

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Zuzana Bartáková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Dynamická a statická scintigrafie ledvin – úloha radiologického asistenta

Zuzana Bartáková

Bakalářská práce

2019

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zuzana Bartáková**
Osobní číslo: **Z16111**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Dynamická a statická scintigrafie ledvin - úloha radiologického asistenta**
Zadávající katedra: **Katedra klinických oborů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

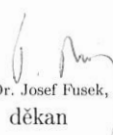
Seznam odborné literatury:

1. **KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. Radiofarmaka. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012, 97 s. ISBN 978-80-7464-183-1.**
2. **KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína: učební text. 6. přepracované vydání, (v Nakladatelství P3K vydání druhé). Praha: P3K, 2015, 161 s. ISBN 978-80-87343-54-8.**
3. **SEEMAN, Tomáš a Jan JANDA. Dětská nefrologie. Edice postgraduální medicíny. Praha: Mladá fronta, 2015, 525 s. ISBN 978-80-204-3360-2.**
4. **SHARP, Peter F., Howard G. GEMMELL a Alison D. MURRAY. Practical Nuclear Medicine. 3rd edition. London: Springer, 2005, 361 s. ISBN 978-1-85233-875-6.**
5. **VIKLICKÝ, Ondřej, Sylvie SULKOVÁ a Ivan RYCHLÍK. Vyšetřovací metody v nefrologii a jejich klinická aplikace. Praha: Tigris, 2007, 182 s. ISBN 978-80-903750-4-8.**

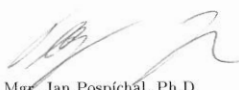
Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Petr Vicherek**
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **2. května 2019**


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 4. března 2019

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 29. 4. 2019

Zuzana Bartáková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce, Mgr. Petrovi Vicherkovi, za vedení mé bakalářské práce, odborné rady, vstřícný přístup a konstruktivní kritiku při zpracování této práce. Poděkování patří také zaměstnancům Oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové za pomoc a rady při zpracování praktické části bakalářské práce.

ANOTACE

Bakalářská práce charakterizuje metody nukleární medicíny umožňující posoudit morfologii i funkčnost ledvin, tedy dynamickou a statickou scintigrafii ledvin. Teoretická část práce popisuje používaná radiofarmaka, anatomii a fyziologii ledvin včetně jejich patologie a především se zabývá popisem obou zobrazovacích metod včetně jejich modifikací. Praktická část je zaměřena na konkrétní činnosti radiologického asistenta při jednotlivých vyšetřeních, které zahrnují poučení pacienta, přípravu pacienta před vyšetřením i průběh samotného vyšetření. Poznatky pro praktickou část bakalářské práce byly získány odbornou praxí na oddělení nukleární medicíny.

KLÍČOVÁ SLOVA

dynamická scintigrafie ledvin, statická scintigrafie ledvin, radiofarmakum, radiační zátěž, scintilační kamera, nukleární medicína

TITLE

Dynamic and static renal scintigraphy - the role of radiological assistant

ANNOTATION

The bachelor thesis characterizes the methods of nuclear medicine enabling to evaluate the morphology and functionality of the kidneys, i.e. dynamic and static renal scintigraphy. The theoretical part describes used radiopharmaceuticals, anatomy and physiology of kidneys including their pathology and mainly describes the course of both imaging methods including their modifications. The practical part is focused on the specific activities of the radiological assistant during individual examinations, which include patient instruction, patient preparation and the examination itself. The knowledge for the practical part of the bachelor thesis was obtained by professional practice at the department of nuclear medicine.

KEYWORDS

dynamic renal scintigraphy, static renal scintigraphy, radiopharmaceutical, radiation burden, scintillation camera, nuclear medicine

OBSAH

Úvod.....	13
1 Cíl práce.....	14
2 Teoretická část.....	15
2.1 Nukleární medicína.....	15
2.1.1 Radiologický asistent.....	15
2.2 Základní fyzikální pojmy.....	16
2.2.1 Stavba atomu.....	16
2.2.2 Radioaktivita.....	17
2.2.3 Interakce ionizujícího záření s látkou.....	17
2.3 Biologické účinky ionizujícího záření.....	17
2.3.1 Absorbovaná dávka.....	18
2.3.2 Deterministické účinky.....	18
2.3.3 Stochastické účinky.....	18
2.4 Radiační ochrana.....	18
2.4.1 Radiační ochrana pracovníků v nukleární medicíně.....	19
2.4.2 Radiační ochrana pacientů v nukleární medicíně.....	19
2.5 Zobrazovací techniky nukleární medicíny.....	19
2.5.1 Gamakamera.....	19
2.5.2 Scintigrafie.....	20
2.6 Radiofarmaka.....	22
2.6.1 Definice radiofarmak.....	22
2.6.2 Zdroje radionuklidů.....	22
2.6.3 Biologické účinky po aplikaci radiofarmak.....	23
2.6.4 Biologické chování radiofarmak.....	24
2.7 Anatomie a fyziologie ledvin.....	24
2.7.1 Nefron.....	24

2.7.2	Funkce ledvin.....	25
2.8	Onemocnění ledvin	26
2.8.1	Akutní pyelonefritida.....	26
2.8.2	Obstrukce močových cest	26
2.8.3	Anomálie ledvin.....	27
2.8.4	Renovaskulární hypertenze.....	27
2.8.5	Akutní rejekce.....	27
2.8.6	Akutní tubulární nekróza	27
2.8.7	Nádory ledvin	28
2.9	Radionuklidová vyšetření ledvin.....	28
2.9.1	Historie.....	28
2.9.2	Současnost	29
2.9.3	Příprava pacienta k vyšetření.....	29
2.9.4	Kontraindikace.....	30
2.9.5	Komunikace s pacienty	30
2.10	Dynamická scintigrafie ledvin.....	31
2.10.1	Indikace.....	31
2.10.2	Radiofarmaka.....	31
2.10.3	Průběh vyšetření	33
2.10.4	Hodnocení.....	33
2.11	Modifikace dynamické scintigrafie	34
2.11.1	Dynamická scintigrafie ledvin s aplikací diuretika.....	34
2.11.2	Dynamická scintigrafie ledvin s podáním ACE inhibitoru.....	36
2.11.3	Dynamická scintigrafie transplantované ledviny.....	38
2.12	Statická scintigrafie ledvin	38
2.12.1	Indikace.....	39
2.12.2	Radiofarmaka.....	39

2.12.3	Průběh vyšetření	39
2.12.4	Hodnocení	40
3	Praktická část	41
3.1	Dynamická scintigrafie	41
3.1.1	Příprava pacienta před vyšetřením.....	41
3.1.2	Nastavení gamakamery	42
3.1.3	Příprava pacienta.....	43
3.1.4	Vlastní vyšetření	44
3.2	Statická scintigrafie	46
3.2.1	Příprava pacienta před vyšetřením.....	46
3.2.2	Nastavení gamakamery	47
3.2.3	Příprava pacienta.....	47
3.2.4	Vlastní vyšetření	48
4	Diskuze	50
5	Závěr	53
6	Použitá literatura	54
7	Přílohy.....	59

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Schéma detekce fotonového záření při scintigrafickém vyšetření ¹	20
Obrázek 2 - Schematické znázornění principu SPECT, vlevo akvizice SPECT (snímání snímků) a vpravo rekonstrukce SPECT ¹	21
Obrázek 3 - Schéma elučního Mo-Tc generátoru ¹¹	23
Obrázek 4 - Distribuce běžně používaných renálních radiofarmak v nefronu ¹³	29
Obrázek 5 - Chemický vzorec DTPA ³⁹	32
Obrázek 6 - Chemický vzorec MAG ₃ ³⁹	32
Obrázek 7 - Chemický vzorec DMSA ⁴⁵	39
Obrázek 8 - Jednohlavá gamakamera	42
Obrázek 9 - Táč s pomůckami pro i.v. aplikaci	43
Obrázek 10 - Měření aktivity RF v plné stříkačce	43
Obrázek 11 - Uložení pacienta.....	44
Obrázek 12 - Aktivita RF na monitoru gamakamery	45
Obrázek 13 - Měření aktivity RF v prázdné stříkačce	45
Obrázek 14 - Táč s pomůckami pro i.v. aplikaci	46
Obrázek 15 - Dvouhlavá kamera	47
Obrázek 16 - Uložení pacienta při SPECT vyšetření	48
Obrázek 17 – Otáčení detektorů gamakamery při SPECT vyšetření.....	49

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ACEI	Inhibitor angiotenzin konvertujícího enzymu
ALARA	Tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout
cm ²	Centimetr čtvereční
CT	Výpočetní tomografie
DMSA	Dimerkaptojantarová kyselina
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
DTPA	Diethylenetriaminopentaoctová kyselina
EANM	Evropská asociace nukleární medicíny
EDTA	Polyaminokarboxylová kyselina
Gy	Gray
hCG	Humánní choriový gonadotropin
i.v.	Intravenózně
IZ	Ionizující záření
KClO ₄	Chloristan draselný
keV	Kiloelektronvolt
KI	Jodid draselný
MAG ₃	Merkaptoacetyltriglycin
mg/kg	Miligram/kilogram
mGy	Miligray
ml	Mililitr
mm	Milimetr
mm Hg	Milimetr rtuťového sloupce
MR	Magnetická rezonance

mSv	Milisievert
$\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$	Technecistan-99m sodný
NM	Nukleární medicína
PET	Pozitronová emisní tomografie
p.o.	Perorálně
RA	Radiologický asistent
RAAS	Renin-angiotenzin-aldosteronový systém
RF	Radiofarmakum
RN	Radionuklid
SPECT	Jednofotonová emisní tomografie
UZ	Ultrazvuk
VUR	Vezikoureterální reflux
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	Technecium-99 metastabilní
^{99}Mo	Molybden-99
$\mu\text{g}/\text{kg}$	Mikrogram/kilogram

ÚVOD

Tématem bakalářské práce je úloha radiologického asistenta při dynamické a statické scintigrafii ledvin. Tyto metody patří mezi velmi využívané na odděleních nukleární medicíny. Poskytují informace nejen o morfologii ledvin a močových cest, ale také o jejich funkci. Podstatou vyšetření je snímání prostorového rozložení radiofarmaka scintilační kamerou, které je vylučováno ledvinami po jeho aplikaci do periferní žíly. Při příchodu na oddělení je radiologický asistent prvním zdravotníkem, se kterým se pacient setká a komunikuje. Nejenže pacienta poučuje o přípravě na vyšetření, jeho průběhu i o tom, co je nezbytné dělat po vyšetření, ale provádí praktickou část vyšetření. Proto je praktická část zaměřena na popis činností tohoto zdravotnického pracovníka.

Teoretická část práce popisuje obor nukleární medicíny, vzdělání a kompetence radiologického asistenta. Dále se zabývá biologickými účinky ionizujícího záření, ochranou před tímto zářením a přístroji využívanými k jeho detekci. Pro správné pochopení distribuce radiofarmaka je popsána anatomie a fyziologie ledvin a onemocnění, která mohou být indikací k dynamické nebo k statické scintigrafii ledvin. Poslední část je věnována popisu dynamické a statické scintigrafie ledvin. Je popsána historie těchto vyšetření, využívaná radiofarmaka, příprava před vyšetřením, průběh vyšetření a jeho hodnocení. Praktická část, jak již bylo zmíněno, je zaměřena na popis činností radiologického asistenta na základě odborné praxe autora. Je popsáno poučení pacienta o průběhu vyšetření, příprava před vyšetřením, příprava pomůcek k aplikaci radiofarmaka, uložení pacienta a poučení o omezeních po vyšetření. Správné vykonání těchto úkonů je nezbytným předpokladem poskytnutí kvalitní diagnostické informace k následnému zpracování lékařem.

1 CÍL PRÁCE

Cílem práce je poukázat na důležitost činností radiologického asistenta při dynamické a statické scintigrafii ledvin. To zahrnuje tyto dílčí cíle:

- 1) Popis dynamické a statické scintigrafie ledvin.
- 2) Popis činností radiologického asistenta při dynamické a statické scintigrafii ledvin.

K dosažení cílů práce byly určeny dvě výzkumné otázky.

- 1) Jaké oblasti jsou v činnosti radiologického asistenta klíčové pro zdárné provedení dynamické a statické scintigrafie ledvin?
- 2) Je možné zmíněné metody nukleární medicíny nahradit jinými diagnostickými zobrazovacími metodami?

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Nukleární medicína

Nukleární medicína (NM) je lékařský obor, který se zabývá z převážné části zobrazovací diagnostikou a z menší části radionuklidovou terapií pomocí otevřených radioaktivních zářičů. Pacientům jsou aplikovány otevřené radioaktivní zářiče ve formě radiofarmak (RF). Distribuce RF v organismu se sleduje pomocí detekce ionizujícího záření (IZ). Metody NM zobrazují funkčnost orgánů a průběh fyziologických a patologických dějů. Zobrazovací metody používané v radiologii, tzn. skiografie, výpočetní tomografie (Computed Tomography, CT), ultrazvuk (UZ) a magnetická rezonance (MR) naopak zobrazují strukturu orgánů např. uložení, velikost a tvar.¹ Diagnostické metody NM se dělí na vyšetření *in vivo* a *in vitro*. Při vyšetření *in vivo* se do těla pacienta aplikují RF za účelem lokalizace a diferenciací patologických změn. Radiofarmaka se aplikují v podobě otevřených zářičů, které při své přeměně emitují záření gama. Jedná se o pronikavé záření, které se v těle absorbuje jen částečně a lze ho registrovat pomocí přístrojů se scintilačními detektory umístěnými v blízkosti těla.²

Vyšetření *in vitro* využívá radioaktivních látek ke stanovení koncentrace, např. hormonů nebo protilátek v tělních tekutinách. Při této technice se pracuje se vzorkem krve nebo jiné tekutiny, pacient s radioaktivní látkou nepřijde do styku. Radionuklidy (RN) ze vzorku se měří scintilačními detektory.²

Pro terapii maligních a benigních onemocnění se na rozdíl od diagnostiky využívají zářiče beta nebo alfa, které se aplikují jako otevřené radioaktivní zářiče. Záření beta má v tkáních dosah jen několik milimetrů (mm), proto se veškerá jeho energie absorbuje v ložisku.³

2.1.1 Radiologický asistent

Radiologický asistent (RA) je nelékařský zdravotnický pracovník, který provádí bez odborného dohledu zejména praktickou část jednotlivého lékařského ozáření. Především se jedná o konkrétní provedení nukleárně medicínských zobrazovacích i nezobrazovacích postupů, za které přebírá odpovědnost.⁴ Dle zákona č. 201/2017 Sb. o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče, získává RA odbornou způsobilost studiem tříletého akreditovaného zdravotnického bakalářského studijního oboru Radiologický asistent.

Dále se odborná způsobilost získává studiem tříletého oboru Diplomovaný laborant, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 2004/2005.⁵ Činnosti a kompetence radiologických asistentů stanovuje vyhláška č. 391/2017 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. Radiologický asistent po získání odborné způsobilosti může bez odborného dohledu provádět nukleárně medicínské zobrazovací i nezobrazovací postupy a dále např. bez odborného dohledu provádět a vyhodnocovat zkoušky provozní stálosti zdrojů IZ. Na základě studia akreditovaného specializačního vzdělání a úspěšného složení atestační zkoušky před atestační komisí, získá RA specializovanou způsobilost k výkonu specializovaných činností pro NM. Bez odborného dohledu může provádět měření dávkového příkonu u pacientů, poskytovat specializovanou ošetrovatelskou péči a na základě indikace lékaře aplikovat intravenózně (i.v.) RF.⁶

Radiační pracovníci se dle ohrožení zdraví IZ zařazují do kategorie A nebo B. Radiologičtí asistenti na pracovištích NM jsou obvykle pracovníky kategorie A. Pracovníci, kteří provádějí pouze vyšetření *in vitro*, se řadí mezi pracovníky kategorie B.⁷ Vyhláška č. 422/216 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje uvádí limity pro radiační pracovníky. Radiační pracovníci jsou takovými pracovníky, kteří by mohli obdržet efektivní dávku 20 milisievert (mSv) za kalendářní rok, nejvýše 100 mSv za 5 po sobě jdoucích let a současně 50 mSv za kalendářní rok. Pro oční čočku je stanoven limit ekvivalentní dávky 100 mSv za 5 po sobě jdoucích let a 50 mSv v jednom kalendářním roce. Ekvivalentní dávka 500 mSv za kalendářní rok je stanovena pro ruce, nohy a na každý 1 cm² kůže.⁸

2.2 Základní fyzikální pojmy

2.2.1 Stavba atomu

Atom je složen z jádra, které obsahuje kladně nabitě protony a částice bez náboje, které se nazývají neutrony. Záporně nabitě elektrony se pohybují kolem jádra na energetických hladinách (slupkách). Elektrony jsou na jednotlivých hladinách vázány vazebnou energií k jádru. Dodáním určité energie dojde k vyražení elektronu z atomu nebo jeho přemístění z vnitřní slupky na vnější. Pokud je energie dodaná elektronu větší, než je vazebná energie dané slupky a elektron přejde na vyšší slupku, jedná se o excitaci. Při přeskočení elektronu zpět na původní hladinu se rozdíl energií vyzáří ve formě fotonu elektromagnetického záření. Ionizace vzniká při dodání energie tak velké, že se elektron uvolní z pole jádra a vyletí z atomu. Atom se vzápětí rozdělí na kladný iont a záporný elektron.¹

2.2.2 Radioaktivita

Radioaktivita je samovolná přeměna jader atomů určitého prvku na jádra jiného prvku při současném emitování vysokoenergetického záření. Jádra, která vykazují tuto vlastnost se nazývají RN. Radioaktivní přeměnou se mateřské jádro přemění na dceřiné jádro, přičemž vylétá částice. Tato částice záření odnáší rozdíl energií mezi mateřským a dceřiným jádrem. Radioaktivita se dělí dle druhu emitovaného záření na radioaktivitu α , β , a γ . Pro účely scintigrafického zobrazení ledvin se využívají RN emitující záření γ . Při radioaktivní přeměně γ většinou dceřiné jádro vzniká v energeticky excitovaném stavu, zpravidla velmi brzy nastává deexcitace. Energetický rozdíl se vyzáří ve formě fotonu záření gama.⁹

2.2.3 Interakce ionizujícího záření s látkou

Ionizující záření je záření vyvolávající ionizaci, při které vznikají ionty v důsledku uvolnění elektronů z elektronového obalu atomů. Ionizující záření lze rozdělit na přímo IZ, které je tvořeno nabitými částicemi, tj. elektrony, protony, deuterony a částicemi alfa, jejichž prostřednictvím dochází k ionizaci a excitaci atomů.⁴ Nepřímo IZ je tvořeno částicemi bez náboje, tj. fotony a neutrony, které při interakcích s prostředím uvolňují přímo ionizující částice. Rentgenové a gama záření může s prostředím interagovat prostřednictvím fotoelektrického jevu a Comptonova rozptylu. Při fotoelektrickém jevu foton předá veškerou energii elektronu z vnitřní slupky elektronového obalu. Elektron je z elektronového obalu uvolněn a prázdné místo je obsazeno elektronem z vyšší slupky za současného vyzáření charakteristického rentgenového záření. Při Comptonově rozptylu foton interaguje se slabě vázaným elektronem, kterému předá část své energie. Zbylou část energie nese nově vzniklý sekundární foton, který ztrácí energii fotoefektem nebo Comptonovým rozptylem.¹⁰

2.3 Biologické účinky ionizujícího záření

Ionizující záření uvnitř citlivého objemu buňky může vyvolat zlomy deoxyribonukleové kyseliny (DNA). Mohou nastat zlomy jednoho z řetězců dvojvlákna nebo může dojít ke zlomům dvojitým. Působením IZ dochází k radiolýze vody, vzniká molekulární vodík a volné vodíkové a hydroxylové radikály, které vstupují do mnoha reakcí a mohou vést ke změnám DNA. Poškození DNA ionizujícím zářením vede k zániku buňky nebo ke změně cytogenetické informace, při současném zachování schopnosti dalšího buněčného dělení. Při interakci IZ s živou tkání nemusí dojít k žádnému účinku záření. Pokud je DNA poškozena, zahajuje buňka mnoho biochemických procesů, které umožňují účinnou opravu poškození.

V případě usmrcení buňky dochází k náhradě dělením buněk zdravých. Ozářením vysokou dávkou organismus není schopen nahradit zánik mnoha buněk, eventuálně poškozené buňky nejsou opraveny správně a mutované buňky se dále dělí.¹

2.3.1 Absorbovaná dávka

Fyzikální veličina absorbovaná dávka (D) je charakterizována podílem energie IZ absorbované v určitém objemu látky a hmotnosti tohoto objemu. Se zvyšující se absorbovanou dávkou roste závažnost biologického účinku IZ. Biologické účinky IZ se dělí na účinky deterministické a stochastické.¹

2.3.2 Deterministické účinky

Deterministické účinky vznikají po překročení prahové dávky, která je odlišná u různých typů tkáně. Závažnost poškození stoupá se zvyšující se nadprahovou dávkou. Účinek vzniká krátce po ozáření, případně v průběhu několika dnů až týdnů. Mezi deterministické účinky patří akutní nemoc z ozáření, akutní lokalizované poškození, katarakta, potlačení krvetvorby a sterilita.¹¹

2.3.3 Stochastické účinky

Stochastické účinky záření se vyznačují poškozením DNA buňky. Pravděpodobnost výskytu stochastických účinků narůstá s dávkou, ale závažnost poškození nezávisí na dávce. Mezi stochastické účinky se řadí účinky onkogenní a genetické změny. Principem vzniku je pozměněná informace DNA zářením, která v případě nesprávných reparačních mechanismů může vést k mutaci nebo maligní transformaci.¹²

2.4 Radiační ochrana

Cílem radiační ochrany je vyloučit deterministické účinky a stochastické účinky snížit na přijatelnou úroveň. Mezi principy radiační ochrany se řadí princip zdůvodnění, princip optimalizace, princip limitování a princip fyzické bezpečnosti zdrojů.⁴

Princip zdůvodnění uvádí, že očekávaný přínos ozáření pacienta IZ by měl vyvážit možná rizika, která mohou vznikat v důsledku ozáření. Princip optimalizace říká, že úroveň radiační ochrany, riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí by mělo být optimálně nízké, jak lze rozumně dosáhnout z hlediska technických a ekonomických hledisek. V optimalizaci se uplatňuje princip As Low As Reasonably Achievable (tak nízko, jak je rozumně dosažitelné, ALARA). Principem nepřekročení limitů se reguluje souhrnné ozáření

radiologických pracovníků, tímto principem se však neřídí lékařské ozáření, tzn. ozáření pacientů v rámci diagnostiky a léčby.⁴ Princip zabezpečení zdrojů obsahuje opatření pro zábranu odcizení a přístupu nepovolaným osobám k nim a pravidelné kontroly zejména kvůli měření stability a spolehlivosti daného zdroje.¹²

2.4.1 Radiační ochrana pracovníků v nukleární medicíně

Na pracovištích NM je nutné dodržovat zásady ochrany pracovníků před zevním zářením i vnitřní kontaminací. Radiační zátěž pracovníků, která pochází ze zevních zdrojů, se snižuje používáním způsobů ochrany časem, vzdáleností, a stíněním. Mezi základní zdroje zevní radiační zátěže patří příprava RF, vlastní aplikace těchto látek a pacienti s aplikovanými RF, jež jsou zdrojem záření emitovaného z jejich těla.⁴

Vnitřní kontaminace je vyvolána radioaktivními látkami, které se dostanou do organismu. Přítomnost radioaktivních látek na pracovních plochách v laboratořích a vyšetřovnách je jednou z příčin kontaminace oděvů pracovníka, částí těla a případné vnitřní kontaminace. Radionuklidy se mohou do organismu dostat inhalací radioaktivní látky, která uniká do ovzduší, a také potravou v případě kontaminace rukou pracovníka.⁴

2.4.2 Radiační ochrana pacientů v nukleární medicíně

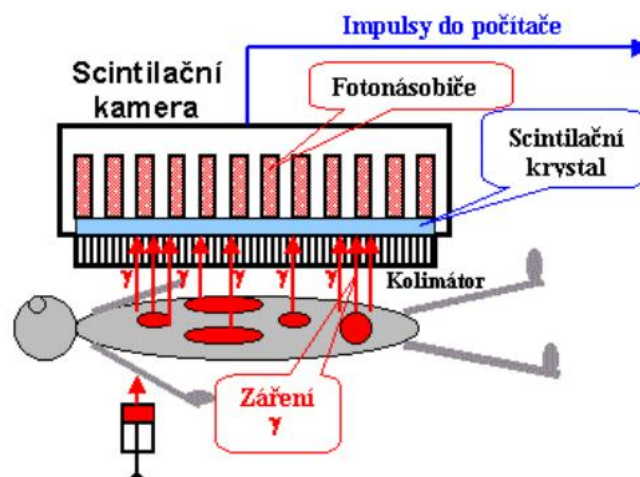
V oblasti diagnostické NM se aplikuje nezbytné množství RF, které zajistí dostatečnou diagnostickou informaci při co nejnižší dávce. Aktivita RF v oblasti terapie se volí dle požadované dávky v léčeném orgánu nebo se volí v souladu s národním radiologickým standardem pro daný léčebný postup. Ke snížení absorbované dávky v pacientovi, kterému bylo podáno RF požadované aktivity, se dosáhne hydratací pacienta spolu s požadavkem častého močení. Další možností je zabránění přísunu RF do určitého orgánu, toho se využívá u štítné žlázy, která je blokována podáním KI (jodid draselný) nebo $KClO_4$ (chloristan draselný).⁴

2.5 Zobrazovací techniky nukleární medicíny

2.5.1 Gamakamera

Gamakamera je hlavním přístrojem pro zobrazování v nukleární medicíně. Skládá se z detektoru, před kterým je umístěn pacient, kolimátoru, scintilačního krystalu, fotonásobiče a zpracující elektroniky (Obr. 1).¹³

Pacient je po aplikaci RF vyšetřen na gamakameře, kde se RN obsažený v molekule RF přeměňuje na svůj dceřiný produkt za současného vyzáření fotonu gama, který dopadá na detektor. Kolimátor pokrývající zorné pole detektoru obsahuje množství otvorů, které propouští pouze fotony gama dopadající kolmo na detektor. Jen část z nich pronikne kolimátorem do scintilačního krystalu, kde zanechá signál v podobě scintilačního záblesku. Scintilační záblesk je zachycen fotonásobiči, který záblesk převede na elektrický signál a také ho zesílí, aby bylo možné ho následně zpracovat vyhodnocujícím počítačem.¹



Obrázek 1 - Schéma detekce fotonového záření při scintigrafickém vyšetření¹

2.5.2 Scintigrafie

Scintigrafie se dle získání obrazu distribuce RF pomocí scintilační kamery dělí na planární a tomografickou. Planární scintigrafie se dělí na statickou a dynamickou a je využívána při radionuklidovém zobrazení ledvin. Tomografická scintigrafie se rozděluje na jednofotonovou emisní tomografii (Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT) a pozitronovou emisní tomografii (Positron Emission Tomography, PET). Při statické scintigrafii ledvin je využívána SPECT, metodu PET lze použít např. při diagnostice nádorů ledvin.¹

2.5.2.1 Statická scintigrafie

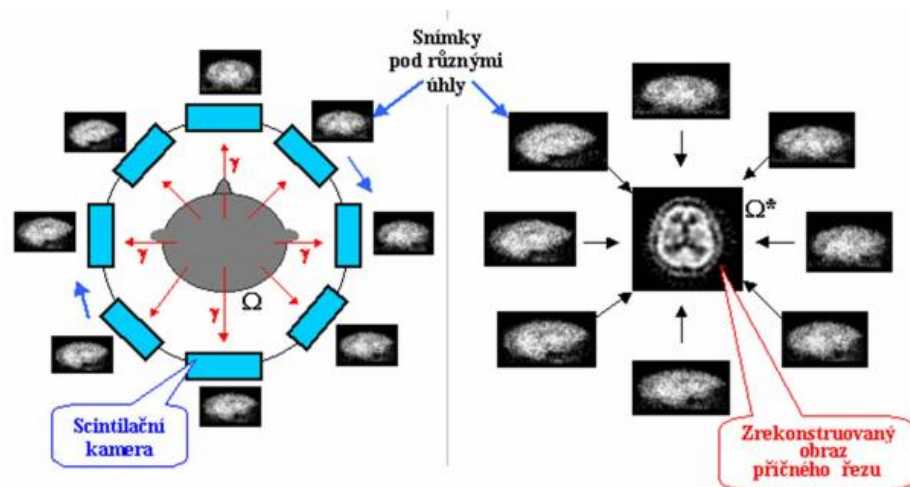
Statická scintigrafie je základním vyšetřením ke sledování polohy a tvaru ledviny, avšak její rozlišení není tak dobré jako u SPECT, např. cysty nebo hematomy musí mít pro zobrazení dostatečnou velikost.¹⁴ Principem je aplikace RF, kdy pacient leží na lůžku, případně sedí na židli a kamera snímá několik minut danou oblast. Výsledkem je planární snímek, který zobrazuje rozložení RF ve tkáni.¹

2.5.2.2 Dynamická scintigrafie

Dynamická scintigrafie se používá k zachycení pohybu RF v jednotlivých částech ledviny a časových změnách jeho akumulace v močovém traktu.¹⁴ Detektor gamakamery snímá vybranou oblast těla a pořizuje sadu krátkých po sobě jdoucích snímků. Výsledkem vyšetření je sada planárních snímků, které zobrazují měnící se rozložení aktivity v čase.¹

2.5.2.3 SPECT

SPECT (Obr. 2) má vysokou rozlišovací schopnost a lze jím detekovat např. cysty, infarkty, hematomy nebo metastázy ledvin.¹⁴ Při této metodě se využívají RN emitující jeden foton na přeměnu. Nejčastěji využívaným RN je Technecium-99 metastabilní (^{99m}Tc). SPECT kamery jsou dvoudetektorové systémy s lůžkem a otočnými detektory. Principem je snímání množství planárních projekcí z různých úhlů a jejich následná výpočetní rekonstrukce do transaxiálních řezů. Signál u SPECT je určen velikostí aktivity RF a poskytuje informace funkční. Při tomto vyšetření pacient leží stále ve stejné poloze a detektor gamakamery krouží okolo pacienta a snímá jednotlivé projekce. Hybridní systém SPECT/CT kombinuje funkční a anatomické zobrazování.¹



Obrázek 2 - Schematické znázornění principu SPECT, vlevo akvizice SPECT (snímání snímků) a vpravo rekonstrukce SPECT¹

2.5.2.4 PET

Při podezření na nádorový proces v ledvinách se využívá PET s ¹⁸F-fludeoxyglukózou sledující metabolickou aktivitu, která je v maligních nádorech a metastázách poměrně vysoká.¹⁴ Tato zobrazovací modalita se skládá z nepohyblivého gantry, které nemá žádné kolimátory a snímání probíhá najednou v celém rozsahu 360°. Využívají se RF značené

pozitronovými zářiči, které při své přeměně emitují pozitron. Pozitrony jsou kladně nabitě elektrony emitované z jader, které mají nadbytek protonů. Pozitron se pohybuje a postupně ztrácí kinetickou energii, na konci trajektorie anihiluje s elektronem za vzniku dvou anihilačních fotonů gama o energii 511 kiloelektronvoltů (keV).¹³ Detektor PET je prsteneček, který obklopuje pacienta a detekuje jednotlivé anihilační fotony. Přesná koincidenční detekce rozpozná, které dva fotony patří k sobě a rekonstrukcí vzniká sada transaxiálních řezů. Kombinací PET a CT lze současně získat funkční zobrazení a anatomické informace.¹

2.6 Radiofarmaka

2.6.1 Definice radiofarmak

Radiofarmakum je léčivý přípravek, který je-li připraven k použití, obsahuje jeden nebo více RN pro terapeutické nebo diagnostické účely. Radionuklid je navázán na vhodný nosič, který zajišťuje specifickou distribuci a chování výsledné sloučeniny v organismu. Nosičem může být chemická nebo biologicky aktivní látka, krevní elementy, buňky, peptidy či protilátky.¹⁵ Radionuklidy jsou charakterizovány poločasem přeměny, což je doba, za kterou se přemění polovina původního počtu jader a dochází ke snížení jeho aktivity na polovinu. Radiofarmaka jsou využívána v rámci NM pro účely diagnostické i terapeutické. Nejčastěji se RF připravují ve formě parenterální injekce, která se ve formě roztoku využívá při scintigrafii ledvin.¹

2.6.2 Zdroje radionuklidů

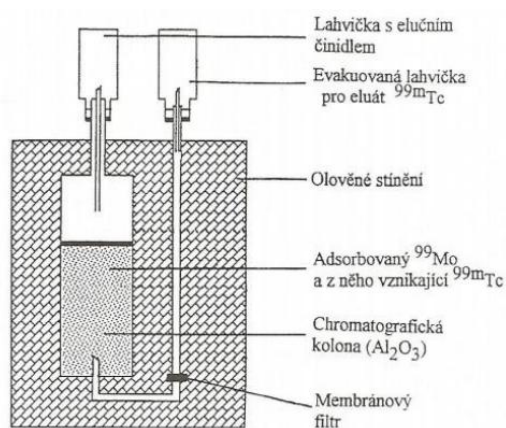
Radionuklidy pro účely NM jsou získávány uměle z jaderného reaktoru, cyklotronu nebo radionuklidového generátoru.¹¹ Radionuklidy produkované jaderným reaktorem a cyklotronem se v požadované lékové formě odesílají do nemocnic z centrálního výrobního místa. Nejčastěji používaným zdrojem RN v NM je radionuklidový generátor, kde se RN s dlouhým poločasem přeměny rozpadá na požadovaný RN s krátkým poločasem přeměny.¹³

V jaderném reaktoru probíhá řízená řetězová reakce při využití štěpného materiálu, nejčastěji uran-235 a plutonium-239. Aktivací neradioaktivních látek neutronovým tokem se získává např. molybden-99 (⁹⁹Mo), což je mateřský RN generátoru, ve kterém jeho přeměnou vzniká ^{99m}Tc. Pro výrobu radionuklidů v lineárním urychlovači (cyklotronu) se vhodný materiál ozařuje kladně nabitými částicemi. V magnetickém poli jsou protony, deuterony nebo heliony urychlovány na vysokou energii a směřovány na terč, v němž vyvolávají chemické reakce. V cyklotronech se vyrábí galium-67, thallium-201, indium-111 nebo pozitronové zářiče, např. fluor-18 či uhlík-11.¹⁵

2.6.3 Mo/Tc Generátor

V radionuklidovém generátoru se mateřský RN s dlouhým poločasem přeměny mění v prvek dceřiný s krátkým poločasem přeměny, který je vhodný pro použití v NM. Mezi používané generátory patří ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (Obr. 3), ze kterého se získává technecium a ^{81}Rb - $^{81\text{m}}\text{Kr}$, který poskytuje radioaktivní krypton v plynné formě pro vyšetřování ventilace plic.¹³

Nejpoužívanějším generátorem je ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ze kterého se získává technecium mimo jiné pro přípravu RF ke scintigrafickému vyšetření ledvin. V případě techneciových RF se nejdříve mateřský RN ^{99}Mo ve formě molybdenanu-(^{99}Mo) amonného, který je absorbován na kolonu s obsahem oxidu hlinitého, rozpadá na svůj dceřiný RN technecium-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) jako technecistan-($^{99\text{m}}\text{Tc}$). Dceřině $^{99\text{m}}\text{Tc}$ se vymývá z kolony jako technecistan-($^{99\text{m}}\text{Tc}$) sodný ($\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$) pomocí fyziologického roztoku chloridu sodného.¹³ Radionuklid ve formě injekce technecistanu-($^{99\text{m}}\text{Tc}$) sodného se následně přidá do lahvičky kitu pro přípravu RF. Kit obsahuje lyofilizovaný prášek obsahující složky nezbytné pro přípravu finálního RF. Po rozpuštění lyofilizovaného prášku injekčním roztokem technecistanu-($^{99\text{m}}\text{Tc}$) sodného a po předepsané době rekonstituce v řádech minut, příp. zahřívání vznikne výsledný komplex RF s inkorporovaným RN.¹⁶ Proveďte se kontrola připraveného léku a RF se rozdělí do jednotlivých dávek v lékovkách nebo v injekčních stříkačkách. Posledním krokem je rozdělávání a signování RF pro jednotlivá podání pacientům.¹⁵



Obrázek 3 - Schéma elučňího Mo-Tc generátoru¹¹

2.6.4 Biologické účinky po aplikaci radiofarmak

Radiační zátěž pacientů po aplikaci RF k diagnostickým účelům se vyjadřuje efektivní dávkou, která se pohybuje v rozpětí od 1 do 15 mSv a závisí na typu RF a množství aplikované aktivity. U vyšetřovaných osob nemůže dojít k výskytu deterministických účinků,

neboť prahová dávka pro rozvoj těchto účinků je 1 gray (Gy). Avšak je třeba vzít v úvahu možnost rozvoje stochastických účinků. Radiační zátěž pacienta se vypočítává pomocí hodnot vztažených na jednotkovou aplikovanou aktivitu. Diagnostická radiofarmaka v používaných množstvích, kterých až na výjimky jsou nepatrné, nemají žádné farmakodynamické účinky.¹

2.6.5 Biologické chování radiofarmak

Většina RF je podávána i.v., jejich biologické chování je charakterizováno distribucí, metabolizací v organismu a eliminací. Absorpce ovlivňuje vyšetřovací postupy, při kterých jsou RF podávána perorálně. Distribuce i eliminace RF závisejí na průtoku krve, kapilární permeabilitě, nitrobuněčných interakcích a dalších faktorech. Doba, po kterou látka zůstává v orgánu je ovlivněna nitrobuněčnou transformací.¹¹

Podle časového průběhu distribuce a eliminace se RF dělí na dva typy. Prvním typem jsou RF s dlouhou perzistencí v cílových orgánech, které se používají pro statické scintigrafie a SPECT vyšetření. Druhým typem jsou RF s plynulým transportem cílovým orgánem. Kinetika těchto RF se hodnotí dynamickou scintigrafií. Analýzou kinetiky se stanovují parametry např. rychlost extrakce a eliminace nebo distribuční objemy.¹¹

2.7 Anatomie a fyziologie ledvin

Ledviny jsou párový orgán fazolovitého tvaru. Mají červenohnědou barvu a jsou uloženy v retroperitoneu ve výši obratlů Th₁₂ až L₂. Na řezu ledvinou lze rozlišit světlejší kůru a tmavší dřev.¹⁷ Pravá ledvina je překryta játry a je uložena níže než levá. Zevní plocha ledviny je vyklenutá, vnitřní je prohnutá a je zde uložen renální hilus, kudy vstupují a vystupují cévy a nervy do ledvin. Na horním pólu ledvin se nachází nadledvina, což je žláza s vnitřní sekrecí. Na povrchu je ledvina kryta vazivovým pouzdrem. Zajišťuje její tvar a tvoří bariéru, která brání šíření infekce z okolních oblastí. Zevně od vazivového pouzdra je pouzdro tukové, složené z perirenálního tuku a dále ledvinná fascie, od které se vně nachází pararenální tuk.¹⁸

2.7.1 Nefron

Základní funkční jednotkou ledvin je nefron, který se skládá z Malpighiho tělíska, proximálního tubulu, Henleovy kličky, distálního tubulu a sběracího kanálku. Malpighiho tělísko se skládá z klubička kapilár, které mají přívodnou a odvodnou cévu. Do tohoto místa je z krve filtrována primární moč, které se za 24 hodin vytvoří 150 litrů. Z prostoru mezi

vnitřním a zevním listem odstupuje proximální tubulus, kde je resorbována větší část glomerulárního filtrátu a snižuje se tak jeho celkový objem. Dále zde dochází ke zpětnému vstřebávání glukózy, aminokyselin a dalších látek. Na tento segment navazuje Henleova klička, kde dochází k zpětnému vstřebávání vody a sodíku, což vede k výslednému objemu definitivní moči 1,5 litru/den. Na vzestupnou část Henleovy kličky navazuje distální tubulus, kde dochází k resorpci vody. Následuje sběrací kanálek, který vstupuje do dřene, jednotlivé kanálky se spojují a vytváří ledvinné papily, na které nasedají ledvinné kalichy.¹⁷

2.7.2 Funkce ledvin

Funkce ledvin zahrnují udržování stálého objemu, tlaku, složení extracelulární tekutiny a vylučování cizorodých a škodlivých látek a zplodin metabolismu z těla. Další funkce se týkají sekrece a degradace hormonů např. erythropoetinu, kalcitrolu a reninu. Při stresu vzniká v ledvinách jedna třetina novotvořené glukózy. Pro zajištění těchto funkcí je nutné velmi vydatné prokrvení ledvin, jde o 20-25 minutového srdečního výdeje.¹⁹

2.7.2.1 Vylučovací funkce

Do moči se ledvinami vylučují látky, kterých je v těle nadbytek (voda, sodík, draslík, fosfáty a vápenaté ionty). Dále se do ní vylučují zplodiny metabolismu, např. kyselina močová, močovina, kreatinin, hormony (např. adrenalin) a také cizorodé látky jako jsou antibiotika či drogy.¹⁹

2.7.2.2 Endokrinní funkce

Ledviny produkují hormon renin, erythropoetin a dále také trombopoetin, který řídí tvorbu krevních destiček. Ledviny se podílí na odbourávání některých hormonů a vitamín D zde dokončuje závěrečnou přeměnu na kalcitriol.¹⁹

Renin je vylučován juxtaglomerulárními buňkami jako odpověď na snížené prokrvení ledvin, na stimulaci vegetativním systémem nebo na sníženou koncentraci sodíku a chloru v distálním tubulu. Renin je součástí systému renin – angiotenzin – aldosteron (RAAS), který udržuje složení krevní plazmy a podílí se na regulaci krevního tlaku.¹⁹ Erythropoetin je glykoprotein, který vzniká z 90 % v ledvinách a stimuluje tvorbu proerytoblastů z kmenové buňky. Tím zvyšuje celkový objem erytrocytů v krvi.²⁰ Vitamín D podstupuje v ledvinách závěrečnou přeměnu na aktivní metabolit kalcitriol. Tento vitamín podporuje vstřebávání vápníku a fosfátů ve střevě a podílí se na řízení metabolismu vápníku v kostech.¹⁹

2.7.2.3 Řízení objemu krve a krevního tlaku

Glomerulární filtrace a vylučování moči se mění v závislosti na objemu cirkulující krve. Při zvýšeném objemu krve se zvýší srdeční výdej, arteriální tlak i filtrační tlak v ledvinách. Ledviny tvoří větší množství primární i definitivní moči, čímž se přebytečná tekutina vyloučí. Při sníženém cirkulujícím objemu krve se glomerulární filtrace snižuje a aktivuje se RAAS, který reguluje v distálním tubulu vstřebávání vody z primární moči.¹⁹

2.8 Onemocnění ledvin

Ledviny jsou důležitým orgánem lidského těla. Filtrují a vylučují odpadní látky z těla, regulují krevní tlak a mimo jiné také tvoří hormon erythropoetin, který je nezbytný pro tvorbu červených krvinek v kostní dřeni. Porucha ledvinné funkce způsobuje mnoho zdravotních problémů např. anémii nebo kardiovaskulární onemocnění. Mezi onemocnění ledvin patří infekce a obstrukce močových cest, vrozené vývojové vady, renovaskulární hypertenze, transplantace ledvin, nádory ledvin aj.²¹

2.8.1 Akutní pyelonefritida

Akutní pyelonefritida patří mezi infekce horních močových cest a je také velmi častým onemocněním v dětském věku. Jedná se o bakteriální zánět parenchymu ledvin způsobený mimo jiné *Escherichia coli*, který může postihnout jednu nebo obě ledviny. Mezi další možné faktory způsobující onemocnění jsou anomálie močových cest, věk i pohlaví. Častější výskyt pyelonefritidy je u dívek. Příznaky jsou většinou nespecifické, může se jednat o pocit na zvracení, zvracení, průjem, zápach moči, bolesti břicha a horečka. Terapie akutní pyelonefritidy zahrnuje hospitalizaci pacienta a antibiotickou léčbu.²²

2.8.2 Obstrukce močových cest

Obstrukce je označována jako překážka v odtoku moči, která může vést k poškození funkce ledvin. Léčba obstrukce spočívá v chirurgickém zákroku.²³ Obstrukce močovodů může být způsobena konkrementy, tumorem, popř. vezikoureterálním reflexem (VUR).²¹ Podstatou VUR je návrat moči z močového měchýře do močovodu, který narušuje odtok moči z ledvin. Je příčinou 10 % chronického selhání ledvin dospělých a až 50 % chronického selhání ledvin u dětí. Projevuje se pomočováním a hypertenzí. Terapie zahrnuje dlouhodobé podávání antibakteriálních léků.²⁴ Obstrukční uropatie se vyznačuje funkčními změnami v močových cestách spojených s poruchou transportu glomerulárního filtrátu nefronem. Překážka odtoku moči vede k dilataci tj. rozšíření močových cest a nevratnému poškození ledviny.

Hydronefróza je označení pro rozšíření kalichopánvičkového systému ledviny.²¹ Důsledkem může být postupná nebo úplná ztráta postižené ledviny. Tento stav je řešen chirurgickým zákrokem vyžadujícím zavedené uretrálních katétrů.²⁵

2.8.3 Anomálie ledvin

Abnormální poloha ledviny je označována jako dystopie. Tato porucha souvisí s uložením ledviny nejčastěji v pánvi, která vznikla již ve fetálním období poruchou migrace ledviny.²³ Podkovovitá ledvina znamená nízkou polohou ledvin, při které může dojít ke spojení dolních pólů ledvinných parenchymů, přičemž moč je odváděna dvěma močovody.²⁵ Dysplazie ledvin se vyznačuje abnormálním vývojem ledvinného parenchymu postihujícím obvykle celou ledvinu. Dochází k vývoji abnormálních struktur a vznikem malformací.²¹ Anomálie ledvin mohou být doprovázeny dalšími anomáliemi, např. VUR nebo poruchou vývoje druhostranné ledviny.²³

2.8.4 Renovaskulární hypertenze

Jedná se o sekundární hypertenzi ledviny vyskytující se u 2-5 % všech hypertenzí. Renovaskulární hypertenzí se označuje zvýšený krevní tlak způsobený uzávěrem ledvinné tepny a změnami renální funkce v důsledku jejího poškození. Tato poškození vedou k ischemizaci ledviny a poruše její funkce. Při zúžení renální tepny dojde ke snížení renálního tlaku, zvýšenému uvolňování reninu a aktivaci RAAS. Arteriální tlak roste, dokud není obnoven průtok krve ledvinou, čemuž přispívá aktivace sympatického nervového systému. Projevuje se náhle vzniklou hypertenzí, vznikem plicního edému nebo dalšího aterosklerotického poškození cévního systému.²⁶

2.8.5 Akutní rejekce

Akutní rejekce se projevuje nejčastěji v prvních měsících po transplantaci a postihuje 20-50 % transplantovaných ledvin. Projevuje se horečkou, bolestí a zvětšením štěpu, hypertenzí a poklesem diurézy, tedy vylučováním moči. Projevuje se především poškozením perfuze ledviny a až následně poruchou funkce. Akcelerovaná akutní rejekce postihuje pacienty s opakovanou transplantací a vyvíjí se během prvních pooperačních dní.²⁷

2.8.6 Akutní tubulární nekróza

Akutní tubulární nekróza je běžně přítomna v době transplantace a je obvykle reverzibilní bez specifické léčby.²⁸ Nastává především důsledkem ischemizace ledviny v období od vynětí štěpu od dárce do momentu obnovení průtoku krve ledvinou při transplantaci.²⁷

2.8.7 Nádory ledvin

Ledviny mohou být postiženy benigním nebo maligním nádorem primárně či sekundárně šířením z okolí. Nádory ledvin jsou např. renální karcinom, Wilmsův tumor nebo angiomyolipom. Nádory mohou být diagnostikovány náhodně UZ, CT nebo může být přínosná radionuklidová scintigrafie. Základem léčby je chirurgická léčba, která spočívá v odstranění celé ledviny nebo pouze její části, jež je postižená tumorem, dále je možné využít biologickou léčbu. Chemoterapie není příliš účinná kvůli vysoké odolnosti nádoru na tuto terapii.²¹

2.9 Radionuklidová vyšetření ledvin

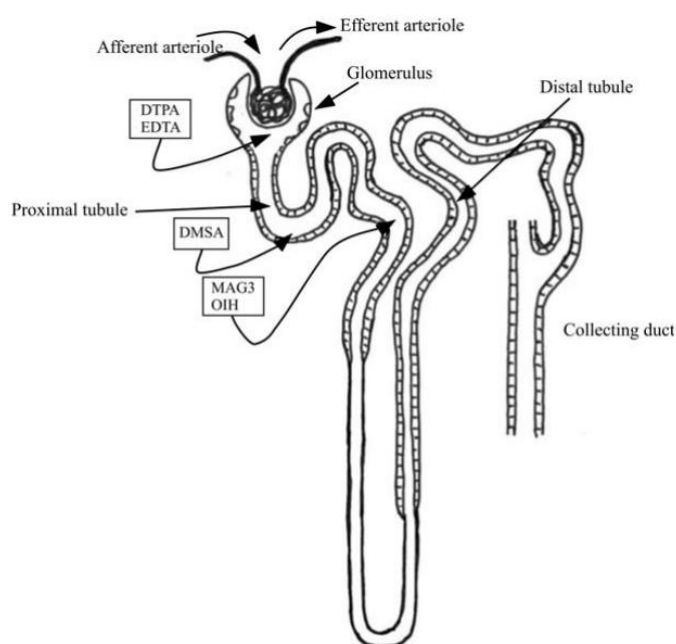
Radionuklidové vyšetření funkce ledvin patří k historicky nejstarším aplikacím RN v lékařské diagnostice. Přednosti tohoto druhu vyšetření zůstávají do určité míry nevyužity z důvodu nízké informovanosti kliniků o možnostech a provedení vyšetření. Nejčastěji využívaným vyšetřením je UZ. Dále se při vyšetření ledvin uplatňují CT a MR, které až na výjimky nedosahují srovnatelné přesnosti měření funkce ledvin v porovnání s radionuklidovými metodami. Další nevýhodou CT a MR je vyšší cena a rizika spojená s použitím kontrastních látek.¹ Incidence nežádoucích reakcí po aplikaci RF se pohybuje v průměru okolo 0,02 %, což je zanedbatelné v porovnání s výskytem reakcí po podání kontrastní látky.²⁹ Hlavní roli v anatomickém hodnocení ledvin převzali UZ, CT a MR, radionuklidová vyšetření však zůstávají nadále důležitá při zobrazování a hodnocení renálních funkcí.³⁰

2.9.1 Historie

Původně se v NM k vyšetření ledvin používala RF rtuťová. Zde řadíme Salyrgan značený radioaktivní rtuťí-203 nebo Neohydrin značený rtuťí-197. Rtuťová diuretika byla navázána na albumin plazmy a nemohla být filtrována v renálních glomerulech. Nevýhodou bylo vylučování RF částečně činností jaterních buněk a zkreslení výsledku činnosti pravé ledviny. Následně bylo vyvinuto mnoho RF značených ^{99m}Tc vhodných pro zobrazování ledvin např. železito-askorbový komplex, Fe-DTPA (diethyltriaminopentaacetic acid, kyselina diethyltriaminopentaoctová) komplex, Sn-DTPA komplex, Tc-komplex glukonátu a nakonec v 60. letech 20. století DMSA (dimerkaptosukcinát-derivát jantarové kyseliny).³¹ Poté se využívala RF DTPA a EDTA (polyaminokarboxylová kyselina) značené ⁹⁹Tc a také hippuran značený ¹²³I používaný pro statickou i dynamickou scintigrafii, který byl v 80. letech 20. století nahrazen ^{99m}Tc-MAG₃ (merkptoacetyltriglycin).³²

2.9.2 Současnost

Radiofarmaky využívanými v současné době k dynamické scintigrafii jsou ^{99m}Tc -DTPA a ^{99m}Tc -MAG₃, ke statické scintigrafii je využívána ^{99m}Tc -DMSA. Jejich farmakokinetika je do značné míry určena jejich mírou vazby na proteiny v plazmě. Minimální vazbu na proteiny má ^{99m}Tc -DTPA, a proto rychle přestupuje do extravaskulárních prostor a je volně filtrována glomerulem. Relativně vysokou vazbou na plazmatické proteiny se vyznačuje ^{99m}Tc -MAG₃, jehož mechanismus vylučování je z převážné části tubulární sekrecí. Na plazmatické proteiny se ^{99m}Tc -DMSA váže v rozmezí 75-90 % a je vychytávána buňkami proximálních tubulů. Farmakokinetika RF je vyznačena na obr. 4.¹³



Obrázek 4 - Distribuce běžně používaných renálních radiofarmak v nefronu¹³

2.9.3 Příprava pacienta k vyšetření

Vyšetření ledvin předchází registrace pacienta. Zahrnuje kontrolu identity pacienta, osobních a zdravotních dat uvedených na žádance o vyšetření, kontraindikace tj. gravidita a kojení u žen, dále edukaci pacienta o vyšetření a jeho písemný souhlas s vyšetřením.³³ Před vyšetřením je kladen důraz na dostatečnou hydrataci pacienta. Je žádoucí, aby pacient nejméně 30 minut před vyšetřením vypil 0,5 litru tekutin. Pokud pacient nemůže přijímat tekutiny perorálně (p.o.) je možné použít i.v. infuzi. Nedostatečnou hydratací může dojít ke zpomalení odtoku z kalichopánvičkového systému, což by znemožnilo kvalitní provedení vyšetření. Další součástí přípravy před scintigrafickým vyšetřením je vymočení pacienta těsně

před vlastním vyšetřením, protože roztažený močový měchýř by mohl způsobit zpomalení nebo zástavu odtoku moči z kalichopánvičkového systému.¹¹

Scintigrafické vyšetření je nesnadné u malých, nespolupracujících dětí. Základem správného vyšetření je opět dostatečná hydratace, je vhodné 30-60 minut před vyšetřením podat p.o. 200-500 mililitrů (ml) tekutin dle jejich aktuální hmotnosti. Traumatizující také může být i.v. aplikace RF a nemožnost pohybu v průběhu vyšetření. Nezbytné je také vytvoření klidné atmosféry při vyšetření a dobrá spolupráce s rodiči.³⁴ Hlavním faktorem narušujícím spolupráci dítěte je i.v. podání RF, proto se zavádí i.v. kanyla již na pediatrickém pracovišti před příchodem na scintigrafické vyšetření. Oddělí se tak bolestivý podnět spojený s injekcí a navazující vyšetření.³⁵ Je možné také potřít místo aplikace lokálně znecitlivujícím krémem, avšak podání sedativ není vhodné z důvodu možného ovlivnění motility ureterů a změny průběhu drenáže ledvin. Před zahájením scintigrafie je důležité, aby se dítě vymočilo.¹¹

2.9.4 Kontraindikace

Relativní kontraindikací je gravidita, provedení vyšetření je možné pouze z vitální indikace při minimalizaci aktivity RF. V případě kojení se doporučuje, aby matka v období po aplikaci vynechala jedno kojení a odsáté mléko znehodnotila. Dále se doporučuje omezení blízkého kontaktu matky s dítětem na maximální dobu 5 hodin během následujících 24 hodin po vyšetření.³³

2.9.5 Komunikace s pacienty

Radiologický asistent od první chvíle komunikuje s pacientem a provádí ho celým průběhem vyšetření. Komunikace slouží k navázání a rozvíjení kontaktu s pacientem, a proto je žádoucí ji rozvíjet. Při komunikaci by měl mít pacient pocit, že se o něho RA zajímá, proto je důležité si najít pro rozhovor dostatek času. Základem je pozdravení pacienta, představení RA a je nutné dbát na jeho správné standardní oslovení tedy pane/paní s použitím 5. pádu. Radiologický asistent podává pacientovi informace jasně, srozumitelně a chová se empaticky. Pacientovi je nechán prostor na kladení otázek a RA by měl být ochotný mu na ně odpovědět.³⁶ Chování RA při komunikaci s dětským pacientem by mělo být klidné a jisté. Dítěti vše trpělivě vysvětluje v jednoduchých a srozumitelných větách dle zralosti dítěte a nelže mu. Při komunikaci s dítětem je také důležitá naše mimika tedy úsměv a oční kontakt. U dětí do tří let je nutné u vyšetření umožnit přítomnost matky nebo otce, kvůli pocitu většího bezpečí dítěte, a také kvůli přidržení dítěte při vyšetření, které musí v klidu ležet kvůli správnosti vyšetření. Dětem v předškolním a mladším školním věku, tedy od 4 do 12 let věku

se RA představuje křestním jménem a vytváří příjemnou atmosféru ke komunikaci. Mluví klidným hlasem a vše vysvětluje stručně a srozumitelně kvůli následné příznivé spolupráci s dětským pacientem. Děti starší 12 let by již měly chápat pokyny na ně kladené a důležitost vyšetření. Spolupráce s nimi bývá příznivá.³⁷

2.10 Dynamická scintigrafie ledvin

Dynamická scintigrafie považována za nejčastější a nejdůležitější metodu využívanou v nefrologii. Umožňuje objektivizovat kinetiku i.v. podaného RF pomocí scintilační kamery spojené s vyhodnocovacím počítačem a analyzovat distribuci a vylučování RF v celé ledvině i jejích jednotlivých částech.³⁸ Získávají se obrazové informace z oblasti zájmu i křivky časového průběhu koncentrace RF v ledvinách a krevním řečišti. Jednotlivé parametry křivek se vyhodnotí matematickým zpracováním a tyto hodnoty se porovnají se známými parametry u zdravých ledvin a stanoví se rozsah a lokalizace poškození.²⁹

Speciálními modifikacemi dynamické scintigrafie jsou diuretická nefrografie, dynamická scintigrafie ledvin po podání inhibitoru angiotensin konvertujícího enzymu (Angiotensin-converting enzyme inhibitors, ACEI) pro detekci renovaskulární hypertenze a scintigrafie transplantované ledviny.²⁷

2.10.1 Indikace

Obecnou indikací dynamické scintigrafie ledvin je posouzení parenchymu ledvin u nefrologických a urologických onemocnění ledvin. Dále je využívána u akutních a chronických nefritid, při kontrolách renální funkce po úrazech ledvin nebo urologických operacích. Scintigrafie se rovněž používá při posuzování druhostranné ledviny před nefrektomií a u vrozených vad, jakými jsou např. VUR či dystopie ledviny. Obstrukční uropatie se řadí mezi nejčastější indikace a provádí se kvůli ověření poruch odtoku moče z ledviny, posouzení stupně a příčiny obstrukce.³⁸

2.10.2 Radiofarmaka

Při dynamické scintigrafii ledvin se nejčastěji používá ^{99m}Tc-MAG₃ vylučovaný tubulární sekrecí a ^{99m}Tc-DTPA vylučovaná glomerulární filtrací.¹

2.10.2.1 ^{99m}Tc-DTPA

Jedná se o chelát (Obr. 5) vylučující se převážně glomerulární filtrací a je nejčastěji používaným RF pro vyšetření glomerulární filtrace. Celkem 90 % tohoto RF se vyloučí

Vyšší aktivitu také lze podat u pacientů s vysokou váhou nebo potřeby dosáhnout vysoké kvality zobrazení. Pacientům s hmotností nižší nebo vyšší než 70 kg se dle tabulky European Association of Nuclear Medicine (Evropská společnost nukleární medicíny, EANM) vypočítává optimální aktivita RF v závislosti na tělesné hmotnosti. Aplikovaná aktivita RF se zaznamenává do dokumentace k vyšetření.³³

2.10.3 Průběh vyšetření

Při příchodu pacienta na oddělení NM se ověří osobní a zdravotní data pacienta. Pacient je poučen o průběhu vyšetření, a také o opatřeních ke snížení radiační zátěže. U všech pacientů se provede dotaz na alergie a u žen v reprodukčním věku dotaz na graviditu a kojení. Do dokumentace se také zaznamenává anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření, předchozí prodělané nemoci a výsledky provedených vyšetření ledvin. Pacient stvrdí podpisem písemný souhlas k vyšetření. Před aplikací RF se ověří identita pacienta cíleným dotazem na jméno a datum narození pacienta.³³ Pacient je po standardní přípravě, jak již bylo zmíněno dříve, vyšetřován nejčastěji vleže na zádech, ve výjimečných případech vsedě. Zorné pole scintilační kamery je v zadní projekci zaměřeno na oblast od srdeční baze až po močový měchýř.²⁷

Pro detekci distribuce RF slouží scintilační kamera, která je opatřena paralelním kolimátorem pro nízké energie s vysokým rozlišením. Okno analyzátoru je nastavováno na fotopík 140 keV a šíře okna na 15 %.⁷ Před aplikací RF je nutné ověřit jeho aktivitu pomocí měřiče aktivity, kterým je ionizační komora. Scintigrafický záznam je spuštěn v okamžiku i.v. aplikace RF. Scintigramy jsou zaznamenávány do počítače s frekvencí 1 scintigram/10-20 s. Obrazová matice je 128x128, případně 64x64. U dětí je možné nastavit zoom, který přizpůsobí zorné pole kamery, tak aby v něm byla celá požadovaná oblast.³³ Po skončení snímání dynamické scintigrafie je vhodné vyzvat pacienta, aby šel na toaletu a vymočil se. Dojde tak vlivem gravitace a vyprázdnění močového měchýře k odtoku moči z dilatované pánvičky a vyloučí se obstrukce močových cest. Vyšetření se poté dokončí několika snímky pořízenými opět vleže na zádech ze zadní projekce.¹

2.10.4 Hodnocení

Snímky zaznamenané v průběhu dynamické scintigrafie se hodnotí vizuálně. Posuzuje se kvalita snímků, výskyt pohybových artefaktů, velikost a tvar ledvin. Dále se snímky hodnotí výpočtním zpracováním výsledku vyšetření. Oblast zájmu se zvolí prekurzorem na obrazovce počítače obvykle kolem levé a pravé ledviny, srdce, močového měchýře a oblasti

tkáňového pozadí. Počítač sečte impulzy a vytvoří křivky četnosti impulsů v závislosti na čase. Křivky se označují jako časový histogram dynamické studie nebo renogram, případně nefrogram.¹

Normální nefrografická křivka má tři fáze. 1. fáze – vaskulární představuje první přímý vzestup renografické křivky, která zobrazuje lokální změny prokrvení ledviny a okolí. 2. fáze – akumulární, která je opět vzestupná a RF zde prochází strukturami parenchymu ledvin. V této fázi již lze zhodnotit funkci levé a pravé ledviny. 3. fáze – vylučovací probíhá ve 3.–20. minutě, kdy odtok RF v moči převládá nad jeho akumulací v parenchymu. Tento úsek křivky je sestupný a tvar křivky je daný kvalitou funkce parenchymu ledviny a mírou obstrukce horních močových cest.²⁹

Při snížené funkci ledviny se snižuje sklon akumulární fáze renogramu a klesá maximální hodnota a prodlužuje se doba od vrcholu křivky. Při narušeném odtoku se snižuje sklon třetí vylučovací fáze renogramu. Pro obstrukci močových cest je typické hromadění RF v ledvinách a aktivita může po celou dobu vyšetření narůstat.¹

2.11 Modifikace dynamické scintigrafie

2.11.1 Dynamická scintigrafie ledvin s aplikací diuretika

2.11.1.1 Indikace

Vyšetření nazývané také jako diuretická nefrografie je vyšetření používané při diagnostice dilatace kalichopánvičkového systému a hydronefrózy při obstrukci močových cest. Principem vyšetření je vyhodnocení vlivu diuretika na množství RF kumulovaného v rozšířeném kalichopánvičkovém systému.²⁷ Toto vyšetření je velmi významné v diagnostice ke sledování vývoje obstrukčních uropatií v novorozeneckém a kojeneckém věku.⁴⁰

2.11.1.2 Příprava před vyšetřením

Před vyšetřením je nutné zajistit hydrataci a vymočení pacienta stejně jako při běžné dynamické scintigrafii ledvin.²⁷

2.11.1.3 Radiofarmakum

Při diuretické renografii je vhodnější používat ^{99m}Tc-MAG₃, protože ^{99m}Tc-DTPA je vylučována pomaleji, což zhoršuje podmínky vyšetření postupně vyzrávajících ledvin u dětí ve věku do 2 let nebo ledvin s funkčním poškozením.²⁷ Diuretikem podávaným při vyšetření je furosemid (F), který se řadí do skupiny kličkových diuretik. Diuretika jsou látky

vyvolávající zvýšené vylučování vody a soli do moči. Po i.v. podání furosemidu dojde k zpomalení transportu Na^+ , K^+ a Cl^- ve vzestupném raménku Henleovy kličky a sníží se schopnost zpětné resorpce vody. Účinek se projeví za 2–3 minuty a jeho maximální účinek je 15 minut po i.v. aplikaci. Množství podávaného furosemidu dospělým je 20–40 mg, novorozencům se aplikuje 1 mg/kg a kojencům a dětem 0,5 mg/kg.³⁸

2.11.1.4 Průběh a hodnocení vyšetření

Pacient je vyšetřován vleže na zádech ze zadní projekce. V zorném poli jsou zachyceny ledviny, uretery i močový měchýř a snímání se zahajuje současně s i.v. aplikací RF.⁷ Furosemid lze podat trojím způsobem. Nejčastější je metoda F+20. U tohoto protokolu je furosemid aplikován ve 20. minutě vyšetření. V této fázi vyšetření by měla být křivka v klesající fázi. Jestliže klesá pomalu nebo neklesá, po podání furosemidu dojde ke zvýšení diurézy a k rychlému vymývání RF z kalichopánvičkového systému. Křivka začne rychleji klesat.³⁴ Nevýhodou tohoto vyšetření je nutnost dvojí i.v. aplikace, která u malých dětí vyžaduje zavedení kanyly do periferní žíly nebo případné podání sedativ.²⁷

Druhou variantou je metoda F-15, při které se furosemid aplikuje 15 minut před podáním RF. Výsledná křivka reprezentuje dynamiku transportu moči v době maximálního účinku furosemidu.³⁴ Tuto metodu je vhodné použít, jestliže postupy F+20 a F0 zjišťují nejednoznačný nále. Vzorovou indikací je Homsyho znamení. Je to stav, kdy po přechodném zrychlení odtoku moči po účinku furosemidu při metodě F+20 nebo F0, dochází v době maximálního efektu diuretika k opětovnému nárůstu aktivity RF. Při tomto nálezu je důležité vyloučit možnost, že nejde o důsledek distenze močového měchýře. Skutečné Hymsovo znamení se projevuje přetrváváním RF v ledvině i po vymočení.²⁷

Třetím způsob bývá označován jako F0 a jedná o šetrnou aplikaci výhodnou u dětí. V tomto případě podáváme furosemid současně s RF.³⁴ Ve studii se posuzoval interval mezi podáním diuretika a dokončením vyšetření u protokolu F0 a F-15. Protokol F0 je spojen s kratším intervalem mezi účinkem diuretika a dokončením studie, což má za následek menší distenzi močového měchýře a s tím spojené větší pohodlí pacienta. Proto je protokol F0 přijatelnější.⁴¹

V 90 % případů nejsou významné rozdíly ve výsledku vzhledem k načasování podání diuretika. Vyšetření je možné doplnit o kontrolní statické obrazy nebo krátkou dynamickou scintigrafii po skončení základní studie. Provádí se po vzpřímení a vymočení pacienta.³⁴ Tyto

scintigramy vyloučí eventuálně falešně pozitivní výsledky vyšetření z důvodu distenze močového měchýře a vlivu gravitace.²⁷

2.11.2 Dynamická scintigrafie ledvin s podáním ACE inhibitoru

Jedná se o screeningové vyšetření při podezření na stenózu renální arterie jako příčiny renovaskulární hypertenze.²⁹ Stenóza renální arterie způsobuje ischemii ledvin, kterou je aktivován renin-angiotenzinový systém. Zvýšená produkce reninu vede k přeměně angiotenzinogenu na angiotenzin I. Angiotenzin I se konvertuje na angiotenzin II, což způsobí zvýšení filtračního tlaku a glomerulární filtrace jako kompenzačního mechanismu. Dlouhodobé působení tohoto mechanismu může vést k hypertenzi. ACEI blokuje přeměnu angiotenzinu I na angiotenzin II s následným snížením filtračního tlaku a glomerulární filtrace v postižené ledvině.³⁸

2.11.2.1 Indikace

Tato modifikace dynamické scintigrafie ledvin se provádí především u pacientů s hypertenzí ve věku do 30 let, diastolickým tlakem vyšším než 130 mm Hg (milimetr rtuťového sloupce) a hypertenzí rezistentní na terapii. Dále je indikován při hypertenzní retinopatii 3. a 4. stupně, systolisko-dyastolickém šelestu nad epigastriem, poklesu renální funkce u pacienta léčeného ACEI a u pacientů s diastolickou hypertenzí vznikající ve věku nad 55 let.²⁷

2.11.2.2 Příprava před vyšetřením

Před vyšetřením je nutné na 3–7 dní vysadit v terapii ACEI a blokátory receptorů angiotenzinu II. Dále je nutné vysadit diuretika na 3 dny a blokátory vápníkových kanálů na 24 hodin.³⁴ Provedení vyšetření bez nepřerušené terapie ACEI by snížilo senzitivitu metody a dále by mohlo vyvolat riziko těžké hypotenze a následné snížení ledvinné funkce.²⁷

Před vyšetřením je důležité 4 hodiny lačnit. Pacienti by měli být také dostatečně hydratováni. Dospělým je doporučováno vypít 500 ml tekutin 30–60 minut před vyšetřením, dětem 250–500 ml nebo 100 ml tekutin/10 kg váhy dítěte. Po příchodu pacienta na oddělení je pacient uložen na lůžko a je mu zavedena i.v. kanyla. Před podáním ACEI se pacientovi změří tlak.⁷ Kaptopril je nejdéle používaným lékem ACEI, patří do sulfhydrylové skupiny a má nejkratší plazmatický poločas.⁴² Kaptopril je podán dospělým v dávce 20–40 mg p.o., 1 hodinu před dynamickou scintigrafií ledvin. Kaptopril se rozdrťí a rozmíchá ve trošce vody na lžici a zapije se 150–200 ml vody. Pacient leží klidně na lůžku a každých 10–15 minut je mu měřen tlak do doby zahájení scintigrafie, tedy 1 hodinu.⁷

2.11.2.3 Radiofarmakum

K vyšetření je možné použít $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ i $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$, avšak u každého z farmak se efekt ACEI projeví jinak. Při podání $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ dojde ke snížení akumulace RF v ledvině v parenchymové fázi vyšetření, což odpovídá ACEI vyvolanému snížení glomerulární filtrace v ledvině za stenózou renální arterie. V případě podání $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ naopak ACEI zřetelně neovlivní vychytávání tohoto RF v postižené ledvině, ale způsobí zpomalení rychlosti transportu RF v ledvinném parenchymu.²⁷

2.11.2.4 Průběh vyšetření

Vyšetření renovaskulární hypertenze lze provést jako jednodenní nebo dvoudenní protokol. U dvoudenního testu se podává rozdrčený Kaptopril p.o. 1 hodinu před vyšetření. V případě patologie se vyšetření doplňuje o druhou bazální dynamickou scintigrafii ledvin bez ACEI. Při dvoudenním protokolu se nejdříve provede bazální studie s nízkou dávkou RF obvykle 50-70 MBq $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$.³⁸ Poté se provede studie enalaprilátová s i.v. aplikací enalaprilu. Enalapril je ACEI patřící do karboxylové skupiny. Po i.v. aplikaci je nástup účinky za 4 hodiny a doba trvání účinku je 12 hodin.⁴² Pomalu nejméně 5 minut nebo pomocí infuzní pumpy se aplikuje dávka 0,40 $\mu\text{g/kg}$ (mikrogram/kilogram). Dávka 200-250 MBq $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ se aplikuje i.v. za 15 minut po podání enalaprilu. Za stejnou dobu se také provede druhá dynamická scintigrafie ledvin.³⁸ Pacient může být propuštěn z oddělení, pokud jeho krevní tlak vstoje dosáhne nejméně 70 % bazálního tlaku a musí být vstoje bez potíží.⁷

2.11.2.5 Hodnocení

Při patologickém nálezu je nutné provést porovnání mezi bazálním vyšetřením a vyšetřením s podáním ACEI. Vysoká pravděpodobnost renovaskulární hypertenze se projevuje jednostranným zhoršením renografické křivky nebo změnou ve funkci ledvin po inhibici ACE v porovnání s vyšetřením bez inhibice. Neurčitý výsledek se projevuje u ledvin se sníženou funkcí a abnormální renografickou křivkou bez ACEI, která se po podání inhibitoru nemění. Nízká pravděpodobnost renovaskulární hypertenze se vyznačuje normálním nálezem bez inhibice, který se nemění po podání inhibitoru. Senzitivita a specificita této metody u nemocných se středně vysokou a vysokou pravděpodobností renovaskulární hypertenze je 90–100 %. U ostatních nemocných diagnostická přesnost klesá a metodou volby se stává angiografie.¹

2.11.3 Dynamická scintigrafie transplantované ledviny

Tímto radionuklidovým vyšetřením lze posoudit nejen funkci a perfuzi ledvin, ale i eventuální únik moče do peritoneální dutiny nebo případnou blokádu kolekcí lymfy. Použitím dvouhlavé kamery lze vyšetřit i zbytkovou funkci vlastní ledviny. Vyšetřením lze také diferencovat jisté posttransplantační komplikace, mezi které patří akutní tubulární nekróza nebo rejekce.³⁸ Včasná diagnostika při komplikaci štěpu vede k rychlé klinické léčbě a předchází dalšímu možnému zhoršení funkce ledvin.⁴³

2.11.3.1 Radiofarmakum

^{99m}Tc-MAG₃ je preferovaným RF pro posttransplantační vyšetření, protože poskytuje vysoce kvalitní snímky v perfuzní i parenchymové fázi²⁸. RF je aplikováno i.v. o aktivitě 370 MBq.⁴³

2.11.3.2 Průběh vyšetření

Pacient při vyšetření leží na zádech a je vyšetřován v přední projekci, detektor je zaměřen na oblast transplantované ledviny, tedy ilických arterií a močového měchýře. RF je aplikováno ve formě bolu a během první minuty vyšetření je sledován první průtok RF ilickou arterií a ledvinou. V dalších minutách sledujeme vychytávání RF v ledvinách a odtok moči do močového měchýře.²⁷

2.11.3.3 Hodnocení

Funkce transplantované ledviny je hodnocena dle schopnosti štěpu akumulovat RF a odtoku aktivní moči do močového měchýře. Hyperakutní rejekce se projeví poruchou perfuze ledviny a výpadkem akumulace RF v ledvině. Pro akutní tubulární nekrózu je typická dobrá perfuze a dobrá koncentrace RF ve štěpu, ale se sníženou exkrecí.³⁴ Únik moči do peritoneální dutiny se projeví jako kolekce moči s RF na pozdních scintigramech nejdříve za 60 minut po podání RF.²⁷

2.12 Statická scintigrafie ledvin

Statická scintigrafie ledvin je vyšetření, které poskytuje obrazovou informaci o funkčnosti parenchymu kůry ledvin. Pro toto vyšetření se používají RF s dlouhodobou fixací v tubulárních buňkách. Pomocí scintilační kamery je zachycena intrarenální distribuce RF. Po i.v. aplikaci je RF vychytáváno v tubulárních buňkách, kde zůstává určitou dobu akumulováno. Toto vyšetření nám umožňuje detekovat ložiskové funkční poruchy

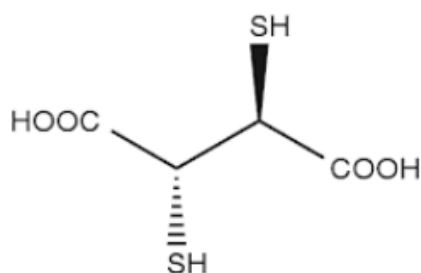
v ledvinném parenchymu, velikost a uložení orgánu a stanovení poměru funkce ledvin.²² K vyšetření statické scintigrafie ledvin není limitujícím faktorem počet hlav scintilační kamery, využívají se dvoudetektorové i jednodetektorové gamakamery.³³

2.12.1 Indikace

Statická scintigrafie ledvin je indikována zejména u vrozených vývojových vad ledvin, při stanovení poměru funkce ledvin a akutních změn parenchymu při akutní pyelonefritidě. Další indikací je detekce chronických parenchymových jizev po akutní pyelonefritidě. V tomto případě je vhodné metodu použít s odstupem nejméně 6 měsíců po akutní pyelonefritidě pro zajištění správnosti výsledku.³⁴ Někteří pracovníci však obhajují provedení vyšetření s odstupem 3 měsíců. Detekce parenchymového zjizvení po akutní pyelonefritidě je významná kvůli riziku následného vývoje systémové hypertenze a možného poškození ledvin. Na základě první statické scintigrafie provedené v době akutní infekce je možné předpovědět pozdní scintigrafický výsledek jen v omezeném počtu případů.⁴⁴

2.12.2 Radiofarmaka

Statická scintigrafie ledvin je prováděna pomocí ^{99m}Tc-DMSA (Obr. 7), která je schopna detekovat a lokalizovat kortikální změny ledvin. Kvalita zobrazení při vyšetření je dána fixací RF po i.v. aplikaci v parenchymu ledviny, kde RF setrvává delší dobu. Váže se na cytoplazmatické proteiny v buňkách proximálního tubulu a horní části Henleovy kličky. Během 1 hodiny je v ledvinné kůře lokalizováno 35 % podané aktivity RF a maximum koncentrace, které odpovídá 50 % aktivity, nastává za 6 hodin po i.v. podání RF. Zbytek se vylučuje jinými orgány, především játry a slezinou.¹³ Podává se i.v. do periferní žíly o aktivitě 150 MBq, při použití SPECT 250 MBq.³³



Obrázek 7 - Chemický vzorec DMSA⁴⁵

2.12.3 Průběh vyšetření

Při příchodu pacienta na oddělení NM se provede ověření osobních a zdravotních dat žádanky o provedení vyšetření. Pacient je poučen o průběhu vyšetření,

a také o opatřeních ke snížení radiační zátěže. U všech pacientů se provede dotaz na alergie a u žen v reprodukčním věku dotaz na graviditu a kojení. Do dokumentace se také zaznamenává anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření, předchozí prodělané nemoci a výsledky provedených vyšetření ledvin. Pacient stvrdí podpisem písemný souhlas k vyšetření. Před aplikací RF se ověří identita pacienta cíleným dotazem na jméno a datum narození pacienta.³³ Za 2-3 hodiny po i.v. aplikaci RF se provádí statická scintigrafie. Pokud by došlo k hydronefróze a retenci RF v kalichopánvičkovém systému ledvin, doporučuje se pořídit snímky v delším časovém odstupu či podat diuretikum.¹ Scintilační kamery, které slouží k detekci distribuce RF, mají velké zorné pole a jsou opatřeny kolimátory s vysokým rozlišením. Fotopík se nastavuje na 140 keV, obrazová matice je 128x128 pixelů a u dětí je možné nastavit zoom 1-2. V případě nespolupracujícího dítěte lze zvolit režim dynamické scintigrafie s maticí 128x128 a jemnější.³³

Vyšetření je prováděno vleže na zádech v zadní a obou zadních šikmých projekcích. Doplnění předních projekcí se doporučuje při podezření na změny tvaru nebo uložení ledvin.¹ Statické obrazy jsou obvykle doplněny o SPECT, jež může lépe posoudit velikost, tvar a uložení ledvin, dále funkční parenchym a ložiskové změny. U malých dětí se detailnější zobrazení parenchymu ledvin provádí speciálním typem kolimátoru pinhole.³⁴ Avšak samotné pin hole obrazy při statické scintigrafii nejsou dostačující, kvůli nemožnosti posouzení akumulární schopnosti ledvin.⁴⁰

2.12.4 Hodnocení

Normální scintigrafický obraz ledvin znázorňuje ledviny symetrické velikosti s homogenní distribucí funkčního parenchymu, pouze v oblasti dutého prostoru je zřejmá snížená akumulace RF. Při akutní pyelonefritidě se na statickém scintigramu zobrazí nehomogenní distribuce funkční tkáně v podobě jednoho nebo více ložisek snížené aktivity se zachovalou, nebo porušenou konturou ledviny. Renální jizva na scintigrafickém obrazu je definována jako defekt akumulace RF, který je způsobený kontrakcí a ztrátou funkčního renálního parenchymu. Renální jizva se jeví jako ztenčený nebo klínovitý defekt při okraji ledvin. Chronický zánět ledvin se projevuje zmenšením ledvin s nižší akumulací RF.⁴⁶

3 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část vychází z poznatků získaných na Oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové při absolvování praxe a je doplněna fotografiemi autora. V této části práce je detailně popsána úloha radiologického asistenta při dynamické scintigrafii ledvin s aplikací diuretika a statická scintigrafie ledvin. Dynamická scintigrafie s podáním ACEI a scintigrafie transplantované ledviny nebyly na oddělení prováděny, a proto nejsou v praktické části popsány.

3.1 Dynamická scintigrafie

3.1.1 Příprava pacienta před vyšetřením

S prvním RA se pacient setkává v kartotéce, kde se přihlašuje k vyšetření po předchozím objednání. Pacient předkládá žádanku o vyšetření a RA ověřuje potřebné údaje, tzn. jméno pacienta, rodné číslo, pojišťovnu, požadované vyšetření, alergie a diagnózu. Do karty pacienta je nutné zaznamenat jeho výšku a váhu, tyto údaje se poté zadávají do počítače při vyšetření. Radiologický asistent edukuje pacienta o přípravě na vyšetření a o jeho průběhu. Pacient by měl 30 minut před vyšetřením vypít alespoň 0,5 litru tekutin a těsně před vyšetřením se dojit vymočit na toaletu, na to ho však ještě upozorní RA před začátkem vyšetření. Poté si RA pozve pacienta do vyšetřovny a pacient si odloží osobní věci, boty a kalhoty, lehne si na vyšetřovací stůl, aplikuje se mu RF do periferní žíly a poté bude zhruba 45 minut v klidu ležet. Po skončení vyšetření se pacient oblékne a je mu vysvětleno, aby do druhého dne nepobýval v blízkosti malých dětí a těhotných žen a aby přijímal dostatečné množství tekutin kvůli rychlejšímu vyloučení RF z organismu. Pokud RA rozpozná strach pacienta, může mu ukázat přístroj, kde se vyšetření bude provádět. V případě klaustrofobie je možné pacienta uložit na vyšetřovací stůl a provést simulaci vyšetření zavezením pacienta mezi detektory, ovšem po schválení pacienta. Poté se pacient rozhodne, zda vyšetření podstoupí či nikoliv. Pacient dostává k přečtení a vyplnění informovaný souhlas s vyšetřením (Příl. A). Vyplní své jméno, rodné číslo a pojišťovnu. Informovaný souhlas obsahuje také přípravu na vyšetření, jeho průběh a omezení, která by měl pacient dodržovat po vyšetření. Případné dotazy k vyšetření pacientovi před vyšetřením zodpoví vyšetřující lékař nebo RA. Pokud pacient rozumí všem informacím a nemá další otázky týkající se vyšetření, podepisuje informovaný souhlas. Pacienta usadíme do čekárny. U nezletilých pacientů vyplňuje a podepisuje informovaný souhlas s vyšetřením zákonný zástupce. Pacientky ve fertilním

věku podepisují prohlášení o tom, že nejsou těhotné a v případě nejistoty o graviditě je možné provést orientační test z moči či laboratorní test na hladinu hCG (humánní choriový gonadotropin) v krvi.

3.1.2 Nastavení gamakamery

Radiologický asistent zadává do počítače jméno a příjmení pacienta, rodné číslo, hmotnost a výšku. Dále zvolí vyšetřovací protokol dle typu vyšetření a zkontroluje správnost nastavení přístroje. Většina parametrů vyšetřovacích protokolů je přednastavena, ale v některých případech je možné dle určení lékaře zvolit jiné parametry. Okénko analyzátoru se nastavuje na fotopík 140 keV, matice 128x128 a u dětí je možné nastavit zoom pro přizpůsobení zorného pole, aby v něm byla požadovaná oblast. Radiologický asistent kontroluje správný výběr kolimátoru. Pro dynamickou scintigrafii ledvin se jako RF použije $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$, a proto se volí kolimátor nízkoenergetický, paralelní s vysokým rozlišením. Dalším úkonem RA je příprava lůžka na gamakameře (Obr. 8), které je nutné připravit pro nového pacienta. Odstraní se použité jednorázové podložky a nachystají se nové.



Obrázek 8 - Jednohlavá gamakamera

Radiologický asistent připravuje pomůcky pro i.v. aplikaci (Obr. 9) tj. jehlu, stříkačku, desinfekční čtvereček, tampony, náplast, škrtidlo, ochranný kryt na stříkačku, stínění stříkačky a gumové rukavice. U dětí se volí možnost aplikace flexily v aplikační místnosti, aby se oddělil bolestivý zážitek napíchnutí žíly od vlastního vyšetření.

vyšetření bude trvat asi 30 minut, že bude po celou dobu ležet na zádech a neměl by se hýbat hlavně v oblasti břicha, hlavou hýbat může a mluvit také, dýchání nemusí nijak ovlivňovat. Vyšetření začne aplikací RF do žíly a během vyšetření, dle rozhodnutí lékaře, se může aplikovat druhá injekce do žíly obsahující diuretikum furosemid za účelem urychlení odtoku moči. Zeptáme se, zda pacient všemu porozuměl a jestli nemá ještě nějaké otázky.

3.1.4 Vlastní vyšetření

Radiologický asistent uloží pacienta na záda s rukama za hlavou na vyšetřovací stůl. Pomocí ovladače s ním zajede nad kolimátor (Obr. 11).



Obrázek 11 - Uložení pacienta

Ke správnému určení oblasti zájmu se používá stříkačka s RF, která se přiloží nad hřebenem kosti kyčelní k oblasti ledvin a na močový měchýř (Obr. 12). Současně se sleduje aktivita RF na monitoru gamakamery a může se upravit poloha pacienta tak, aby zorné pole gamakamery pokrývalo oblast zájmu. Pacientovi RA před i.v. podáním RF zaškrtní končetinu a dezinfikuje místo vpichu. Lékař aplikuje RF do periferní žíly, v momentu aplikace RF spouští RA vyšetření, sejme škrtidlo, přiloží sterilní čtverec a přelepí místo vpichu náplastí. Pacient je poučen, aby se již nehýbal a pokud by něco potřeboval, aby zavolal. Radiologický asistent odchází do ovladovny, odkud sleduje pacienta okénkem z olovnatého skla. Čas, místo a způsob aplikace se zaznamenávají do protokolu o vyšetření (Příl. B), který podepisuje aplikující lékař i RA, který vyšetření provedl.



a) aktivita nad hřebenem kosti kyčelní b) aktivita v oblasti močového měchýře c) aktivita nad hřebenem kosti kyčelní

Obrázek 12 - Aktivita RF na monitoru gamakamery

Pokud je po 15 minutách podezření na poruchu odtoku moči, lékař rozhodne o podání diuretika ve 20. minutě vyšetření. Radiologický asistent natáhne do stříkačky roztok furosemidu v příslušné dávce a připraví pomůcky pro i.v. aplikaci. Lékař, kterému asistuje RA, aplikuje pacientovi i.v. furosemid. Čas, způsob a místo aplikace lékař zaznamená do protokolu o vyšetření a podepíše jej. Po skončení vyšetření se pacient oblékne a RA ho poučí, aby po zbytek dne udržoval co největší odstup od malých dětí a těhotných žen, dodržoval pitný režim, aby se RF co nejdříve vyloučilo z organismu. Sám RA při komunikaci s pacientem dodržuje určitý odstup. Poté RA změří aktivitu RF v prázdné stříkačce stejně jako před začátkem vyšetření se spuštěním záznamu „EMPTY“ (Obr. 13).



Obrázek 13 - Měření aktivity RF v prázdné stříkačce

Odečtením hodnot „FULL“ a „EMPTY“ se získá přesná hodnota aplikované aktivity RF. Výsledná data se odešlou dle zvyklostí na daném pracovišti.

3.2 Statická scintigrafie

3.2.1 Příprava pacienta před vyšetřením

Příprava pacienta je téměř stejná jako při dynamické scintigrafii ledvin. Po příchodu pacienta na oddělení RA ověří správnost údajů žádanky o vyšetření a předá pacientovi informovaný souhlas s vyšetřením (Příl. C). Pacient je poučen o hydrataci vypitím 0,5 l tekutin 30 minut před vyšetřením a o průběhu vyšetření. Před vlastním vyšetřením bude RA vyzván, aby se došel vymočit na toaletu. Pacientovi bude v aplikační místnosti aplikováno RF ^{99m}Tc -DMSA do periferní žíly 2 hodiny před vlastním vyšetřením. Od té doby bude zdrojem IZ a měl by si do druhého dne udržovat odstup hlavně od těhotných žen a malých dětí. Pacient dostane lístek, na kterém je napsána příprava před vyšetřením a čas snímkování (Příl. E). V příslušný čas by měl pacient vyčkat před dveřmi příslušné gamakamery na výzvu RA. Poté si RA pozve pacienta do vyšetřovny a pacient si odloží osobní věci, boty a kalhoty, lehne si na vyšetřovací stůl a poté bude zhruba 30 minut v klidu ležet. Po vyšetření je doporučován dostatečný příjem tekutin. Je žádoucí provést dostatečnou edukaci pacienta před aplikací RF, dokud pacient není zdrojem IZ. Pacient si přečte, vyplní a podepíše informovaný souhlas s vyšetřením a pacientek ve fertilním věku se ptáme, zda nejsou těhotné, což stvrdí svým podpisem. Před aplikací RF pacient odevzdá vyplněný a podepsaný informovaný souhlas s vyšetřením. V aplikační místnosti RA připraví pomůcky k i.v. aplikaci (Obr. 14), do stříkačky natáhne RF a změří jeho aktivitu pomocí měřiče aktivity.



Obrázek 14 - Táč s pomůckami pro i.v. aplikaci

Dále RA vyvolá pacienta z čekárny do aplikační místnosti a aktivně ho identifikuje dotazem na jméno a rok narození a přebírá od pacienta podepsaný informovaný souhlas. Radiologický

asistent asistuje lékaři při aplikaci RF. Použije škrtidlo, dezinfekci na místo vpichu, lékař aplikuje i.v. RF, RA povolí škrtidlo a přitlačí čtvereček, který přelepí náplastí. Pacient si pevně drží místo vpichu, přemístí se do čekárny a je mu doporučeno přijímat více tekutin. Obdrží již zmíněný lístek s časem vyšetření a popisem přípravy před vyšetřením tj. normálně jíst, více pít, před snímkováním se vymočit na toaletě a vyčkat přede dveřmi příslušné gamakamery. Do dokumentace lékař zaznamená čas, místo a způsob aplikace a lékař se zde podepíše (Příl. D).

3.2.2 Nastavení gamakamery

Vyšetření se provádí na dvojhlavé gamakameře (Obr. 15). Do počítače RA zadá údaje o pacientovi, zvolí statický režim záznamu ledvin a zkontroluje správnost nastavení přístroje. Okénko analyzátoru se nastavuje na fotopík 140 keV, matice 256x256. Pokud je nízká četnost detekovaných impulzů a velmi jemná matice, může se projevit vysoký šum v obraze. Je možné použít také kolimátor pinhole, pokud je třeba vysoké prostorové rozlišení. U dětí je možné nastavit zoom 1-2 pro přizpůsobení zorného pole kamery tak, aby v něm byla celá požadovaná oblast. Radiologický asistent kontroluje správný výběr kolimátoru tedy nízkoenergetického, paralelního s vysokým rozlišením. Dále RA připraví vyšetřovací stůl použitím nové jednorázové podložky.



Obrázek 15 - Dvojhlavá kamera

3.2.3 Příprava pacienta

Před vlastním vyšetřením RA upozorní pacienta, aby si došel na toaletu a poté ho pozve do vyšetřovny. Radiologický asistent již nyní dodržuje odstup od pacienta při komunikaci kvůli

radiační ochraně. Zeptá se pacienta na jméno a datum narození, zda dostatečně pil a vymočil se. Pacient si odloží věci, svlékne si boty a kalhoty pokud obsahují kovové předměty. Radiologický asistent informuje pacienta o průběhu vyšetření, sděluje mu, že vyšetření bude trvat asi 10 minut, že bude po celou dobu ležet na zádech a neměl by se hýbat. Zeptáme se, zda všemu porozuměl a jestli nemá ještě nějaké otázky. Radiologický asistent uloží pacienta na záda na vyšetřovací stůl, ruce si dá podél těla a RA ho zafixuje pomocí pásů na suchý zip. Pomocí ovladače s ním zajede mezi kolimátory. Upraví polohu pacienta tak, aby zorné pole gamakamery pokrývalo oblast zájmu. Pacient je poučen, aby se již nehýbal a pokud by něco potřeboval, aby zavolal.

3.2.4 Vlastní vyšetření

Radiologický asistent spouští vyšetření a odchází do ovladovny, odkud sleduje pacienta okénkem z olovnatého skla. Po skončení statické scintigrafie je možno doplnit dle indikace lékaře SPECT. Při SPECT vyšetření se provádí 120 projekcí, úhel rotace je 360° , 3° na jednu rotaci a matice se nastavuje na 128×128 . Pacientovi dává RA pokyn, aby si dal ruce za hlavu a v klidu ležel (Obr. 16).



Obrázek 16 - Uložení pacienta při SPECT vyšetření

Nezapomene informovat pacienta o tom, že se hlavy gamakamery budou kolem něho otáčet v těsné blízkost (Obr. 17). Poté RA spouští vyšetření a opět odchází do ovladovny, kde je chráněn před účinky IZ.



Obrázek 17 – Otáčení detektorů gamakamery při SPECT vyšetření

Po skončení vyšetření se pacient oblékne a je poučen o vyhýbání se dětem, těhotným ženám a nutnosti hodně pít, aby se RF vyloučilo. Nakonec RA odesílá data z vyšetření dle zvyklosti pracoviště ke zpracování lékaři a v dokumentaci stvrdí svým podpisem, že provedl vyšetření.

4 DISKUZE

Cílem bakalářské práce bylo charakterizovat úlohu radiologického asistenta při dynamické a statické scintigrafii ledvin. Pro posouzení se zaměřím na to, co je společné pro obě vyšetření a v čem se naopak odlišují. Společné pro obě vyšetření je přijetí pacienta na oddělení, zkontrolování údajů, podepsání informovaného souhlasu, edukace pacienta a i.v. aplikace RF. Přístrojové vybavení používané k vyšetření jsou jednohlavá nebo dvouhlavá scintilační kamera s nízkoenergetickým, paralelním kolimátorem s vysokým rozlišením. Příprava je také totožná u obou vyšetření. Důležitá je správná hydratace pacienta, vymočení před vyšetřením a v průběhu vyšetření je po pacientovi žádána neměnná poloha.

Základní odlišnost metod je v indikacích a získaných informacích. Dynamická scintigrafie slouží k separovanému posouzení funkce ledvin a např. k odlišení obstrukce močových cest od dilatace kalichopánvičkového systému. Principem je sledování distribuce RF při vylučování ledvinami. Statická scintigrafie posuzuje stav funkčního parenchymu, ložiskových změn a podává informace o uložení ledvin. Podstatou je zachycení RF, které setrvává v parenchymu ledvin delší dobu. Rozdílná je také doba od aplikace RF po spuštění vyšetření. U dynamické scintigrafie se spouští vyšetření v momentu aplikace RF, zatímco při statické scintigrafii je vyšetření zahájeno nejméně 2 hodiny po aplikaci RF. Dynamická scintigrafie se odlišuje měřením aktivity RF ve stříkačce před aplikací RF a po ní. Získá se tak přesná hodnota aplikované aktivity RF. Aktivita radiofarmaka u statické scintigrafie je ověřena pomocí měřiče aktivity. Rozdílnost metod vyplývá také z farmakokinetiky RF využívaných při těchto vyšetřeních. Využívanými radiofarmaky při dynamické scintigrafii jsou $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$, který je z organismu vylučován převážně tubulární sekrecí a $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ vylučovanou glomerulární filtrací. Radiofarmakem využívaným při statické scintigrafii je $^{99m}\text{Tc-DMSA}$, která je vylučována především buňkami proximálních tubulů a jen částečně glomerulární filtrací.

Činnosti radiologického asistenta jsou bezpochyby důležité pro správné provedení vyšetření. Mezi klíčové činnosti patří poučení pacienta o hydrataci, vymočení před vyšetřením, neměnné poloze během vyšetření, ale také o tom, že se po aplikaci RF stává zdrojem ionizujícího záření. Pro pacienta je tato informace důležitá v tom, aby si udržoval odstup nejen od lidí okolo něho např. v čekárně, ale také od zdravotníků z důvodu jejich radiační ochrany. Nedostatečná hydratace nebo nevymočení pacienta před vyšetřením mohou způsobit zpomalení odtoku moči z kalichopánvičkového systému. Neměnnou polohou v průběhu

vyšetření se docílí odstranění pohybových artefaktů. Součástí poučení pacienta by mělo být upozornění o dodržování odstupu od malých dětí a těhotných žen po vyšetření a také dostatečné hydrataci, která vede k častějšímu močení a snížení radiační dávky. Další důležitou činností je uložení pacienta na vyšetřovací stůl tak, aby v zorném poli byla zachycena požadovaná oblast. Posledním důležitým krokem je nastavení parametrů vyšetření, které jsou sice již přednastaveny, ale radiologický asistent je individuálně může měnit pro správné zobrazení. U dětí se např. nastavuje zoom.

Metody nukleární medicíny umožňují získat informace o funkci ledvinné tkáně, aniž by bylo nutné používat invazivní postupy a podávat kontrastní látky, to vše při velmi malé radiační zátěži. Dalšími zobrazovacími metodami, používanými k vyšetření ledvin jsou UZ, MR a CT. Pro hodnocení akutního poranění ledvin, hydronefrózy či vyloučení vývojových anomálií je metodou první volby UZ. Pokud nelze UZ definovat obstrukci, lze využít MR či CT, ale funkční hodnocení obstrukce lze nejlépe provést metodami nukleární medicíny. K vyšetření zánětu ledvin je možné využít CT či UZ. V případě neurčitěho nálezu na UZ nebo pokud je potřeba se vyvarovat IZ, např. při těhotenství, lze využít MR. K hodnocení renovaskulární hypertenze lze využít dopplerovský UZ, MR, CT i scintigrafie ledvin s podáním ACEI. Dopplerovský UZ lze také použít k hodnocení transplantace ledvin a metoda může být doplněna MR či CT. Scintigrafií ledvin lze vyhodnotit perfuzi, vylučovací funkci ledvin nebo obstrukci.⁴⁷

Ultrazvuk lze využít u mnoha onemocnění ledvin. Studie, které porovnávají UZ se statickou scintigrafií ledvin u akutní pyelonefritidy, se ve výsledcích shodují. Práce porovnávala ultrazvukové vyšetření s B záznamem a energetickým dopplerovským záznamem se statickou scintigrafií ledvin, při použití ^{99m}Tc-DMSA, u dětí s akutní pyelonefritidou. Na základě zjištěných výsledků vyplynulo, že ani jedna z ultrazvukových metod není rozhodující metodou pro diagnózu akutní pyelonefritidy v dětském věku.⁴⁸ Dále se posuzoval pouze energetický dopplerovský UZ pro diagnostiku akutní pyelonefritidy v porovnání se statickou scintigrafií při použití ^{99m}Tc-DMSA. Výsledky však ukázaly, že ultrazvuk má poměrně nízkou citlivost a specificitu pro prokázání pyelonefritidy, ale může být doplňkovým vyšetřením pro statickou scintigrafii.⁴⁹ Tyto výsledky potvrdila i studie z roku 2018, kde se pro prokázání akutní pyelonefritidy porovnávala citlivost a specificita mezi ultrasonografií a statickou scintigrafií.⁵⁰

Další studií bylo srovnání UZ s dynamickou scintigrafií ledvin u kojenců s hydronefrózou. Dopplerovský UZ však vykazoval rozdílné výsledky ve srovnání s radionuklidovou metodou, a proto nemůže tuto metodu nahradit.⁵¹ Aktuálnější studie porovnávající dynamickou scintigrafii s UZ nebyly nalezeny.

5 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo poukázat na důležitost a různorodost práce radiologického asistenta při dynamické a statické scintigrafii ledvin. Prvním cílem práce bylo charakterizovat obě vyšetření. Druhý cíl se týkal náplně práce radiologického asistenta při těchto vyšetřeních, kdy byly využity poznatky z praxe na Oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici Hradec Králové. Cíle byly v rámci obsahu bakalářské práce splněny.

Dynamická a statická scintigrafie jsou velmi využívanou metodou zobrazování ledvin. Rozdílnost metod vychází z indikací k vyšetření, farmakokinetiky používaných radiofarmak a doby od aplikace radiofarmaka do spuštění vyšetření. Klíčové činnosti radiologického asistenta při vyšetření jsou důkladná edukace pacienta, správné nastavení parametrů vyšetření a zachycení požadované oblasti v zorném poli scintilační kamery. Správné provedení vyšetření a edukace pacienta jsou nezbytnou podmínkou pro získání kvalitní diagnostické informace, kterou lékař nukleární medicíny zpracovává.

Radionuklidové vyšetřovací metody zůstávají metodou volby při zobrazování ledvin v mnoha indikacích. Ultrazvukové metody nejsou dostatečně citlivé a mohou sloužit pouze jako doplňkové metody ke scintigrafickým vyšetřením, např. u akutní pyelonefritidy nebo hydronefrózy.

Bakalářská práce doplněná o obrazovou dokumentaci by měla přiblížit praktické provedení vyšetření nejen široké veřejnosti, ale také studentům v oboru radiologický asistent.

6 POUŽITÁ LITERATURA

1. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína: učební text*. 6. přepracované vydání, (v Nakladatelství P3K vydání druhé). V Praze: P3K, 2015, 161 s. ISBN 978-80-87343-54-8.
2. MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2007, 131 s. Skriptum. ISBN 978-80-244-1723-3.
3. MÍKOVÁ, Vlasta. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, 2008, 118 s. ISBN 978-80-7262-533-8.
4. HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 138 s. Skripta. ISBN 978-80-244-2350-0.
5. ČESKO. Zákon č. 201/2017 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-201>
6. ČESKO. fragment vyhlášky č. 391/2017 Sb., vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 55/2011 Sb., o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků, ve znění vyhlášky č. 2/2016 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-391#f6151286>
7. VLČEK, Petr. *Praktická cvičení z nukleární medicíny*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2010, 187 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-80-246-1819-7.
8. ČESKO. Vyhláška č. 422/2016 Sb. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. [cit. 2. 2. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>
9. ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.
10. KOLEKTIV AUTORŮ. Charakteristika ionizujícího záření. In: *Radiobiologie* [online], 2011. [cit. 2. 2. 2019]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/13/131.html>
11. KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 201 s. Skripta. ISBN 978-80-244-4031-6.
12. SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2018, 273 s. ISBN 978-80-271-0709-4.

13. SHARP, Peter F., Howard G. GEMMELL a Alison D. MURRAY. *Practical Nuclear Medicine*. 3rd edition. London: Springer, 2005, 361 s. ISBN 978-1-85233-875-6.
14. ŠPINAR, Jindřich a Ondřej LUDKA. *Propedeutika a vyšetřovací metody vnitřních nemocí*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2013, 336 s. ISBN 978-80-247-4356-1.
15. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012, 97 s. ISBN 978-80-7464-183-1.
16. *Státní ústav pro kontrolu léčiv*, Příbalová informace [online]. [cit. 2. 2. 2019]. Dostupné z: www.sukl.cz/download/pil/PII1590.doc
17. NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Třetí, doplněné a přepracované vydání. Praha: Galén, 2015, 416 s. ISBN 978-80-7492-206-0.
18. MARIEB, Elaine Nicpon a Jon MALLATT. *Anatomie lidského těla*. Brno: CP Books, 2005, 863 s. ISBN 80-251-0066-9.
19. ROKYTA, Richard. *Fyziologie*. Třetí, přepracované vydání. Praha: Galén, 2016, 434 s. ISBN 978-80-7492-238-1.
20. TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Praha: Grada, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
21. TESAŘ, Vladimír a Otto SCHÜCK. *Klinická nefrologie*. Praha: Grada, 2006, 650 s. ISBN 80-247-0503-6.
22. ZAMBORYOVÁ, J. et al. Akutní pyelonefritida u dětí do dvou let věku. *Pediatric pro praxi* [online]. 2012, roč. 13, č. 6, s. 244-246. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN1803-5264. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2012/04/08.pdf>
23. HANUŠ, Tomáš a Petr MACEK. *Urologie pro mediky*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, 2015, 305 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-80-246-3008-3.
24. TEPLAN, Vladimír. *Nefrologické minimum pro klinickou praxi*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Mladá fronta, 2017, 319 s. ISBN 978-80-204-4370-0.
25. MUNTAU, Ania. *Pediatric*. Praha: Grada, 2009, 581 s. ISBN 978-80-247-2525-3.
26. PEREGIN, J., BÜRGELOVÁ, M. Renovaskulární onemocnění - klinický obraz, diagnostika a terapie. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2009, roč. 11, č. 6, s. 267-271.

[cit. 2. 2. 2019]. ISSN 1803-5256. Dostupné z:
<https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2009/06/04.pdf>

27. TEPLAN, Vladimír. *Praktická nefrologie*. 2. zcela přeprac. vyd. Praha: Grada, 2006, 496 s., [12] s. barev. obr. příl. ISBN 80-247-1122-2.

28. MARINESCU, G. The value of scintigraphy in diagnosis of renal disease. *Revista Română de Urologie* [online]. 2012, vol. 11, no. 1, pp. 12-16. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN 1223-0650. Dostupné z: <http://revista-urologia.ro/wpcontent/uploads/2012/04/The-value-of-scintigraphy-in-diagnosis-of-renal-disease.pdf>

29. KAWACIUK, Ivan. *Urologie*. Praha: Galén, 2009, 531 s. ISBN 978-80-7262-626-7.

30. GUNDERMAN, Richard B. *Essential radiology: clinical presentation, pathophysiology, imaging*. Third edition. New York: Thieme, 2014, 326 s. ISBN 978-1-60406-573-2.

31. DOHNÁLEK, Josef a M. STÁRKOVÁ. *Radiofarmaka - příprava a použití v nukleární medicíně*. Brno: Ústav pro další vzdělávání středních zdravotních pracovníků, 1980, 55 s.

32. BAKOS, Karel a Václav HUŠÁK. *Nukleární medicína: učebnice pro střední zdravotnické školy, obor radiologický laborant*. Praha: Avicenum, 1985, 293 s.

33. Věstník MZČR, 2016. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, roč. 2016, částka 2. Dostupné z: https://www.mzcr.cz/dokumenty/nuklearni-medicina_8773_3050_3.html

34. SEEMAN, Tomáš a Jan JANDA. *Dětská nefrologie*. Praha: Mladá fronta, 2015, 525 s. Edice postgraduální medicíny. ISBN 978-80-204-3360-2.

35. KORANDA, P. et al. Vyšetřovací metody nukleární medicíny v pediatrii. *Pediatric pro praxi* [online]. 2005, roč. 6, č. 6, s. 310-313. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN1803-5264. Dostupné z: <http://www.pediatricpropraxi.cz/artkey/ped-200506-0009.php>.

36. VENGLÁŘOVÁ, Martina a Gabriela MAHROVÁ. *Komunikace pro zdravotní sestry*. Praha: Grada, 2006, 144 s. ISBN 80-247-1262-8.

37. LANGMEIER, Josef a Dana KREJČÍŘOVÁ. *Vývojová psychologie*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2006, 368 s. ISBN 80-247-1284-9.

38. VIKLICKÝ, Ondřej, Sylvie SULKOVÁ a Ivan RYCHLÍK. *Vyšetřovací metody v nefrologii a jejich klinická aplikace*. Praha: Tigis, 2007, 182 s. ISBN 978-80-903750-4-8.

39. KLINGENSMITH, William C. *The Mathematics and Biology of the Biodistribution of Radiopharmaceuticals - A Clinical Perspective*. Springer [online]. 2016, 274 s. [cit. 2. 2. 2019]. ISBN 978-3-319-26702-9. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=P8ntCwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=KLINGENSMITH,+William+C.+The+Mathematics+and+Biology+of+the+Biodistribution+of+Radiopharmaceuticals&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwiz0eKTtK3hAhXjwMQBHQTWA9QQ6AEIKDA#v=onepage&q=KLINGENSMITH%2C%20William%20C.%20The%20Mathematics%20and%20Biology%20of%20the%20Biodistribution%20of%20Radiopharmaceuticals&f=false>
40. CHROUSTOVÁ, D. et al. Postavení dynamické scintigrafie ledvin s furosemidovým testem v diagnostice obstrukčních uropatií v dětském věku. *Československá pediatrie*. 2003, roč. 58, č. 3, s. 129-133. ISSN 0069-2328.
41. LIU, Y. et al. The F+0 Protocol for Diuretic Renography Results in Fewer Interrupted Studies Due to Voiding Than the F-15 Protocol. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 2005, vol. 46, no. 8, pp. 1317–1320. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/46/8/1317.full>
42. MÁLEK, F. Inhibitory angiotenzin-konvertujícího enzymu v terapii kardiovaskulárních onemocnění - tradiční a nové indikace pro klinické použití lékové skupiny. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2002, roč. 4, č. 8, s. 374-378. ISSN 1803-5256. [cit. 2. 2. 2019]. Dostupné z: https://www.solen.cz/artkey/int-200208-0003_Inhibitory_angiotenzin-konvertujiciho_enzymu_v_terapii_kardiovaskularnich_onemocneni-tradicni_a_n.php
43. SANCHES, A. et al. The accuracy of 99mTc-DTPA scintigraphy in the evaluation of acute renal graft complications. *International braz j urol* [online]. 2003, vol. 29, no. 6, pp. 507-516. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN 1677-5538. Dostupné z: <http://www.scielo.br/pdf/ibju/v29n6/v29n6a05.pdf>
44. ROSSLEIGH, M. Renal Cortical Scintigraphy and Diuresis Renography in Infants and Children. *The Journal of Nuclear Medicine* [online]. 2001, vol. 42, no. 1, pp. 91 – 95. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN 2159-662X. Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/42/1/91.full>
45. STROHFELDT, Katja A. *Essentials of Inorganic Chemistry: For Students of Pharmacy, Pharmaceutical Sciences and Medicinal Chemistry* [online]. United Kingdom: John Wiley, 2015, 288 s. [cit. 2. 2. 2019]. ISBN 978-0-470-66558-9. Dostupné z:

<https://books.google.cz/books?id=kaN2BgAAQBAJ&pg=PA254&dq=DMSA+formula&hl=c&sa=X&ved=0ahUKEwjZluPaxcrhAhWolxQKHaeMAyAQ6AEIQTAD#v=onepage&q=DMSA%20formula&f=false>

46. TEPLAN, Vladimír. *Infekce ledvin a močových cest v dospělém a dětském věku*. Praha: Grada, 2004, 252 s., 25 obr. na příl. ISBN 80-247-0566-4.

47. BREWSTER Ursula C., et al. Renal Imaging: Core Curriculum. *American Journal of Kidney Diseases* [online]. 2019, vol. 73, no. 4, pp 552-565 [cit. 2. 2. 2019]. ISSN 1523-6838. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272638619300290>

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

49. CHOI, J. Y., et al. Power Doppler Sonography for the Upper Urinary Tract Infection in Children. *Yeungnam University Journal of Medicine* [online]. 2007, vol. 24, no. 2, pp. 179-185. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN 2384-0293. Dostupné z: <https://yujm.yu.ac.kr/journal/view.php?doi=10.12701/yujm.2007.24.2.179>

50. BAE, H. J. et al., 2018. Comparison of 99mTc-DMSA Renal Scan and Power Doppler Ultrasonography for the Detection of Acute Pyelonephritis and Vesicoureteral Reflux. *Childhood Kidney Diseases* [online]. Vol. 22, no. 2, pp. 47-51. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN 2384-0250. Dostupné z: <http://www.chikd.org/journal/view.php?number=686>

51. LIEPE K., TAUT-SACK, H. Can renal Doppler sonography replace diuretic radionuclide renography in infants with hydronephrosis? *The Turkish Journal Pediatrics* [online]. 2006, vol. 48, no. 3, pp. 221-227. [cit. 2. 2. 2019]. ISSN 0041- 4301. Dostupné z: <http://www.turkishjournalpediatrics.org/?fullTextId=340>

7 PŘÍLOHY

Příloha A - <i>Informovaný souhlas - dynamická scintigrafie ledvin</i> (Fakultní nemocnice Hradec Králové)	60
Příloha B - <i>Informovaný souhlas - zadní strana</i> (Fakultní nemocnice Hradec Králové)	61
Příloha C - <i>Informovaný souhlas - statická scintigrafie</i> (Fakultní nemocnice Hradec Králové)	62
Příloha D - <i>Informovaný souhlas - zadní strana</i> (Fakultní nemocnice Hradec Králové)	63
Příloha E - <i>Informace o vyšetření a čas snímkování</i> (Fakultní nemocnice Hradec Králové)...	64

Příloha A - Informovaný souhlas - dynamická scintigrafie ledvin (Fakultní nemocnice Hradec Králové)

**Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce
s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gamakameře**

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: **Pojišťovna:**

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

.....
příjmení jméno titul pracovní zařazení
(zdravotní sestra, zřízenec)

Plánovaný výkon: **Dynamická scintigrafie ledvin**

Radiofarmakum: ^{99m}Tc-MAG3

Vážená paní, vážený pane,

na základě Vašeho zdravotního stavu doporučil Váš ošetřující lékař scintigrafické vyšetření na našem oddělení. Vyšetření se provádí na gamakameře po předchozí aplikaci radiofarmaka (léku označeného radioaktivním izotopem), obvykle nitrožilní. Zobrazení záchytu radiofarmaka umožňuje posoudit stav orgánů, přítomnost patologických ložisek apod.. Dle potřeby je scintigrafie doplněna nízkodávkovým CT. Interval mezi aplikací a vyšetřením závisí na typu výkonu. Vyšetření způsobuje nevelkou radiační zátěž organismu.

Nežádoucí vedlejší účinky (alergické reakce) se po aplikaci radiofarmak vyskytují zcela ojediněle. Pokud by se objevily po odchodu z našeho oddělení, obraťte se na svého ošetřujícího lékaře nebo pohotovost v místě bydliště, event. na Oddělení urgentní medicíny FN HK (495834120 nebo 495834130).

Před vyšetřením sdělte případné alergie v minulosti, u žen v reprodukčním věku těhotenství, podezření na těhotenství, kojení.

V den vyšetření je doporučen zvýšený příjem tekutin. Po vyšetření není nutné omezení obvyklého způsobu života, nedochází ke změně pracovní způsobilosti, není třeba měnit Váš léčebný režim. Po celý den vyšetření, je třeba omezit kontakt s malými dětmi a těhotnými ženami.

Podrobnější dotazy Vám ochotně zodpoví lékař aplikující radiofarmakum nebo jiný lékař oddělení.

Byl/a jsem srozumitelně seznámen/a s průběhem vyšetření. Byly mi zodpovězeny všechny mé otázky, a to srozumitelně, včetně všech rizik či komplikací.

Prohlašuji, že jsem lékařům nezamlčel/a žádné údaje o svém zdravotním stavu (včetně alergií), mně známé, které by mohly nepříznivě ovlivnit průběh vyšetření. Současně prohlašuji, že v případě výskytu neočekávaných komplikací, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně mého života nebo zdraví souhlasím s tím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví.

Souhlasím s plánovaným vyšetřením dne: v hodin

Podpis:

Příloha B - Informovaný souhlas – zadní strana (Fakultní nemocnice Hradec Králové)

Aplikace radiofarmaka

Čas:

Způsob: i.v. s.c. jiný:

Místo: kubitální žíla vpravo vlevo

 předloktí vpravo vlevo

 dorsum ruky vpravo vlevo

 dorsum nohy vpravo vlevo

 jiné

Dle anamnestických údajů: Gravidita: ANO NE Kojení: ANO NE

Alergie:

Lékař/ka provádějící poučení a aplikaci radiofarmaka. Lékařské ozáření schválil/a lékař/ka:

– jmenovka a podpis:

Aplikace furosemidu

Čas:

Způsob: i.v. s.c. jiný:

Místo: kubitální žíla vpravo vlevo

 předloktí vpravo vlevo

 dorsum ruky vpravo vlevo

 dorsum nohy vpravo vlevo

 jiné

Lékař/ka provádějící poučení a aplikaci radiofarmaka. Lékařské ozáření schválil/a lékař/ka:

– jmenovka a podpis:

Vyšetření provedl/a:

Příloha C - Informovaný souhlas - statická scintigrafie (Fakultní nemocnice Hradec Králové)

Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gamakameře

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: Pojišťovna:

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

.....
příjmení jméno titul pracovní zařazení
(zdravotní sestra, zřízenec)

Plánovaný výkon: **Statická scintigrafie ledvin**

Radiofarmakum: ^{99m}Tc-DMSA

Vážená paní, vážený pane,

na základě Vašeho zdravotního stavu doporučil Váš ošetřující lékař scintigrafické vyšetření na našem oddělení. Vyšetření se provádí na gamakameře po předchozí aplikaci radiofarmaka (léku označeného radioaktivním izotopem), obvykle nitrožilní. Zobrazení záchytu radiofarmaka umožňuje posoudit stav orgánů, přítomnost patologických ložisek apod.. Dle potřeby je scintigrafie doplněna nízkodávkovým CT. Interval mezi aplikací a vyšetřením závisí na typu výkonu. Vyšetření způsobuje nevelkou radiační zátěž organismu.

Nežádoucí vedlejší účinky (alergické reakce) se po aplikaci radiofarmak vyskytují zcela ojediněle. Pokud by se objevily po odchodu z našeho oddělení, obraťte se na svého ošetřujícího lékaře nebo pohotovost v místě bydliště, event. na Oddělení urgentní medicíny FN HK (495834120 nebo 495834130).

Před vyšetřením sdělte případné alergie v minulosti, u žen v reprodukčním věku těhotenství, podezření na těhotenství, kojení.

V den vyšetření je doporučen zvýšený příjem tekutin. Po vyšetření není nutné omezení obvyklého způsobu života, nedochází ke změně pracovní způsobilosti, není třeba měnit Váš léčebný režim. Po celý den vyšetření, je třeba omezit kontakt s malými dětmi a těhotnými ženami.

Podrobnější dotazy Vám ochotně zodpoví lékař aplikující radiofarmakum nebo jiný lékař oddělení.

Byl/a jsem srozumitelně seznámen/a s průběhem vyšetření. Byly mi zodpovězeny všechny mé otázky, a to srozumitelně, včetně všech rizik či komplikací.

Prohlašuji, že jsem lékařům nezamlčel/a žádné údaje o svém zdravotním stavu (včetně alergií), mně známé, které by mohly nepříznivě ovlivnit průběh vyšetření. Současně prohlašuji, že v případě výskytu neočekávaných komplikací, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně mého života nebo zdraví souhlasím s tím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví.

Souhlasím s plánovaným vyšetřením dne: v hodin

Podpis:

Příloha D - Informovaný souhlas – zadní strana (Fakultní nemocnice Hradec Králové)

Aplikace radiofarmaka

Čas:

Způsob: i.v. s.c. jiný:

Místo: kubitální žíla vpravo vlevo

 předloktí vpravo vlevo

 dorsum ruky vpravo vlevo

 dorsum nohy vpravo vlevo

 jiné

Dle anamnestických údajů: Gravidita: ANO NE Kojení: ANO NE

Alergie:

Lékař/ka provádějící poučení a aplikaci radiofarmaka. Lékařské ozáření schválil/a lékař/ka:

– jmenovka a podpis:

Vyšetření provedl/a:

Příloha E - Informace o vyšetření a čas snímkování (Fakultní nemocnice Hradec Králové)

D M S A

- Před vyšetřením na oddělení nukleární medicíny můžete normálně jíst.
- Snímky se provádějí nejdříve za 2,5 hodiny.
- Po aplikaci injekce doporučujeme v průběhu celého dne více pít.
- Před snímkováním je potřeba se vymočit na WC, vyčkat přede dveřmi příslušné gamakamery na vyzvu laborantky.

Čas snímkování