získá souhlas pacienta s vyšetřením. Před nitrožilní aplikací radiofarmaka se ověří aktivita radiofarmaka pomocí kalibrátoru (měřič aktivity). Okénko analyzátoru je potřeba nastavit na fotopík 140keV a šíři okénka podle typu přístroje (Věstník č.9/2011, s.150) [online].

Po podání radiofarmaka se za 2-4 hodiny provedou snímky vleže pacienta zády na vyšetřovacím stole. Je možné pořídit pozdější snímky za 4-24 hodin po aplikaci radiofarmaka, a to z důvodu hydronefrózy s retencí radiofarmaka v dutém systému. Základní projekce jsou zadní a zadní šikmá. Přední projekci je možno provést při podezření na změnu tvaru či uložení ledvin (např. podkovovitá ledvina) (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.108).

Délka záznamu scintigramů trvá přibližně 5 minut, kdy je použito minimálně 300 000 impulzů na scintigram. U pinhole kolimátoru je to 100 000-200 000 impulzů na scintigram. Matice 128x128 (Věstník č.9/2011, s.150) [online]. Pinhole kolimátor se používá k zvýšení prostorového rozlišení, tedy zvětšuje obraz ledvin. Dá se také provést doplňující jednofotonovou emisní výpočetní tomografii (SPECT) (Kupka, Kubinyi, Šámal 2015, s.108). Speciální projekce SPECT při 120 projekcích s celkovým úhlem rotace 360 stupňů. Záznam jedné projekce trvá 15-20 sekund při použití matice 128x128. Zpracování obrazu a výpočty parametrů nutných k interpretaci nálezu: Planární scintigramy nám zobrazí scintigram monochromaticky či barevně při optimálním obrazovém spektru (lineární, exponenciální atd.) a při určování optimálních mezí pro dolní a horní četnost zobrazovaných impulzů (Věstník č. 9/2011, s.150) [online].

Pro určení poměru funkce pravé a levé ledviny využíváme metodu semikvantifikace akumulování radiofarmaka v ledvinách. Tato metoda zahrnuje výpočet s korekcí na hloubku umístění ledvin a na aktivitu radiofarmaka v pozadí těla. Optimálním postupem je výpočet geometrických průměrů aktivit radiofarmaka, které se vychytalo v ledvinách při zadní a přední projekci (Věstník č. 9/2011, s.150) [online].

5.5 Vyhodnocování vyšetření

Vyhodnocení statické scintigrafie ledvin s použitím ^{99m}Tc -DMSA se skládá ze tří částí:

- Vizuální hodnocení distribuce radiofarmaka v ledvinách pro zjištění anatomických abnormalit (např. cysty).
- Kvantitativní určení relativní (separované) funkce každé z ledvin s korekcí na rozdíl pohlcení záření gama z každé ledviny pomocí dvou projekcí (PA, AP)
- Vytvoření závěrečného protokolu s obrazy, hodnoty relativní funkce a slovní hodnocení se závěrem

(Ullman) [online]

U zdravých ledvin se prokazuje homogenní akumulace ^{99m}Tc -DMSA s kontrastem větším či menším v závislosti na místě akumulace. Vnější oblast kůry ledvin je sytější, oproti tomu oblast dřeně, kalichů a pánvičky ledvin nejsou tak intenzivně syté. Kontury u ledvin bývají hladké a plynulé. (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.108) Jak zmiňuje Urbánek a spol., u patologických nálezů bývá narušen homogenní obraz distribuce radiofarmaka kůrou ledviny. Odchyly distribuce radiofarmaka nejsou specifické (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.108, 109).

Kupka a kol., zdůrazňuje, že je někdy těžké odlišit normální či patologický nález, například oploštěný horní pól levé ledviny od sleziny, tvarové a polohové odchylky atd. Za patologický nález je považován nefunkční korový parenchym, který je prokázán sníženou či žádnou akumulací radiofarmaka. Nepravidelná kontura ledvin je příznakem možného jízvení ledviny s trvalou ztrátou parenchymu. Vlivem edému ledviny, může být také snížena akumulace radiofarmaka. Nálezy jiných zobrazovacích metod také mohou pomoci rozlišit normální nález od patologického (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.108, 109).

Sonografie se doporučuje pro posouzení ledvin z morfologického hlediska, kvůli její lepší schopnosti rozlišení, ve srovnání se scintigrafií. Na druhou stranu, statická scintigrafie je více senzitivní a je první volbou, pokud lékař chce zobrazit ledviny, změřit nebo také vyhodnotit relativní funkce P a L ledviny. Detekování defektů pyelonefritických funkcí ledvinné kůry, je jedním z příkladů, které Koranda zmiňuje.

Správné změření relativní funkce u obou ledvin, je nezbytnou součástí hodnocení statické scintigrafie ledvin. Jedna ledvina se podílí na celkové funkci z 45-55% (Koranda a kol., 2014, s.101).

6. Dynamická scintigrafie ledvin

Dynamická scintigrafie je série několika na sebe navazujících (statických) snímků vyšetřované oblasti. Tyto snímky jsou snímány postupně v různých časech a zachycují jednotlivé fáze průchodu radiofarmaka vyšetřovanou oblastí. Při rychlém promítnutí snímků vzbuzují dojem plynulých pohybů (videa). Během tohoto vyšetření zkoumáme pohyb (dynamiku) radiofarmaka v dané oblasti a sledujeme změny času akumulace radiofarmaka v daném orgánu (Ullmann) [online].

Při provádění dynamické scintigrafie sledujeme pohybování a změny šíření radiofarmaka v těle, závislé na čase. Tyto změny pozorujeme vizuálně (kvalitativně), ale i kvantitativně. Kvantitativní změny spočívají ve vzniku dynamické křivky, poté se matematickou analýzou stanoví kvantitativní parametry funkcí jednotlivých orgánů (Ullmann) [online].

Dynamická scintigrafie ledvin pomocí několika snímků zachycuje výrazným kontrastem obrazovou informaci o funkci samotného ledvinného parenchymu a také drenáži KPS, která vykazuje dynamiku odtoku moči. Tento typ vyšetření kvantitativně zobrazuje funkci ledvin a vyhodnocuje poměry odtékání moči z ledvin dále do močového měchýře pomocí močových cest. (Koranda a kol., 2014, s.93) Průtok ledvinou, nahromadění radiofarmaka v ledvinném parenchymu, přesun parenchymem (tranzit) do dutého systému ledviny a také odtok z pánvičky do močového měchýře jsou zachyceny, podobně jako film či video, na několika snímcích s krátkou expozicí (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.109).

6.1 Indikace

Mezi indikace dynamické scintigrafie ledvin patří onemocnění ledvin. (Věstník č.9/2011, s.152) [online] Jak říká Kupka a kol., k těmto onemocněním patří uropatie a nefropatie, dále dilatace kalichů a pánvičky ledvin (zjištěná na ultrazvukovém vyšetření), ale také úrazy ledvin, i hodnocení funkce a perfuze transplantované ledviny (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.111).

U těchto onemocnění ledvin je důležitou obecnou indikací určení poměru funkce obou ledvin. Důležité je také určit postupné odtékání moči močovými cestami z KPS i

z močových cest. Hodnotí se tedy proces drenáže s následným určováním uzavřeného nálezu, způsobeného obstrukcí (Věstník č.9/2011, s.152) [online].

U vyšetření ledvin dynamickou scintigrafií se ke speciálnímu užití řadí identifikování renovaskulární hypertenze při využití captoprilového testu, kdy se aplikuje ACE inhibitor. A dále se sem řadí diuretická nefrografie. Ta umožňuje rozlišit: jednoduchou dilataci KPS s pomocí použití furosemidového testu od hydronefrozy, kterou způsobují blokové močové cesty. (Koranda a kol., 2014, s.96) Tato metoda se také používá pro kontrolní vyšetření k určení vývoje onemocnění ledvin (Věstník č.9/2011, s.152) [online].

6.2 Kontraindikace

Těhotenství se u žen, podstupujících vyšetření dynamickou scintigrafií ledvin, řadí mezi nejčastější relativní kontraindikace. Toto vyšetření se provádí pouze v akutních případech, kdy je žena ohrožena na životě a je podávána minimální dávka radiofarmaka. Kojící ženy patří k druhému typu kontraindikací, kdy při aplikaci radiofarmaka ^{99m}Tc -DTPA používá dávka 80MBq. Poté není třeba přerušit kojení, ale je vhodné vyčkat alespoň 4 h od aplikace před kojením (Věstník č.9/2011, s.152) [online].

Aktivita 200 MBq se podává při užití radiofarmaka nazývaného ^{99m}Tc -MAG3. Po podání tohoto radiofarmaka by matka alespoň 12 h neměla kojit. Po užití některého z těchto dvou typů RF, je namístě nejen opomenout 1 kojení, ale i zlikvidovat odebrané mléko (Věstník č.9/2011, s.152) [online].

6.3 Užívaná radiofarmaka

U vyšetření ledvin dynamickou scintigrafií se nejčastěji používá radiofarmakum zvané ^{99m}Tc -DTPA neboli diethylenetriaminopentaacetát, což je chelát, který se oproti ^{99m}Tc -MAG3 vylučuje do moči glomerulární filtrací. Naproti tomu tubulární sekrecí se vylučuje ^{99m}Tc -MAG3 neboli merkaptoacetyltryglycin, který je dalším typickým radiofarmakem (Koranda a kol., 2014, s.90).

Radiofarmakum, které se aplikuje i.v. se dále šíří a poté vylučuje, tento průběh se dá analyzovat pomocí scintilační kamery spojené s vyhodnocovacím počítačem, a to v celé ledvině i v jednotlivých částech ledviny. Dopředu se navolí krátké časové intervaly v řádů několika sekund na jednotlivý obrázek, detektor kamery v těchto intervalech zachycuje rozložení aktivity v ledvině. Snímky se provádí v zadní projekci, u nemocného pacienta vleže na zádech či vsedě před detektorem kamery (Urbánek a kol., 2000, s.99).

Radiofarmakum ^{99m}Tc -DTPA (diethylenetriaminopentaoctová kyselina)

Glomerulární filtrace je důležitým měřítkem funkce ledvin. Každý den glomeruly přefiltrují asi 160 litrů vody a 1 kilogram soli. (Biersack et al, 2007, s.172) ^{99m}Tc -DTPA (diethylenetriaminopentaoctová kyselina) se využívá nejen k funkčnímu zobrazení, ale také ke stanovení glomerulární filtrace metodou plasmatické clearance (Ullman) [online].

100-250 MBq je rozmezí běžně podávané aktivity RF. Větší aktivita se smí podat pouze výjimečně, po lékařském zdůvodnění. Standardní hodnota DRÚ je vymezena na 250 MBq, ovšem může být zvětšena až na dvojnásobek, tedy na 500 MBq, a to zejména pro vyhodnocování průtoku (perfuze) pravé i levé ledviny. U pacientů, kteří váží okolo 70 kilogramů platí velikost těchto ustanovených aktivit. Velikost aktivity je odlišná u pacientů, kteří váží více než 70 kg, vypočítá se ze stanoveného vzorce. Naproti tomu u dětských pacientů se hodnota podané aktivity RF stanoví dle EANM, tuto hodnotu je vždy nutno po aplikaci zaznamenat do dokumentace nemocného (Věstník č.9/2011, s. 152,153) [online].

Radiofarmakum ^{99m}Tc -MAG3

Merkaptoacetyltriglycin, známý jako ^{99m}Tc -MAG3, je preferován pro dynamické zobrazení ledvin, a to nejen z farmakokinetických důvodů, ale také díky tomu, že se vylučuje tubulární sekrecí. Tímto způsobem je dosaženo vyššího kontrastu při zobrazování obou ledvin. Navíc je zde přímá úměra mezi efektivním průtokem plazmy protékajícím ledvinami a plasmatickou clearancí tohoto radiofarmaka. ^{99m}Tc -MAG3

se běžně u člověka se zdravými funkčními ledvinami v 95% případů vyloučí nejpozději 3h po podání (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.110).

75 až 250 MBq je běžná velikost aktivity, která se podává již zletilému nemocnému. Velikost DRÚ je stanovena na 250 MBq, avšak při vyhodnocování perfuze u obou ledvin je tak jako u ^{99m}Tc -DTPA zvětšena na dvojnásobnou velikost, tedy na 500 MBq. (Věstník č.9/2011, s. 152,153) [on line] Dětským pacientům se podává aktivita radiofarmaka 3,7MBq na 1 kilogram váhy (Ziessman a kol., 2014, s.175).

Díky eliminaci ^{99m}Tc -MAG3 tubulární sekrecí a také díky vysokému počátečnímu vychytávání ledvinami, zmíněné radiofarmakum produkuje vysoké ionty ledvin na pozadí, poměry poskytují kvalitní kontrastní obraz ledvinné kůry. Rychlé vylučování ^{99m}Tc -MAG3 poskytuje dobré rozlišení ledvin (Treves, 2014, s.285).

Při porovnání obou radiofarmak je vylučování ^{99m}Tc -MAG3 rychlejší. Tudiž je i při vyšetření, v porovnání oproti aplikaci ^{99m}Tc -DTPA, jeho nahromadění větší, a to nejen v pravé a levé ledvině, ale také v moči. Větší koncentrace ^{99m}Tc -MAG3 je u scintigrafického vyšetření důvodem většího a sytějšího kontrastu, který je viditelný na získaném obrazu parenchymu ledvin a močového ústrojí, vzhledem k ostatním strukturám v těle. Lepší kontrastní rozlišení umožní zobrazit kvalitnější zobrazení výsledných scintigrafických obrazů. ^{99m}Tc -MAG3 je tedy vhodnější než ^{99m}Tc -DTPA (Koranda a kol., 2014, s.93).

Jak bylo uvedeno výše, ^{99m}Tc -MAG3 je odváděn hlavně tubulární sekrecí. Okolo 90% ^{99m}Tc -MAG3 je v plazmě navazováno na transportní proteiny, tudíž je bezvýznamný podíl glomerulární filtrace na celkové vylučování. Jediným průtokem plazmy, přitékající ledvinou tepnou, se v ledvinách zachytí nad 50% objemu. Na rozdíl od toho, za chelát, k jehož exkreci dochází jen glomerulární filtrací, je označován ^{99m}Tc -DTPA. Jeho jediným průtokem v ledvině následně dochází k exkreci do moči okolo 20% z množství, které do ledvin přiteklo. (Koranda a kol.) [online]. Při vyšetření dynamickou scintigrafií se zpravidla podává zletilému pacientovi ^{99m}Tc -DTPA a nezletilému ^{99m}Tc -MAG3. (Koranda a kol., 2014, s.93). Dle Korandy je rychlejší průtok radiofarmaka ledvinami a horními močovými cestami nezbytný nejen při hodnocení průběhu odtoku moči z kalichopánvičkového systému a ureteru, ale i při diagnostice obstrukční uropatie (Koranda a kol.) [online].

6.4 Jak postupovat při vyšetření

Půl hodiny až hodinu před zahájením vyšetření je nezbytné, aby byl pacient dostatečně hydratován. 0,5l vody by měla vypít zletilá osoba, případně se dá množství spočítat, kdy 7ml je 1kg váhy pacienta. 200 až 300 ml vody by měly vypít nezletilé děti, kdežto kojenci by měli mít 1 příjem tekutin navíc, než při běžném stravování. Než se zahájí vyšetření tak se pacient zajde vymočit. Radiologický asistent pacientovi sdělí pokyny k vyšetření, zkontroluje totožnost a anamnézy týkající se jeho onemocnění. Také je nutno zkontrolovat údaje radiofarmaka určeného pro konkrétní vyšetřovanou osobu. Před zahájením vyšetření je nutné, aby pacient vědomě podepsal informovaný souhlas. Poté si pacient lehne na vyšetřovací stůl a následuje vyšetření (Věstník č.9/2011 str. 153).

K detekci šíření radiofarmaka se při dynamické scintigrafii užívá jednohlavá scintilační gamakamera, také nazývaná maďarská, dle svého původního místa objevu. Na vyšetření je pacient připraven standardním způsobem a obvykle je umístěn do polohy vleže. Zorné pole se u gamakamery, při zadopřední projekci, zaměří na pravou a levou ledvinu, i na plochu kolem ledvin. Začátek se orientuje na srdce a konec na močový měchýř. Pacient se snímkuje v projekcích: AP (předozaďní), PA (zadopřední), obou zadních šikmých a PA (zadopřední) ve stoje. Po nitrožilní aplikaci radiofarmaka se zahájí nahrávání scintigrafického záznamu do počítače. Nahrává se série desetivteřinových scintigramů po dobu 30 minut (Koranda a kol., 2014, s.93).

Po dokončení snímání se jde pacient vymočit a poté se pořídí poslední snímky pacienta, opět vleže na zádech v PA projekci. Díky tomu docílíme odtoku moči z dilatované pánvičky a můžeme tak vyloučit možnou obstrukci močových cest (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.110).

6.5 Vyhodnocování vyšetření

Dynamickou scintigrafii ledvin je možné hodnotit třemi způsoby. Prvním způsobem je vizuální neboli kvalitativní hodnocení jednotlivých částí vyšetření na scintigramech. Další způsob spočívá ve vzniku nefrografických křivek, kdy se každá z nich skládá ze 3 částí. Třetím způsobem hodnocení je určit poměr fungování pravé i levé ledviny, u

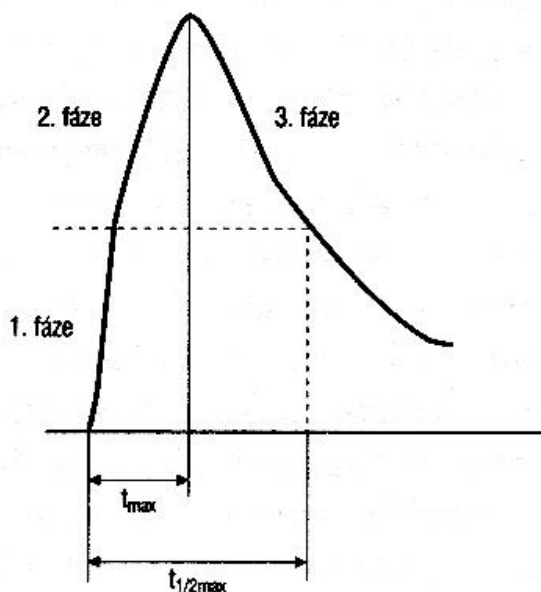
parenchymové fáze se hodnocení zaměřuje na druhou minutu scintigrafického vyšetření, respektive na poměr nahromaděných aktivit v ledvinách v tomto čase (Koranda a kol., 2014, s. 93-96).

U vyšetření ledvin dynamickou scintigrafií je zaznamenáno okolo 120 až 180 snímků, vizuálně se pak hodnotí pouze ty snímky, které se nasčítaly do delších 1 - 2minutových časových intervalů. Vizuálně se hodnotí i videozáznam, který zrychleně zobrazuje průchod radiofarmaka ledvinou (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.110).

Průběh radiofarmaka ledvinami je posuzován nejen vizuálně, ale také nefrografickými křivkami, které jsou četnostní (Koranda a kol.) [online].

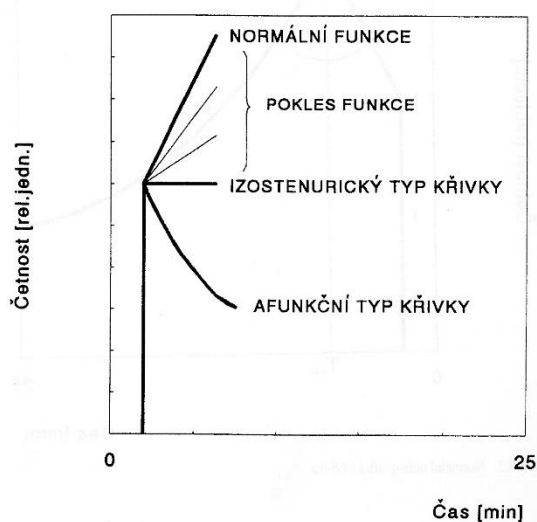
Při vyšetření dynamickou scintigrafií, se radiofarmakum, které proteče skrze ledviny a kalichopánvičkový systém, vyhodnocuje v závislosti na uvedených křivkách a patří k nejvýhodnější a nejrychlejší metodě. Nefrografické křivky bývají graficky ztvárněny do histogramů. Průběh jak se množství radiofarmaka, v závislosti na čase, postupně hromadí v ledvinách a následně odtéká skrze kalichopánvičkové systémy, znázorňují grafy (Koranda a kol., 2014, s.93,94).

Existují tři fáze, které se zpravidla hodnotí na každé z těchto křivek. V první fázi, která se nazývá perfuzní či arteriální bývá znázorněno jakou rychlostí určité radiofarmakum do ledvin vtéká a tato křivka vždy roste nahoru. Ve druhé fázi, která je pojmenována jako parenchymová či funkční bývá znázorněno množství koncentrace RF, přítomného v parenchymu pravé a levé ledviny. Tato křivka opět roste směrem nahoru a velikost rychlosti tohoto stoupání se odvíjí od funkčního stavu ledvin. V poslední, třetí fázi, zvané exkreční či vylučovací nebo též drenážní, se zobrazuje jak dlouho trvá (čas), než RF vyteče z ledvinného parenchymu a KPS. Tato křivka oproti předchozím klesá. (Koranda a kol., 2014, s.93,94) Při dosažení rovnosti RF, které přitéká i odtéká v ledvinách, nefrografická křivka docílí vrcholu. Běžně tato křivka po podání RF dosáhne vrcholu za 5 minut a poté poklesu za 15 minut, klesá na polovinu maximální hodnoty (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s. 111).



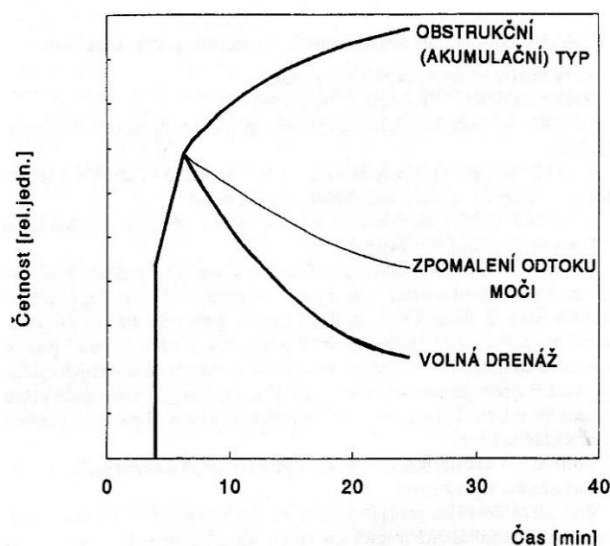
Obr. 6.1 Jak probíhá nefrografická křivka (Koranda) [online]

Menší sklon křivky ve 2.parenchymové fázi zobrazuje funkční poškození ledviny. (Koranda et al, 2014, s.93,96) Kupka upozorňuje na to, že nejvyšší dosažená hodnota se začíná snižovat a čas, který uplyne, než křivka dosáhne vrcholu, se prodlužuje (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.111).



Obr. 6.2 Schéma průběhu nefrografických křivek, při různé příčině nefunkčnosti ledvin (Koranda a kol., 2014, s. 95).

Pokles sklonu a zpomalené snižování křivky ve třetí fázi vylučovacího procesu, jsou známky viditelné při sníženém odtékání moči z KPS. Tento jev může být důsledkem neprůchodnosti močových cest nebo dilatací systému, která není způsobena obstrukcí (neobstruktivní dilatace) (Koranda a kol., 2014, s. 95).



Obr. 6.3 Schéma nefrografických křivek, v závislosti na závažnosti omezení špatného či nefunkčního odtoku RF z ledvin (Koranda a kol., 2014, s. 95).

Podle chorobného stádia ledvin i vylučovacích cest močových, se liší probíhající nefrografické křivky. Tato nefrografická křivka může mít několik typů, každý vypadá odlišně.

1. Parenchymový typ – není typický pro parenchymovou lézi, tento typ se registruje již při lehkém narušení odtoku moči z horních vývodných cest močových, při hypotonii či dilataci pánvičky
2. Horizontální typ – je typický u pokročilého stádia funkčních změn ledvin, viditelné omezení je u koncentrační schopnosti ledviny
3. Afunkční typ – se projeví u ledviny neschopné či schopné pouze omezeně akumulovat a vylučovat radiofarmakum
4. Obstrukční typ – u tohoto typu dochází ke hromadění radiofarmaka bez přestání, aktivita radiofarmaka při vyšetření neustále stoupá a chybí klesání ve 3. fázi. Důsledkem vzniku této křivky bývá vážná porucha odtoku moči u obstrukčních uropatií, dále u tubulointersticiální nefritidě či při akutní glomerulonefritidě. Dalšími

příčinami mohou být hypoxie, šok a subkolapsový stav při vyšetření, který může být důsledkem bolestivého vpichu injekcí (Urbánek a kol., 2000, s.101).

Určení poměru ledvinných funkcí u pravé a levé ledviny, je součástí vyhodnocování vyšetření dynamickou scintigrafií. Funkce pravé a levé ledviny je přímo úměrná shromážděnému RF v ledvinách, ke kterému dojde ve druhé fázi funkční. Provede se výpočet dle poměru užitého množství RF, které se naakumuluje v pravé a levé ledvině, a to během 2. minuty scintigrafického vyšetření, při použití 99mTc-MAG3 nebo u scintigrafického vyšetření s použitím 99mTc-DTPA během 2. a 3. minutě. Další způsob, jak posoudit funkci ledvin, je měření a stanovení rychlosti rostoucí aktivity radiofarmaka v ledvině během druhé fáze parenchymové při scintigrafickém vyšetření. Tímto způsobem porovnáme prudkost stoupajících fází křivek obou ledvin. Pravá i levá ledvina má jinou hloubku uložení v těle, a tak se nesmí se opomenout, že hodnoty, které se změří z každé ledviny mohou být zkresleny kvůli jiné hloubce uložení. Následně je na snímku vidět chybně promítnutá ledvina, důvodem je umístění této ledviny v hlubší vrstvě a zkreslené množství radiofarmaka, které se nahromadilo v ledvině. Bezodběrové metody, mezi které patří například určení glomerulární filtrace (GFR), umožňují určit celkovou funkci pravé a levé ledviny u vyšetření dynamickou scintigrafií (Koranda a kol., 2014, s.95,96).

Výsledný protokol, týkající se vyšetření dynamickou scintigrafií u obou ledvin zahrnuje několik následujících komponentů. Patří sem snímky získané ze tří, již výše zmíněných fází, tedy první arteriální, druhé funkční a poslední třetí fáze vylučovací. Dále protokol zahrnuje viditelné změny na nefrografických křivkách, způsobené změnou velikosti aktivit u radiofarmaka nahromaděného v obou ledvinách i v kalichopánvičkovém systému. Součástí je také vypočítat a stanovit funkční poměr každé ledviny a také vypočítání celkové funkčnosti ledvin. V neposlední řadě se pomocí získaných číselných údajů popíše průběh akumulace i exkrece určitého radiofarmaka v ledvinách. Na závěr lékař popíše nález, získaný z vyšetření a napíše lékařský posudek (Koranda a kol., 2014, s.95,96).

Systém OSTNUCLINE (OSTRAVA NUCLEAR LINE), používaný především k hodnocení již provedené dynamické scintigrafie u ledvin. Umožňuje provádět jak matematickou analýzu, tak komplexní vyhodnocování scintigrafických (především dynamických) studií na PC. V tomto systému se pro hodnocení dynamické scintigrafie

ledvin používá program RENDYN. Scintigrafické snímky pacienta zde můžeme prohlížet, vyhodnocovat, vkládat slovní komentář, upravit kontrast a barvu snímku. Dále se zde dají na obraze zjišťovat množství radioaktivity a kvantifikovat tak údaje o distribuci RF v odpovídajících místech, další možností je vyznačit zájmové oblasti "ROI" (Region Of Interest) vytvoříme vlastní křivky časového průběhu distribuce aktivity radiofarmaka v těchto určitých místech obrazu (Ullmann) [online].

Jak říká Kupka a kol., křivka z ROI (křivka čas-aktivita) jedné ledviny bývá nazývána jako renogram či nefrogram. (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.111) Křivky se zapíší na disk do příslušné SAVE AREA (paměťové oblasti úschovy na disku), kde se dále dají kvantifikovat a upravovat. Nejprve se opět hodnotí vizuálně (tvar křivky, čas uplynulý od aplikace injekce po maximum křivky, atd.) a poté výpočtem, kdy výsledky výpočtu jsou hodnoty relativní funkce ledvin, hodnoty GFR (glomerulární filtrace ledvin) či ERPF (efektivní renální průtok) jednotlivých ledvin a dalších diagnostických údajů (Ullmann) [online].

7. Dynamická scintigrafie ledvin a její nejčastější modifikace

Jednou ze známých modifikací, vyskytujících se u tohoto typu vyšetření bývá diuretická nefrografie, při které se používá test, jehož základní součástí je furosemid. Druhou, často se vyskytující modifikací, je zjištění renovaskulární hypertenze, při níž se aplikuje inhibitor zvaný angiotenzin konvertující enzym (ACE). Třetí častou modifikací je dynamické scintigrafické vyšetření u ledviny, která byla transplantována. (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s. 108-120)

7.1 Renovaskulární hypertenze (podání ACE inhibitoru)

Renovaskulární hypertenze se projeví po aktivaci systému renin-angiotenzin, ke kterému dojde při hypoperfuzi ledvin. Důsledkem vzniku renovaskulární hypertenze je nejčastěji stenóza tepny a.renalis (Koranda a kol.) [online].

U pacientů s renovaskulární hypertenzí, po podání ACE inhibitoru, dochází ke zrušení rezistence eferentních arteriol závislé na angiotenzinu II v glomerulech postižené ledviny. Díky tomu se zmenšuje filtrační tlak v glomerulech a taky glomerulární filtrace. Následkem tvoření menšího množství ultrafiltrátu v glomerulech je pomalejší transport RF prostřednictvím ledvinných tubulů (Koranda a kol.) [online].

V případě renovaskulární hypertenze a ACE inhibice dochází k následujícím patofyziologickým procesům. Snížení perfuzního tlaku, v aferentních, neboli dostředivých či přívodných arteriolách glomerulů, zapříčiňuje stenóza významné tepny ledvin, zvané a.renalis. Z tohoto důvodu se sníží transglomerulární tlakový gradient. Vlivem jeho poklesu klesne i glomerulární filtrace, a také Na (sodík) je dodán v menším množství oproti běžnému, do distálního tubulu. Propouštění reninu z juxtaglomerulárního aparátu následuje ihned po snížení perfuzního tlaku i snížení přívodu Na. Angiotenzinogen je štěpen pomocí reninu na angiotenzin I. ACE neboli angiotenzin konvertujícího enzym, pozmění angiotenzin I na angiotenzin II. Tento angiotenzin II preferenčně ovlivňuje eferentní (odstředivé či odvodné) arterioly glomerulů a je považován za velmi silný vazokonstriktor (zúžuje krevní cévy). Zúžením odstředivé arterioly dojde ke zvětšení transglomerulárního tlakového gradient i ke stálé glomerulární filtraci (GFR), a to i v případě, že dojde k lehkému zmenšení perfuzního

tlaku, který je následkem stenózy ledvinné tepny a.renalis. Proměně angiotenzinu I na angiotenzin II brání inhibitory ACE, které zároveň ruší zúžení eferentní arterioly glomerulů, způsobené angiotenzinem II (Biersack, 2007, s.186-187).

7.2.1 Indikace

Mezi indikace při podezření na renovaskulární hypertenzi patří:

- vznik hypertenze před 30. a po 55. roce věku
- náhle vzniklá či těžká hypertenze o diastolický krevní tlak vyšší než 130 torr
- prokázání jednostranně malé ledviny
- hypertenze odolná běžné léčbě
- snížení funkcí ledvin v době účinku naaplikovaných ACE inhibitorů
- zablokování průtoku v tepenném řečišti na jiném místě
- III. či IV. stupeň hypertenzní retinopatie
- šum v břišní či bederní oblasti

7.2.2 Kontraindikace

Ke kontraindikacím při podezření na renovaskulární hypertenzi patří opět gravidita a laktace (Věstník 9/2011, s. 155) [online].

7.2.3 Užívaná radiofarmaka

K vyšetření renovaskulární hypertenze s podáním ACE inhibitoru lze z radiofarmak podat ^{99m}Tc -DTPA i ^{99m}Tc -MAG3. Pokud aplikujeme ^{99m}Tc -DTPA, sníží se vychytávání radiofarmaka v ledvině, a to v parenchymové fázi scintigrafického vyšetření. V případě podání ^{99m}Tc -MAG3 s ACE inhibitory se rychlost vychytávání tubulů v poškozené ledvině významně nemění. Nicméně, dochází ke snížení rychlosti

přepravy radiofarmaka v parenchymu ledvin, což se projevuje na snímku parenchymového zadržení radiofarmaka ^{99m}Tc -MAG3 (Koranda a kol., 2014, s.99).

7.2.4 Jak postupovat při vyšetření

Postup vyšetření dynamickou scintigrafií probíhá ve dvou fázích. První fáze se provádí bez aplikace ACE inhibitoru, za takzvaných bazálních podmínek, zatímco druhá fáze se provádí s podáním ACE inhibitoru zvaného Captopril (Věstník 9/2011, s. 155) [online].

Vyšetření pacienta se provádí na lačno, minimálně 4 hodiny před vyšetřením by neměl jíst. Pokud by pacient nebyl lačný, mohlo by dojít k poruše vstřebání ACE inhibitoru, který byl podán ústy (per os) (Věstník 9/2011, s. 155) [online].

Než začne vyšetření tak je důležité, aby pacient vypil dostatek vody. 0,5 l vody by měl vypít zletilý pacient 0,5-1 h před vyšetřením, přičemž objem vody, kterou by měl pacient přijmout se vypočítá jako 7 ml na každý kilogram hmotnosti. U kojenců se doporučuje přidat jednu dodatečnou porci tekutin ke klasickému režimu. 200-300 ml tekutin by měly vypít starší děti (Věstník 9/2011, s. 155) [online].

Pokud má pacient již předepsané ACE inhibitory, je nutné je před začátkem vyšetření přerušit, a to po dobu alespoň 2 až 5 dnů, přičemž doba vysazení se odvíjí od farmakologického poločasu určitého léku. Stejně tak je i vhodné dočasně neužívat diuretika (Věstník 9/2011, s. 155) [online].

Pacientovi se měří krevní tlak (TK), a to v první řadě před tím, než se mu dá inhibitor ACE, a následně se mu TK měří, co 10 až 15 min po podání enzymu do začátku vyšetření ledvin dynamickou scintigrafií (Věstník 9/2011, s. 155) [online].

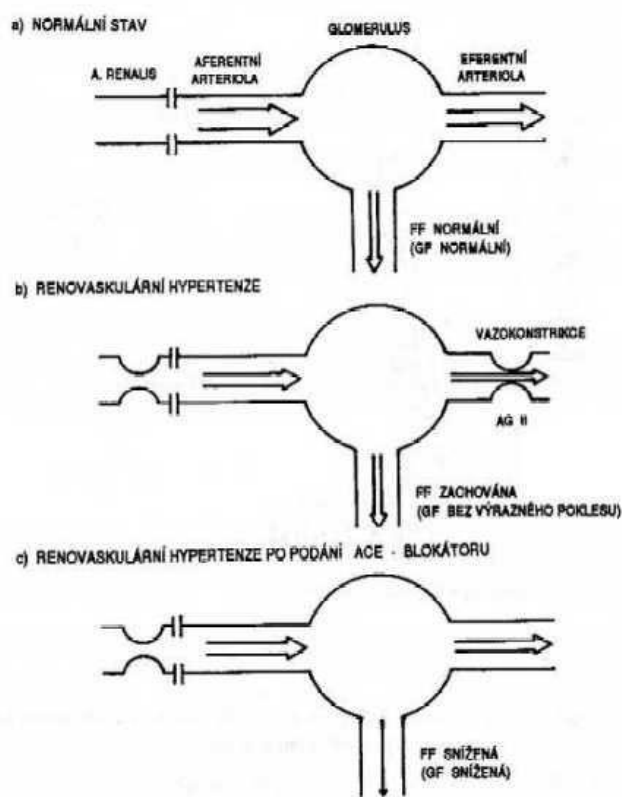
Jednu hodinu před začátkem vyšetření se pacientovi perorálně podá 25 až 50 mg Captoprilu rozpuštěného ve 150 až 200 ml vody (Věstník 9/2011, s. 155) [online].

Bezprostředně před zahájením scintigrafického vyšetření je pacient požádán o vymočení. Enalaprilat v dávce 40 ug/kg lze podat intravenózně (i.v.) během 3-5 minut jako ACE inhibitor. Nesmí se překročit maximálně stanovená dávka 2,5 mg.

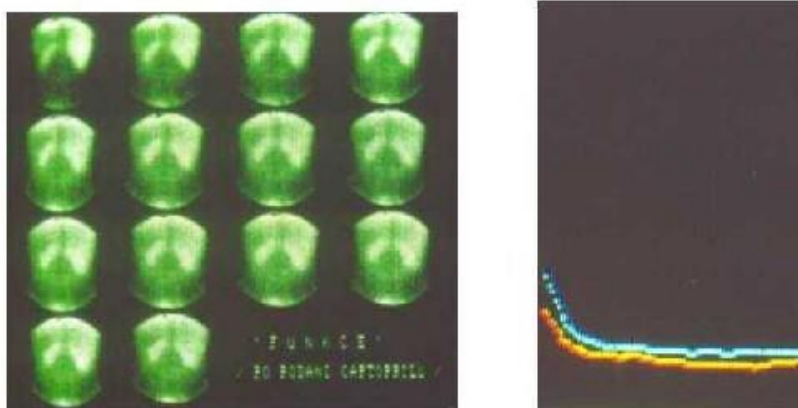
Dynamickou scintigrafií ledvin je možné zahájit již 15 minut po aplikaci RF (Věstník 9/2011, s. 155) [online].

7.2.5 Vyhodnocování vyšetření

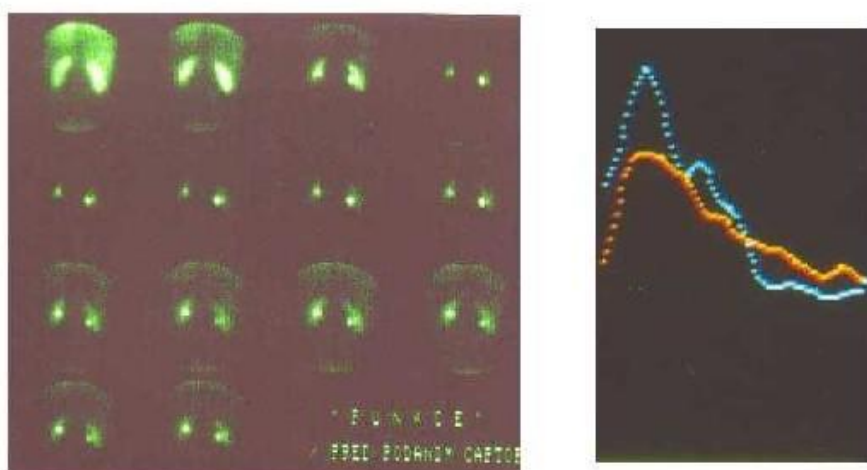
Při hodnocení vyšetření, příp. patologického nálezu, se porovnává vyšetření s podaným ACE inhibitorem s vyšetřením bazálním (bez podaného ACE inhibitoru). Výsledné scintigramy se hodnotí vizuálně, dále se porovnává poměr funkce ledviny a také průběh nefrogramů (Koranda a kol.) [online].



Obr. 7.4 Znázornění renovaskulární hypertenze a) normální běžný stav, b) renovaskulární hypertenze se zúžením odstředivé arterioly, c) pokles glomerulární filtrace v ledvině po podání inhibitoru ACE pacientovi s hemodynamickou stenózou a.renalis (Koranda a kol.) [online].



Obr. 7.5 Vyšetření ledvin dynamickou scintigrafií s aplikací radiofarmaka ^{99m}Tc -DTPA po podání captoprilu. Obraz afunkce obou ledvin po podání ACE inhibitoru u pacientky s bilaterální stenózou renálních arterií – serie scintigramů a četnostní křivky (Koranda) [online].



Obr. 7.6 Dynamická scintigrafie ledvin ^{99m}Tc -DTPA bez premedikace captoprilem. Obnova funkce ledvin po odeznění efektu ACE inhibitoru – serie scintigramů a četnostní křivky.

7.2 Diuretická nefrografie s použitím furosemidu

Vyšetření pomocí diuretické nefrografie se provádí pro rozeznání a odlišení prosté dilatace u systémů kalich a pánviček ledvin od hydronefrózy, která vznikla jako důsledek neprůchozích močových cest. Nejčastěji se toto vyšetření užívá u dětských pacientů (Věstník 9/2011, s.157) [online].

Dilatované (rozšířené) močové cesty mají schopnost retence (zadržení) RF. Dilatovaná pánvička ledvin, která je způsobená neprůchodností močových cest, se dá od prosté dilatace, kde není přítomna žádná obstrukce v cestách močových, rozlišit pomocí navýšení diurézy. Pokud se při navýšení diurézy vyplaví z rozšířené pánvičky moč, tak je možné vyloučit přítomnost obstrukce (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.113).

7.2.1 Indikace

Diuretikum se aplikuje při vyšetření ledvin dynamickou scintigrafií, pouze při pochybnostech uzávěru močových cest. Při obávané obstrukci močových cest je lékařem indikováno vyšetření ledvin pomocí dynamické scintigrafie s aplikací diuretika. Nezbytnou indikací vyšetření je nejen vyhodnocení probíhající drenáže, ale i stanovení přesné polohy případné obstrukce (Kupka, Kubinyi, Šámal., 2015, s.113).

Mezi indikace diuretické nefrografie patří diferenciální diagnostika prostého rozšíření odvodných močových cest a obstrukční uropatie (Věstník 9/2011, s.157) [online].

Koranda a kol. navíc kladou důraz na indikace pro metodu F-15 a F+20.

Z vyšetření, prokazujících mechanickou alteraci drenáže při větším prostoru KPS se při dynamické scintigrafii nejvíce využívá tohoto vyšetření s podáním furosemidu. Takové vyšetření se označuje jako F-15, kdy se furosemid podá 15 min před začátkem vyšetření, v tomto čase furosemid nabývá největšího diuretického efektu. Další možností je aplikace této látky 20 min po začátku vyšetření, značí se jako F+20 (Koranda a kol., Česká urologie 4/1998) [online].

Protokol zvaný F-15 je nejčastěji využíván při vyšetření u ledvin se současným dosažením největšího možného močového loadu, dále při nesouhlasném údaji o výsledné F+20 studii. Tento protokol se ale také užívá, pokud dojde k takzvanému Homseyovu znamení, kdy po předchozím urychlení odtékající moči opět dojde k růstu křivky směrem nahoru, k tomuto růstu dochází současně při narůstání furosemidu ve 20. minutě v ledvině (F+20) (Koranda a kol., Česká urologie 4/1998) [online].

Při průkazu Homseyova znamení, radiofarmakum přetrvává v ledvině i po vymočení. F-15 scintigrafii je vhodné použít, pokud postupy F+20 nebo F 0 stanoví nejednoznačný nález, nebo se také používá při podezření na obstrukci při maximálním močovém loadu (na základě klinického nálezu, např. proměnlivý nález na KPS při sonografii, pacient s pocitem tlaku v bedrech při vypití většího objemu tekutin) (Koranda)[online].

7.2.2 Kontraindikace

Mezi kontraindikace diuretické nefrografie patří gravidita, vyšetření se provede jen z vitální indikace, je-li žena v ohrožení života, při podání minimální aktivity radiofarmaka. Další kontraindikací je laktace (Věstník 2011, s.157) [online].

7.2.3 Užívaná radiofarmaka

Pro vyšetření diuretické nefrografie se nejčastěji používá ^{99m}Tc -MAG3. Méně vhodné radiofarmakum ^{99m}Tc -DTPA se vylučuje glomerulárně a pomaleji, kvůli tomu se zhoršují podmínky vyšetření diuretické nefrografie u vyzrávajících dětských ledvin, zejména ve věku max 2 let či u nefunkčních ledvin (Koranda a kol., 2014, s.96, 97).

7.2.4 Jak postupovat při vyšetření

Než se začne vyšetřovat, pacient musí být dostatečně hydratován, zletilý pacient by měl 30-60 min před vyšetřením vypít 0,5 l vody a těsně před začátkem vyšetření se pacient se vymočí (Věstník 9/2011, s.157) [online]. Pacientovi se nitrožilně aplikuje furosemid, což je diuretikum. Podává se buď před i.v. aplikací, současně s aplikací

radiofarmaka, a nebo v průběhu vyšetření pokud dojde k retenci radiofarmaka v pánvičce ledvinné (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.113).

Furosemid se aplikuje intravenózně v dávce 1 mg/kg u dětí do 1 roku věku, u starších pacientů 0,5mg/kg s maximem 40 mg. Nejčastější podání furosemidu je ve 20.minutě vyšetření, tedy 20 minut po aplikaci radiofarmaka (F+20), furosemid se aplikuje pokud jsou na monitoru záznamového zařízení viditelné známky městnání radiofarmaka v ledvinné pánvičce. Nevýhodou je ovšem nutnost dvojí i.v. aplikace, u malých dětí se zavádí kanyla do periferní žíly nebo se použijí sedativa. U kojenců a batolat se furosemid může aplikovat zároveň s RF, a to pouze jediným intravenózním vpichem do žíly, tento postup se označuje jako F0. Předčasné vyplavení radiofarmaka ze systému kalichů a pánviček, před samotným dovršením nejvyššího efektu diurézy u furosemidu, patří k nevýhodám při podání F+20 a F0. Největšího efektu diurézy u furosemidu se dosáhne za 10 min od podání. Další variantou, jak se dá furosemid aplikovat je 15 min před následným podáním RF, značené F-15. S tímto vyšetřením se setkáme u pacientů, kteří mají obstrukční uropatii nebo jsou po operaci s tímto onemocněním (Koranda a kol., 2014, s.97).

Po podání furosemidu se zaznamenávají snímky alespoň 10-15 minut, aby poté došlo ke správnému vyhodnocení výsledku intervence. U studie (F+20) a (F0) se prodlužuje záznam dat na 30 min (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.113). Vyšetření se provádí vleže pacienta na vyšetřovacím stole (Věstník 9/2011, s.158) [online].

Součástí vyšetření jsou postmikční scintigramy, prováděné pouze v případech, kdy je vidět znatelný pozůstatek radiofarmaka v systému pánviček a kalichů při závěrečném snímání dynamickou scintigrafií. Po vyprázdnění močového měchýře (aby nedošlo k falešně pozitivním nálezům způsobeným tlakem plného močového měchýře v pánvi) a dočasném postavení pacienta do vzpřímené polohy se provádí snímání obrazů. Tato procedura se provádí buď jako pokračování v náhrávání dynamickou scintigrafií nebo jako pořízení statických scintigramů (Věstník 9/2011, s.158) [online]. Obrazy pořízené po mikci, zvané postmikční scintigramy, slouží k vyloučení obstrukcí zpomalujících odtékání moči a k potvrzení pomalejšího odtékání moči způsobeného distenzí (roztazením) močového měchýře (Koranda a kol., 2014, s.97).

7.2.5 Vyhodnocování vyšetření

Při posuzování diuretické nefrografie se provádí komplexní proces, který zahrnuje vyhodnocení tří relevantních faktorů. Prvním je nejen poměr funkcí jednotlivých ledvin, ale také celková funkce obou ledvin. Dále se hodnotí vývoj těchto funkcí, přičemž obstrukce, která brání odtoku moči, může zapříčinit poruchu některé z funkcí ledvin. Poté se hodnotí až po podání diuretika, kdy se sleduje, jak probíhá RF a jak rychle odtéká z ledvinné pánvičky a močových cest (KPS, což je systém ledviny-pánvička-močovod). V poslední části se vyhodnocuje, kolik RF zbyde v systému ledviny-pánvička-močovod poté, co se pacient vymočí a postaví do vzpřímené polohy (Koranda a kol., Česká urologie 4/1998) [online].

Přítomná obstrukce se prokáže sníženou funkcí ledviny, pomalejším odtékáním moči i po podání diuretika, neurychlením drenáže po vymočení a vzpřímení pacienta (Koranda a kol., Česká urologie 4/1998) [online].

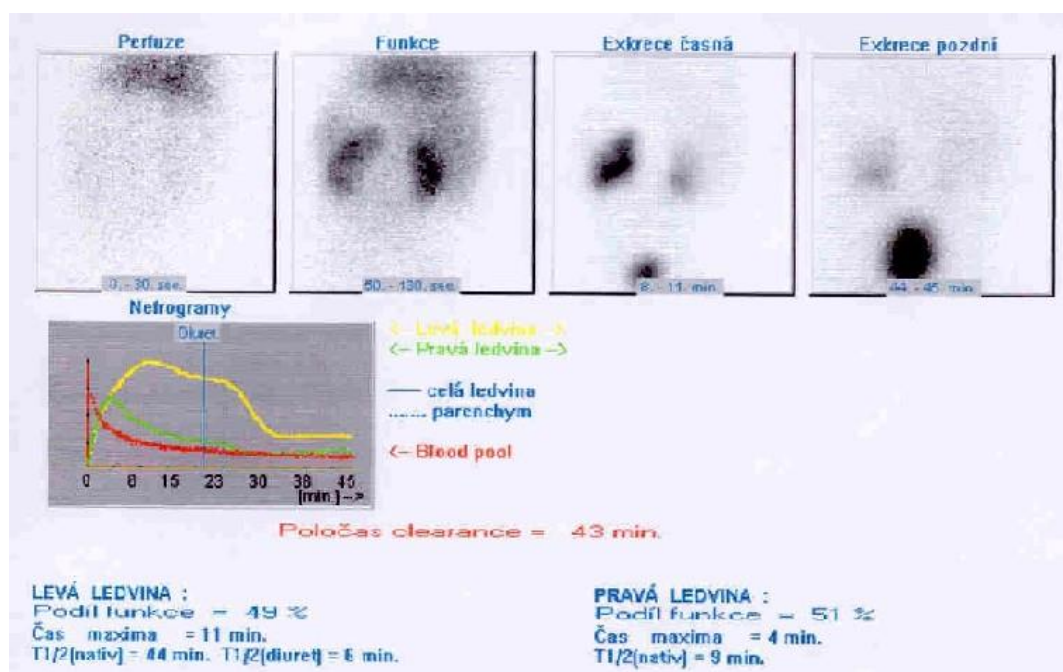
Obstrukci je důležité detekovat zavčas, před rozvojem poruchy funkce ledvin. Detekuje se na základě analýzy drenáže ledvin v diuretické fázi. (Koranda a kol., 2014, s.97) U kojenců do 1 měsíce věku je při diagnostice významný pouze nález, vylučující obstrukci. Zpomalení odtoku moči z KPS ledviny po podání furosemidu v tomto věku není spolehlivým průkazem obstrukce (Koranda a kol., Česká urologie 4/1998) [online].

Účinek diuretika se posuzuje na základě hodnocení nefrografické křivky během působení furosemidu. Kvůli případné obstrukci močových cest nedochází k dostatečně rychlému poklesu křivky. Kvantitativní určení parametrů, ke kterému patří poločas odtékání určitého radiofarmaka (což je doba, za kterou se polovina radiofarmaka vypustí z rozšířeného KPS), představuje přesnější způsob hodnocení. Pokud je poločas odtoku kratší než 10 minut, tak je značné, že obstrukce není přítomna. Poločas delší než 20 minut ukazuje přítomnost obstrukce. Ovšem pokud je poločas v rozpětí mezi 10. a 20. minutou, tak je zřejmý nejednoznačný nález (Koranda a kol., 2014, s.97).

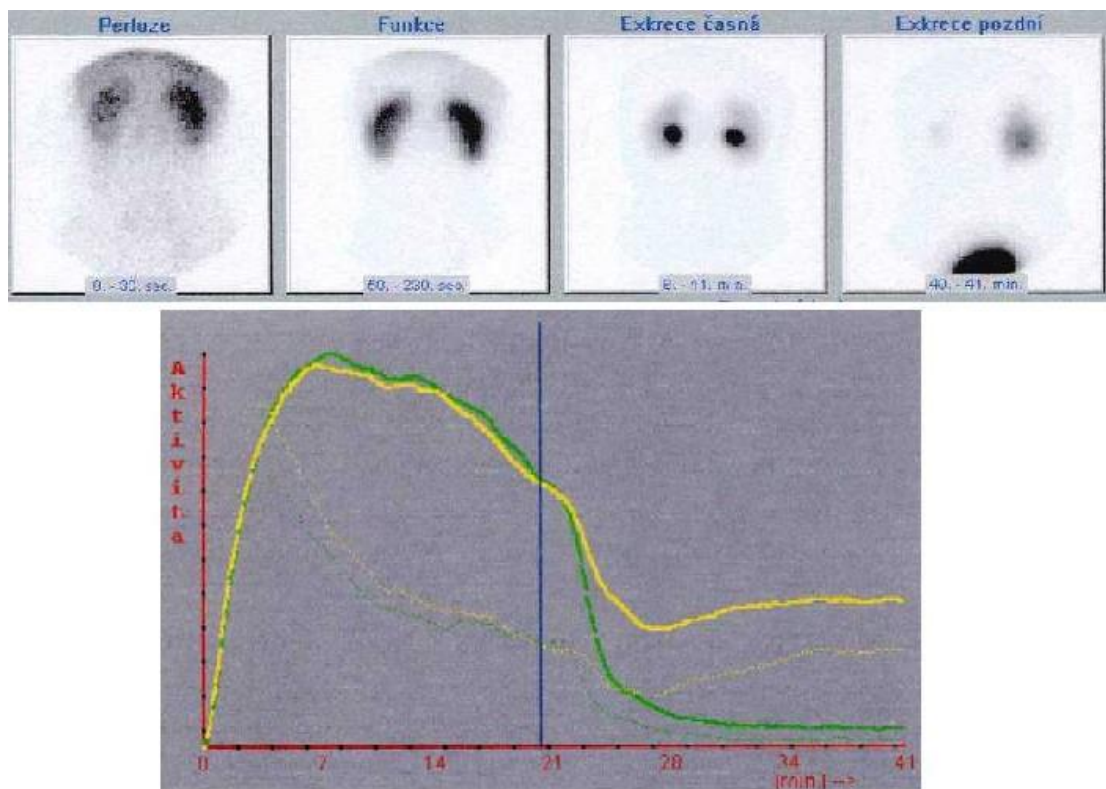
Diuretickou scintigrafii ledvin (F+20) hodnotíme:

- vizuálně – určí se místo event. obstrukce
- výpočtem poměru funkce ledvin
- zhodnocením četnostní nefrografické křivky s reakcí na furosemid, stanoví se tvar křivky a rychlost poklesu křivky po podání furosemidu, tj. poločas poklesu "T1/2" (T1/2 - normální < 5min, přechodné pásmo, patologické > 15 min)

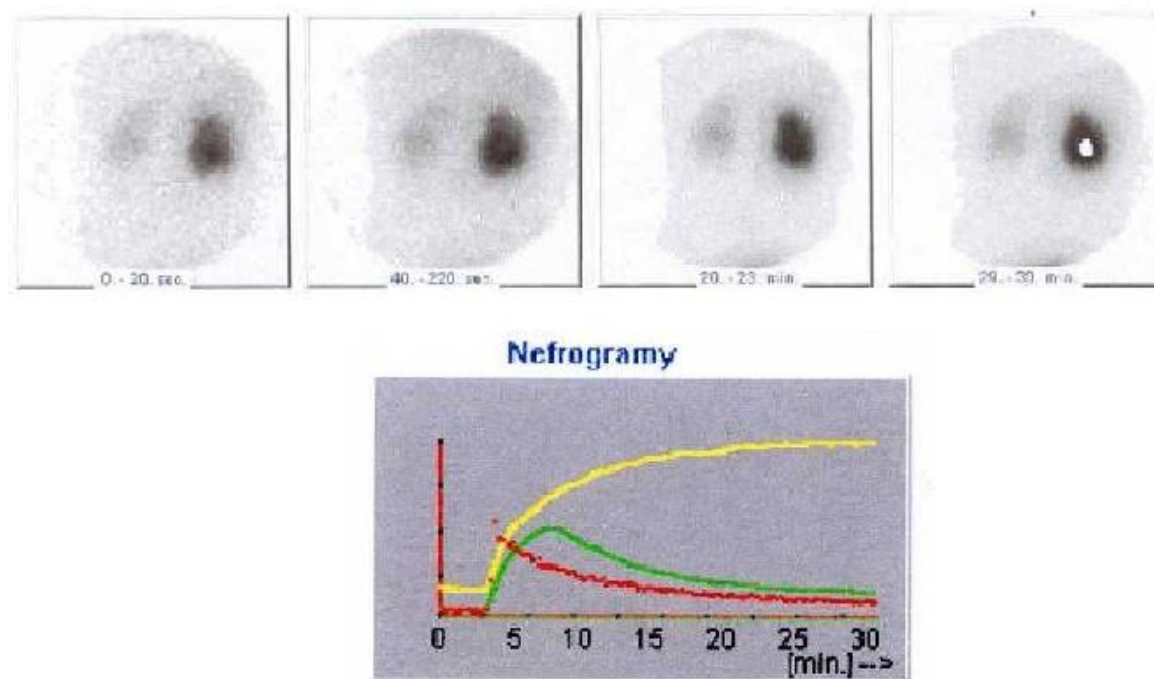
(Koranda a kol., Česká urologie 4/1998) [online]



Obr. 7.1 Diuretická nefrografie F+20 při prosté dilataci KPS- po nástupu efektu furosemidu rychlý odtok RF z ledviny a KPS (Koranda a kol.)[online]



Obr. 7.2 Diuretická nefrografie F+20 s Homsyho znamením – v době nejvyššího efektu furosemidu nastane blokáda odtékání moči z KPS (Koranda a kol.) [online].



Obr. 7.3 Diuretická nefrografie F-15 Znázornění blokády při nejvyšším močovém loadu u pacienta s Homsyho znamením při studii F+20 (Koranda a kol.) [online].

7.3 Transplantovaná ledvina

Při transplantaci ledvin může ledvina pocházet od živého dárce (rodina, příbuzný, atd.) či od zemřelého (kadaverózní ledvina). Ledvina je pacientovi (příjemci) transplantována do malé pánve. Standardně je transplantována levá ledvina do pravé jámy kyčelní a pravá ledvina do levé jámy kyčelní. Céva ledviny se svým koncem zpravidla šije ke straně cévy ilické. Transplantovaná ledvina od živého dárce funguje ihned po operaci, oproti tomu kadaverózní ledvina začne fungovat podle schopnosti regenerace následků ischemie a podle poškození tubulárních buněk (Kawaciuk, 2000, s.265-267).

Dynamická scintigrafie transplantované ledviny slouží k hodnocení perfuze ledviny, funkčního stavu ledviny od dárce a drenáže transplantátu. Taktéž se posuzuje pohyb močových cest, zejména horních. Součástí vyhodnocení je nejen posouzení kvalitativní, ale i kvantitativní. (Ullmann) [online] Vyšetření pomocí radionuklidů je užitečným nástrojem při hodnocení těchto funkcí transplantované ledviny a pomáhá při výběru vhodného dárce ledviny (Kupka, Kubinyi, Šámal, 2015, s.115).

7.3.1 Indikace

Mezi indikace transplantace ledvin patří: akutní tubulární nekróza, transplantační imunitní reakce-rejekce (odhojování štěpu), urinom (moč v peritoneální dutině), chirurgické komplikace (Urbánek a kol., 2000, s.106) Komplikace při transplantaci ledviny mohou vzniknout na základě chirurgického výkonu, imunosupresivní léčby či imunobiologických pochodů. Mezi nejobtížnější komplikaci se řadí rejekční krize, kdy dochází k odhojování štěpu. Pokud rejekční krizi nelze zvládnout pomocí imunosupresiv, musí se štěp odstranit. Dalšími komplikacemi mohou být krvácení po operaci, trombóza renálních cév (ledvinných), močová píštěl a infekce (Kawaciuk, 2000, s.267).

7.3.2 Kontraindikace

Ke kontraindikacím transplance ledvin patří: aktivní maligní onemocnění (imunosupresiva mohou zahájit vznik maligního onemocnění či podpořit růst metastáz) a aktivní infekční onemocnění, i HIV onemocnění (po nasazení imunosupresiv může přejít v AIDS) (Kawaciuk, 2000, s.267).

7.3.3 Užívaná radiofarmaka

Při dynamickém vyšetření transplantované ledviny se smí aplikovat jak ^{99m}Tc -MAG3, tak ^{99m}Tc -DTPA. Radiofarmakum ^{99m}Tc -DTPA je preferované pro zhodnocení perfuze, protože se pomaleji akumuluje v ledvině, což umožňuje lépe rozeznat fázi perfuzní od fáze funkční. (Koranda a kol.) [online] Intravenózní aplikace předem zvoleného radiofarmaka je ve formě jednorázového injekčního bolusu o aktivitě 100 až 300 MBq, aby bylo možné hodnotit perfuzi ledviny (Ullmann) [online].

7.3.4 Jak postupovat při vyšetření

Vyšetřovací poloha pacienta při dynamické scintigrafii je vleže na vyšetřovacím stole, kde pacientovi kamera detekuje oblast transplantované ledviny, močového měchýře a ilické tepny v takzvané předozadní projekci (AP). Pacient by měl být před vyšetřením dobře hydratovaný. Intravenózně se mu aplikuje ^{99m}Tc -DTPA či ^{99m}Tc -MAG-3, o aktivitě 100-300 MBq (Ullmann) [online].

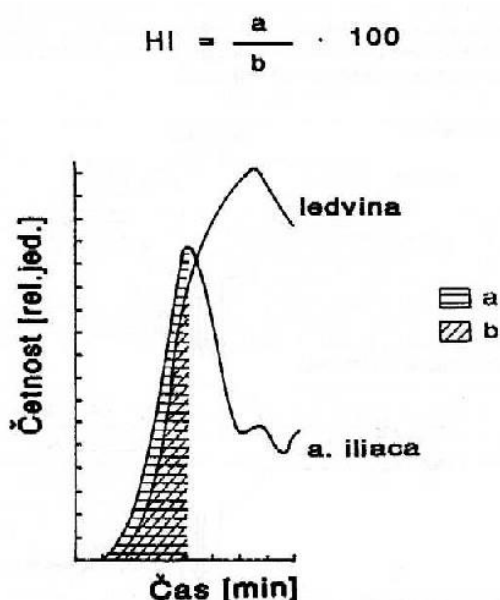
Doba snímání dat je 30 minut. Pokud je průtok RF ledvinou rychlý, je možné ukončit vyšetření dříve, např. ve 20.minutě vyšetření. V opačném případě při retenci (zadržení) RF ledvinou, lze v 15.-20.minutě vyšetření aplikovat diuretikum (furosemid), nutné zapsat si a v nahrávání se pokračuje do 30.minuty vyšetření (Ullmann) [online].

Na konci vyšetření se pak hodnotí odezva retence na diuretikum. Při podezření na tvorbu urinomu (tj.únik moči do peritoneální dutiny) provedeme za 90 minut po podání RF statické scintigrafické vyšetření. Na vzniklém snímku je viditelná moč v břišní dutině (Ullmann) [online].

7.3.5 Vyhodnocování vyšetření

Dynamická scintigrafie transplantované ledviny se hodnotí několika způsoby.

Jak říká Koranda, výsledná studie vyšetření se skládá z fáze perfuzní, exkreční a funkční. Fáze perfuzní je hodnocena jak kvalitativně, tak kvantitativně. Součástí kvantitativního vyhodnocování u dynamické scintigrafie při transplantované ledvině je perfuzní index, nazývaný Hilsonův. Tento index se spočítá jako poměr mezi četnostními křivky, které znázorňuje vnější ilická tepna a.iliaca externa a mezi ledvinou. Znázorňuje se v době od průběhu radiofarmaka do dosažení nejvyšší možné aktivity ve vnější ilické tepně a.iliaca externa (Koranda a kol.)[online].



Obr. 7.7 Ukázka schématu, dle kterého se dá spočítat Hilsonův perfuzní index (Koranda a kol.) [online]

Vyšetření transplantované ledviny pomocí dynamické scintigrafie se dá vyhodnotit několika způsoby. Obrazy, které znázorňují průchod radiofarmaka v jednotlivých fázích, se hodnotí vizuálně. Křivky, které znázorňují 1. průchod radiofarmaka se hodnotí kvantitativně a určí se Hilsonův perfuzní index. Křivky nefrografické i křivky znázorňující míru zvyšující aktivity odtoku do močového měchýře, se také

vyhodnocují kvantitativně. Dále se určuje funkčnost u transplantované ledviny. Sestaví se struktura několika křivek, znázorňujících funkce a určí se jednotlivé časy, odpovídající době, kdy radiofarmakum prochází v transplantované ledvině, včetně její kůry i dutého systému. Také se hodnotí vývoj perfuzních a funkčních parametrů od transplantace. Nakonec se vytiskne závěrečný protokol obsahujícího výše uvedené údaje a formulovaný závěr (Ullmann) [online].

Závěr

Pro psaní přehledové bakalářské práce jsem si vybrala téma Scintigrafické vyšetření ledvin. Na úvod bakalářské práce jsem si obsah rozdělila do 3 částí a určila cíle, které jsou podle dohledaných informací v práci objasněny.

1. část práce popisuje ledviny z hlediska anatomického a funkčního, dále scintigrafické vyšetření ledvin, což je diagnostická metoda v oblasti Nukleární medicíny, která se používá k posouzení funkce, perfuze a morfologie ledvin. Tato neinvazivní metoda využívá radiofarmak, které jsou aplikovány do těla pacienta a následně se zachytávají a vykreslují pomocí speciálního detekčního zařízení, nazývaného gamakamera.

Existují různé typy scintigrafického vyšetření ledvin, včetně statické scintigrafie a dynamické scintigrafie, které jsou popsány v 2. části práce. Statická scintigrafie ledvin poskytuje statický obraz ledvin a umožňuje zobrazení jejich morfologie a umístění v těle. Toto vyšetření je užitečné při detekci abnormalit, jako jsou nádory, cysty nebo obstrukce močových cest. Dynamická scintigrafie ledvin sleduje tok krve do ledvin a vyhodnocuje renální funkci. Během tohoto vyšetření se po podání radiofarmaka monitoruje jeho cesta do ledvin a postupná akumulace v tkáních. To umožňuje posouzení renální perfuze, glomerulární filtrace a sekrece moči.

Scintigrafické vyšetření ledvin je také užitečné při hodnocení různých patologických stavů, jako je renovaskulární hypertenze, obstrukce močových cest, renální transplantace nebo infekce ledvin, které jsou obsahem 3. části práce. Při provádění scintigrafického vyšetření ledvin je důležité připravit pacienta, včetně upozornění na potřebu dostatečné hydratace před vyšetřením a dodržování specifických instrukcí, týkajících se přípravy a stravy před a po vyšetření. V práci je také u každého vyšetření popsáno, které radiofarmakum je vhodné aplikovat, jaké jsou indikace, ale i kontraindikace k danému vyšetření, dále jak správně postupovat při vyšetření, a jak jej posléze zhodnotit.

Celkově lze říci, že scintigrafické vyšetření ledvin je cennou diagnostickou metodou, která poskytuje informace o funkci a morfologii ledvin. Je široce využíváno v klinické praxi na pracovišti Nukleární medicíny a pomáhá lékařům při diagnostice a sledování různých renálních onemocnění.

Bibliografické a elektronické zdroje

1. BIRSACK, Hans-Jurgen a Leonard M. FREEMAN, 2007. *Clinical Nuclear medicine*. Germany: Springer. ISBN 978-3-540-28025-5.
2. HOLIBKOVÁ, Alžběta a Stanislav LAICHMAN. *Přehled anatomie člověka*. 5. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. ISBN 978-80-244-2615-0.
3. HUŠÁK, Václav, 2009. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2350-0.
4. KAWACIUK, Ivan, 2000. *Urologie*. Jinočany. ISBN 80-860-2260-9.
5. KORANDA, P., V. ULLMANN a A. UTÍKALOVÁ, 1998. KONFERENCE ČUS Zlín 22. - 23. října 1998, Česká urologie 4/1998: Dynamická scintigrafie v diagnostice obstrukční uropatie. KONFERENCE ČUS Zlín 22. - 23. října 1998, Česká urologie 4/1998: Dynamická scintigrafie v diagnostice obstrukční uropatie [online]. KNM FN Olomouc a Ostrava, Urologická klinika FN Olomouc, 1998(4), 24 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.czechurol.cz/pdfs/cur/1998/04/01.pdf>
6. KORANDA, Pavel et al. Metody NM v Nefrourologii: Radiofarmaka. *Klinika Nukleární medicíny a LF a FN Olomouc* [online]. Olomouc [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <http://vyuka.i-consult.cz/gastroenterologie-nefrourologie/ghhtml.php?id=28>
7. KORANDA, Pavel, 2014. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.
8. KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK, 2018. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0168-9.
9. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL, 2015. *Nukleární medicína*. 6. vydání (2. vydání v Nakladatelství P3K). V Praze: P3K. ISBN 978-80-87343-54-8.
10. Metody NM v Nefrourologii: Dynamická scintigrafie ledvin a její modifikace. *Klinika Nukleární medicíny a LF a FN Olomouc* [online]. Olomouc [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <http://vyuka.i-consult.cz/gastroenterologie-nefrourologie/ghhtml.php?id=25>
11. METTLER, Fred A. a Milton J. GUIBERTEAU, c2012. *Essentials of nuclear medicine imaging* [online]. 6th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders [cit. 2023-02-14]. ISBN 978-1-4557-0104-9. Dostupné z: <file:///C:/Users/U%C5%BEivatel/Desktop/bakal%C3%A1%C5%99ka/Essentials%20of%20Nuclear%20Medicine%20Imaging%206e.pdf>
12. MÍKOVÁ, Vlasta, 2008. *Nukleární medicína*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-533-8
13. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, [2015]. ISBN 978-80-7492-206-0.

14. ROKYTA, Richard. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV, 2000. Lékařství. ISBN 80-858-6645-5.
15. TÁBORSKÁ, Kateřina, 2013. Současné trendy v provedení statické scintigrafie ledvin u dětí s akutní pyelonefritidou. *Česká Radiologie* [online]. **2013**(4.), 291-295 [cit. 2023-02-14]. ISSN 1210-7883. Dostupné z: http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1304_291_295.pdf
16. TREVES, S. Ted, 2014. *Pediatric Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. Fourth Edition. London: Springer. ISBN 978-1-4614-9551-2.
17. ULLMANN, Vojtěch. AstroNuklFyzika: Radionuklidová scintigrafie. *AstroNuklFyzika* [online]. Ostrava [cit. 2022-12-26]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm#2>
18. ULLMANN, Vojtěch. Ú v o d - základní vlastnosti a struktura systému OSTNUCLINE. *AstroNuklFyzika* [online]. Ostrava [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/Ostnucl1.htm#1-1>
19. ULLMANN, Vojtěch. Vyhodnocování statické scintigrafie ledvin. *AstroNuklFyzika* [online]. Ostrava [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://astronuklfyzika.cz/Renstat.htm>
20. URBÁNEK, Jan, Petr DVOŘÁK, Hana JISKROVÁ, et al., 2000. *Nukleární medicína*. 3. Praha: Gentiana Jilemnice. ISBN 80-902133-9-1.
21. Věstník Ministerstva Zdravotnictví České republiky, 2011. *Věstník Ministerstva Zdravotnictví České republiky* [online]. 2011, **2011**(9), 452 [cit. 2023-02-14]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-9-2011/>
22. Věstník Ministerstva Zdravotnictví České republiky, 2015. *Věstník Ministerstva Zdravotnictví České republiky* [online]. 2015, **2015**(6), 64 [cit. 2023-01-13]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-6-2015/>
23. ZIESSMAN ET AL, *Nuclear medicine*, 2014. 4. Philadelphia: elsevier saunders. ISBN 978-0-323-08299-0

Seznam zkratek

ACE - angiotenzin konvertujícího enzym

DMSA - dimerkaptojantarová kyselina

DTPA - diethylentriaminopentaoctová kyselina

EANM - European Association of Nuclear Medicine

EDTA - ethylendiaminetetraacetát

ERPF - efektivní renální průtok

GFR - glomerulární filtrace ledvin

h - hodina

i.v. - intravenózně (nitrožilně)

IZ - ionizující záření

KPS - kalichopánvičkový systém

LEHR - nízkoenergetický kolimátor s vysokým rozlišením

MAG3 - merkaptoacetyltriglycin

min - minuty

RF - radiofarmakum

SPECT - jednofotonová emisní výpočetní tomografie

Seznam obrázků

Obrázek 1: Jak probíhá scintigrafické vyšetření	14
Obrázek 2: Jak probíhá nefrografická křivka	30
Obrázek 3: Schéma nefrografických křivek, při různé příčině nefunkčnosti ledvin	30
Obrázek 4: Schéma nefrografických křivek, v závislosti na závažnosti omezení odtékání RF z ledviny	31
Obrázek 5: Schéma renovaskulární hypertenze	37
Obrázek 6: Dynamická scintigrafie ledvin 99mTc-DTPA s captoprilem	38
Obrázek 7: Dynamická scintigrafie ledvin 99mTc-DTPA bez captoprilu	38
Obrázek 8: Diuretická nefrografie F+20 při prosté dilataci KPS	43
Obrázek 9: Diuretická nefrografie F+20 s Homsyho znamením	44
Obrázek 10: Diuretická nefrografie F-15	44
Obrázek 11: Schéma výpočtu indexu perfuze dle Hilsona	47