

Univerzita Pardubice

Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při využití scintigrafických metod v dětské  
nefrologii a urologii

Lucie Šabatová

Bakalářská práce

2013

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lucie Šabatová**  
Osobní číslo: **Z10278**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při využití scintigrafických metod v dětské nefrologii a urologii**  
Zadávací katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

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

1. Sběr informací a studium literatury.
2. Stanovení cílů a metod práce.
3. Konzultace s vedoucím práce.
4. Vypracování teoretické části.
5. Vypracování praktické části.
6. Závěrečná diskuze, zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**  
Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


1. MÍKOVÁ, Vlasta. Nukleární medicína - Průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína. Praha: Galén, 2008. ISBN 978-80-7262-533-8.
2. LEBL, Jan, Kamil PROVAZNÍK, Ludmila HEJCMANOVÁ et al. Preklinická pediatrie. 2. vyd. Praha: Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-438-6.
3. JANDA, Jan. Dětská nefrologie. Praha: Galén, 2006. ISBN 80-7262-378-8.
4. MYSLIVEČEK, Miroslav. Nukleární medicína. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-802-4417-233.
5. ČIHÁK, Radomír. Anatomie 2. 2. vyd. Praha: Grada, 2002, 488 s. ISBN 80-247-0143-X.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kulíř**  
Fakulta zdravotnických studií

Datum zadání bakalářské práce: **1. října 2012**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2013**

  
prof. MUDr. Arnošt Pellant, DrSc.  
děkan

L.S.

  
Ing. Jana Holá, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 6. března 2013

Prohlašuji:

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

Byl jsem seznámen 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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 4.5.2013

Lucie Šabatová

## Poděkování

Děkuji Ing. Jiřímu Kulířovi za metodické vedení bakalářské práce, poskytnutí cenných rad a podkladů k práci a za vstřícný a trpělivý přístup. Dále děkuji zaměstnancům oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové, za jejich ochotu a zodpovězení všech mých dotazů.

V Pardubicích 4.5.2013

Lucie Šabatová

## **Anotace**

Tématem mé bakalářské práce je úloha radiologického asistenta při využití scintigrafických metod v dětské nefrologii a urologii. V teoretické části jsem se zaměřila obecně na nukleární medicínu, její historii, přístroje, které se v tomto oboru využívají a radiofarmaka. Jedna z kapitol mé práce pojednává o základech radiační ochrany. Dále je v teoretické části popsána anatomie močového ústrojí a anatomie mužského pohlavního ústrojí a nejčastější choroby v dětské nefrologii a urologii vyšetřované scintigrafickými metodami, které popisují. V praktické části mé práce popisují samotnou úlohu radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny a detailní postup u vybraných scintigrafických vyšetření využívaných pro diagnostiku v dětské nefrologii a urologii. Vybrala jsem statickou a dynamickou scintigrafii ledvin, nepřímou a přímou mikční cystografii a scintigrafii skróta a testes.

## **Klíčová slova**

radiologický asistent, nukleární medicína, scintigrafie, uropoetický systém, děti

## **Title**

The role of the radiology assistant in the application of scintigraphic methods in pediatric nephrology and urology

## **Anotation**

My bachelor thesis was focused on the role of the radiology assistant in the application of scintigraphic methods in pediatric nephrology and urology. The theoretical section was dealing with nuclear medicine in general, its history, devices used in this field and radiopharmaceuticals. One of the chapters was dedicated to radiological protection. Moreover, anatomy of the urinary tract and the male reproductive system were described along with the most frequent diseases in pediatric nephrology and urology that are diagnosed using scintigraphic methods which were further discussed. The practical part was devoted to the description of the actual role of the radiology assistant at the department of nuclear medicine and detailed procedures of selected scintigraphic utilized pediatric nephrology and urology diagnostics. The selected techniques included static and dynamic renal scintigraphy, direct and indirect radionuclide voiding cystography, scrotal and testicular scintigraphy.

## **Keywords**

radiology assistant, nuclear medicine, scintigraphy, uropoetic system, children

## **Obsah**

ÚVOD.....	12
TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1 Nukleární medicína *(Kupka, Brousil).....	14
1.1 Historie nukleární medicíny *(Hušák, Krupka).....	14
2 Radiační ochrana .....	17
2.1 Principy radiační ochrany .....	17
2.2 Zářiče v nukleární medicíně .....	18
2.3 Kategorizace pracovišť.....	19
2.4 Kategorizace radiačních pracovníků .....	19
2.5 Likvidace radioaktivního odpadu.....	20
3 Přístroje v nukleární medicíně.....	21
3.1 Detektory ionizujícího záření.....	21
3.1.1 Ionizační detektory záření .....	21
3.1.2 Scintilační detektor.....	21
3.2 Scintilační kamera .....	23
3.2.1 Kolimátory.....	24
3.3 Emisní tomografie .....	25
3.3.1 SPECT.....	25
3.3.2 SPECT/CT.....	26
3.3.3 PET.....	26
3.3.4 PET/CT.....	27
4 Radiofarmaka .....	28
4.1 <sup>99m</sup> Tc-DTPA.....	28
4.2 <sup>99m</sup> Tc-MAG3.....	28
4.3 <sup>99m</sup> Tc- DMSA.....	29
4.4 <sup>99m</sup> Tc-pertechnetát sodný.....	29



5	Anatomie .....	30
5.1	Vývoj uropoetického systému .....	30
5.2	Anatomie močového ústrojí.....	30
5.2.1	Ledviny.....	31
5.2.2	Kalichy ledvinové a pánvička ledvinová.....	32
5.2.3	Močovod.....	33
5.2.4	Močový měchýř .....	33
5.2.5	Močová trubice .....	33
5.3	Anatomie mužského pohlavního ústrojí.....	33
5.3.1	Varlata .....	34
5.3.2	Šourek – Scrotum.....	35
5.3.3	Chámovod – ductus deferens.....	35
5.3.4	Prostata .....	36
5.3.5	Mužská trubice močová.....	36
5.3.6	Penis .....	37
6	Dětská nefrologie a urologie .....	38
6.1	Akutní pyelonefritida .....	38
6.2	Chronická pyelonefritida .....	38
6.3	Vezikouretelární reflux.....	39
6.4	Hydronefróza .....	40
6.5	Torze varlete .....	41
	PRAKTICKÁ ČÁST .....	42
7	Úloha radiologického asistenta .....	42
7.1	Poučení pacienta .....	42
7.2	Aplikace radiofarmaka – intravenózně.....	42
8	Statická scintigrafie ledvin.....	45
9	Dynamická scintigrafie ledvin .....	47

10	Mikční cystografie.....	50
10.1	Nepřímá mikční cystografie.....	50
10.2	Přímá mikční cystografie.....	52
10.2.1	Cévkování ženy.....	52
10.2.2	Přímá mikční cystografie.....	52
11	Scintografie Skróta a Testes.....	55
	DISKUZE.....	58
	ZÁVĚR.....	60
	PŘÍLOHY.....	61
	POUŽITÁ LITERATURA.....	65
	SEZNAM PŘÍLOH.....	67

## **Seznam ilustrací a tabulek**

Obrázek 1 - Princip scintilační kamery .....	24
Obrázek 2 – SPECT .....	26
Obrázek 3 – PET .....	27
Obrázek 4 - Tabulka radiofarmak používaných pro scintigrafie ledvin.....	28
Obrázek 5 - Anatomie močového ústrojí.....	31
Obrázek 6 – Příčný řez ledvinou .....	32
Obrázek 7 - Varle a nadvarle v příčném řezu .....	34
Obrázek 8 – Scrotum.....	35
Obrázek 9 - Prostata, měchýřkové žlázy, chámovody a jejich vztah k močovému měchýři ...	36
Obrázek 10 - Průběh močové trubice u muže .....	37
Obrázek 11 – Penis.....	37
Obrázek 12 - <i>Mezinárodní klasifikace VUR</i> .....	39
Obrázek 13 – Hodnoty faktor F u dětí.....	43
Obrázek 14 - aplikace radiofarmaka intravenózně.....	44
Obrázek 15 - aplikace radiofarmaka intravenózně přes kanylu .....	44
Obrázek 16 - Tabulka aktivit radiofarmaka DMSA podle hmotnosti pacienta. ....	45
Obrázek 17 - Nastavení jednohlavé planární gamakamery pro dynamickou scintigrafii ledvin .....	48
Obrázek 18 - <i>Dynamická scintigrafie ledvin <sup>99m</sup>Tc-MAG3</i> .....	48
Obrázek 19 - <i>Dynamická scintigrafie s <sup>99m</sup>Tc-MAG3</i> .....	49
Obrázek 20 - <i>Dynamická scintigrafie s <sup>99m</sup>Tc-MAG3</i> .....	49
Obrázek 21 - Jednohlavá planární gamakamera .....	50
Obrázek 22 - Vertikální nastavení gamakamery.....	51
Obrázek 23 - <i>Přímá radionuklidová mikční cystografie</i> .....	53
Obrázek 24 - <i>Přímá radionuklidová cystografie</i> .....	54
Obrázek 25 - <i>Přímá radionuklidová cystografie</i> .....	54
Obrázek 26 - Nastavení gamakamery pro scintigrafii skróta a testes. ....	56
Obrázek 27 - <i>Scintigrafie skróta a testes</i> .....	56
Obrázek 28 - <i>Scintigrafie skróta a testes</i> .....	57
Obrázek 29 - <i>Scintigrafie skróta a testes</i> .....	57
Tabulka 1 – Limity .....	18

## ÚVOD

Tématem mé bakalářské práce je úloha radiologického asistenta při využití scintigrafických metod v dětské nefrologii a urologii. Scintigrafická vyšetření ledvin a močových cest patří mezi často využívané metody v nukleární medicíně a mají nezastupitelné místo, nejen v diagnostice chorob v dětské nefrologii a urologii. Můžeme díky nim získat neinvazivně řadu informací nejen o funkci, ale i morfologii dětského uropoetického systému. Výhodou scintigrafických vyšetření je neinvazivita a možnost zobrazení funkce ledvin a močových cest bez zasažení do fyziologických procesů v těle pacienta. Těmito radionuklidovými vyšetřeními vzniká pro pacienta přijatelná radiační zátěž, proto jsou to vhodná vyšetření i pro dlouhodobé monitorování funkčnosti a vývoje uropoetického systému i u dětí. V mé bakalářské práci popisuji úlohu radiologického asistenta u vybraných scintigrafických vyšetření. Vybrala jsem nejzákladnější vyšetření, mezi které patří statická scintigrafie ledvin, dynamická scintigrafie ledvin, nepřímá mikční cystografie navazující na dynamickou scintigrafii ledvin a samostatná přímá mikční cystografie a scintigrafické vyšetření skróta a testes. Praktická část mé práce pojednává o úloze radiologického asistenta u těchto vyšetření, jak vyšetření probíhá a co vše je úkolem radiologického asistenta. Také tam popisuji úlohu radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny, jak by měl radiologický asistent pacienta před vyšetřením řádně poučit, co vše by se měl pacient před vyšetřením dozvědět. Popisuji, jak probíhá aplikace radiofarmaka, co všechno má mít asistent připraveno. Praktické části, však předchází část teoretická, ve které pojednávám obecně o nukleární medicíně, o její historii, o přístrojích využívaných na tomto oddělení. V kapitole radiofarmaka jsou uvedeny základní informace o radiofarmacích používaných u vybraných vyšetření. Důležitou kapitolou mé práce je kapitola o radiační ochraně na oddělení nukleární medicíny. Radiologický asistent na tomto oddělení je neustále vystaven radiační zátěži, proto by měl znát základní principy radiační ochrany, limity ozáření, kategorizaci pracovníků i pracovišť a další základní informace, které jsou uvedeny v této kapitole. V teoretické části popisuji anatomii uropoetického systému a jeho vývoj u dětí, a také anatomii mužského pohlavního ústrojí, kvůli scintigrafickému vyšetření skróta a testes. Nejčastější choroby, kvůli kterým jsou scintigrafické vyšetření v dětské nefrologii a urologii indikována jsou také popsány v teoretické části mé práce. Byla bych ráda, kdyby moje bakalářská práce byla další literaturou, kterou mohou radiologičtí asistenti použít při hledání informací o

úloze radiologického asistenta při scintigrafických metodách v dětské nefrologii a urologii.

**Cíl:** Cílem mé bakalářské práce je dobře popsat úlohu radiologického asistenta při využití scintigrafických metod v dětské nefrologii a urologii. Vytvořit dokument, ve kterém bude popsán obor nukleární medicíny se zaměřením na základní scintigrafické metody používané pro diagnostiku nejčastějších chorob v dětské nefrologii a urologii. Popsat úlohu radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny a detailní postup při vybraných vyšetřeních.

# TEORETICKÁ ČÁST

## **1 Nukleární medicína**

Nukleární medicína je moderní medicínský obor, zabývající se diagnostikou a terapií pomocí otevřených zářičů. V nukleární medicíně se nejvíce využívá zobrazovací diagnostika, méně potom laboratorní diagnostika a terapie. Nejčastěji se využívají scintigrafické zobrazovací metody. Zobrazuje se pomocí scintilační kamery, kde základ tvoří scintilační detektor, podle toho scintigrafie. Snímáme tak prostorové rozložení aplikovaného radiofarmaka ve vyšetřované oblasti. Diagnostické metody se v moderní medicíně neustále zkvalitňují. Zavádí se nová přístrojová a výpočetní technika, zlepšuje se dosažitelnost nových radiofarmak, vznikají tak například i nové zobrazovací vyšetřovací metody. Ovlivníme tak rychlost a přesnost stanovené diagnózy, tím i časnost zahájení léčby a tím pádem i dobu nemoci a úspěšnost léčby.

### **1.1 Historie nukleární medicíny**

*„Použití radioaktivních nuklidů v biologických vědách se datuje od začátku tohoto století. Zpočátku ojedinělé pokusy vyústily v padesátých letech v obsáhlé disciplíny experimentální, analytické a klinické. Jednoduchá pokusná metoda stopování osudu zajímavých sloučenin ve spleti intermediálního metabolismu se neobyčejně osvědčila, přinesla mnoho přesvědčivých výsledků a časem přerostla v systém metodických postupů, které byly využitelné v humánní diagnostice. Aplikace otevřených zářičů při léčbě nádorů přispěla k vytvoření ucelené koncepce samostatného oboru, který se zabývá mnohostranným využitím jaderného záření v lékařství. V řadě států vzniká nový obor v systému lékařských disciplín – nukleární medicína.“<sup>1</sup>*

V roce 1913 maďarský chemik Gyorgy Hevesy objevil tzv. indikátorový a stopovací princip. Na tomto principu jsou založeny metody nukleární medicíny. Základem je to, že radioaktivní izotopy reagují chemicky stejně jako stabilní izotopy téhož prvku. Radionuklidy jsou viditelné díky pronikavému záření, to vzniká radioaktivní přeměnou atomových jader a je vyzařováno do okolí. Díky tomu lze sloučeniny, které jsou radioaktivně označeny sledovat, a jejich množství můžeme změřit pomocí detektorů

---

<sup>1</sup> (Bakos & Hušák, 1985) s. 11

záření gama. Pan Gyorgy Hevesy v roce 1943 za tento objev získal Nobelovu cenu za chemii.

*„Počátky využití radioaktivních indikátorů v lékařské diagnostice se datují do třicátých a čtyřicátých let dvacátého století. Hevesyho biologické experimenty s fosforem <sup>32</sup>P inspirovaly lékaře Massachusettské všeobecné nemocnice v Bostonu, kteří začali využívat radionuklidy jódu <sup>128</sup>I a <sup>131</sup>I nejprve pro studium fyziologie a později pro diagnostiku chorob štítné žlázy. Ve druhé polovině čtyřicátých let byl vyvinut vysoce směrově citlivý detektor, s jehož pomocí se dalo zjistit, zda hmatný uzel ve štítné žláze akumuluje jód. Pohybem detektoru nad štítnou žlázou a zápisem výsledku měření na papír vznikla mapa rozložení aktivity představující první obraz, jódový sken štítné žlázy. Primitivní přístroj byl zdokonalen a použitím scintilačního detektoru s mnohaděrovým konvergentním kolimátorem, který se počátkem padesátých let začal využívat pro rutinní vyšetření štítné žlázy v klinice. V průběhu padesátých let došlo k obrovskému rozvoji přístrojové techniky a radiofarmacie a scintigrafická vyšetření se rozšířila do všech klinických oborů.“<sup>2</sup>*

*„V ČSSR je nukleární medicína samostatným lékařským oborem. První koncepce oboru byla schválena MZd ČSR v roce 1966 a její novelizace v roce 1972. Radioizotopové vyšetřovací metody byly pro svou specifickou, nenahraditelnou jinými postupy zařazeny do základních vyšetřovacích metod, tzv. komplementu. Nukleární medicína byla v ČSSR uznána jako nástavbový specializační obor a specialistou se může stát lékař s předchozí atestací z vnitřního lékařství, pediatrie, radioterapie nebo chirurgie.“<sup>3</sup>*

Na počátku třetího tisíciletí začínáme využívat poznatky na molekulové úrovni, tím se mění i metodologie nejen nukleární medicíny. Nukleární medicína je však obor nejlépe připraven na využití poznatků molekulární biologie a genetiky v medicínské praxi. Radiofarmaka, která v dnešní moderní době máme k dispozici, již pracují svými účinky na molekulové úrovni. Využíváme toho nejvíce v diagnostice, kde díky scintigrafii a aplikaci vhodného radiofarmaka in vivo, můžeme vyšetřit morfologické i funkční změny orgánů v těle pacienta ve zdravý i za patologických stavů. Používáme zobrazovací metody jak statické, tak funkční a dynamické studie. Díky radioimunologickým metodám můžeme vyšetřit i obsah důležitých látek v plazmě a jiné. Do oboru nukleární medicína patří také

---

<sup>2</sup> (Kupka, Kubinyi, & Šámal, 2007) s. 13

<sup>3</sup> (Bakos & Hušák, 1985) s. 11

radionuklidová terapie, kde se využívá postupů s aplikací radioaktivního otevřeného zářiče do těla pacienta.

Z důvodu používání otevřených zářičů se oddělení nukleární medicíny řadí mezi riziková pracoviště. Oddělení nukleární medicíny proto podléhá dohledu a souhlasu pracovníka radiační hygieny, jak při svém vzniku, tak dále i při svém provozu. Zaměstnanci oddělení nukleární medicíny pracují v rizikovém prostředí, pracují s ionizujícím zářením, které může poškodit jejich zdraví. Proto pro tato oddělení platí státní normy a právní nařízení.



## **2 Radiační ochrana**

*„Práce na oddělení nukleární medicíny, tak jako na všech pracovištích s ionizujícím zářením, se v oblasti radiační ochrany řídí zásadami v soulase s následujícími předpisy: Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Vyhláška č. 307/2002 Sb. O radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů.“<sup>4</sup>*

Pro radiologického asistenta jsou na oddělení nukleární medicíny nejdůležitější 3 základní způsoby ochrany před zářením. Je to ochrana časem, vzdáleností a stíněním. Radiologický asistent má tedy s pacientem být co nejkratší dobu, manipulovat s ním co nejméně a pokud to jde být pořád pár kroků od něj nebo ve vedlejší místnosti odkud už je chráněn větší vzdáleností i zdí nebo dveřmi. Je to teoreticky velice lehce řečeno, bohužel v praxi radiologický asistent samozřejmě musí s pacientem manipulovat a být u něj pokud je to potřeba. Pacienti sami si neuvědomují, že z nich vychází záření, které je pro nás škodlivé, ale hlavně i to, že nejsou jediní, se kterými ten den přijdeme do styku. Proto musí být radiologický asistent rychlý a občas trošku nekompromisní. Na vyšetření také často chodí starší pacienti, kterým je potřeba pomoci správně ulehnout a poté vstát. Opět je potřeba pracovat co nejrychleji a nejefektivněji.

### **2.1 Principy radiační ochrany**

Radiační ochrana má čtyři základní principy. Patří mezi ně: princip optimalizace, princip zdůvodnění, princip nepřekročení limitů a princip fyzické bezpečnosti zdrojů. Jejich cílem a hlavním cílem radiační ochrany je zcela vyloučit deterministické účinky ionizujícího záření a omezit na přijatelnou úroveň riziko vzniku stochastických účinků. Pokud provádíme činnost vedoucí k ozáření, jsme povinni dodržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby rizika ohrožení zdraví a životního prostředí byly tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek. To je myšleno principem optimalizace. U principu zdůvodnění musí být každá naše činnost odůvodněná přínosem tak, aby převážila riziko, jež při této činnosti vzniká nebo by mohlo vzniknout. Princip nepřekročení limitů je založen na tom, že každé ozáření osob musí být omezeno tak, aby nepřesáhlo stanovené limity. Tento princip však neplatí pro lékařské ozáření, pro ozáření osob z důvodu diagnostiky nebo léčby. Usměrnování lékařské expozice se řídí principem optimalizace a zdůvodnění.

---

<sup>4</sup> (Kupka, Kubinyi, & Šámal, 2007) s. 26

Tabulka 1 – Limity<sup>5</sup>

	Obecné limity	Limity pro radiační pracovníky	Limity pro učně a studenty
Efektivní dávka za rok	1mSv	50mSv	6mSv
Efektivní dávka za 5let za sebou jdoucích	5mSv	100mSv	
Ekvivalentní dávka v oční čočce za rok	15mSv	150mSv	50mSv
Průměrná ekvivalentní dávka v 1cm <sup>2</sup> kůže za rok	50mSv	500mSv	150mSv
Ekvivalentní dávka na ruce (od prstů po předloktí) za rok		500mSv	150mSv
Ekvivalentní dávka na nohy (od chodidel po kotníky) za rok		500mSv	150mSv

Čtvrtým principem je fyzická bezpečnost zdrojů, které musí být zabezpečeny tak, aby nad nimi za předvídatelných podmínek nemohlo dojít ke ztrátě kontroly.

## 2.2 Zářiče v nukleární medicíně

Oddělení nukleární medicíny, je pracoviště kde se nejvíce používají otevřené zářiče. Jsou to zářiče, které nevyhovují podmínkám pro uzavřené zářiče. Jedná se o kapaliny nebo plyny, v radioterapii mohou být v podobě želatinových kapslí pro léčbu <sup>131</sup>I. Pokud otevřený zářič nepatří do nevýznamných zdrojů, je brán jako drobný zdroj, který má součet podílů radionuklidů a příslušných zprošťovacích úrovní aktivit menší než 10. Uzavřený zářič je takový zářič, který je zabezpečen tak, aby nebyl možný únik radionuklidu do okolí. Jeho těsnost se ověřuje předepsanými zkouškami. Používají se například v radioterapii v oblasti brachyterapie.

<sup>5</sup> ČESKO Vyhláška č. 307 ze dne 13. června 2002 Vyhláška o radiační ochraně. Dostupný z: [http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasiky/307\\_po\\_novele.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasiky/307_po_novele.pdf).

### **2.3 Kategorizace pracovišť**

Pokud se oddělení využívá jen pro diagnostické účely, patří do II. kategorie pracovišť. Na takových pracovištích se pracuje s otevřenými zářiči jen středních aktivit, musí tam být kontrolované pásmo a pracoviště musí být vybaveno ochrannými pomůckami včetně digestoře, popřípadě i oddělenou kanalizací aktivních odpadů. Pokud se na oddělení nukleární medicíny provádí i terapie, například terapie radiojódem, je řazeno do III. kategorie pracovišť. Takové pracoviště je určeno pro práci se silnými zdroji záření, uzavřenými zářiči i s vysokými aktivitami otevřených zářičů. Musí zde být kontrolované pásmo, které je od ostatních prostor odděleno hygienickými smyčkami s měřícím přístrojem i umývárnou. Pracoviště by mělo být stavebně upraveno a vybaveno tak, aby v případě kontaminace mohla proběhnout dekontaminace co nejrychleji a nejefektivněji. Podlahy a stěny musí být omyvatelné, podlahy vybavené odpadem. Pracoviště musí být vybaveno vhodným stíněním, manipulátory, digestořemi a přístroji pro ochrannou dozimetrii. Měla by být zajištěná dobrá filtrace vzduchu. Kapalné odpady musí odtékat do vymíracích jímek a musí zde být speciální místnosti pro skladování radionuklidů a radioaktivních odpadů.

Na oddělení nukleární medicíny musí být vymezeno kontrolované pásmo. Vymezuje se všude tam, kde by efektivní dávka mohla přesáhnout 6mSv ročně a ekvivalentní dávka by mohla překročit tři desetiny limitu pro oční čočku, kůži a končetiny. Kontrolované pásmo musí být stavebně oddělené, jednoznačně vymezené pracoviště se zamezením vstupu nepovolaných osob. Nad vchodem musí být označení „Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán“. Pro radiační pracovníky musí být zajištěna možnost převlékání a osobní očisty. Do kontrolovaného pásma mohou vstupovat jen osoby řádně poučené o tom, jak se tam mají chovat. Nemohou vstupovat těhotné ženy a osoby mladší 18let, s výjimkou studentu a pacientů jdoucích na vyšetření. Osoby vstupující do kontrolovaného pásma musí být vždy vybaveny přiměřenými ochrannými pomůckami. V kontrolovaném pásmu mohou pracovat jen radiační pracovníci kategorie A.

### **2.4 Kategorizace radiačních pracovníků**

Radiologický asistent pracující na oddělení nukleární medicíny se řadí do kategorie A. Do kategorie A patří radiační pracovníci, kteří mohou obdržet dávku vyšší jak 6mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny. Radiologický asistent na oddělení nukleární medicíny musí povinně nosit osobní termoluminiscenční, polovodičový dozimetr. Dozimetr nosí na přední levé straně hrudníku,

měří se tak osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10mm pod povrchem těla. Pracovníci, u nichž jsou vystaveny zvýšené expozici ruce, nosí prstové termoluminiscenční dozimetry, které měří osobní dávkový ekvivalent v hloubce 0,07mm pod povrchem těla. Radiační pracovník v kategorii A musí podstoupit vstupní lékařskou prohlídku při nástupu do zaměstnání, poté periodickou prohlídku 1x ročně, mimořádnou prohlídku v případě zjištění zvýšených dávek na dozimetru nebo v jiných mimořádných situacích a výstupní lékařskou prohlídku při odchodu ze zaměstnání. Měl by také absolvovat pravidelné proškolení a přezkoušení ze znalostí předpisů.

## **2.5 Likvidace radioaktivního odpadu**

Na pracovišti nukleární medicíny vznikají radioaktivní odpady. Při manipulaci s radiofarmaky, při jejich výrobě, při aplikaci radiofarmak pacientům i při samotných vyšetřeních. S takovým odpadem nemůžeme nakládat jako s běžným zdravotnickým odpadem. Radioaktivní odpad dělíme na pevný, kapalný a plyný a každý likvidujeme jinak. Pevný odpad dáváme do igelitových pytlů a ukládáme do vymíracích místností. Tam musí být po dobu 10 fyzikálních poločasů rozpadu daného radiofarmaka a poté odpad přeměříme. Hodnoty musí splňovat uvolňovací úroveň, poté se může odpad likvidovat běžným způsobem. Uvolňovací úroveň pro pevný odpad je dávkový příkon  $0.1 \mu\text{Sv/h}$  ve vzdálenosti 1 metr a aktivita  $3\text{kBq/kg}$ . Kapalný odpad se skladuje ve vymíracích jímkách také po dobu 10 fyzikálních poločasů rozpadu daného radiofarmaka. Nejčastěji je to  $^{131}\text{I}$ . Po přeměření a splnění hodnot uvolňovací úroveň může být kapalný odpad vypuštěn do splaškové vody. Uvolňovací úroveň pro kapalný odpad je aktivita  $450\text{Bq/l}$ . V lůžkové části oddělení nukleární medicíny, kde se provádí terapie  $^{131}\text{I}$ , vzniká plyný radioaktivní odpad. Vzduch tam prochází filtry, kde se radionuklid zachytí a s filtry je potom zacházeno jako s pevným radioaktivním odpadem. Při vyšetření plicní ventilace se používá  $^{133}\text{Xe}$ . Ten se z uzavřeného okruhu zachytává do igelitových pytlů, které jsou skladovány 10 fyzikálních poločasů rozpadu radionuklidu. Uvolňovací úroveň pro plyný odpad je  $50\text{Bq/m}^3$ .

## **3 Přístroje v nukleární medicíně**

### **3.1 Detektory ionizujícího záření**

*„Procesem detekce se rozumí převod energie záření absorbované v citlivém objemu detektoru na výstupní signál, jehož tvar a velikost závisí na druhu detektoru, na záření a způsobu zapojení detektoru.“<sup>6</sup>*

Přístroje pro detekci ionizujícího záření jsou základním nástrojem u radionuklidových vyšetření. Jelikož ionizující záření se lidskými smysly nedá zaznamenat, potřebujeme pro jeho registraci detektory. Ty se liší svým principem i provedením podle oblasti, ve které se používají. V nukleární medicíně nejvíce využíváme scintilační detektory, ty nejlépe snímají záření gama. Při měření aktivity radiofarmak se využívá ionizačních komor, pro záznam povrchové aktivity používáme proporcionální xenonové detektory. To jsou detektory založené na principu ionizace plynu. Pro osobní dozimetrii se pak využívají termoluminiscenční, filmové dozimetrie a jiné.

#### **3.1.1 Ionizační detektory záření**

Ionizační detektory záření jsou založeny na principu ionizace plynu, který je obsažen v detektoru. Neutrální atomy obsažené v plynné náplni nebo molekuly plynu se vlivem ionizujícího záření dělí a vznikají kladné ionty a elektrony. V plynné náplni detektoru jsou obsaženy dvě elektrody, ke kterým je připojen zdroj napětí a do obvodu je zapojen přístroj na měření proudu. Díky ionizujícímu záření dopadajícímu mezi elektrody tak vznikají záporné elektrony, které jsou přitahovány ke kladně nabitě elektrodě (anodě), a kladně nabitě ionty jsou přitahovány k záporné katodě. Vzniká tak proud, který se již dá měřit. Na tomto principu pracují ionizační komory, které se využívají jako měřiče aktivity pro výrobu radiofarmak a pro kontrolu jejich aktivity před podáním pacientům. Geiger-Müllerovy detektory se používají při měření dávkového příkonu. Proporcionální xenonové detektory pak při měření povrchové kontaminace na pracovištích.

#### **3.1.2 Scintilační detektor**

V oblasti nukleární medicíny je pro nás nejdůležitější detekce záření gama, což je největší výhodou scintilačních detektorů. Scintilační detektor je založen na jevu radioluminiscence neboli, na schopnosti luminiscence některých látek díky radioaktivnímu záření. Scintilačního detektoru se využívá u většiny vyšetření in vivo nebo in vitro v nukleární medicíně.

---

<sup>6</sup> (Dienstbier, 1971) s.27

„Scintilační detektor sestává ze tří částí: scintilačního krystalu, fotonásobiče a elektronické vyhodnocovací soupravy. Detekční látkou ve scintilačních krystalech používaných v nukleární medicíně jsou anorganické scintilátory, obvykle jodid sodný aktivovaný thalliem NaI(Tl). Interakce fotonového záření probíhá na základě fotoefektu nebo Comptonova jevu. Při nich se uvolňují elektrony, jež způsobují excitaci atomů detekční látky s následným vznikem scintilací (záblesků) viditelného světla. V důsledku vysoké hustoty a protonového čísla jódu ( $Z=53$ ) se v NaI(Tl) absorbuje záření gama velmi intenzivně. Důležitou vlastností scintilačního krystalu je skutečnost, že počet fotonů v jednom záblesku ve scintilátoru a tedy i výška impulzů na výstupu fotonásobiče, je přímo úměrná energii, kterou foton záření gama ztratil v detekční látce. Velikost a tvar scintilačního krystalu závisí na aplikaci, pro kterou se přístroj používá. Scintilační přístroj je připojen přes světlovodič k fotonásobiči. Při interakci fotonu ze scintilátoru s fotokatodou vznikne fotoelektron, který dopadne na první dynodu a způsobí emisi několika sekundárních elektronů. Na každé dynodě se takto znásobí počet elektronů a výsledkem je, že na anodu fotonásobiče dopadne cca  $10^6$  elektronů, které na výstupu fotonásobiče vytvoří proudový nebo napěťový impuls. Součástí detekčního zařízení je zdroj vysokého napětí, který zajišťuje rozložení napětí mezi fotokatodou, jednotlivé dynody a anodu. Rozdíl napětí mezi dynodami urychluje elektrony na dostatečnou energii potřebnou k vyvolání sekundární emise elektronů. Elektrické impulzy z výstupu jsou dále zpracovávány v elektronické části zařízení. Po zesílení jejich amplitudy (výšky) v zesilovači postupují impulzy do amplitudového analyzátoru, kde se třídí podle výšky. V nukleární medicíně se využívají přednostně takové impulzy, jejichž výška spadá do vhodně zvoleného „okna“ analyzátoru tvořeného dolní a horní diskriminační hladinou (napětím). Scintilačním detekčním zařízením s amplitudovým analyzátozem lze změřit rozložení výšek impulzů – scintilační spektrum zářiče gama, jež se skládá z jednoho či více fotopíků a Comptonova spojitého spektra. Impulzy v oblasti fotopíku přísluší fotonům gama, které ztratily ve scintilátoru celou svoji energii. V oblasti spojitého spektra se zaznamenávají impulzy odpovídající fotonům gama, které interagovaly Comptonovým rozptylem ve scintilačním krystalu nebo ve tkáni a pouze část jejich energie se absorbovala ve scintilátoru. Při všech vyšetřeních v nukleární medicíně se okno analyzátoru ve scintilačním spektru nastavuje na význačný fotopík měřeného radiofarmaka.“<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> (Kupka, Kubinyi, & Šámal, 2007) s. 36-37

Při vyšetření, u kterého používáme scintilační detektor, je důležité zjistit pozadí scintilačního detektoru. Před každým vyšetřením, před každým měřením radioaktivní látky je tedy důležité změřit pozadí detektoru bez přítomnosti látky, kterou hodláme měřit.

### 3.2 Scintilační kamera

Pro zobrazování rozložení radiofarmaka v těle se používá scintilační kamera. V dnešní době je to základní přístroj pro vytváření scintigrafických obrazů. Základními součástmi scintilační kamery jsou: scintilační krystal, světlovod, soustava fotonásobičů, kolimátor a vyhodnocovací a zobrazovací aparatura.

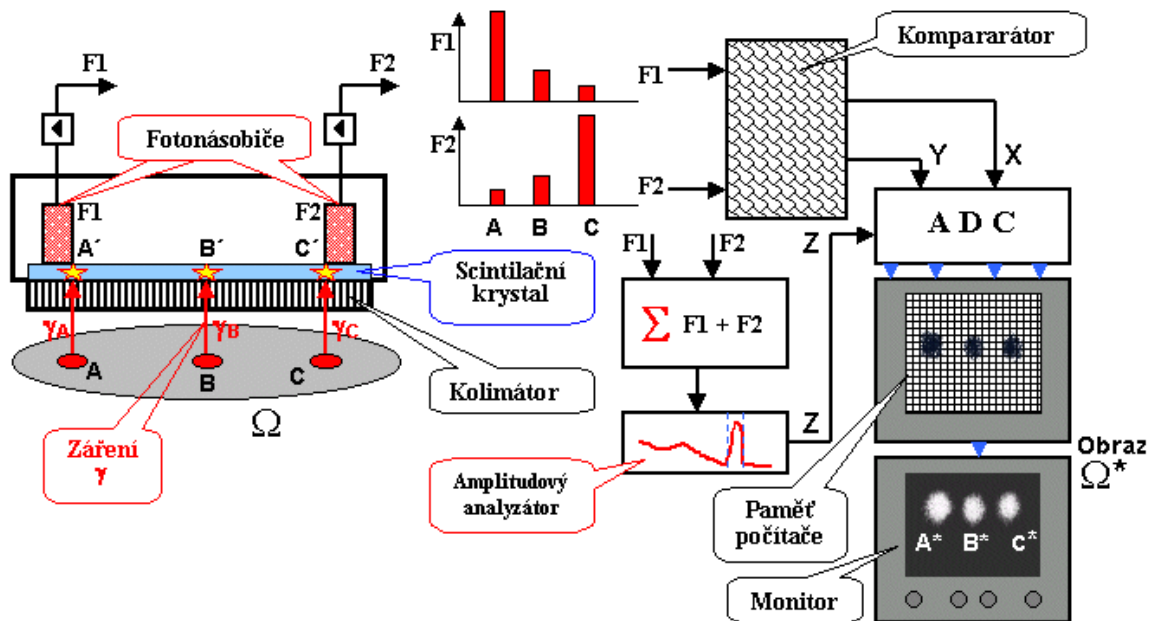
*„Scintilační krystalem je jodid sodný aktivovaný thalliem NaI(Tl) nejčastěji obdélníkového tvaru o rozměrech 40-50cm a tloušťce obvykle 12,7 mm u starších kamer nebo 9,5 mm u modernějších typů. Nad krystalem je uloženo 60-90 fotonásobičů připojených ke krystalu světlovodičem, který usnadňuje převod světelných fotonů ze záblesků v krystalu. Foton záření gama vyvolá v krystalu scintilaci, světelné fotony se šíří všemi směry a dopadají na fotokatody jednotlivých fotonásobičů.“<sup>8</sup>*

Všechny fotonásobiče mají své výstupní signály a nejvíce fotonů dopadne na fotonásobič, který je nejbližší místu záblesku neboli místu interakce fotonu gama s krystalem. Vznikne tam impulz, který je vyšší než impulzy z ostatních fotonásobičů. Na základě těchto informací se v počítači vypočítají výsledné souřadnicové impulzy X a Y, které dávají informaci o tom, kde v krystalu probíhá scintilace a tím značí místo v těle odkud byl foton z radiofarmaka vyzářen. Výstupní signály všech fotonásobičů se počítačově vyhodnotí a vzniknou tak impulzy, které jsou vedeny do amplitudového analyzátoru a jsou označovány Z. Soubor signálů X, Y a Z označuje místa scintilací na krystalu, vzniká tak na displeji počítače mapa stop po záblescích neboli obraz distribuce radiofarmaka v těle pacienta. V dnešní době se je již vše digitalizované, všechno se zpracovává přes počítače. Proto je elektronická aparatura kamery vybavena analogově-digitálním převodníkem. Je umístěn za každým fotonásobičem a převádí analogový signál na digitální. Digitální obraz rozděluje zorné pole detektoru na pixely. Nejčastěji se používají matice 64x64, 128x128 a 256x256. Důležitými detekčními parametry scintilační kamery je homogenita kamery, prostorové rozlišení, citlivost a energetická a časová rozlišitelnost. Homogenitou kamery se rozumí obraz rovnoměrného rozložení intenzity. Prostorová rozlišovací schopnost označovaná z anglického *full width at half maximum* FWHM je závislá hlavně na dvou komponentech, na vnitřním prostorovém

---

<sup>8</sup> (Kupka, Kubinyi, & Šámal, 2007) s. 37

rozdílení detektoru a na prostorovém rozdílení kolimátoru. Čím větší je vzdálenost od čela kolimátoru s paralelními otvory, tím horší je prostorová rozlišovací schopnost kolimátoru. Proto je nutné, aby detektor kamery byl během vyšetření co nejbližší tělu pacienta. Citlivost scintilační kamery je vlastně počet impulzů měřeným plošným zdrojem fotonového záření. Platí tady nepřímá úměra. Čím větší je citlivost, tím horší bude rozlišovací schopnost kamery (FWHM) a naopak.



Obrázek 1 - Princip scintilační kamery<sup>9</sup>

### 3.2.1 Kolimátory

Základní součástí gamakamery, kterou jako první prochází gama záření je kolimátor. Je potřeba provést co nejlepší distribuci radioaktivity ve vyšetřovaném objektu pomocí záření gama do roviny velkoplošného scintilačního krystalu. Finální kvalita scintilačního obrazu z části závisí i na vlastnostech kolimátoru. Bez kolimátoru by nám vznikl jen ozářený flek. Díky kolimátoru je usměrněn směr fotonů letících na scintilační krystal a pole zorné kamery. Je to clona ze stínícího materiálu, kterým je olovo nebo wolfram. Kolimátor je tvořen deskou s otvory určitého tvaru, velikosti a rozmístění. Fotony letící ke scintilačnímu krystalu procházejí jen otvory v kolimátoru, ostatní fotony letící jiným směrem dopadají na olovenou clonu a nejsou detekovány. Kolimátory se dělí do několika typů a dají se vyměňovat. Rozdělují se podle konfigurace otvorů, podle energie záření gama, pro kterou jsou vyrobeny, a podle citlivosti a rozdílení kolimátoru. Podle konfigurace otvoru se dělí na paralelní, kde

<sup>9</sup> DOLEŽAL, Jiří. Fyzika. ONM FN Hradec Králové, 2012, s.44



jsou otvory v jedné ose, obraz má stejnou velikost jako zobrazovaný objekt a používají se nejvíce. Dále pak kolimátor s konvergentními otvory, které se sbíhají do jednoho bodu neboli ohniska. Umožňuje zvětšení zobrazovaného objektu. Kolimátor divergentní má rozbíhající se otvory také do jednoho ohniska, což umožňuje zmenšení zobrazovaného objektu. A posledním typem je typ kolimátoru Pinhole. Je to jednoděrový kolimátor s malou detekční účinností, ale vysokou rozlišovací schopností. Využívá se hlavně při scintigrafickém vyšetření štítné žlázy. Podle energie záření gama se kolimátory dělí na kolimátory pro vysoké energie, střední energie a nízké energie. Čím vyšší energie, tím je kolimátor tlustší a čím užší jsou otvory v kolimátoru tím lepší je rozlišení. Kolimátory pro nízké energie se ještě dělí na kolimátory s vysokou senzitivitou, kolimátory s vysokým rozlišením a kolimátory s ultra vysokým rozlišením. Platí, že čím vyšší je detekční schopnost kolimátoru, tím horší je rozlišení.

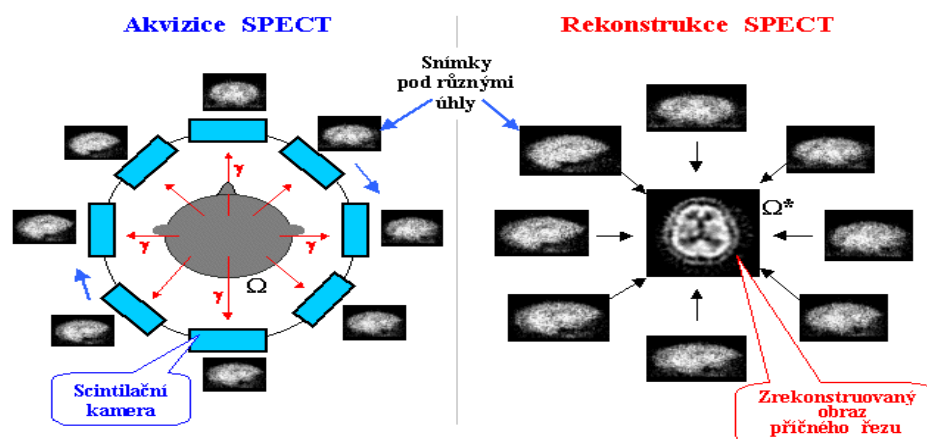
### **3.3 Emisní tomografie**

Tomografií se rozumí vyšetřovací postup pomocí, kterého zobrazujeme daný řez tkání vyjmutý z trojrozměrného objektu bez rušivého vlivu tkání ležících nad a pod vyšetřovanou vrstvou. Při zobrazování trojrozměrných objektů běžně dochází k vzájemnému překrývání vrstev. Cílem tomografie je vyrobit takový obrázek, na kterém lze zhodnotit všechny struktury s vysokým kontrastem a bez zkreslení. Díky emisní tomografii můžeme vidět trojrozměrné zobrazení distribuce radiofarmaka v organismu. Emisní tomografie registruje záření vycházející z radiofarmaka v těle pacienta, tím se odlišuje od rentgenové výpočetní tomografie.

#### **3.3.1 SPECT**

Single Photon Emission Computerised Tomography – jednofotonová emisní tomografie. Je to série planárních snímků daného místa na těle, pořízených pod různými úhly detektorem kamery, která obíhá po orbitě  $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$  kolem těla pacienta. Tomografické vyšetření má dvě fáze, nejprve proběhne záznam obrazu a potom jeho rekonstrukce. Záznam obrazu tedy získáme snímáním objektu z různých úhlů. Kamera se pohybuje plynule anebo po krocích. Dráha detektoru sleduje povrch těla pacienta nebo může být eliptická. Rekonstrukce obrazu může probíhat dvěma způsoby. Filtrovanou zpětnou rekonstrukcí nebo iterativní rekonstrukcí. Při zpětné rekonstrukci se jednotlivé projekce promítají zpět do prázdného obrazu v paměti počítače pod stejnými úhly, ale v opačném směru. Vzniká tak obraz dané oblasti, který je ale

nečitelný z důsledku hvězdicového artefaktu, který tam vzniká. Ten se potlačí díky použití digitální filtrace projekce, která velmi zkvalitní čitelnost obrazu. Druhou možností rekonstrukce je použití iterativní rekonstrukce, která je založena na principu postupného odhadování obrazu a opravy zobrazených vad. Je to výpočetně velmi náročná metoda, která se začíná využívat více až dnes díky moderní výkonné přístrojové technice.



Obrázek 2 – SPECT<sup>10</sup>

### 3.3.2 SPECT/CT

Hybridní systém SPECT/CT zahrnuje v jednom přístroji vedle sebe kameru pro SPECT i počítačový tomograf CT. Umožňuje tak získat fúzi funkčních a anatomických obrázků. Kamera SPECT a CT jsou postaveny za sebou a umožňují tak vyšší kvalitu vyšetření než obyčejné SPECT a CT samostatně. Jedinou nevýhodou je vyšší efektivní dávka pro pacienta.

### 3.3.3 PET

Pozitronová emisní tomografie je metoda využívající radionuklidy vyzařující pozitrony.

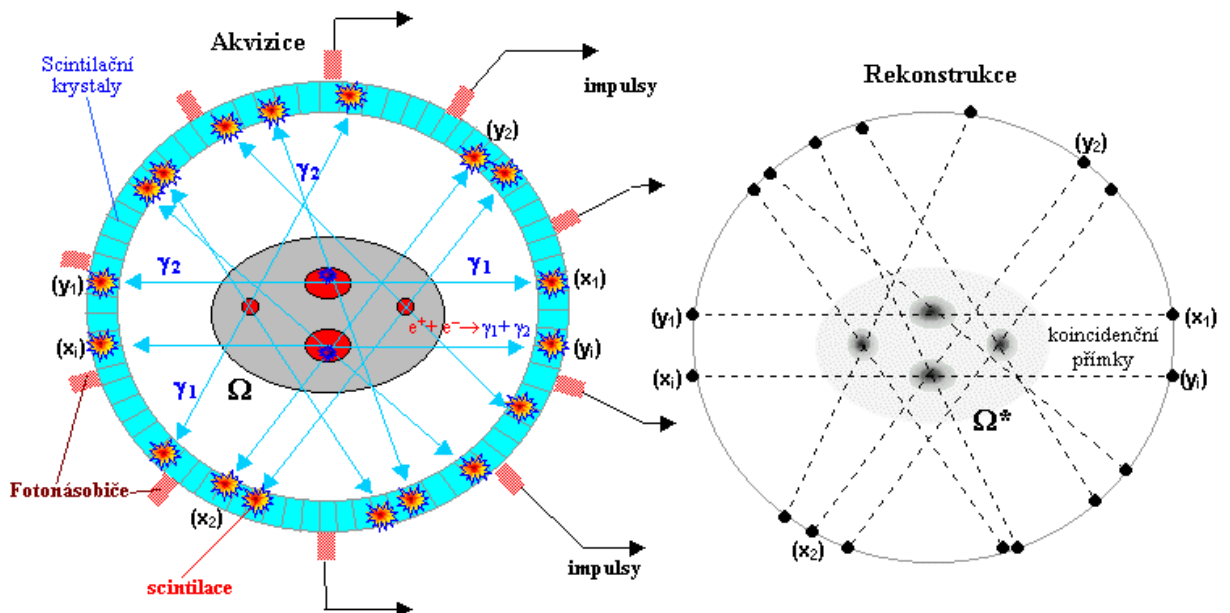
*„Pozitron po prolétnutí vzdáleností několika mm je anihilován ve tkáni za tvorby fotonového páru, tj. 2 fotonů, které vylétají z místa anihilace v úhlu 180° s energií vždy rovnou 511keV. Tyto geometrické podmínky a současný vznik 2 fotonů mají zásadní význam pro detekční charakteristiky v PET a následně i pro kvalitu zobrazení.“<sup>11</sup>*

Pro zobrazování pomocí PET nepotřebujeme kolimátor. Jelikož foton, který je zaznamenán na 2 protilehlých detektorech současně vymezuje čáru spojující tyto dva detektory. Tento způsob vymezení směru se nazývá elektronická kolimace. Principem detekce je tedy snímat jen ty fotony, které dopadají současně na dva protilehlé detektory. Přístroj PET je sestaven z mnoha

<sup>10</sup> DOLEŽAL, Jirí. Fyzika. ONM FN Hradec Králové, 2012, s.83

<sup>11</sup> (Bakos K. a., 1996) s. 29

stovek protilehlých detektorů tvořících prstavec a uvnitř se nachází vyšetřovaný objekt. Pozitronová emisní tomografie má přibližně 1000x vyšší citlivost detekce než SPECT a rozlišovací schopnost ve středu tomografického řezu je asi 2x vyšší než u SPECT. Detektory u PET jsou však kvůli vysoké energii anihilačního záření (511keV) vyráběny z jiného materiálu než NaI(Tl). Používají se scintilační detektory bismut germanium (BGO) nebo také lithium síra (LSO), mají větší hustotu a vyšší detekční účinnost. Detektorový prstavec bývá o průměru 60-80cm a scintilační detektory mívají rozměry 4x4 mm a jsou upevněny do bloků spolu s fotonásobiči. Jedním z největších rozdílů PET oproti SPECT je, že u SPECT se detektory otáčejí okolo pacienta, kdežto u PET jsou detektory stacionární, neotáčejí se a detektory snímají data ze všech projekčních úhlů současně.



Obrázek 3 – PET<sup>12</sup>

### 3.3.4 PET/CT

Hybridní systém PET/CT je založen na stejném principu jako SPECT/CT. Přístroj PET i CT jsou uspořádány přímo za sebou a umožňují tak přímou kombinaci funkčních a anatomických obrázků. Získáme tak lepší diagnostické možnosti, jelikož můžeme využít výhody obou metod současně. Fúze obrázku je kvalitnější oproti fúzi obrázků pořízených samostatně na PET a CT a poté sloučených dohromady až v počítačovém programu.

<sup>12</sup> DOLEŽAL, Jiří. Fyzika. ONM FN Hradec Králové, 2012, s.91

## 4 Radiofarmaka

Informace, které získáváme díky vyšetření v nukleární medicíně, hodně závisí na typu použitého radiofarmaka. Jsou to léčivé přípravky, které obsahují chemickou sloučeninu, která obsahuje radionuklid. Radiofarmaka používaná pro vyšetření ledvin jsou přehledně uvedené v následující tabulce.

<b>Glomerulární filtrace</b>		
$^{99m}\text{Tc}$ -DTPA	diethylentriaminopentaocetová kyselina	dynamická scintigrafie ledvin
<b>Tubulární sekrece</b>		
$^{123}\text{I}$ ( $^{131}\text{I}$ )-OIH	orto-jodhipuran	dynamická scintigrafie ledvin
$^{99m}\text{Tc}$ -MAG3	merkaptocetyltriglycin	dynamická scintigrafie ledvin
$^{99m}\text{Tc}$ -EC	ethylencysteín	dynamická scintigrafie ledvin
<b>Fixace v tubulárních buňkách</b>		
$^{99m}\text{Tc}$ -DMSA	dimerkaptojantarová kyselina	statická scintigrafie a SPECT ledvin
$^{99m}\text{Tc}$ -GHA	glukoheptonová kyselina	kombinovaná scintigrafie ledvin
<b>Jiná</b>		
Na $^{99m}\text{TcO}_4$	technecistan sodný	perfuze, přímá cystografie
$^{99m}\text{Tc}$ -Sn-koloid	cínový koloid	přímá cystografie
$^{111}\text{In}$ ( $^{99m}\text{Tc}$ )-Leu	značené leukocyty	diagnostika zánětů a rejekce štěpu
$^{67}\text{Ga}$ -citrát	galium citrát	diagnostika zánětů a nádorů

Obrázek 4 - Tabulka radiofarmak používaných pro scintigrafie ledvin<sup>13</sup>

Pro vyšetření ledvin jsou nejčastěji využívána tyto tři radiofarmaka.  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA,  $^{99m}\text{Tc}$ -MAG3 a  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA. Pro scintigrafii skróta a testes používáme  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetát sodný.

### 4.1 $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA

Diethylentriaminopentaocetová kyselina se vylučuje pouze glomerulární filtrací. Patří mezi chelátové sloučeniny. Používá se pro vyšetření glomerulární filtrace metodou plazmatické clearance a pro dynamickou scintigrafii ledvin. Její vylučování je však pomalejší, při jednom průtoku radiofarmaka ledvinami se vyloučí pouze 20% přitékajícího množství. Koncentrace radiofarmaka během vyšetření v ledvinách a moči tedy není moc vysoká.

### 4.2 $^{99m}\text{Tc}$ -MAG3

Merkaptocetyltriglycin je pro dynamickou scintigrafii vhodnější. Při jednom průtoku radiofarmaka ledvinami je vychytáno téměř 50% přitékajícího množství, v ledvinách a v moči je při vyšetření vyšší koncentrace radiofarmaka a díky tomu je mezi zobrazovanými strukturami vyšší kontrast a vyšetření je kvalitnější.  $^{99m}\text{Tc}$ -MAG se do krve vylučuje tubulární

<sup>13</sup> VIŽDA, Jaroslav. *Atlas of renal scintigraphy: Atlas scintigrafie ledvin*. 1. vyd. Prague: Agentura Pankrác, 2002, 72 s. ISBN 80-902-8736-0. s.6

sekrecí. 90% tohoto radiofarmaka je vázáno v plazmě na transportní bílkovinu proto jeho vylučování glomerulární filtrací je nevýznamné. Při normální funkčnosti ledvin by se během 30min po aplikaci radiofarmaka mělo vyloučit 70% a během dalších 3 hodin 95% podané aktivity radiofarmaka.

### **4.3 <sup>99m</sup>Tc- DMSA**

Dimerkaptojantarová kyselina je využívána hlavně pro statickou scintigrafii ledvin. Je vylučována tubulární sekrecí i glomerulární filtrací a dlouhodobě setrvává v tubulárních buňkách. Tím se nám dobře zobrazí tubulární masa a můžeme tak lépe detekovat ložiskové léze. Dobře se nám také zobrazí parenchym ledvin bez pánvičkových artefaktů, i při poruše odtoku moče.

### **4.4 <sup>99m</sup>Tc-pertechnetát sodný**

Pro scintigrafii skróta a testes používáme radiofarmakum  $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$  – technecistan (pertechnetát) sodný. Aplikujeme ho intravenózně do periferní žíly jako bolus. V krvi se naváže na transferin a další částičky krevní plasmy. Vychytává se ve štítné žláze, plexus chorioideus, slinných žlázách a sliznici žaludku. Vylučuje se převážně glomerulární filtrací, dále pak přes žaludeční sliznici do střevního traktu.

## **5 Anatomie**

### **5.1 Vývoj uropoetického systému**

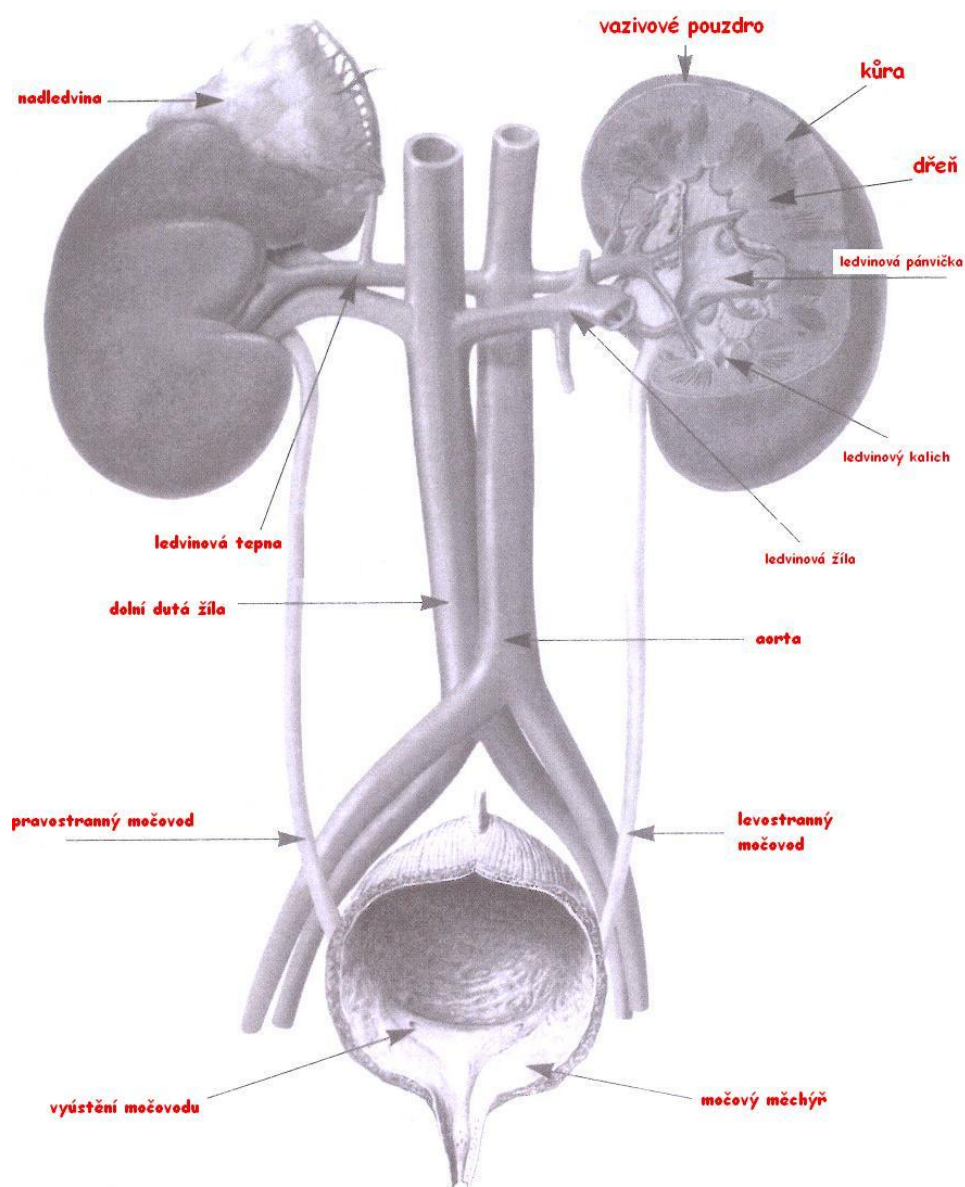
*„Ledviny u zralého novorozence jsou relativně velké a jsou umístěné výše (horní pól levé ledviny leží na úrovni 10. Hrudního obratle oproti 11.-12. hrudnímu obratli u dospělých, dolní póly ledvin dosahují do výše hřebenů kyčelních kostí). Pro správné posouzení velikosti ledvin používáme věkově specifické normy. K tomuto účelu je nejvhodnější vyšetření ultrazvukem. Rozdíl délky obou ledvin u zdravých dětí nemá přesáhnout 10 mm. Povrch ledvin pod pouzdem je renkulinizovaný (členěný do 10-20 lalůčků), zatímco u dospělých osob je hladký. Toto povrchové uspořádání je přechodné a mizí do 2 let života. Počet nefronů je při narození konečný, délka kapilár jednotlivých glomerulů však dosahuje pouze 30% délky u dospělého člověka. Důsledkem je funkční nezralost ledvin. Další příčinou nižší filtrační schopnosti u novorozence je i nevyzrálý epitel kapilárních kliček. Ledvinová pánvička je u novorozence a malého kojence štíhlá, ureter (u novorozence dlouhý 4-7 cm) se postupně prodlužuje na 26-28 cm na prahu dospělosti. Močový měchýř má u novorozence kapacitu 50-100 ml a je umístěn v břišní dutině. V nenaplněném stavu sahá svým okrajem přibližně do poloviny vzdálenosti mezi horním okrajem symfýzy a pupkem. Tyto anatomické poměry respektujeme nejen při fyzikálním vyšetření, ale především při vyšetření instrumentálním (např. při diagnostické punkci močového měchýře za účelem získání vzorku moči). Vývojově močový měchýř sestupuje a ve školním věku je v nenaplněném stavu již zcela skryt za symfýzou. Močová trubice novorozence je krátká, s věkem se postupně prodlužuje, a to více u chlapců než u děvčat. U novorozeného děvčátka je dlouhá 2-3 cm, u dospělé ženy 3-4 cm, zatímco u novorozeného chlapce měří 5-6 cm a u dospívajícího muže 16 cm. Relativně krátká uretra u dívek je jednou z příčin vyšší četnosti infekce močových cest ve srovnání s chlapci.“<sup>14</sup>*

### **5.2 Anatomie močového ústrojí**

Základním úkolem močového ústrojí je vyloučení rozpuštěných produktů látkové výměny z krve. K orgánům močového ústrojí patří ledviny (renes), které utvářejí moč, dále močové cesty, kterými moč odchází. Mezi ně patří kalichy ledvinové (calices renales), ty přijímají moč z vnitřku ledviny, pánvička ledvinová (pelvis renalis) tam přichází moč z kalichů a teče do močovodu. Levý a pravý močovod (ureter) transportují moč do močového měchýře (vesica urinaria), který funguje jako dočasná nádržka moče, která pak odtéká močovou trubicí (urethra) když moč odchází z těla ven při močení.

---

<sup>14</sup> (Lebl, Provazník, & Hejčmanová, 2003) s. 37



Obrázek 5 - Anatomie močového ústrojí<sup>15</sup>

### 5.2.1 Ledviny

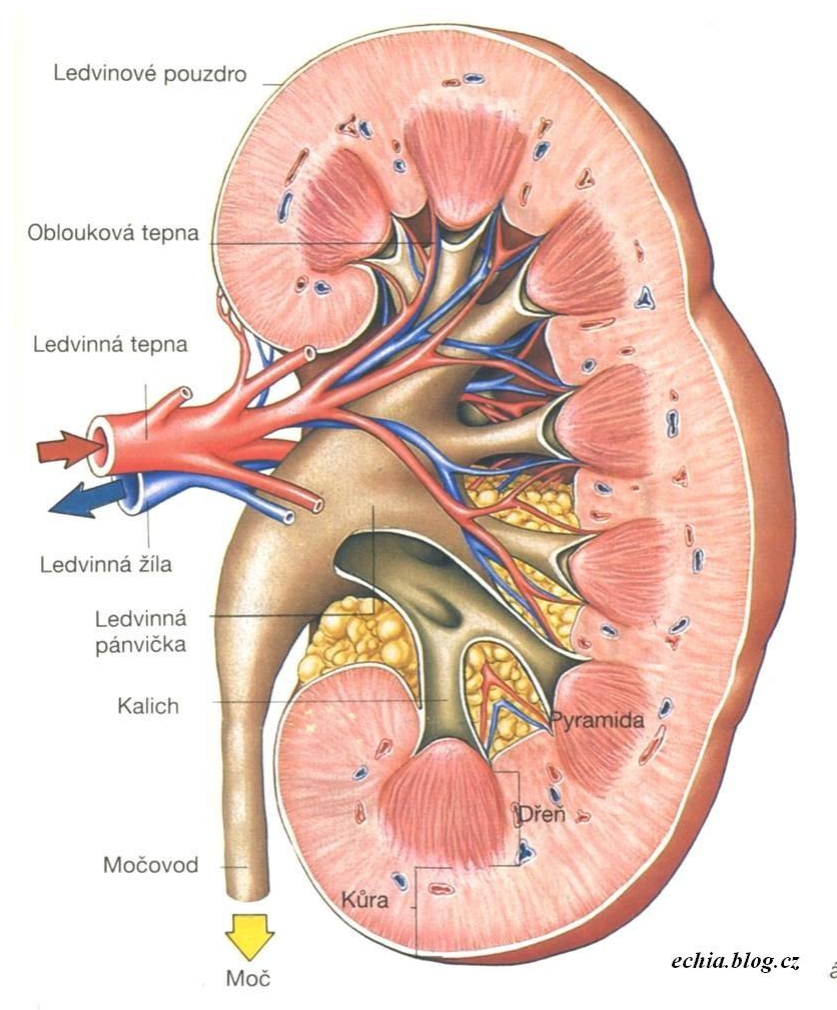
„Základní funkcí ledvin je exkrece moče, v níž odcházejí produkty metabolismu; v nich převažuje produkt přeměny bílkovin – močovina (v množství kolem 26 g za den); vylučováním solí a přebytku vody pomáhají ledviny udržovat vnitřní prostředí tkání a složení tělních tekutin – pokud jde o rovnováhu vody a o elektrolyty. Mají též funkce endokrinní, neboť produkují a do krve uvolňují renin, který ovlivňuje krevní tlak, erythropoetin, který ovlivňuje

<sup>15</sup> (<http://www.ulozto.cz/x2vtgEQ/mocove-ustroji-jpg>). [online z 16.4.2013]



krvetvorbu, a 1, 2 – hydroxycholecalciferol (derivát vitamínu D<sub>3</sub>), zapojený do regulace metabolismu vápníků.“<sup>16</sup>

Ledvina má typický tvar, nejlépe se dá tvarem i velikostí přirovnat k fazolovému bobu, je mu podobná tvarem obvodu i předozadním zploštěním. Povrch ledviny je hladký a má červenohnědou barvu.



Obrázek 6 – Příčný řez ledvinou<sup>17</sup>

### 5.2.2 Kalichy ledvinové a pánvička ledvinová

„Kalichy ledvinové obemykají ledvinové papily, buď jednotlivé, nebo dvě až tři papily současně. Mají pohárkovitý tvar a svým volným okrajem jsou spojené s tkání ledviny kolem papily. Jsou ukryty v tuku, který je vyplněn sinus renalis.“

<sup>16</sup> (Čihák, 2002) s. 227-228

<sup>17</sup> (<http://echia.blog.cz/1206/mocove-ustroji>). [online z 20.4.2013]



*„Ledvinová pánvička je rozšířený trojúhelníkovitý dutý útvar v hilu ledviny mezi větvíci se tepnami; do pánvičky shora a z laterální strany vstupují kalichy, mediokaudálním směrem z ní vystupuje ureter – močovod.“<sup>18</sup>*

*„Objem pánvičky činí podle tvaru 3 – 8 cm<sup>3</sup>, náplň přes 5 cm<sup>3</sup> však již zpravidla působí bolest.“<sup>19</sup>*

### 5.2.3 Močovod

*„Močovod je lehce oploštělá trubice délky 25-30 cm, a průměru 4 až 7 cm. Převádí moč z ledvinové pánvičky do močového měchýře.“<sup>20</sup>*

Močovod vychází z pánvičky ledvinové za renálními cévami. Sestupuje šikmo přes musculus psoas major, poté se ohýbá přes okraj malé pánve a do močového měchýře vstupuje laterálně shora, vstupuje do něj a naléhá na jeho sliznici.

### 5.2.4 Močový měchýř

Močový měchýř je dutý orgán, ve kterém se shromažďuje moč. Je vystlán sliznicí a je umístěn v malé pánvi za symfýzou. Tvar močového měchýře je různý podle pohlaví a věku, polohy a náplni orgánů okolo a náplně samotného měchýře. Fyziologická kapacita měchýře je 250 – 300 cm<sup>3</sup>, v té chvíli se dostavuje pocit nucení na močení. Močový měchýř však pojme i 500 – 700 cm<sup>3</sup>, při ochabnutí svaloviny i více. U ženy je močový měchýř větší a širší než u muže. U muže se zadní stěna měchýře stýká s rektum, to je přední stěnou obráceno nad prostatu. U ženy se zadní stěna měchýře dotýká klenby poševní a děložního hrdla.

### 5.2.5 Močová trubice

V anatomii močového ústrojí většinou popisujeme jenom ženskou močovou trubici. Mužská trubice močová patří pohlavní cesty, proto je popisována společně s mužskými pohlavními orgány. Močová trubice ženy je široká přibližně 7 – 8 mm a dlouhá 3 – 4 cm. Vede z močového měchýře před vagínou a ústí mezi malými stydkými pysky.

## 5.3 **Anatomie mužského pohlavního ústrojí**

U mužského pohlavního ústrojí jsou základem varlata. Varlata jsou párový orgán, který produkuje pohlavní buňky, u mužů spermie. Pohlavní buňky jsou odváděny pohlavními cestami. Základem mužských pohlavních cest je ductus Wolffii. Ductus Mulleri je základem

---

<sup>18</sup> (Čihák, 2002) s. 248

<sup>19</sup> (Čihák, 2002) s. 248

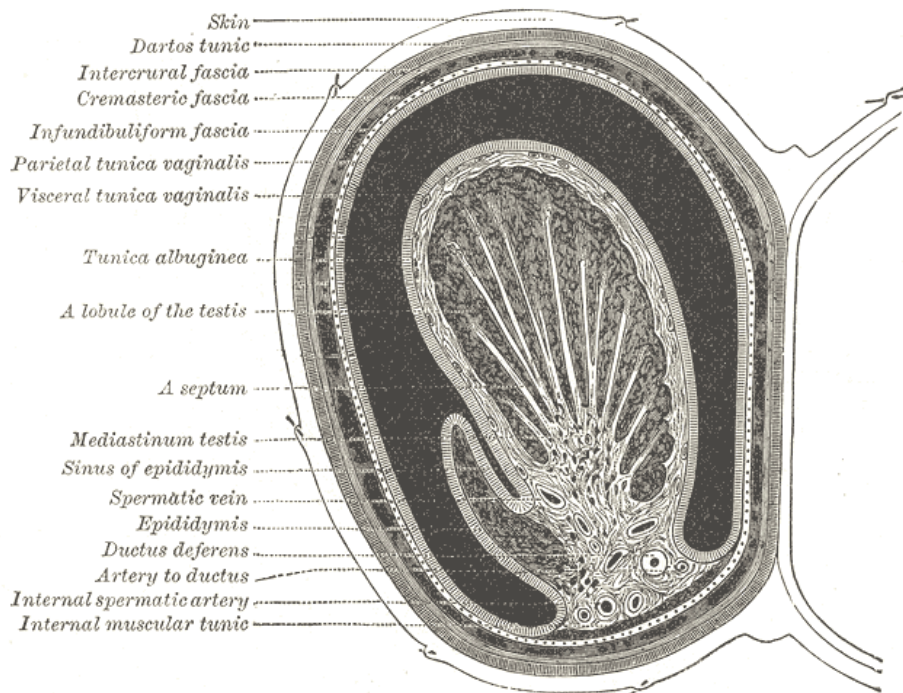
<sup>20</sup> (Čihák, 2002) s. 249

ženským pohlavních cest, u mužů však zanikají a zůstávají z nich jenom malé rudimentální útvary. Pohlavní žlázy a pohlavní cesty označujeme jako vnitřní pohlavní orgány. Zevně patrné orgány vyvíjející se ze stejného základu na mužské a ženské se označují jako zevní pohlavní orgány. Mezi mužské pohlavní orgány patří: varlata, nadvarlata, chámovody, semenné vajíčky, prostata, mužská trubice močová a penis.

### 5.3.1 Varlata

Mužskou pohlavní žlázou jsou varlata. Je to párový orgán elipsoidního tvaru. Varlata jsou uložena v šourku, jsou zploštělého tvaru a jsou postaveny svisle. Zezadu na ně přiléhají nadvarlata. Varle je velké 4 – 5 cm kraniokaudálně, předozadně 3 – 3,5 cm a napříč 2,5 cm. Hmotnost je 18 – 25 g. Levé varle bývá větší a mívá větší hmotnost, bývá uloženo asi o 1 cm níže než varle pravé.

*„Varle novorozence má délku kolem 1 cm a hmotnost kolem 2 g. Roste pomalu (do cca 12 g) až do puberty, kdy rychle zvětšuje svou hmotnost a definitivních hodnot dosahuje po 20. roce.“<sup>21</sup>*



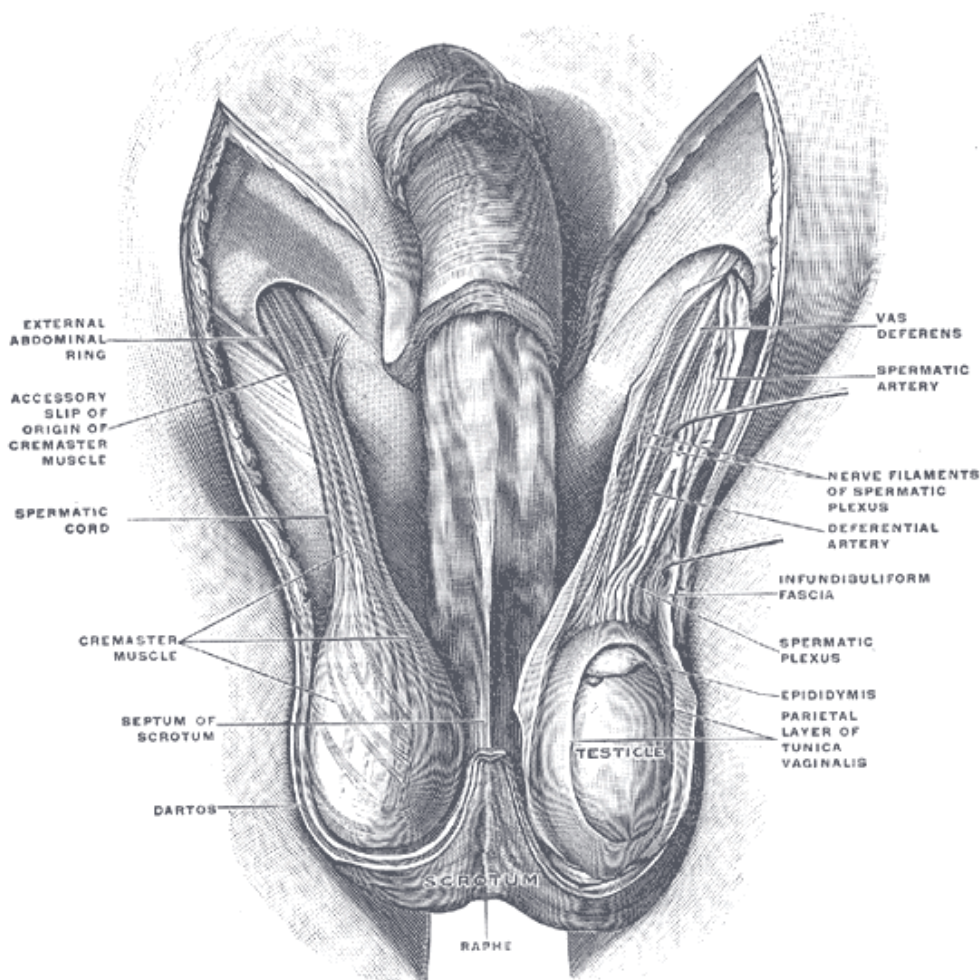
**Obrázek 7 - Varle a nadvarle v příčném řezu<sup>22</sup>**

<sup>21</sup> (Čihák, 2002) s.268

<sup>22</sup> (<http://www.genetika-biologie.cz/pohlavni-organy-muze>). [online z 20.4.2013]

### 5.3.2 Šourek – Scrotum

Šourek je vak, ve kterém jsou uložena varlata. Má hruškovitý tvar. Je tvořen kůží, která je tenká a pigmentovaná, a podkožním vazivem. V kůži jsou velké mazové žlázy a mnoho potních žláz. Scrotum je zavěšeno za kořenem penisu. Jeho funkcí je udržovat teplotu varlete o 2° nižší než je běžná teplota těla, aby mohla probíhat spermiogeneze normálně.



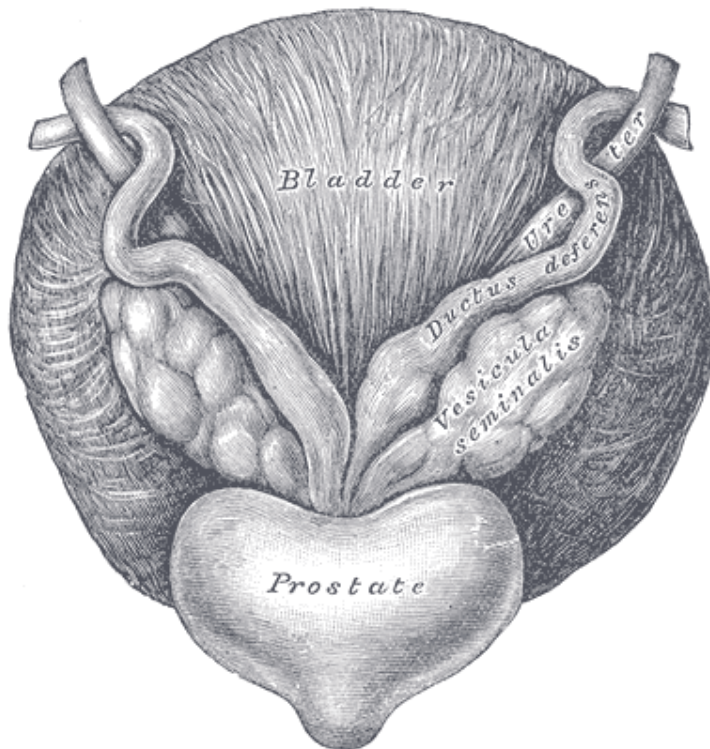
Obrázek 8 – Scrotum<sup>23</sup> (

### 5.3.3 Chámovod – Ductus deferens

Chámovod je asi 3mm silná trubice s průměrem jen 0,5 mm a dlouhá asi 40 cm. Pokračuje z nadvarlete a spojuje ho s močovou trubicí. Prochází skrz šourek společně s cévami varlete, se kterými v obalu varlete vytváří semenný provazec. Dále přechází přes močovou trubicí směrem k prostatě kde, se rozšiřuje a jako pravý a levý ductus deferens se vnořuje do prostaty a svými vývody se spojuje se semennými váčky (párovou žlázou, ve které se tvoří sekret

<sup>23</sup> <http://www.genetika-biologie.cz/pohlavni-organy-muze>). [online z 20.4.2013]

tvořící 50-80% ejakulátu). Poté se chámovod označuje jako ductus ejaculator a prochází skrz prostatu do močové trubice. Při smrštění podélné svaloviny se z nadvarlete nasají spermie, které putují chámovodem do ductus ejaculator až do močové trubice, děje se to na základě reakce sympatických nervů.



Obrázek 9 - Prostata, měchýřkové žlázy, chámovody a jejich vztah k močovému měchýři<sup>24</sup>

#### 5.3.4 Prostata

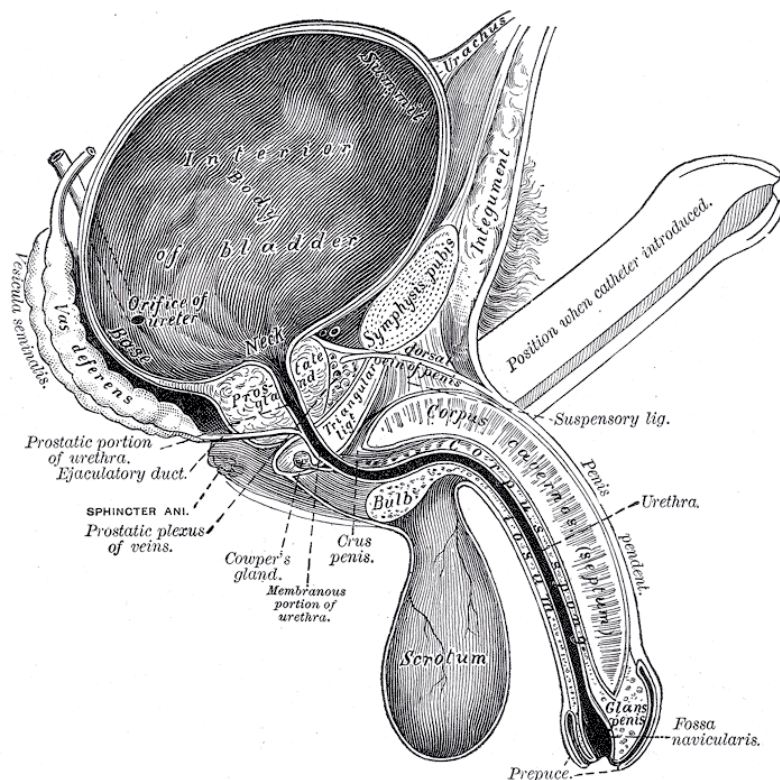
Prostata je největší mužská pohlavní žláza, která má tvar komolého kuželu. Leží kolem začátku močové trubice, těsně pod močovým měchýřem. Středem prostaty prochází také část močové trubice. Sekret prostaty tvoří 15 – 30% ejakulátu, jeho pH je 6,4 a je tekutý a bezbarvý. Obsahuje zinek, kyselinu citronovou, prostaglandiny, polyaminy, imunoglobuliny a kyselou fosfatázu a proteázy.

#### 5.3.5 Mužská trubice močová

Je trubice dlouhá 20 – 22 cm začínající v močovém měchýři. Do močové trubice ústí ductus ejaculatorii a proto je to nejen vývodná cesta močová, ale i vývodná cesta pohlavní.

<sup>24</sup> (<http://www.genetika-biologie.cz/pohlavni-organy-muze>). [online z 20.4.2013]

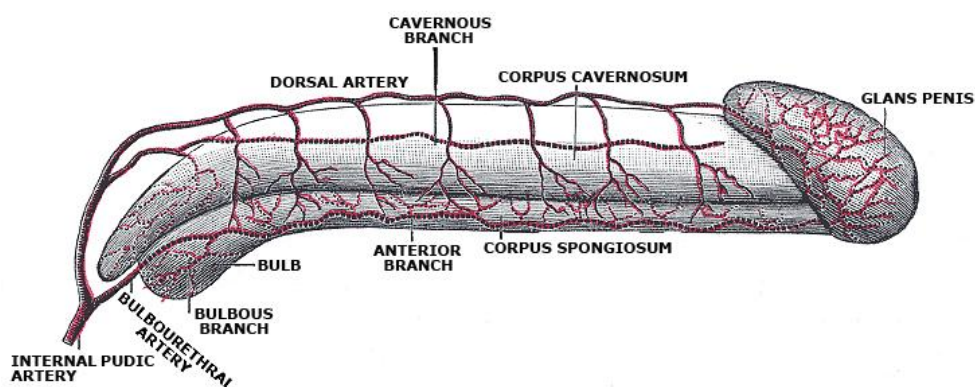




Obrázek 10 - Průběh močové trubice u muže<sup>25</sup>

### 5.3.6 Penis

Penis patří mezi mužské zevní pohlavní orgány, stejně tak močová trubice jako součást penisu a skrotum. Penis je kopulační orgán cylindrického tvaru. Je tvořen kořenem, který se připojuje ze dvou stran ke stydkým kostem a symfýze, tělem penisu a žaludem. Hlavní částí tvořící podklad penisu jsou topořivá tělesa. Kůže penisu je tenká a pohyblivá.



Obrázek 11 – Penis<sup>26</sup>

<sup>25</sup> (<http://www.genetika-biologie.cz/pohlavni-organy-muze>). [online z 20.4.2013]

<sup>26</sup> (<http://www.genetika-biologie.cz/pohlavni-organy-muze>). [online z 20.4.2013]

## **6 Dětská nefrologie a urologie**

Scintigrafickými metodami v nukleární medicíně můžeme nejlépe diagnostikovat hlavně tyto onemocnění v dětské nefrologii a urologii.

### **6.1 Akutní pyelonefritida**

*„Akutní močová infekce s postižením renálního parenchymu. Onemocnění je charakterizováno náhlým počátkem, spojeným s vysokou teplotou, alterací celkového stavu, u malých kojenců a novorozenců se známkami sepse, jindy jsou klinické známky nevýrazné či mohou odpovídat akutní cystitidě. V moči je signifikantní bakteriurie, pyurie; mikroskopická hematurie bývá častým nálezem, důležitá je přítomnost leukocytárních válců v moči, která je pro akutní pyelonefritidu typická, sedimentace červených krvinek bývá zvýšena, titr protilátek proti antigenu O E. coli přechodně zvýšen, výrazně zvýšen je C-reaktivní protein v séru. Z renálních funkcí bývá snížení koncentrační schopnosti, které se později upravuje. Prognóza onemocnění je dobrá při včasné diagnóze a léčbě; při neléčení či opožděné medikaci hrozí vznik trvalého poškození (vytvoření jizev) a zejména při opakovaných atakách vznik chronické pyelonefritidy, spojené s trvalými změnami jak renální morfologie, tak i funkce. Velkou pozornost je nutno věnovat dětem do jednoho roku, kdy renální parenchym je nejzranitelnější; většina trvalých následků po močových infekcích pochází zřetelně z tohoto období. U chlapců většina akutních pyelonefritid proběhne v kojeneckém období, do jednoho roku věku, po tomto období se frekvence výskytu nových případů prudce snižuje. U dívek je trend obdobný, ale pokles primoatak po prvním roce života není tak prudký, výrazný pokles akutní pyelonefritidy je u nich až okolo 11 let. U obou pohlaví se primoataka akutní pyelonefritidy objevuje v kojeneckém období, ale frekvence primoinfekce ve vztahu k věku se u obou pohlaví liší.“<sup>27</sup>*

### **6.2 Chronická pyelonefritida**

*„Ledviny jsou změněny morfologicky i funkčně. Infekce u chronické pyelonefritidy devastovala část parenchymu; není jisté, zda devastace pokračuje dále působením infekčního agens, či zda poškození je stacionární. Při vzniku chronické pyelonefritidy hrají důležitou roli vedle infekce další činitelé: obstrukce, věk, při němž došlo k primárnímu poškození ledviny, včasnost či lépe nečasnost léčby, přítomnost vezikoureterálního refluxu, individuální vnímavost, bakteriální virulence a další faktory.“<sup>28</sup>*

---

<sup>27</sup> (Švorc, 1988) s. 115-116

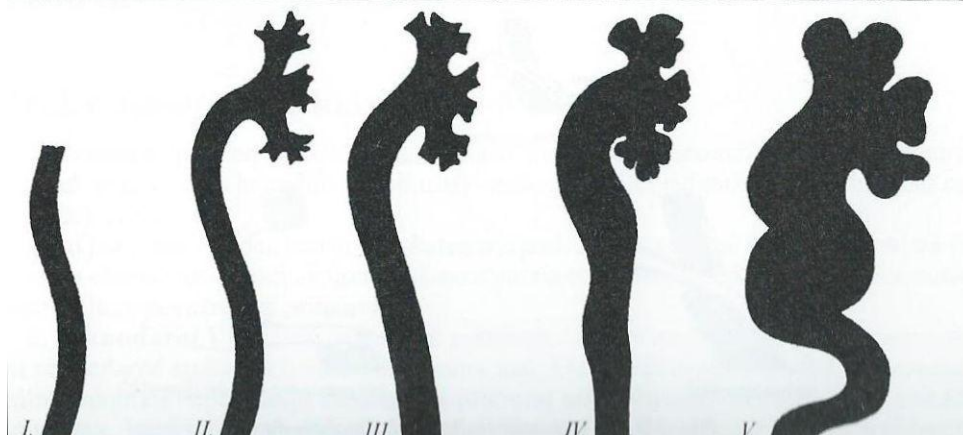
<sup>28</sup> (Švorc, 1988) s. 116

### 6.3 Vezikouretelární reflux

„Vezikouretelární reflux je charakterizován návratem moči do ureterů a pánviček. Je buď získaný, nebo vrozený, někdy může být i dědičný. Podle mezinárodní klasifikace se rozeznává 5 stupňů refluxu.“<sup>29</sup>

„V rámci mezinárodní studie zabývající se posouzením výsledků operační a konzervativní léčby VUR byla řídicím výborem (International Reflux Study Committee) v roce 1981 zveřejněna pětistupňová klasifikace, která se nyní všeobecně používá a nazývá se „Mezinárodní klasifikace VUR“. Zařazení VUR podle této klasifikace probíhá na základě cystografického vyšetření.“<sup>30</sup>

I. stupeň	znamená reflux jen do výše ureteru
II. stupeň	reflux do pánvičky a kalichů, bez dilatace
III. stupeň	mírná až střední dilatace HMC bez otupení kalichů
IV. stupeň	střední dilatace HMC se ztrátou fornixových (ostrých) úhlů; imprese kalichů jsou stále přítomny (mělčí)
V. stupeň	velká dilatace s klikatým průběhem močovodu; imprese kalichů nejsou patrné, kalichy mají tvar paliček



Obrázek 12 - Mezinárodní klasifikace VUR<sup>31</sup>

„Stupeň refluxu je důležitý; čím je reflux méně významný, tím je pravděpodobnější, že spontánně vymizí. Refluxu se připisují dva efekty: především, že umožňuje opakování atak močové infekce tím, že zabraňuje kompletnímu vyprazdňování měchýře, a dále, že přispívá k tvorbě jizev renálního parenchymu transportem mikrobů z měchýře do pánvičky a do ledvinné tkáně. Je fakt, že v řadě případů pacienti s opakovanými infekcemi mají současně reflux; na druhé straně celá řada jich reflux nemá. Sama infekce může asi vyvolat přechodný

<sup>29</sup> (Švorc, 1988) s. 131

<sup>30</sup> (Dvořáček, Urologie II., 1998) s. 608

<sup>31</sup> (Dvořáček, Urologie II., 1998) s. 608

reflux mírného stupně, který po odeznění infekce vymizí. Rozhodující, pro vznik refluxu je poměr mezi délkou submukózního tunelu, kterým probíhá ureter při svém vyústění do měchýře, a mezi průměrem ureteru. Novorozenci a kojenci jsou náchylní k vezikoureterálnímu refluxu při současné močové infekci. Růstem se prodlouží submukózní část a změní se poměr její délky k poměru ureteru. Délka submukózní části ureteru je rozhodující pro ventilový účinek, kterým je zabráněno zpětnému proudění moči.“<sup>32</sup>

## 6.4 Hydronefróza

„Městnání v pánvičce a ledvinných kalíšcích vzniká nejčastěji následkem obstrukce pyeloureterálního přechodu. Trvajících překážka způsobuje nejen rozšíření kalicho - pánvičkového systému, ale i postupnou redukci ledvinného parenchymu. Tyto změny jsou charakteristické pro hydronefrózu. Hydronefróza se vyvíjí zpravidla postupně, může však vzniknout i akutně v důsledku blokády odtoku moči zaklíněným konkrémentem a někdy jsme svědky akutní dekompenzace chronicky se vyvíjející hydronefrózy. Nejčastější formou u dětí je hydronefróza vzniklá kongenitálně obstrukcí pyeloureterálního přechodu. Příčinou jsou změny ve stěně pyeloureterálního spojení spočívající ve zmnožení vazivových elementů a úbytku vláken hladkého svalstva a v jejich patologickém uspořádání. V důsledku toho je postižený úsek úzký, tuhý a zaostává v růstu. Jindy působí překážku anomálně probíhající renální cévy, které kříží močovod v jeho subrenálním průběhu nebo v místech jeho odstupu z pánvičky, komprimují jej a působí obstrukci. Rostoucí pánvička se překlápí přes anomální cévy, táhne močovod a způsobuje jeho kolínkovité ohnutí, čímž se odtokové poměry ještě zhoršují. Konečně mohou ztěžovat odtok moči drobné chlopníčky a jiné slizniční výrůstky uzavírající pyeloureterální spojení. V některých případech obstrukci nenalzáme. U těchto nemocných se vnucuje podezření z poruchy funkčního charakteru. Na rozdíl od vrozené hydronefrózy na podkladě pyeloureterální obstrukce může dilatace kalicho - pánvičkového systému nastat v důsledku překážky lokalizované kdekoli na močových cestách kaudálně od pyeloureterálního přechodu, a to postupnou dilatací progredující kraniálně. Hydronefróza může být jednostranná i oboustranná. Oboustranné postižení v pokročilém stádiu může způsobit ledvinovou nedostatečnost. Při jednostranném postižení se v důsledku kompenzatorní hyperfunkce druhostranné ledviny ledvinová funkce výrazněji nemění. U novorozenců a kojenců nalzáme někdy obrovské hydronefrózy, které diagnostikujeme palpačně. S přibývajícím věkem roste počet případů, které se projevují příznaky močové infekce. U dětí starších, fyzicky již zdatnějších a pohyblivějších, bývá důvodem vyšetření hematurie, vzniklá

---

<sup>32</sup> (Švorc, 1988) s. 131-132



*následkem traumatu chorobně změněné ledviny. Někdy zůstává hydronefróza dlouho klinicky němá nebo se projevuje nevýraznými potížemi. Také hypertenze, zjištěná náhodně nebo při pravidelných kontrolách, může upozornit na onemocnění.* “<sup>33</sup>

## **6.5 Torze varlete**

Torze varlete patří mezi akutní syndromy skróta. Postihuje většinou děti (chlapce) do 18 - ti let. Při torzi se varle ve svém obalu otočí a způsobí tak zaškrcení cév přivádějících krev do varlete. Torzí je více druhů, podle toho, ve kterém místě vznikne zaškrcení. Nejčastější však je intravaginální torze varlete, kdy se varle otočí uvnitř dutiny skróta v níž je varle uloženo. Torze se projeví otokem a zvětšením varlete, náhlou palčivou bolestí vyvolávající až zvracení. Torze může být způsobena prudkým pohybem, ale může vzniknout i v klidu. Důležitá je včasná diagnostika. Pokud není provedena detorze varlete do 6 hodin zaniká semenotvorný epitel, s prodlužující se dobou klesá úspěšnost léčby, po 24 hodinách je varle nekrotické a musí být odstraněno. Torze může být zaměněna za další akutní syndrom skróta, což je epididymitis – zánět nadvarlete. To se projevuje narůstajícím otokem a bolestivostí postiženého nadvarlete. Nejspolehlivější metodou pro diagnostiku torze a nebo epididymitis je scintigrafie skróta a testes.

---

<sup>33</sup> (Švorc, 1988) s. 207-208

# PRAKTICKÁ ČÁST

## **7 Úloha radiologického asistenta**

Hlavní úlohou radiologického asistenta je provést samotné vyšetření. Ze všeho nejdříve však musíme pacienta řádně poučit, což je popsáno v další podkapitole. Dáme pacientovi podepsat informovaný souhlas o aplikaci radiofarmaka a následném vyšetření na gamakameře. Před začátkem vyšetření je důležitá kontrola identifikace pacienta, musíme se zeptat na pacientovo celé jméno a příjmení i na jeho rodné číslo. Do počítače musíme zadat správné informace a vybrat správný protokol pro dané vyšetření. Zkontrolovat nastavení, které je v daném programu uloženo a v případě potřeby něco pozměnit. Radiologický asistent nastavuje kameru a zorné pole kamery tak, aby bylo vidět vše, co je potřebné zobrazit. Radiologický asistent má za úkol připravit vše pro aplikaci radiofarmaka, natáhnout správnou dávku radiofarmaka o správné aktivitě a asistovat lékaři při samotné aplikaci radiofarmaka. V průběhu vyšetření radiologický asistent s pacientem komunikuje, ale pořád musíme myslet na ochranu časem, vzdáleností a stíněním. Po skončení vyšetření radiologický asistent pacienta propouští, měl by si být jistý, že je pacient poučen jak se dále chovat a pokud má pacient zavedenou kanylu, nesmíme zapomenout jí zrušit.

### **7.1 Poučení pacienta**

Úlohou radiologického asistenta je poučení pacienta před vyšetřením. Pacient dostane informovaný souhlas o aplikaci radiofarmaka a následném vyšetření na gamakameře, který musí podepsat před začátkem vyšetření. Radiologický asistent pacientovy vysvětlí průběh a postup daného vyšetření. Je dobré pacientovi připomenout zvýšení pitného režimu pro rychlejší vylučování radiofarmaka z organismu. Pacient nemusí nijak omezovat svůj dosavadní léčebný režim nebo způsob života. Jenom v den vyšetření je lepší nebýt v blízkém kontaktu s ostatními dětmi nebo s těhotnými ženami. Více informací může pacientovi podat lékař na oddělení.

### **7.2 Aplikace radiofarmaka – intravenózně**

U menších dětí je jednodušší aplikace radiofarmaka přes kanylu. Ušetří se tak strach z více injekčních aplikací. Před vyšetřením zavedou pacientovi kanylu již na ambulanci. U starších dětí se aplikuje radiofarmakum intravenózně přímo. Úkolem radiologického asistenta je připravit vše k aplikaci. Natáhnout správnou aktivitu dávky podle váhy pacienta a u dětí podle přepočtových tabulek. Řídíme se podle doporučení EANM. Požíváme rovnici:  $A=A$  (pro

pacienta o hmotnosti 70kg) x F. Hodnoty faktoru F u dětí podle Pediatric Task Group EANM jsou uvedeny v tabulce na obrázku 13. Pokud aplikujeme do kanyly, musíme připravit stříkačku s fyziologickým roztokem. Jehlu ke stříkačce s radiofarmakem i fyziologickým roztokem nachystáme podle zvyklostí pracoviště nebo lékaře. Stříkačka s radiofarmakem musí být stále v olověném krytu a do aplikace schovaná za stíněním. Asistenci provádíme v rukavicích. Na tácek si nachystáme dezinfekci, sterilní tampónky, škrtidlo a náplast. Zaškrtneme paži pacienta, dezinfekcí nastříkaným tampónkem přetřeme jedním tahem místo aplikace. Lékař provede aplikaci, při aplikaci radiofarmaka do žíly pomalu pouštíme škrtidlo. Dezinfekcí nastříkaný tampónek přitiskneme na místo vpichu a lékař vytáhne jehlu. Místo vpichu chvíli držíme stlačené a poté zalepíme. Při aplikaci do kanyly musíme dezinfekcí nastříkaným tampónkem přetřít okraj kanyly. Nejprve se musí fyziologickým roztokem zkontrolovat průchodnost kanyly, poté se aplikuje radiofarmakum a opět se kanyla musí propláchnout fyziologickým roztokem. Množství použitého fyziologického roztoku se zapisuje k dokumentaci o aplikaci radiofarmaka.

<b>m (kg)</b>	<b>F</b>	<b>m (kg)</b>	<b>F</b>	<b>m (kg)</b>	<b>F</b>	<b>m (kg)</b>	<b>F</b>
<b>3</b>	<b>0.1</b>	<b>10</b>	<b>0.27</b>	<b>22</b>	<b>0.50</b>	<b>38</b>	<b>0.73</b>
<b>4</b>	<b>0.14</b>	<b>11</b>	<b>0.29</b>	<b>24</b>	<b>0.53</b>	<b>42</b>	<b>0.78</b>
<b>5</b>	<b>0.17</b>	<b>12</b>	<b>0.32</b>	<b>26</b>	<b>0.56</b>	<b>46</b>	<b>0.82</b>
<b>6</b>	<b>0.19</b>	<b>14</b>	<b>0.36</b>	<b>28</b>	<b>0.58</b>	<b>50</b>	<b>0.88</b>
<b>7</b>	<b>0.21</b>	<b>16</b>	<b>0.40</b>	<b>30</b>	<b>0.62</b>	<b>60</b>	<b>0.96</b>
<b>8</b>	<b>0.23</b>	<b>18</b>	<b>0.44</b>	<b>32</b>	<b>0.65</b>	<b>66</b>	<b>0.98</b>
<b>9</b>	<b>0.25</b>	<b>20</b>	<b>0.46</b>	<b>34</b>	<b>0.68</b>	<b>68</b>	<b>0.99</b>

Obrázek 13 – Hodnoty faktor F u dětí (Pediatric Task Group EANM),  $A=A$  (pro pacienta o hmotnosti 70kg) x F.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> DOLEŽAL, Jiří. Fyzika. ONM FN Hradec Králové, 2012, s.204



Obrázek 14 - aplikace radiofarmaka intravenózně<sup>35</sup>



Obrázek 15 - aplikace radiofarmaka intravenózně přes kanylu<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> Foto autor 2013

<sup>36</sup> Foto autor 2013

## 8 Statická scintigrafie ledvin

Indikací k provedení statické scintigrafie ledvin je průkaz akutní pyelonefritidy nebo jizev po pyelonefritidě, vyšetření vezikoureterálního refluxu nebo hydronefrózy. Vyšetření uložení, tvaru a funkčnosti ledvin. Jako radiofarmakum se používá  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA. Radiofarmakum je popsáno v teoretické části v podkapitole 4. 3. Aktivita radiofarmaka se vypočítá podle hmotnosti dítěte. Pro zjednodušení uvádím obrázek tabulky.

<i>Hmotnost – kg</i>	<i>Dávka – MBq</i>
< 10	60
10 – 15	80
15 – 20	90
20 – 25	100
25 – 30	120
30 – 35	140
35 – 40	150
40 – 45	160
45 – 50	170
50 – 55	180
55 – 60	190
> 60	200

Obrázek 16 - Tabulka aktivit radiofarmaka DMSA podle hmotnosti pacienta.<sup>37</sup>

Na toto vyšetření je pacient objednáán. S dítětem do 15 let musí být jeho zákonný zástupce. Pro menší děti je lepší, když jsou přítomni oba rodiče. Rodiče (zákonný zástupce) dostanou do rukou informovaný souhlas o aplikaci radiofarmaka a následném vyšetření na gamakameře. Kopie informovaného souhlasu pro aplikaci  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA je v příloze A. Aplikace radiofarmaka je provedena 2 – 3 hodiny před vyšetřením. Aplikovaná aktivita je podávána intravenózně. Těsně před vyšetřením pošleme pacienta vymočit. Když pacient přijde do vyšetřovací místnosti, měl by být poučený, vezmeme si od něj nebo od zákonného zástupce podepsaný informovaný souhlas a ještě jednou zkontrolujeme identifikaci. Zeptáme se na křestní jméno i příjmení a na rok narození a zkontrolujeme údaje podle žádanky, aby

<sup>37</sup> Foto autor 2013

nemohlo dojít k záměně. Toto je důležité u jakéhokoliv vyšetření. Vyzveme pacienta, aby si odložil všechny kovové věci i oblečení pokud obsahuje nějaké kovové části. Pacient (dítě) se položí na vyšetřovací stůl. Vyšetření se standardně provádí na dvouhlavé gamakameře. Pacient leží nohama směrem do gantry, hlavou ven a ruce má za hlavou. Důležité je, že během celého vyšetření musí ležet pacient v klidu a bez hnutí, hlavně v oblasti ledvin. Proto je u menších dětí lepší přítomnost obou rodičů. U hodně neklidných dětí je možnost sedace nebo uklidňujících prostředků, ty by, ale mohli zkreslit výsledky vyšetření. Je lepší když dítě udržíme v klidu manuálně. Jeden z rodičů může dítě držet za ramínka a druhý rodič se nakloní směrem do gantry a chytne dítě až u kyčlí, aby udržel v klidu bederní a pánevní oblast. Je možné také použít roušku slouženou na úzký pruh položený přes břicho a prostrčený pod stolem a dítě je tak možné fixovat z jedné strany, to je možné, ale jenom u statického vyšetření, ne u následného vyšetření SPECT. Jedním z úkolů radiologického asistenta je dobře nastavit parametry vyšetření a u malých dětí nesmíme zapomenout na zvětšení obrazu, zoom 1 - 2. Statická scintigrafie trvá přibližně 10 minut. Vyšetření se provádí z přední a zadní projekce a je doplněno vyšetřením SPECT. Pokud bylo vyšetření úspěšně provedeno, můžeme pacienta propustit. Důležité je, aby byl pacient poučen, což je detailně popsáno v podkapitole 4.1.

## **9 Dynamická scintigrafie ledvin**

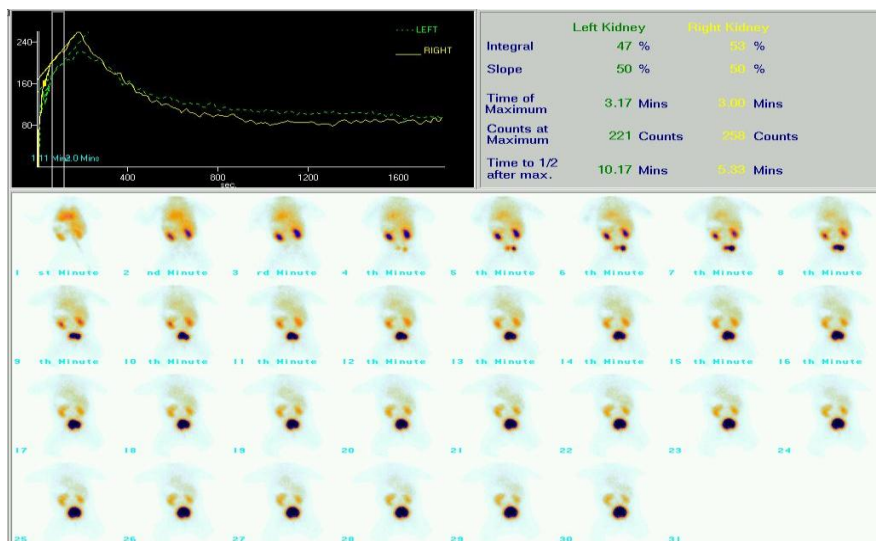
Hlavní indikací pro toto vyšetření je diagnostika poruchy odtoku moči z pánvičky ledviny. Vyšetřujeme, zda jde o hypotonickou pánvičku bez obstrukce nebo s obstrukcí, hydronefrózu, zda je přítomný vezikouretelární reflux či jiné poškození. Při dynamické scintigrafii také počítáme funkčnost ledvin. Na toto vyšetření je pacient předem objednan. Není potřeba žádná příprava, jen je potřeba pacienta předem upozornit na dostatečný příjem tekutin. Asi 45min před vyšetřením by pacient měl vypít asi 0.5 l vody, u menších dětí stačí méně. Pacient nebo jeho zákonný zástupce podepíše informovaný souhlas s aplikací radiofarmaka a následným vyšetřením na gamakameře. Kopie informovaného souhlasu s aplikací  $^{99m}\text{Tc-MAG3}$  je v příloze B. Těsně před vyšetřením pošleme pacienta na toaletu. Poté pacienta poučíme o tom, jak bude vyšetření probíhat, že se během vyšetření nesmí hýbat a o tom jak se má chovat po vyšetření. Poučení pacienta je podrobněji popsáno v podkapitole 4.1. Vyšetření se standardně provádí na dvouhlavé SPECT gamakameře nebo na planární jednohlavé gamakameře. U planární jednohlavé gamakamery kameru nastavíme do horizontální polohy pod stůl. Pacienta položíme na stůl, tak abychom v zorném poli kamery měli obě ledviny i močový měchýř. To si nejlépe určíme, když si nahmátneme vrchol lopaty kyčelní a střed kamery bude asi 4 prsty nad vrcholem lopaty kyčelní. Úkolem radiologického asistenta je připravit vše pro aplikaci radiofarmaka. Intravenózní aplikaci radiofarmaka provádí lékař. U malých dětí je lepší zavedení kanyly ještě před vyšetřením a aplikace aktivity do kanyly. Pro dynamickou scintigrafii ledvin můžeme použít radiofarmakum  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ , ale převážně se používá radiofarmakum  $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ . Dospělému aplikujeme 185 MBq, pro děti se aplikovaná aktivita počítá podle váhy. V momentě aplikace spouštíme dynamickou studii. Doba trvání scintigrafie je 30 minut. Radiologický asistent musí sledovat průběh vyšetření. Lékař v 15. minutě zhodnotí průběh vyšetření, pokud je vylučování radiofarmaka z ledvin do močového měchýře pomalé nebo nedostatečné aplikuje se furosemid. Furosemid je diuretikum, podporuje tvorbu moče a tím se zvýší tlak v ledvinné pánvičce, čímž se podpoří vylučování moče do močového měchýře. Aplikuje se 1mg/kg. Aplikaci opět provádí lékař, radiologický asistent asistuje. Podáním furosemidu vyloučíme nebo potvrdíme možnost obstrukce (překážky) pánvičky nebo močové trubice. Je důležité, aby se pacient po celou dobu vyšetření nehýbal. Proto je u dítěte lepší přítomnost obou rodičů a udržení dítěte v klidu manuálně jak je popsáno v podkapitole 4.3. Po skončení dynamické studie lékař zhodnotí průběh vyšetření, případně požádá o doplnění statických obrázků po vymočení. U malých dětí s plenou je dobré dítě asi 5 minut chovat v poloze s nožičkami dolů a poté provést statické vyšetření. Pacient se



uloží do stejné polohy na zádech, opět bez hnutí a snímají se statické obrázky podle pokynů lékaře. Po vyšetření odchází pacient domů. Pokud má dítě zavedenou kanylu, nesmíme zapomenout ji zrušit. Důležité aby byl pacient (zákonný zástupce) poučen, jak je popsáno v podkapitole 4.1.



Obrázek 17 - Nastavení jednohlavé planární gamakamery pro dynamickou scintigrafii ledvin.<sup>38</sup> (autor. 2013)

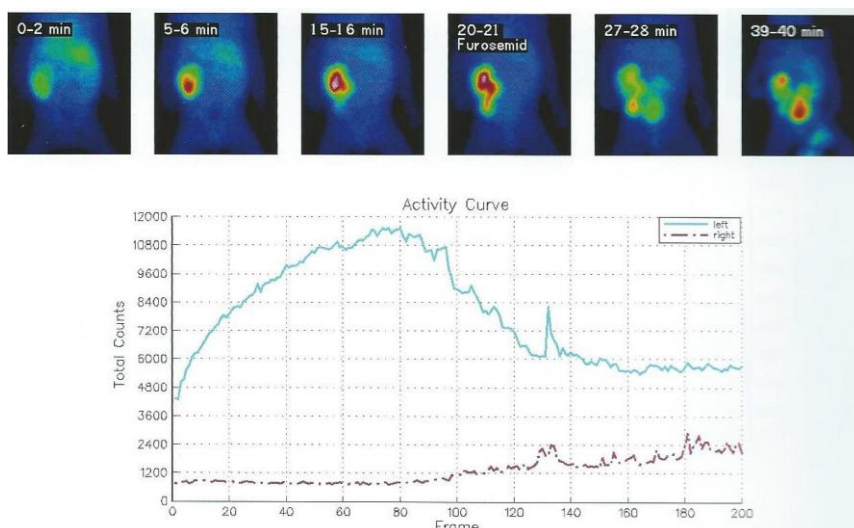


Obrázek 18 - Dynamická scintigrafie ledvin <sup>99m</sup>Tc-MAG3<sup>39</sup>

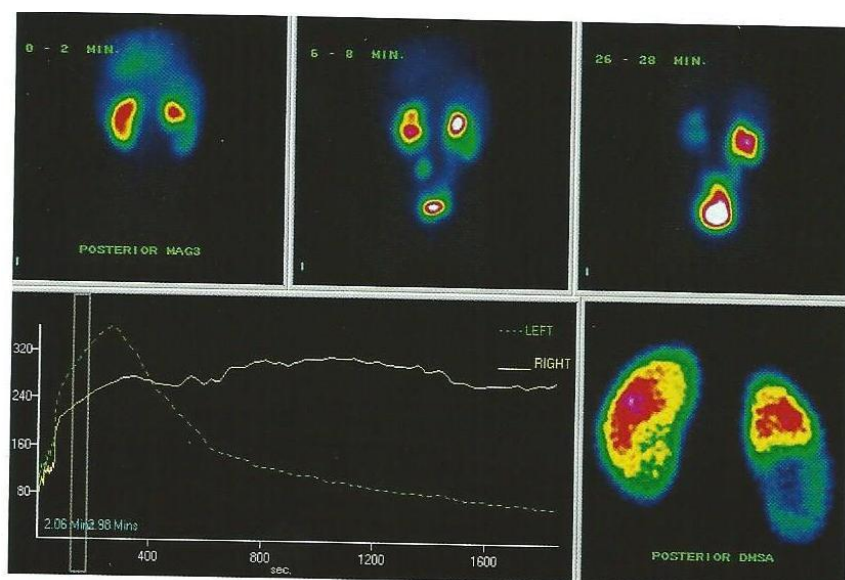
<sup>38</sup> Foto autor 2013

<sup>39</sup> DOLEŽAL, Jiří. Radionuklidová vyšetření genitourinárního systému. ONM FN Hradec Králové, 2012, s.11





**Obrázek 19** - 2-týdenní kojeneček se zadní chlopní uretry a obostrannou hydronefrózou na sonografii. Dynamická scintigrafie s  $^{99m}\text{Tc-MAG3}$  prokazuje hypofunkci horního pólu levé ledviny a hypotonii jejího dutého systému a ureteru. Vpravo zachycen pasivní VUR do afunkční ledviny.<sup>40</sup>



**Obrázek 20** - 3-letý chlapec se zdvojenou ledvinou vpravo a hydronefrózou její dolní části. Dynamická scintigrafie s  $^{99m}\text{Tc-MAG3}$  ukazuje pomalejší odtok moče z horní části pravé ledviny a výraznou stagnaci v dilatovaném dutém systému dolní části bez významnější odpovědi na furosemid aplikovaný ve 20. minutě. Scintigrafie s  $^{99m}\text{Tc-DMSA}$  ukazuje redukcí parenchymu dolní části pravé ledviny. Normální nález na levé ledvině.<sup>41</sup>

<sup>40</sup> VIŽĎA, Jaroslav. *Atlas of renal scintigraphy: Atlas scintigrafie ledvin*. 1. vyd. Prague: Agentura Pankrác, 2002, 72 s. ISBN 80-902-8736-0.s.53

<sup>41</sup> VIŽĎA, Jaroslav. *Atlas of renal scintigraphy: Atlas scintigrafie ledvin*. 1. vyd. Prague: Agentura Pankrác, 2002, 72 s. ISBN 80-902-8736-0.s.47

## **10 Mikční cystografie**

Scintografické vyšetření mikční cystografie se provádí hlavně kvůli diagnostice vezikoureterálního refluxu. Můžeme však také zobrazit náplň močového měchýře, postmikční reziduum v močovém měchýři a změřit rychlost průtoku moče močovou trubicí. Vyšetření mikční cystografie se standardně provádí na jednohlavé planární gamakameře.



Obrázek 21 - Jednohlavá planární gamakamera <sup>42</sup>

### **10.1 Nepřímá mikční cystografie**

Nepřímá mikční cystografie následuje po vyšetření dynamické scintigrafie ledvin. Je použito radiofarmakum <sup>99m</sup>Tc-MAG3. Po dynamické scintigrafii je močový měchýř naplněný fyziologicky. Kamera je po dynamické scintigrafii v horizontální poloze pod lůžkem. Kameru otočíme do vertikální polohy. Pacient si stoupne nebo sedne zády ke kameře. V zorném poli kamery by měly být obě ledviny a močový měchýř v dolní části kamery. Muž (chlapec) bude močit do bažanta, žena (dívka) močí do gramofonu, ve kterém je položena buničina, aby nebyla kůže zbytečně kontaminována. Malé děti mohou močit do nočníku, který je položen na

---

<sup>42</sup> Foto autor 2013

vyšetřovacím stole. Pacient by měl mít po ruce připravenou buničinu, aby se po vymočení mohl otřít, aby nebyl kontaminovaný více, než musí. Dynamickou studii zapínáme v okamžiku, kdy začne mikce, a vypínáme, když mikce skončí. Před dynamikou uděláme ještě statický snímek a po skončení mikce také. Při dynamické scintigrafii v průběhu mikce se provádí snímky po 2 sekundách. Úlohou radiologického asistenta je správné nastavení přístroje a programu. Na počítači tedy nastavíme program nazvaný (podle nastavení, které si provedlo dané oddělení dané nemocnice) nejspíše nepřímá mikční cystografie. V programu zadáme podle žádanky jméno i příjmení pacienta a jeho rodné číslo. To vše, ale musíme při příchodu pacienta znovu zkontrolovat tím, že se ho zeptáme. Nastavení okénka analyzátoru je na 140 keV a šíře okénka podle doporučení výrobce přístroje. Matice je 64x64 nebo 128x128. U dětí musíme zvolit správný zoom (zvětšení). Většinou je v programu vše přednastaveno, my však musíme vše zkontrolovat, a pokud je potřeba tak upravit. Po skončení vyšetření se pacient oblékne, a pokud lékař neřekne jinak, může odejít. Musíme dbát na to, aby měl pacient všechny potřebné informace a byl správně poučen.



Obrázek 22 - Vertikální nastavení gamakamery <sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> Foto autor 2013

## 10.2 Přímá mikční cystografie

### 10.2.1 Cévkování ženy

Zacévkování dívky starší 3 let je úlohou radiologického asistenta, při přípravě na přímou mikční cystografii. Musíme si připravit:

- sterilní katétr (není vhodný balónkový katétr pro možnost uzávěru ústí ureteru)
- sterilní tampóny a nůžky
- dezinfekční roztok
- 2 emitní misky
- sterilní rukavice
- buničinu
- infúzní set a fyziologický roztok

Nejdříve musíme dívce vysvětlit, co jí čeká, a zajistíme soukromí. Pacientka si lehne na záda s pokrčenými oddálenými koleny. K rodidlům si připravíme emitní misku a připravíme si 3 – 4 tampóny přelité dezinfekčním roztokem. Sáček s cévkou opatrně nastříhneme. Na ruku máme sterilní rukavice. Pořád musíme dávat pozor na sterilitu. Prsty roztáhneme velké a malé stydké pysky a druhou rukou dezinfikujeme zevní ústí močové trubice. Vždy dezinfikujeme směrem od spony stydké ke konečníku a na každý tah použijeme nový tampón. Ze sáčku opatrně vyjmeme cévku, volný konec si stočíme v dlani. Konec, který zavádíme, nesmíme znesterilnit. Katétr zavádíme asi 5 – 6 cm do močové trubice. Na cévku napojíme infúzní set.

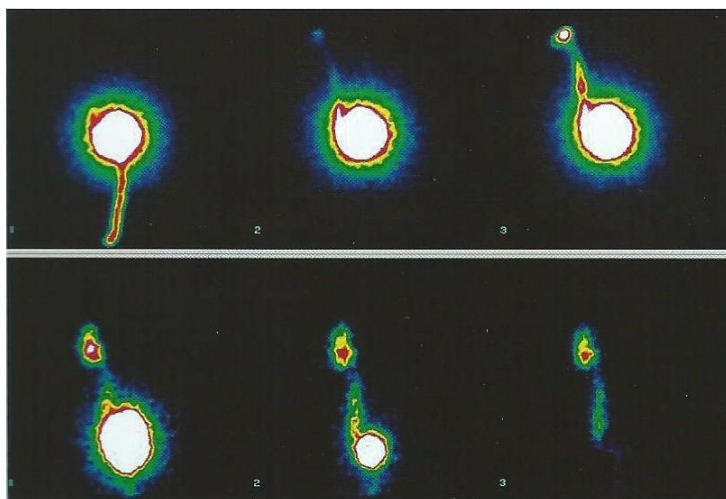
Chlapcům cévku zavedou na oddělení urologie, a dívkám do 3 let také.

### 10.2.2 Přímá mikční cystografie

Přípravou k tomuto vyšetření je vhodná antibiotická profylaxe kvůli možnosti infekce kvůli katetrizaci močového měchýře. Těsně před začátkem vyšetřením pošleme pacienta na toaletu. Radiologický asistent pacienta poučí, jak je popsáno v podkapitole 4.1. Musí být podepsán informovaný souhlas o aplikaci radiofarmaka a následném vyšetření na gamakameře. Zacévkovaného pacienta položíme na vyšetřovací stůl. Kameru jsme nastavili do horizontální polohy pod stůl. Zorné pole kamery nainstalujeme tak, aby byly vidět obě ledviny i močový měchýř. Používáme kolimátor LEAP, což je kolimátor s vhodným kompromisem mezi citlivostí a rozlišením. Napouštění močového měchýře by nemělo trvat déle než 10 minut. Měchýř napouštíme do fyziologického maxima. Objem lze orientačně odhadnout podle rovnice: celkový objem (ml) = (věk pacienta v rocích + 2) x 30. Fyziologický roztok je

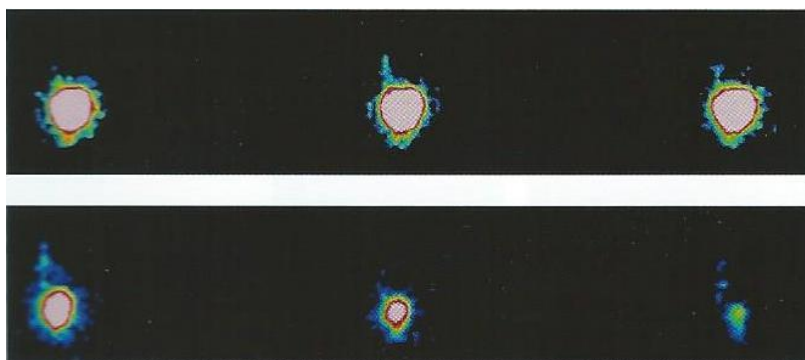
ohřátý na tělesnou teplotu a sáček je zavěšen 40-70cm nad vyšetřovacím stolem. S pacientem při napouštění musíme stále komunikovat. Když je odkapaná asi polovina objemu fyziologického roztoku aplikujeme radiofarmakum. Pro přímou mikční cystografii používáme  $^{99m}\text{Tc}$ -koloid,  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA nebo  $^{99m}\text{Tc}$ -MAG3. Aplikovaná aktivita je 20 – 80 MBq, podle váhy dítěte. Radiologický asistent nastaví na počítači program vícefázové dynamické scintigrafie. Zadáme jméno a příjmení pacienta a jeho rodné číslo, vše musíme ještě slovně zkontrolovat. Nastavení okénka analyzátoru by mělo být na 140 keV a šíře okénka podle doporučení výrobce přístroje. Matice 128x128 a nesmíme zapomenout odpovídající zoom (zvětšení) podle stáří pacienta. V programu by mělo být vše přednastaveno, my však musíme vše zkontrolovat a v případě potřeby upravit.

Program při napouštění močového měchýře je nastaven tak, že snímky se snímají po 5 s nebo 10 s. Pak se provádí 30 s statický snímek. Poté otočíme kameru do vertikální polohy, pacient si stoupne zády a vytáhneme cévku. Pacient muž močí do bažanta, žena na gramofon s buničinou uvnitř, menší dítě do nočníku na vyšetřovacím stole. Úplně malé děti, vleže do pleny po vytažení cévky. Na fázi mikce nastavíme program se snímky po 1 nebo 2 sekundách. Dynamickou scintigrafií spouštím těsně před vytažení cévky a ukončíme po skončení mikce. Poté ještě uděláme statický snímek. Po skončení vyšetření, pokud lékař neřekne jinak, pacienta propustíme. Pacient se oblékne a poučen může odcházet domů.

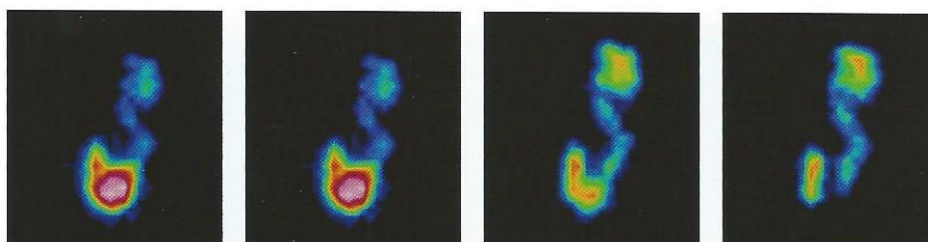


**Obrázek 23 - Přímá radionuklidová mikční cystografie u 10-leté dívky s podezřením na VUR. Ve fázi plnění (horní snímky) i ve fázi mikce (snímky dole) zachycen masivní VUR až do dutého systému levé ledviny, tj. pasivní i aktivní VUR.<sup>44</sup>**

<sup>44</sup> VIŽĎA, Jaroslav. *Atlas of renal scintigraphy: Atlas scintigrafie ledvin*. 1. vyd. Prague: Agentura Pankrác, 2002, 72 s. ISBN 80-902-8736-0. s.52



**Obrázek 24 - 6-letý pacient po reimplantaci levého ureteru pro primární obstrukční megaureter. Přímá radionuklidová cystografie prokazuje aktivní (dolní řada snímků) i pasivní VUR do levého ureteru (horní snímky).<sup>45</sup>**



**Obrázek 25 - 8-letý chlapec po levostranné nefrectomii pro afunkční ledvinu při zadní chlopni uretry. Přímá radionuklidová cystografie prokazuje pasivní VUR do pahýlu levého ureteru a do dilatovaného ureteru a dutého systému pravé ledviny.<sup>46</sup> (Atlas scintigrafie ledvin. Vižďa Jaroslav. r.v. 2002. s. 53)**

<sup>45</sup> VIŽĎA, Jaroslav. *Atlas of renal scintigraphy: Atlas scintigrafie ledvin*. 1. vyd. Prague: Agentura Pankrác, 2002, 72 s. ISBN 80-902-8736-0. s.52

<sup>46</sup> VIŽĎA, Jaroslav. *Atlas of renal scintigraphy: Atlas scintigrafie ledvin*. 1. vyd. Prague: Agentura Pankrác, 2002, 72 s. ISBN 80-902-8736-0. s.53

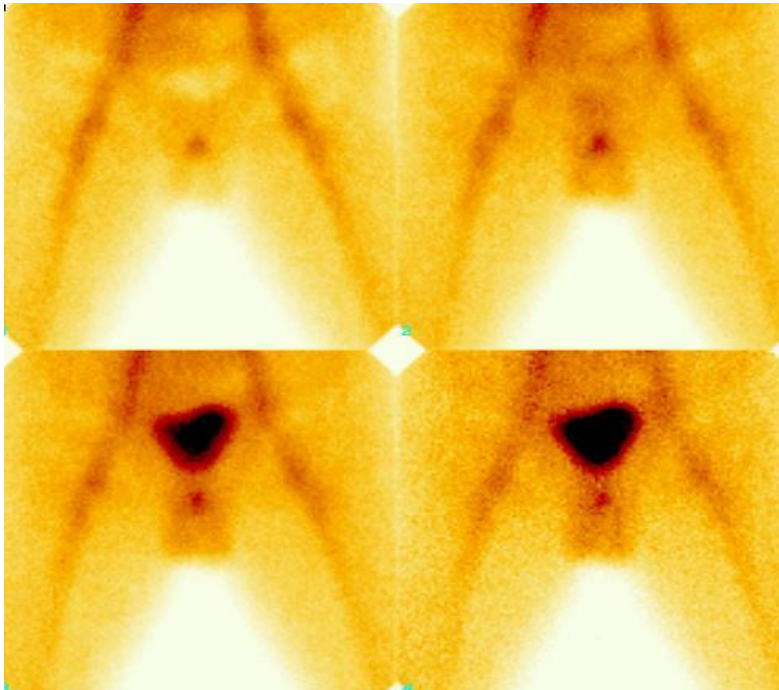


## **11 Scintigrafie Skróta a Testes**

Vyšetření scintigrafie skróta a testes se většinou provádí z důvodu akutní bolesti skróta a testes. Diagnostikujeme akutní torzi varlete, či zánět nadvarlete či jiný zánět v této oblasti. V 80% případů akutní bolesti skróta indikuje akutní torzi varlete. Možnost zánětu stoupá s věkem. Toto vyšetření je akutní. Je důležitá včasná diagnostika torze. Terapeutická úspěšnost je 100%, pokud je chirurgický zákrok proveden do 6 hodin od počátku akutní bolesti. Pacient přijde na vyšetření, poučíme ho, tak jak je popsáno v podkapitole 4.1, o průběhu vyšetření a dáme mu podepsat informovaný souhlas o aplikaci radiofarmaka a následném vyšetření na gamakameře. Vyšetření se standardně provádí na jednohlavé planární gamakameře. Radiofarmakum se aplikuje intravenózně jako bolus. Intravenózní aplikace je popsána v podkapitole 4.2. Jako radiofarmakum používáme  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetát sodný. Aplikuje se aktivita 185 – 400 MBq, u dětí se aktivita vypočítává podle doporučení EANM (Pediatric Task Group). Pacient se svlékne do půl těla a položí se na vyšetřovací stůl. Kameru jsme připravili do horizontální polohy nad pacienta, zorné pole kamery orientujeme na oblast skróta. Penis musí být zvednutý nahoru, zafixujeme ho pomocí buničiny a lepící pásky ke kůži břicha. Skrótum a testes vypoďložíme olověnou gumou k odstínění radioaktivity vycházející ze stehen. V okamžiku aplikace radiofarmaka spouštíme dynamickou scintigrafii. V počítači již máme vše zadáno a nachystáno. Zvolený program dynamické scintigrafie je na 2 fáze, kdy první fáze je pro posouzení perfuze varlat a nadvarlat s 1 snímkem za 1 sekundu a druhá fáze s 1 snímkem po 10 sekundách. Celková doba scintigrafie je 10 – 15 minut. Do počítače vyplníme jméno a příjmení pacienta a jeho rodné číslo a vždy je nutné vše zkontrolovat osobně s pacientem, ne jen podle žádanky. V programu je vše přednastaveno, my ale musíme vše zkontrolovat a popřípadě upravit. Matice je 128x128 nebo 64x64. U dětí nesmíme zapomenout na správné zvětšení. Okénko analyzátoru nastavíme na 140 keV a šíři okénka podle doporučení výrobce přístroje. Po skončení vyšetření pacientovi podá informace lékař a vysvětlí mu další postup.



Obrázek 26 - Nastavení gamakamery pro scintigrafii skróta a testes.<sup>47</sup> (autor. 2013)



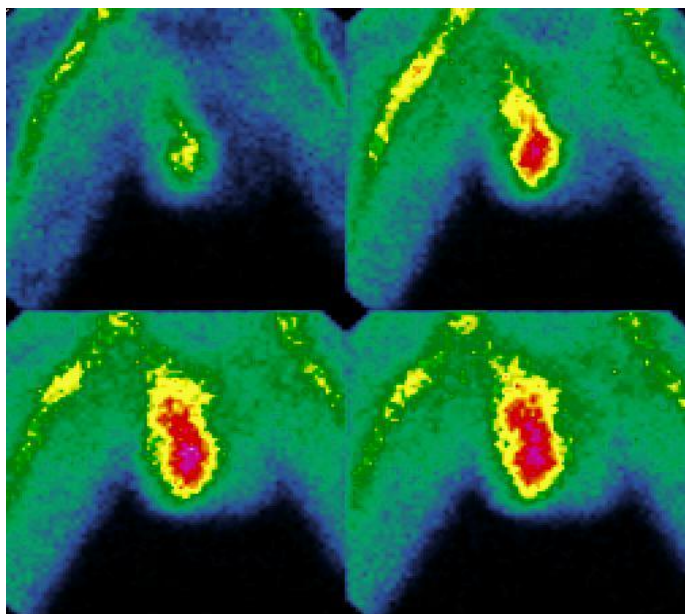
Obrázek 27 - Scintigrafie skróta a testes, <sup>99m</sup>Tc-pertechnetát disodný, přední projekce, 13letý chlapec, normální nález.<sup>48</sup>

---

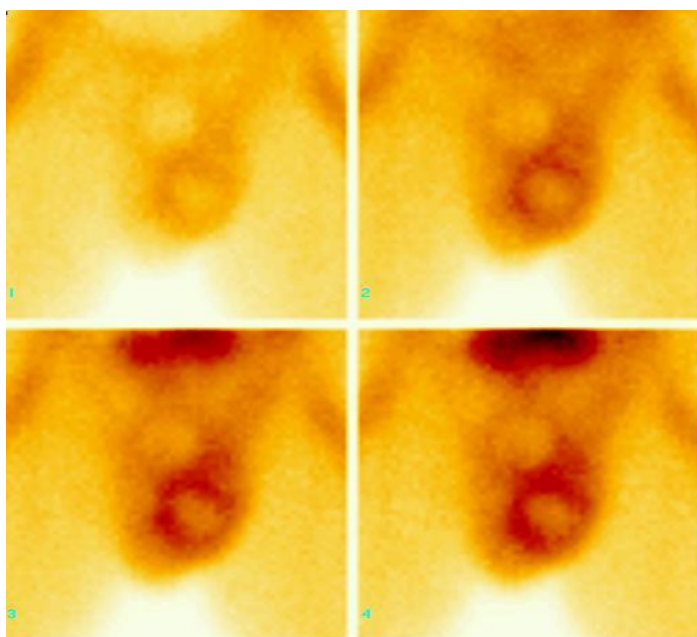
<sup>47</sup> Foto autor 2013

<sup>48</sup> DOLEŽAL, Jiří. Radionuklidová vyšetření genitourinárního systému. ONM FN Hradec Králové, 2012, s.70





Obrázek 28 - Scintigrafie skróta a testes,  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetat disodný, přední projekce, 15letý chlapec, orchitis a epididymitis vpravo.<sup>49</sup>



Obrázek 29 - Scintigrafie skróta a testes,  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetat disodný, přední projekce, subkutní testiculární torze vlevo.<sup>50</sup>

<sup>49</sup> DOLEŽAL, Jiří. Radionuklidová vyšetření genitourinárního systému. ONM FN Hradec Králové, 2012, s.80

<sup>50</sup> DOLEŽAL, Jiří. Radionuklidová vyšetření genitourinárního systému. ONM FN Hradec Králové, 2012, s.72

## **DISKUZE**

Jsem studentkou 3. ročníku oboru radiologický asistent. Během tří let mého studia jsem absolvovala praxi na oddělení nukleární medicíny ve dvou nemocnicích. K vyšetření, které popisuji, jsem se, ale dostala jenom v jedné z nemocnic. Proto nemám své praktické zkušenosti s čím srovnat. K porovnání mohu použít jenom teoretické literární prameny. Existují národní radiologické standardy pro oddělení nukleární medicíny, které doporučují, jak se mají vytvářet a jak mají vypadat místní radiologické standardy oddělení nukleární medicíny. Každá nemocnice si tak může vytvořit své místní standardy pro každé vyšetření, které se u nich provádí. V mé práci popisuji úlohu radiologického asistenta při daných vyšetřeních, tak jak jsem viděla a jak jsem prováděla na své praxi v dané nemocnici. Na tomto oddělení nukleární medicíny mají vytvořené své místní radiologické standardy pro všechny vyšetření prováděné na jejich oddělení, podle kterých se radiologičtí asistenti řídí. Ovšem praxe se vždy trochu od teorie liší. Ve zdravotnictví je to dáno hlavně tím, že každý doktor má své požadavky a zvyklosti, které se mohou od standardů lišit. Každý pacient je jiný, může mít jiné indikace k vyšetření, je jinak vysoký, má jinou váhu. Téma mé práce je zaměřeno na vyšetřování dětí. U dětí se liší jejich stáří, jejich váha, výška. Některé děti jsou klidné, jiné jsou neklidné, vzteklé, ustrašené nebo hysterické. I podle toho musíme k pacientovi přistupovat a někdy i změnit zvyklosti a snažit se vyšetření provést trošku jiným způsobem. Pro řešení takovýchto situací je pro radiologického asistenta důležitá praxe, znalosti v daném oboru, vnímavost a flexibilita. Radiologický asistent nesmí nic dělat automaticky, stále musí být ostražitý a vše po sobě kontrolovat. Důležitá je kontrola identity pacienta, aby nedocházelo k záměnám. Neměli bychom zapomínat se pacienta při příchodu do vyšetřovací místnosti znovu zeptat na celé jeho jméno a rodné číslo.

Radiologický asistent by také neměl zapomínat na záření, které díky aplikaci radiofarmaka, vychází přímo z pacienta. Musíme myslet na tři základní způsoby ochrany před zářením. Chráníme se časem, vzdáleností a stíněním. Měli bychom tedy s pacientem mluvit co nejkratší dobu, být u něj jen tak blízko jak je nutné a když je to možné snažit se být stíněný stěnami nebo dveřmi. Praxe je ovšem opět jiná. Pacienti si neuvědomují, že z nich vychází záření. Na vyšetření na oddělení nukleární medicíny by měli chodit jenom soběstační pacienti. Starší pacienti, kteří se nemohou sami zvednout z vyšetřovacího stolu a musíme jim pomoci, pacienti, kteří hůře slyší, a musíme k nim blíže, aby nám rozuměli, ti všichni nám přidávají čas, ve kterém se vystavujeme záření. Záření nebolí, záření nevidíme ani necítíme, ale bohužel nám může i škodit. Pacienti jdou na jedno vyšetření s optimální radiační zátěží, která

jim neublíží. Radiologičtí asistenti pracující na oddělení nukleární medicíny se, ale záření vystavují dennodenně. Každý den provedou vyšetření a komunikují s určitě více než jedním pacientem. Proto i když si o nás někdy pacienti mohou myslet, že jsme neochotní, nekomunikativní a moc na ně spěcháme, my musíme stále myslet na to, že je pro nás nejlepší a nejjednodušší ochrana před zářením ochrana časem, vzdáleností a stíněním.

K popisu jsem si do své práce vybrala scintigrafické metody, které se vyučují jako základní vyšetřovací metody v diagnostice chorob uropoetického systému. Statická a dynamická scintigrafie ledvin se využívá v nukleární medicíně velice často. Tyto dvě vyšetřovací metody mají v diagnostice chorob uropoetického systému své nezastupitelné místo. Metoda nepřímé mikční cystografie bývá součástí vyšetření dynamické scintigrafie, pokud to lékař uzná za vhodné. Scintigrafické vyšetření přímé mikční cystografie, se v dnešní době provádí už jenom občas. A scintigrafie skróta a testes je vyšetření akutní, které není dostupné 24 hodin denně. Má však 100% diagnostickou spolehlivost. V dnešní době je převážně nahrazena ultrasonografickými vyšetřeními doplněným o dopplerovskou monografii, spolehlivost tohoto vyšetření je však jen 90-95%. Nukleární medicína je však obor medicíny, který je neustále ve vývoji. Vyšetření se neustále mění, vznikají nové postupy, nové modernější přístroje, nová radiofarmaka. Možná se dnes již skoro nepoužívané metody v budoucnosti opět vrátí jen s ještě větší diagnostickou úspěšností a spolehlivostí.

## **ZÁVĚR**

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit dokument, ve kterém bude dobře popsána úloha radiologického asistenta při scintigrafických metodách v dětské nefrologii a urologii. Snažila jsem se vytvořit další literaturu, která může být použita pro čerpání informací o úloze radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny a jeho úloze při vybraných scintigrafických vyšetření. Popsala jsem detailně práci radiologického asistenta při statické a dynamické scintigrafii ledvin, nepřímé a přímé mikční cystografii a při scintigrafii skróta a testes. Myslím, že je důležité, aby radiologický asistent věděl i základní informace o nukleární medicíně i o její historii. Každý den radiologický asistent pracuje s otevřenými zářiči, přichází do styku se zářením a vystavuje se vlivu záření. Musí se orientovat v základech radiační ochrany, znát základní pojmy, limity, kategorizace, ale hlavně principy ochrany před zářením. Každý den pracuje s přístroji využívanými na oddělení nukleární medicíny, měl by rozumět tomu, na jakém principu pracují. Radiologický asistent přichází do styku s otevřenými radionuklidovými zářiči, pracuje s radiofarmaky, asistuje při jejich aplikaci. Radiologický asistent by měl znát anatomii lidského těla, aby mohl správně provádět vyšetření. Má práce je zaměřena na dětskou nefrologii a urologii, pro správné provedení vyšetření musí asistent znát anatomii uropoetického systému a mužského pohlavního ústrojí. Podle indikace pro kterou je vyšetření prováděno by měl radiologický asistent vědět na co se při vyšetřování zaměřit. Má práce je zaměřená na vyšetřování dětí, u kterých je nutný jiný přístup, jiné nastavení přístroje, jiné aktivity podávaných radiofarmak. Radiologický asistent by měl být schopný odpovědět pacientovi na dotazy týkající se daného vyšetření. Všechny tyto informace jsou uvedeny v mé bakalářské práci. Jelikož nukleární medicína je moderní a stále se rozvíjející obor neexistuje velké množství literatury na určitá témata. Má práce je další literaturou, kterou mohou studenti oboru radiologický asistent a nejen oni použít pro čerpání informací o scintigrafických metodách v dětské nefrologii a urologii.

# PŘÍLOHY

## Příloha A:



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové

Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny - 6681

Tel.: 495 832 337

### Souhlas pacienta/tky – 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: <sup>99m</sup>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: .....

**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             .....

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

– jmenovka a podpis: .....



Příloha B:



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové  
Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906  
Oddělení nukleární medicíny - 6681  
Tel.: 495 832 337

**Souhlas pacienta/tky – 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:** <sup>99m</sup>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:** .....

### 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 .....

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: .....



## POUŽITÁ LITERATURA

1. BAKOS, Karel; HUŠÁK, Václav. *Nukleární medicína*. Vyd. 1. Praha I., Avicenum, zdravotnické nakladatelství. 1985. ISBN 08-031-85
2. BAKOS, Karel. *Nukleární medicína*. 2., přeprac. vyd. Jilemnice: Gentiana, 1996, 155, x s. ISBN 80-902-1333-2.
3. BROUSIL, Jindřich a Zdeněk DIENSTBIER. *Nukleární medicína*. Vyd. 1. Redaktor Zdeněk Dienstbier. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1988, 375 s.
4. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 2*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002, 470 s. ISBN 80-247-0143-X.
5. DOLEŽAL, Jiří. Fyzika. ONM FN Hradec Králové, 2012, 228 s.
6. DOLEŽAL, Jiří. Radionuklidová vyšetření genitourinárního systému. ONM FN Hradec Králové, 2012, 81s.
7. DVOŘÁČEK, Jan. *Urologie: II. díl*. 1. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 1998, 515 s. ISBN 80-858-6630-7.
8. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, 2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492.
9. LEBL, Jan, Kamil PROVAZNÍK a Ludmila HEJCMANOVÁ. *Preklinická pediatrie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2003, xiv, 248 s., il., barev. obr. ISBN 80-726-2207-2.
10. MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007, 131 s. Skriptum (Univerzita Palackého). ISBN 978-802-4417-233.
11. ŠVORC, Jiří a spolupracovníci. *Dětská nefrologie*. 1. Vyd. Praha 1. Avicenum, zdravotnické nakladatelství. 1988. 343 s.
12. VIŽĎA, Jaroslav. *Atlas of renal scintigraphy: Atlas scintigrafie ledvin*. 1. vyd. Prague: Agentura Pankrác, 2002, 72 s. ISBN 80-902-8736-0.
13. ČESKO Vyhláška č. 307 ze dne 13. června 2002 Vyhláška o radiační ochraně.  
Dostupný z:  
[http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/307\\_po\\_novele.pdf](http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasky/307_po_novele.pdf).
14. Věstník MZČR. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2011, roč. 2011, částka 9.  
Dostupné z:  
[http://www.mzcr.cz/Legislativa/Soubor.ashx?souborID=12893&typ=application/pdf&nazev=ZDRAVOTNICTVI\\_09-11.pdf](http://www.mzcr.cz/Legislativa/Soubor.ashx?souborID=12893&typ=application/pdf&nazev=ZDRAVOTNICTVI_09-11.pdf)

15. TICHÝ, Stanislav. *Akutní skrotální syndrom*. Klinika dětské chirurgie a traumatologie, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze a Fakultní Thomayerova nemocnice. [online]. 2013. [20.4.2013] Dostupný z:  
<http://www.urologieprostudenty.cz/index.php?page=detska-urologie>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha A: <i>Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce s aplikací radiofarmaka <math>^{99m}\text{Tc}</math>-DMSA a následným vyšetřením na gamakameře</i> .....	59
Příloha B: <i>Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce s aplikací radiofarmaka <math>^{99m}\text{Tc}</math>-MAG3 a následným vyšetřením na gamakameře</i> .....	61