

MASARYKOVA UNIVERZITA
LÉKAŘSKÁ FAKULTA



DYNAMICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN U DĚTÍ

Bakalářská práce
v oboru radiologický asistent

Vedoucí bakalářské práce:
doc. MUDr. Jiří Prášek, CSc.

Autor:
Semenovová Lada

Brno, duben 2013

Jméno a příjmení autora: Lada Semenovová

Název bakalářské práce: Dynamická scintigrafie ledvin u dětí

Pracoviště: Klinika nukleární medicíny, Fakultní nemocnice Brno

Vedoucí bakalářské práce: Doc. MUDr. Jiří Prášek, CSc.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2013

Anotace:

Bakalářská práce s názvem „Dynamická scintigrafie ledvin u dětí“ objasňuje kompletní postup vyšetření od přípravy pacienta po zhodnocení vyšetření. Součástí teoretické části jsou rozdíly mezi dospělým a dětským pacientem jak ve vyšetření, tak v anatomii a fyziologii. Dále se teoretická část zabývá obecným popisem scintigrafie, biologickými účinky ionizujícího záření a radiační ochranou. V praktické části jsou zpracována a vyhodnocena data získaná z nemocničního informačního systému.

Klíčová slova:

scintigrafie

radiofarmakum

vyšetření ledvin

dítě v nemocnici

Name of the author: Lada Semenovová

The title of the dissertation work: Dynamic renal scintigraphy of children

Workplace: Clinic of Nuclear Medicine, The University Hospital Brno

Dissertation work facilitator: Doc. MUDr. Jiří Prášek, CSc.

Year of defence of dissertation work: 2013

Annotation:

Bachelor thesis entitled "Dynamic renal scintigraphy of children" explains the complete procedure of examination from preparation of the patient to assessment of the examination. The theoretical part comprehends the differences between adult and child patients in both examination process and anatomy and physiology. Next, the theoretical part deals with a general description of scintigraphy, the biological effects of ionizing radiation and radiation protection. The data obtained from the hospital information system are processed and evaluated in the practical part.

Keywords:

scintigraphy

radiopharmaceutical

examination of kidneys

child in a hospital

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. MUDr. Jiřího Práška, CSc. a uvedla v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne

.....

Semenovová Lada

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat doc. MUDr. Jiřímu Práškoví, CSc. za vedení mé bakalářské práce, vstřícný přístup a trpělivost. Mé poděkování patří také pracovníkům Kliniky nukleární medicíny FN v Brně za pomoc při sběru informací k praktické části této práce.

OBSAH

1 Úvod.....	8
2 Teoretická část	9
2.1 Ledviny	9
2.1.1 Anatomie.....	10
2.1.2 Fyziologie	12
2.2 Scintigrafie.....	14
2.2.1 Přístrojová technika	14
2.2.2 Princip scintigrafie	17
2.2.3 Rozdíl mezi dynamickou a statickou scintigrafí.....	18
2.3 Biologické účinky ionizujícího záření	19
2.3.1 Mechanismus biologických účinků	19
2.3.2 Následky biologických účinků.....	22
2.4 Radiační ochrana.....	24
2.4.1 Základní principy radiační ochrany	24
2.4.2 Radiační ochrana pracovníků.....	25
2.4.3 Diagnostická referenční úroveň (DRÚ = DRL = Diagnostic reference level)	26
2.5 Psychologie dětí	28
2.5.1 Novorozenci, kojenci, batolata	28
2.5.2 Děti předškolního věku a mladšího školního věku	29
2.5.3 Děti staršího školního věku, adolescenti.....	29
2.6 Komunikace s rodiči	30
2.7 Dynamická scintigrafie ledvin	31
2.7.1 Přístroj.....	31
2.7.2 Indikace a kontraindikace k vyšetření	32
2.7.3 Radiofarmaka.....	32
2.7.4 Příprava pacienta před vyšetřením.....	34
2.7.5 Postup vyšetření	37

2.7.6	Radiační zátěž pacienta.....	39
3	Praktická část	40
3.1	Metodika a cíle práce	40
3.2	Analýza dat získaných z nemocničního systému.....	41
3.3	Zjištěné závěry výzkumu	53
4	Závěr	55
5	Seznam použité literatury a pramenů.....	56
6	Seznam zkratk	59
7	Seznam obrázků	61
8	Seznam tabulek	63

1 Úvod

Jako téma bakalářské práce jsem si zvolila vyšetření prováděné na klinice nukleární medicíny a to dynamickou scintigrafií ledvin se zaměřením na děti.

Na začátku teoretické části jsem popsala anatomii a fyziologii ledvin, jelikož je to základ pro pochopení šíření radiofarmaka při vyšetření. Dalšími body je všeobecné vysvětlení co je to scintigrafie a jaké používá přístroje. Důležitou součástí nukleární medicíny jsou účinky záření na organismus a zároveň jak se před ionizujícím zářením chránit, toto je popsáno v kapitolách biologické účinky ionizujícího záření a radiační ochrana. Následuje charakteristika somatického, sociálního a psychologického vývoje dětí, která je důležitá pro správnou spolupráci s dětmi a tedy dosažení kvalitního vyšetření. Stěžejní kapitolou teoretické části je popis vlastního vyšetření od přípravy pacienta po zhodnocení výsledků, včetně seznámení se s používanými radiofarmaky.

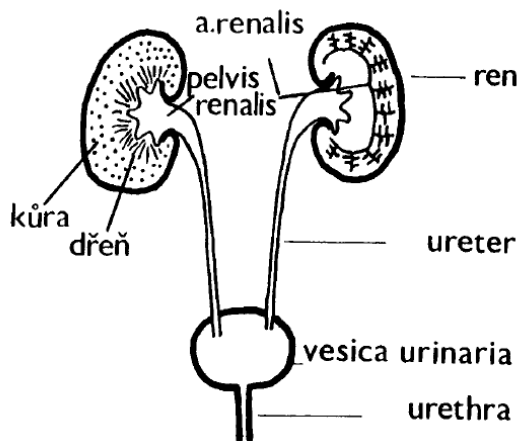
I když se u dynamické scintigrafie ledvin používá radiofarmakum, a je zde tedy nebezpečí ionizujícího záření, provádí se toto vyšetření i u těch nejmenších dětí. Proto se má praktická část bakalářské práce zabývat věkem vyšetřovaných dětí, i aktivitou, která je jim aplikována. Dále stanoví, jaká je funkce ledvin u takto vyšetřovaných dětí a stranové postižení. Protože je všeobecně známo, že chlapci mají větší sklon k nemocem než dívky, předpokládám, že i toto vyšetření bude provedeno častěji u chlapců.

Byla bych ráda, kdyby tato bakalářská práce byla přínosem k objasnění dynamické scintigrafie ledvin dalším studentům v oboru radiologický asistent a zároveň pomohla od strachu rodičům, jejichž dítě jde právě na toto vyšetření. A samozřejmě všem, kteří se o tomto vyšetření chtějí dozvědět něco bližšího.

2 Teoretická část

2.1 Ledviny

Ledviny jsou párový orgán, obaleny v pevném vazivovém obalu a uloženy v tukovém polštáři. Ledviny jsou součástí močového neboli uropoetického a z hlediska fyziologie vylučovacího systému. Na ledviny navazují močové cesty, které začínají ledvinnou pánvičkou (lat. *Pelvis renalis*), což je nálevkovitý vývod. Pánvička je tvořena většími a menšími ledvinnými kalichy shromažďujícími moč z ledvinné pyramidy (lat. *Pyramides renales*). Močové cesty pokračují močovodem (lat. *Ureter*), což je trubice dlouhá asi 30 cm. Vede do močového měchýře (lat. *Vesica urinaria*), to je dutý, svalový orgán shromažďující moč. Odtud se moč odvádí močovou trubicí (lat. *Urethra*). U muže a ženy se stavba močové trubice liší. Zpětnému toku moče brání slizniční řasa.



Obrázek č. 1 - Anatomie vylučovacího systému

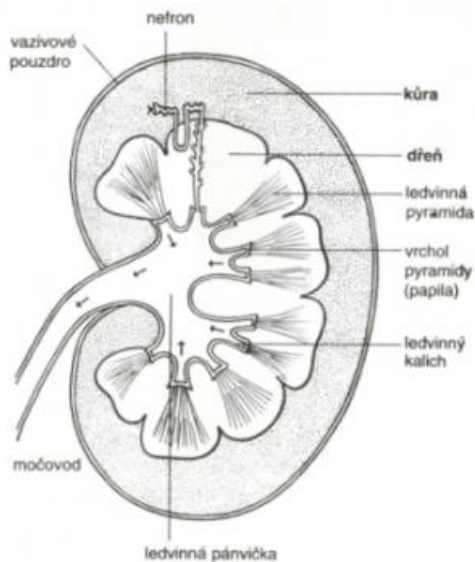
Vývoj ledvin

Definitivní ledvina začíná být funkční už v 9. týdnu těhotenství a taktéž její poloha je již neměnná. Nacházejí se retroperitoneálně (mezi zadní břišní stěnou a pobřišnicí) po obou stranách bederní páteře. Pravá ledvina je níže než levá, protože na pravé straně jsou uložena játra. Do 23. týdne roste počet nefronů, kdy u porodu je jich vytvořeno 800 tisíc až 1 milion. Po porodu se ledvina zvětšuje tím, že roste intersticiální parenchym a prodlužují se tubuly nefronů, nikoliv tvorbou dalších nefronů. U novorozenců či dětí, které ještě rostou, jsou samozřejmě ledviny menší. Velikost ledvin je závislá na výšce dítěte, lékaři tak mohou posuzovat jak velikost, tak i polohu a tvar.

U novorozence zasahuje dolní pól ledvin hluboko do pánve. „*Nestejným růstem ledvin a trupu se ledviny tzv. posouvají nahoru – u přibližně ročního dítěte dosahuje dolní pól ledvin k okraji kyčelní kosti, u dvouletých dětí je asi půl centimetru nad hřebenem.*“ MÍKOVÁ, Vlasta. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína.* Praha: Galén, 2008. ISBN 978-807-2625-338 str. 88. Typický je tvar „fazole“. Poměr hmotnosti obou ledvin k celkové hmotnosti jedince: a) u dětí do 10 let – 1:140, b) u dospělých jedinců – 1:200 až 1:225. Zpožděný růst ledviny je příznakem nemoci. Dospělá ledvina má rozměry 12 x 6 x 3 cm a váží kolem 160 gramů, rozměry u novorozence jsou 4,3 x 2,6 x 2,4 cm a váha zhruba 11 gramů. Močovod novorozence dosahuje délky 5-7 cm a poměrně rychle roste (např. u dvouletého dítěte měří již 15cm). Rychlý růst způsobuje, že močovod je v retroperitoneálním prostoru zvlněný s několika ohyby. Právě v ohybech často vznikají infekce či záněty. „*V novorozeneckém věku je odlišná propustnost glomerulární membrány a neúplný tubulární transport. Renální exkrece je nižší, tubulární filtrace činí 20-40 % hodnoty dospělého.*“ KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína.* 1. vyd. Praha: P3K, 2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492 str. 169.

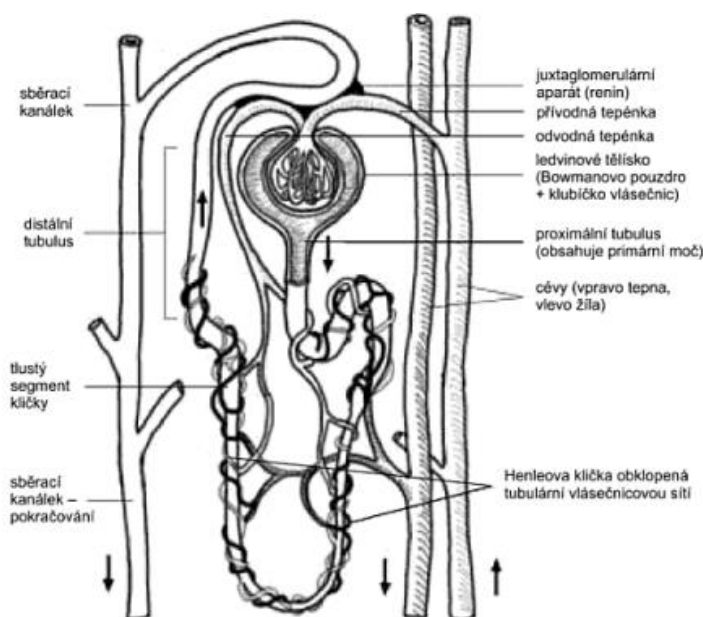
2.1.1 Anatomie

Na vnitřním okraji ledviny je ledvinná branka (lat. *Hilum renale*), tudy vstupuje ledvinná tepna (lat. *Arteria renalis*) a zároveň vystupuje ledvinná pánvička a ledvinná žíla (lat. *Vena renalis*). Na povrchu ledviny se nachází krycí vazivové pouzdro (lat. *Capsula fibrosa*). Pokud se provede řez ledvinou, pak je vidět, že na povrchu je světle červená kůra (lat. *Cortex renalis*) obsahující nefrony. Uvnitř je červenošedá dřevina (lat. *Medulla renalis*). Rozhraní mezi touto dřevinou a kůrou není ostré. Dřevina se skládá z 10 až 18 ledvinných pyramid. Každá pyramida má základnu otočenou zevně a patří k ní část kůry. Hrot pyramidy (lat. *Papilla renalis*) je otočen směrem k ledvinné brance. Na hroty nasedají ledvinné kalichy (lat. *Calices renales*).



Obrázek č. 2 - Anatomie ledviny

Každá ledvina se skládá z 800 tisíc až 1,2 milionu nefronů, nefron je základní funkční jednotkou. V ledvinné kůře jsou uložena ledvinná tělíska (lat. *Corpuscula renalia*), ta jsou začátkem nefronu. Tato tělíska jsou pojmenována Malpighiho, vytvářejí zrnitost kůry. Součástí tělíska je cévní klubičko (lat. *Glomerul*), to obsahuje přívodnou i odvodnou tepénku. Na něj přiléhá vnitřní list obalu nazývaného Bowmanovo pouzdro. Mezi vnitřním a vnějším listem je prostor, kde se filtruje primární moč. Na Bowmanovo pouzdro se napojuje odvodný ledvinový kanálek, ten má několik částí: proximální tubulus, Henleova klička, distální tubulus. Ledvinový kanálek ústí do sběracího kanálku. Několik sběracích kanálků tvoří papilární vývod (lat. *Ductus papillaris*) a ten vyúsťuje na ledvinných pyramidách (podoba terčovitých ostrůvků).



Obrázek č. 3 - Stavba nefronu

Cévní zásobení ledvin je zajištěno párovou ledvinnou tepnou, která přichází z břišní aorty. Pravá tepna je delší než levá, a podbíhá dolní dutou žílu. Tepny vcházejí do ledviny přes ledvinnou branku a zde se dělí na několik větví, každá větev zásobuje jeden segment ledviny. Segmentové tepny se rozdělují na tepny probíhající mezi pyramidami a ty se dále dělí na obloučkovité tepny. Obloučkovité tepny jsou na rozhraní dřeně a kůry, ty se větví až do kůry ledvin. Zde se oddělují přívodné tepénky (lat. *Arteriola afferentia*) pro glomeruly. Z glomerulu krev odtéká odvodnými tepénkami (lat. *Arteriola efferentia*) a ty vedou krev do peritubulární kapilární (sekundární) sítě obklopující tubuly. Umožňují zpětnou resorpci látek z tubulů do krve. Spojením peritubulárních kapilár vzniká venózní řečiště a krev opouští ledvinu přes ledvinnou branku. Ledviny potřebují bohaté prokrvení, průtok krve za minutu je asi 1,2 litrů, což se rovná 25 % klidového minutového objemu.

2.1.2 Fyziologie

Ledviny plní funkci vylučovací a syntetickou. Vylučovací část zahrnuje tvorbu moče (lat. *Urina*). Vylučování moči udržuje rovnováhu vnitřního prostředí. To se mění na základě příjmu potravy a rychlosti metabolismu. Ledviny udržují stálý objem tělesných tekutin a osmolalitu extracelulární tekutiny a acidobazickou rovnováhu. Moč z těla odvádí odpadní produkty přeměny látek (močovina, kreatinin, kyselina močová, bilirubin, urobilinogen), přebytek vody a soli, cizorodé složky (léky, jedy, těžké kovy). Syntetická část vytváří hormony:

- Renin - podílí se na řízení množství sodíku v tělesných tekutinách a na regulaci krevního tlaku
- Erytropoetin - ten stimuluje kostní dřeň
- Kalcitriol - tvoří se přeměnou vitamínu D

Glomerulární filtrace je základní funkce ledviny. Probíhá v glomerulu a výsledkem je glomerulární filtrát, což je filtrovaná krevní plazma bez bílkovin (ta je pro glomerulární filtr nepropustná). Vytvoří se asi 180 litrů za den (takzvané primární moče), ta se průchodem kanálků upravuje v definitivní moč (fyziologicky u dospělého člověka je zhruba 1,5 litru za den). Kanálky jsou tvořeny různými typy buněk, které mají různé funkce. Na glomerulus navazuje proximální tubulus, zde probíhá zpětná resorpce asi 70 % primární moči nezávisle na hormonech. V těle se zadržují potřebné látky jako například voda, glukosa

a aminokyseliny. Následuje Henleova klička, její tenké sestupné raménko dobře propouští vodu i ionty, naopak tlusté vzestupné raménko je nepropustné pro vodu. Vzestupné raménko resorbuje sodík a chlor. Pokračováním je distální tubulus, ten resorbuje sodík ale již pod vlivem aldosteronu a to znamená, že reguluje objem tělesných tekutin v organismu dle potřeby. Distální tubulus vede do sběracího kanálku, ten reguluje množství vodíkového kationtu a tím pH tělesných tekutin. Dále zde probíhá zpětná resorpce vody pod vlivem antidiuretického hormonu a vznik definitivní moči. Sběrací kanálky ústí do pánvičky, kde se už složení nemění.

Glomerulus má zvláštní buňky, které se jmenují macula densa. Ty spolu s buňkami přívodné a odvodné tepénky tvoří juxtaglomerulární aparát. Zde se tvoří renin.

Zdroje této kapitoly: [2, 3, 4, 7, 10, 12, 13, 15, 17, 23, 25]

2.2 Scintigrafie

Scintigrafie je lékařská zobrazovací metoda, která se provádí na klinice nukleární medicíny spolu s laboratorní diagnostikou a terapií. Základem je scintilační detektor, podle kterého se celá zobrazovací metoda nazývá. Druhý možný název je gamagrafie podle záření, které je radionuklidy emitováno. Scintigrafie je fyzikálně-elektronická metoda zobrazující prostorové rozložení radiofarmaka v těle pomocí zevní detekce vystupujícího gama záření. Základní rozdělení z prostorového hlediska:

- a) Planární scintigrafie - vyšetřované orgány se zobrazují dvourozměrně
- b) Tomografická scintigrafie – zobrazuje trojrozměrně, v nukleární medicíně používáme dva typy tomografického vyšetření:
 - SPECT je jednofotonová emisní výpočetní tomografie, principem je opatření řady scintigrafických snímků pacienta z několika směrů v rovině tomografického řezu, rozložení radiofarmaka v tomografickém řezu je následně matematicky rekonstruováno do 3D obrazu
 - PET je pozitronová emisní tomografie, používá radiofarmaka, která vyzařují pozitrony, ty reagují s elektrony a vznikají páry fotonů. Každý z fotonů letí přesně opačným směrem. Tato dvojice se detekuje na detektorech, které jsou uspořádané do kruhu kolem pacienta.

2.2.1 Přístrojová technika

Pro zobrazení distribuce radiofarmaka v těle se využívá scintilační kamera, která se skládá z kolimátorů, scintilačního krystalu, souboru fotonásobičů, světlovodiče a elektronické vyhodnocovací soupravy.

Kolimátory se liší dle konfigurace, počtu otvorů, energie gama záření radiofarmaka aplikovaného pro vyšetření, dále dle vztahu mezi prostorovou rozlišovací schopností a citlivostí kolimátoru. S menšími otvory v kolimátoru roste prostorová rozlišovací schopnost, ale klesá citlivost. (obrázek č. 4)

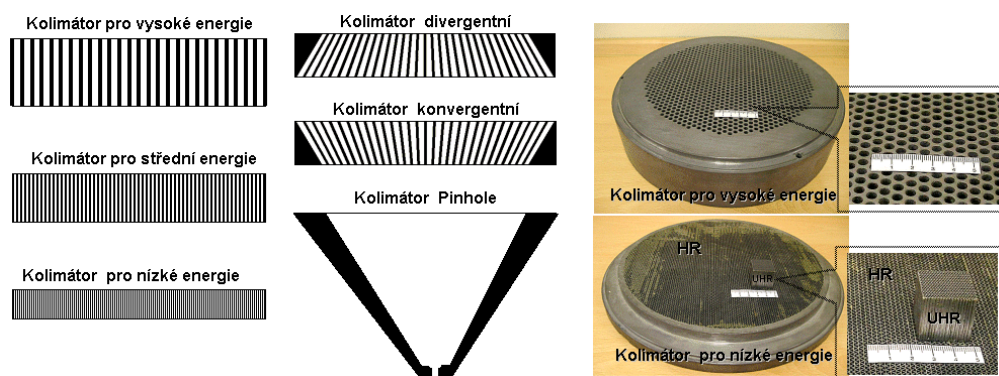
a) Kolimátory s paralelními otvory

- Obsahují tisíce až desetitisíce otvorů v olovu, osy otvorů jsou rovnoběžné s osou detektoru. Výsledný obraz objektu má stejnou velikost jako zobrazovaný objekt, která nezávisí na vzdálenosti od čela kolimátoru. Používá se při většině scintigrafických vyšetření.
- LEAP (low energy all purpose) = kolimátor pro nízké energie, má relativně velké otvory, proletí jimi hodně fotonů a tím pádem má relativně vysokou citlivost, ale horší rozlišovací schopnost, využívá se všeobecně
- LEHR (low energy high resolution) = kolimátor pro nízké energie s vysokým rozlišením, obsahuje více otvorů s menším průměrem a tlustšími stěnami, má lepší rozlišení a horší citlivost než LEAP
- LEUHR (low energy ultra high resolution) = kolimátor pro nízké energie s velmi vysokým rozlišením
- Kolimátor pro střední energie
- Kolimátor pro vysoké energie
- Kolimátor se šikmými otvory – otvory jsou paralelně, jen otočené o určitý úhel od čela kolimátoru, náklon umožňuje lepší zobrazení orgánu, který je jinak zakrytý orgánem jiným

b) Kolimátory s neparalelními otvory

- Konvergentní kolimátory – obsahují rozbíhavé otvory (tzn. sbíhají se na pacientově straně), zvětšují obraz a to v závislosti na vzdálenosti od pacienta, čím blíže, tím větší zvětšení a zároveň lepší rozlišovací schopnost
- Divergentní kolimátory – obsahují sbíhavé otvory (tzn. u pacienta se rozbíhají), tyto kolimátory zmenšují obraz, stačí tedy menší krystal, a proto se využívají u přenosných kamer, používají se pro zobrazení jen velkých orgánů (např. plíce)

- Kolimátor typu Pinhole – má jeden otvor (3 až 5mm), poskytuje zvětšený a převrácený obraz, nezbytný pro zobrazování malých orgánů v těle (např. štítná žláza), při malé vzdálenosti od pacienta je rozlišovací schopnost i zvětšení velké
- Kolimátor typu Fanbeam – kolimátor je fokusován v transverzálním směru a je paralelní v axiálním směru, má až o 50% vyšší citlivost než paralelní kolimátor při stejné rozlišovací schopnosti, používá se především při tomografickém zobrazení mozku



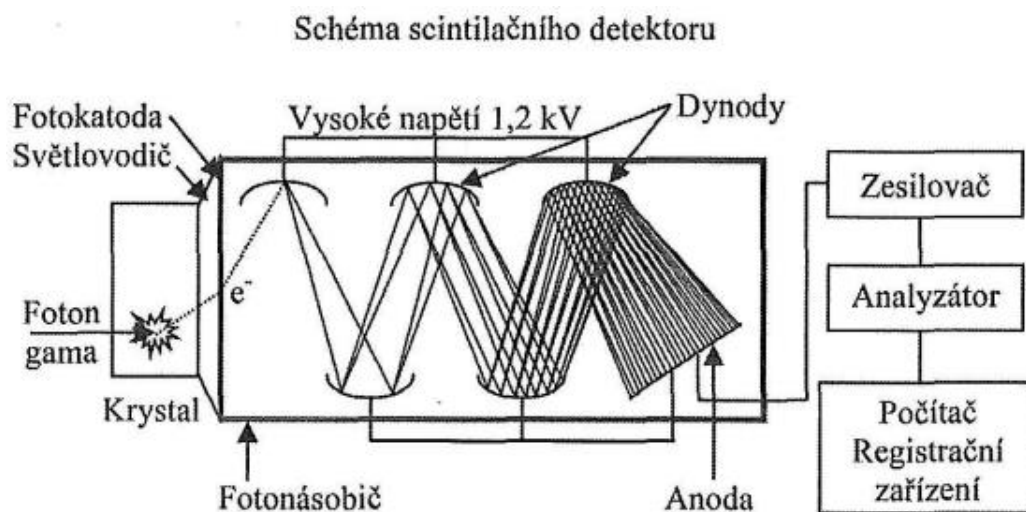
Obrázek č. 4 - Kolimátory

Scintilační krystal a fotonásobič tvoří tzv. scintilační detektor. V přístroji může být jen jeden nebo i více scintilačních detektorů. Jednohlavé přístroje se používají na vyšetření, kde není třeba více projekcí a to z časového důvodu. Množství radiofarmaka se v čase mění a vytvořený obraz s časovým posunem, například mezi přední a zadní projekcí, by se nedal porovnat. Jednohlavý přístroj se také nehodí pro vyšetření SPECT, kdy by vyšetření trvalo hodně dlouho. Běžně se v praxi používají vícehlavé systémy. Pro SPECT se běžně používají dva velkoplošné detektory. Naproti tomu u PET se využívá velkého množství detektorů (řádově stovky) uspořádané do jednoho nebo i několika kruhů.

Detektor je umístěn ve světlotěsném, olověném pouzdra zajišťující radiální stínění. Ve spodní části pouzdra je mechanismus, na který se připojuje potřebný kolimátor, ten se může vyměňovat, avšak musí být v blízké těsnosti s krystalem. Detektor je umístěn na stojanu, který umožňuje mechanický pohyb celé kamery. U jednohlavých systémů je pohyb pouze vertikální a popřípadě i horizontální. K horizontálnímu pohybu je častěji uzpůsobeno lehátko. Při potřebě SPECT vyšetření musí být systém schopný rotačního pohybu. Poslední součástí je tedy lehátko pro pacienty, které by mělo být dostatečně pevné a stabilní.

2.2.2 Princip scintigrafie

Z těla vyslané fotony gama nejdříve prochází kolimátorem, který vymezuje rozsah zorného pole a propouští fotony jen správného směru. Prošlý foton pak interaguje ve scintilačním krystalu (tím je jodid sodný aktivovaný thalliem), který přeměňuje absorbovanou energii na odpovídající množství světla, tomuto ději se říká scintilace. Světlo se krystalem šíří až dojde ke světlovodiči, ten usnadňuje převod světelných fotonů ze záblesku v krystalu na fotonásobič. Fotonásobič má za úkol znásobit a přeměnit záblesk na elektrický impuls a to tak, že fotony viditelného světla zasahují fotokatodu – velmi tenkou vrstvu kovu s nízkou vazebnou energií elektronů. Z fotokatody vyražené elektrony jsou přitahovány a urychlovány nejbližší kladně nabitou elektrodou, první dynodou. Dynody vytvářejí kaskádu např. deseti elektrod. Při každém dopadu elektronů na dynodu jsou vyraženy další sekundární elektrony. Tyto elektrony jsou přitahovány k další dynodě, kde se proces opakuje. Vznikající napěťové impulsy se počítají v elektronické části. Velikost impulsů je dána energií částic ionizujícího záření. Elektrický signál ze všech fotonásobičů se geometricky zváží a určí se místo detekce v krystalu – fotonásobič bude mít přirozeně nejvyšší signál nad místem detekce. Pomocí počítačových obvodů se vyhodnocují souřadnice X, Y, Z. Dále se pomocí zesilovače zesilují amplitudy elektrických impulsů a jsou přiváděny do amplitudového analyzátoru, v němž se třídí podle výšky tvořenou dolní a horní diskriminační hladinou. Připojeným analyzátozem lze změřit spektrum zářiče gama, jež se skládá z jednoho či více fotonů. Před každým vyšetřením se v přístroji nastavuje okénko analyzátoru, tak aby obsahoval potřebný foton.



Obrázek č. 5 - Schéma scintilačního detektoru

2.2.3 Rozdíl mezi dynamickou a statickou scintigrafií

Statická scintigrafie je základní druh scintigrafie. Vyšetření zobrazuje výsledné, konečné rozložení radiofarmaka v těle v určitém čase po aplikaci. Výsledkem je jeden snímek nebo v různých projekcích různé snímky.

Dynamická scintigrafie zobrazuje distribuci radiofarmaka v těle v časovém průběhu. Pořizuje se série snímků v různých časových intervalech. Následně se obrazy promítají za sebou a tvoří dynamický děj obdobně jako video. V závislosti na rychlosti funkčních nebo metabolických dějů potřebujeme předem předvolit počet obrazů (framů) a dobu snímání jednoho obrazu. Časy snímání jednotlivých obrazů jsou poměrně krátké – od několika sekund po několik minut, celková doba vyšetření je určena trváním vyšetřovaného děje, bývají to minuty až desítky minut. Rozložení radiofarmaka se může měnit velmi rychle a čas snímání dat jednoho obrazu je omezen, proto k dosažení dostatečné informační hodnoty musíme používat kolimátory s vysokou citlivostí. „*U dynamické scintigrafie můžeme nejen vizuálně sledovat pohyb a časové změny distribuce radioindikátoru v organismu, ale vytvářet příslušné dynamické křivky a matematickou analýzou stanovovat kvantitativní parametry funkce jednotlivých orgánů.*“ (ULLMANN, Vojtěch. "AstroNuklFyzika" - jaderná fyzika, astrofyzika, kosmologie, filosofie. [online]. [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>)

Zdroje této kapitoly: [5, 7, 22, 24]

2.3 Biologické účinky ionizujícího záření

Ionizující záření působí na živou hmotu, to jak působí a jaké má účinky na živou hmotu, popisuje tato kapitola.

Radiosenzitivita je pojem označující vnímavost orgánu nebo tkáně ke vzniku poškození ionizujícím zářením. Vysokou radiosenzitivitu mají buňky rychle se dělící, např. kostní dřev, gonády, střevní epitel. Naopak radiorezistentní jsou pomalu se dělící nebo nedělící se buňky, např. nervové buňky. Je třeba zdůraznit, že děti jsou radiosenzitivnější než dospělí. „Celoživotní fatální riziko zhoubných nádorů při ozáření 1 mSv je 1:20 000. Tato hodnota platí bez ohledu na pohlaví a věk, uvažujeme-li i věk, pak malé děti jsou na záření až 10x citlivější než dospělí.“ Citace z: <http://www.fnmotol.cz/kliniky-a-oddeleni/cast-pro-dospеле/klinika-nuklearni-mediciny-a-endokrinologie-uk-2-1/oddeleni-radiologicke-fyziky/obecne-informace-o-radioaktivite-a-radiacni-ochran/>

2.3.1 Mechanismus biologických účinků

Při průchodu fotonů gama nebo rentgenového záření tkání může v závislosti na jejich energii dojít k:

- a) Interakci bez odezvy
- b) Úplné absorpci fotoefektem – Fotony předají veškerou energii elektronovému obalu a tím jsou zastaveny. Foton je absorbován při srážce s atomem a jeden elektron je vyražen z některé vrstvy elektronového obalu (typicky z K-vrstvy). Část energie elektronu ($h \cdot f$) je nutná pro ionizaci. Zbývající část energie fotonu se mění v kinetickou energii ($1/2m \cdot v^2$) vyraženého elektronu. Vyražené elektrony mají též ionizační schopnost – vyrážejí elektrony z jiných atomů. Pravděpodobnost fotoelektrického jevu roste s protonovým číslem terčových atomů, klesá s rostoucí energií fotonů (to vysvětluje, proč jsou svazky fotonů o vyšší energii více pronikavé a proč se pro stínění používá olovo). (obrázek č. 6)

Platí Einsteinova rovnice pro fotoelektrický jev: $h \cdot f = E_b + 1/2m \cdot v^2$

- h = Planckova konstanta
- f = frekvence
- E_b = vazebná (ionizační) energie elektronu
- m = hmotnost
- v = rychlost

c) Částečné absorpci Comptonovým rozptylem – Při vyšších energiích fotonů se jejich energie plně neabsorbuje, objevuje se foton s nižší energií. Vazebná energie elektronu E_b je zanedbatelná ve srovnání s energií fotonu. Comptonův rozptyl je pravděpodobnější než fotoelektrický jev u primárních fotonů o energiích 0.5 – 5 MeV. Můžeme napsat: $h \cdot f_1 = (E_b) + h \cdot f_2 + 1/2 m \cdot v^2$.
(obrázek č. 7)

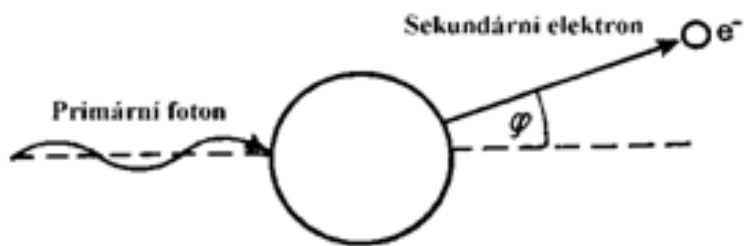
d) Částečné absorpci tvorbou Elektron-pozitronového páru – Dochází k němu při velmi vysokých energiích fotonů (teoreticky nad 1,02MeV). Energie fotonu se transformuje do hmotnosti a kinetické energie elektronu i pozitronu. Vztah mezi hmotností a energií každé částice je: $E = m_0 c^2$. Energie fotonu E musí být vyšší než dvojnásobek energie vypočtené podle předchozího vzorce.

Můžeme napsat: $E = h \cdot f = (m_0 \cdot c^2 + E_{k1}) + (m_0 \cdot c^2 + E_{k2})$.

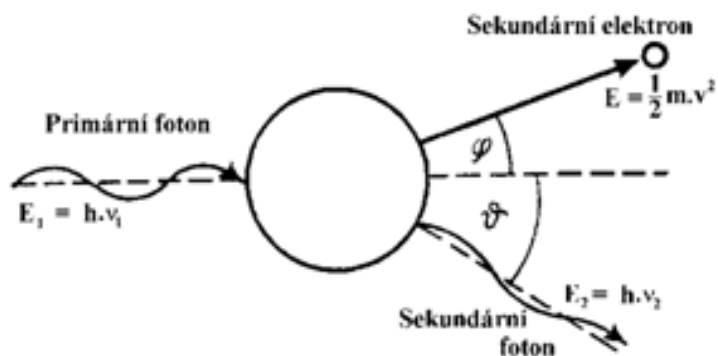
- f_1 = frekvence dopadajícího fotonu
- E_b = vazebná energie elektronu
- f_2 = frekvence rozptýlených fotonů
- m_0 = klidová hmotnost elektronu nebo pozitronu (jejich hmotnosti jsou stejné)
- c = rychlost světla ve vakuu
- $m_0 c^2 = 0,51$ MeV
- E_{k1} a E_{k2} = kinetické energie těchto částic

Pozitron rychle interaguje (anihiluje) s jakýmkoliv blízkým elektronem a vznikají dva fotony, každý s energií 0,51 MeV, tyto dva fotony letí přesně opačným směrem. Tvorba elektron-pozitronového páru se využívá jen při vyšetření PET.

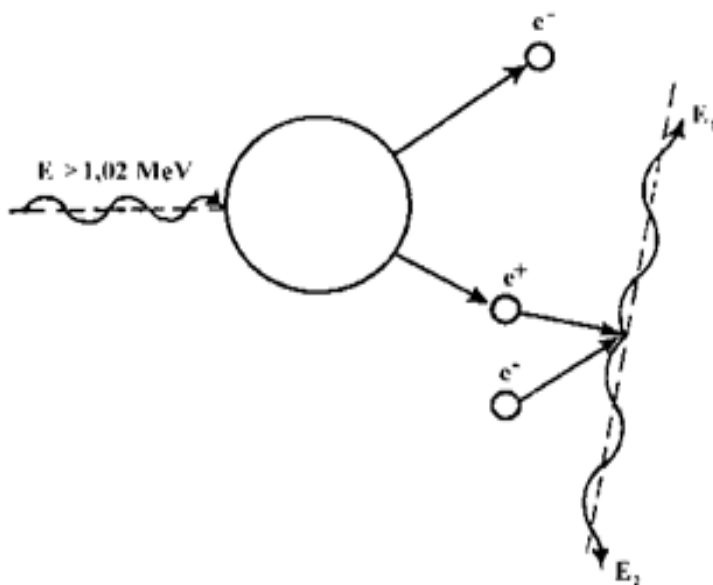
(obrázek č. 8)



Obrázek č. 6 - Fotoelektrický jev



Obrázek č. 7 - Comptonův rozptyl



Obrázek č. 8 - Elektron-pozitronový pár

Radiační poškození rozdělujeme do 4 stádií:

- a) Fyzikální stádium: trvá velmi krátkou dobu od 10^{-17} do 10^{-15} s, absorpce energie probíhá ionizací (proces, při kterém se z elektricky neutrálního atomu nebo molekuly stává kladný nebo záporný iont) nebo excitací (proces, při kterém dochází k přechodu energetického stavu atomu, molekuly či iontu na vyšší energetickou hladinu), pokud ionizace přímo poškodí molekulu DNA, jedná se o účinek přímý
- b) Fyzikálně – chemické stádium: probíhá v časovém úseku od 10^{-15} do 10^{-11} s, probíhá zde zejména disociace molekul (rozdělení na kladně a záporně nabitě částice = kationty a anionty)
- c) Chemické stádium: doba trvání je od 10^{-11} do 10^{-3} s, ve tkáni vznikají z vody radikály $H\cdot$ a $OH\cdot$, ty působí v chemických reakcích nebo interagují s biologicky důležitými molekulami (DNA, enzymy...), nastane-li poškození biomolekuly přes radikál, jedná se o účinek nepřímý
- d) Biologické stádium: může se projevit až po desítkách let, biologický účinek vyústí v morfologické a funkční změny na buňkách, orgánech či organismu jako celku

2.3.2 Následky biologických účinků

Základní poškození na úrovni buněk je úplný zlom dvojvlákna DNA, dále může nastat zlom jednoho vlákna v molekule DNA, reprodukční smrt buňky či mutace. Radiační poškození mohou zvrátit reparační (obnovné) děje.

Vztah dávky a biologického účinku

Biologický účinek záření je závislý na velikosti absorbované dávky. Z hlediska vztahu dávky a účinku rozlišujeme dva základní typy radiobiologických účinků:

- a) Deterministické účinky – Rozumíme tím takové poškození, které je přímo úměrné obdržené dávce záření, takže je předvídatelné. Dávkový práh je u různých tkání různý. S rostoucí dávkou roste závažnost poškození. Účinek vzniká poměrně krátce po ozáření (hodiny, dny, týdny). Patří zde například akutní nemoc z ozáření (potlačení krvetvorby, střevní potíže, neuropsychické potíže), akutní lokalizované postižení (dermatitida, katarakta, poškození fertility).

- b) Stochastické účinky – Neexistuje pro ně žádný dávkový práh. Zvýšení dávky znamená zvýšení pravděpodobnosti poškození. U jednotlivce nelze poznat, zda jde o následek ozáření. Zde patří vznik zhoubných nádorů (leukemie, sarkomy) a genetické (dědičné) změny.

Biologické účinky záření po aplikaci radiofarmak

Radiační zátěž po aplikaci radiofarmaka je od zlomků mSv po 100 mSv v závislosti na použitém radiofarmaku a výši aplikované aktivity. Při takovéto radiační zátěži se nemohou vyskytnout deterministické účinky. „*Se závažnými deterministickými účinky se můžeme setkat při léčbě nemocných s karcinomem štítné žlázy po aplikaci ¹³¹I.*“ MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína 1*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1995, 123 s. ISBN 80-706-7511-X str 61. Stochastické účinky se však musí zvažovat vždy.

Zdroje této kapitoly: [7, 14, 21, 22]

2.4 Radiační ochrana

Oddělení nukleární medicíny se řídí platnou legislativou:

- 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.

2.4.1 Základní principy radiační ochrany

Cílem radiační ochrany je vyloučení deterministických účinků a omezení pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků ionizujícího záření. Tohoto cíle dosáhneme pomocí několika principů:

Princip zdůvodnění je prvním principem, kdy každá činnost musí být zdůvodněna přínosem, který vyváží riziko. Vždy se musí vzít v úvahu dostupné alternativní metody a také předchozí významné aplikace radionuklidů a ionizujícího záření. „*Princip optimalizace je často označován jako princip ALARA z angl. „as low as reasonably achievable“, což lze volně přeložit jako „(ozáření má být) tak nízké jak je rozumně možné (dosáhnout).“* HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009, 138 s. ISBN 978-802-4423-500 strana 63.

V nukleární medicíně platí, že podáváme pouze takové množství radioaktivní látky požadované čistoty a aktivity, které zaručuje dostatečnou diagnostickou informaci při co nejnižší radiační zátěži pacienta. Při léčbě na pracovišti nukleární medicíny platí, že ozáření zdravých tkání sousedících s léčebným orgánem má být tak nízké, jak lze dosáhnout bez omezení léčby. K optimalizaci aktivit slouží diagnostické referenční úrovně (více o DRÚ v podkapitole 2.4.3). Radiační zátěž můžeme snížit ovlivněním biokinetiky použitých radiofarmak, např. zrychlením vylučování radiofarmaka z těla zvýšeným příjmem tekutin, zabráněním nebo omezením přísunu radiofarmak do určitého orgánu za pomoci léků.

Princip limitování je třetím základním principem, ten omezuje ozáření osob tak, aby celkové ozáření nepřesáhlo v součtu stanovené limity. Existuje několik druhů limitů, avšak k žádnému se nevztahuje ozáření z přírodního pozadí (to je přibližně 3,5 mSv/rok). Obecné limity platí pro obyvatele, jedním z limitů je efektivní dávka určena 1 mSv/rok.

Další limity jsou pro pracovníky v prostředí radiační zátěže, limit pro efektivní dávku je stanoven na 50 mSv/rok a zároveň 100 mSv za 5 let. Limity pro studenty, kteří přicházejí do styku s ionizujícím zářením při výuce, mají efektivní dávku vymezenou na 6 mSv/rok. Poslední limity jsou pro osoby ozářené ve zvláštních případech, tedy pro rodinné příslušníky pečující o pacienty s aplikovanými radionuklidy doma, nebo osoby, které jsou s nimi ve styku. Tady platí limit pro efektivní dávku u dětí 1 mSv/rok a u dospělých 5 mSv/rok. Princip limitování však neplatí u lékařského ozáření.

Důležitým bodem je i bezpečnost zdrojů ionizujícího záření. Za předvídatelných podmínek nesmí dojít ke ztrátě kontroly nad zdrojem. Musí být opatřen zábranou proti odcizení a přístupu k nim nepovolaným osobám. Musí být zajištěn dobrý stav a technická bezpečnost zdrojů. Parametry přístrojů jsou pravidelně kontrolovány takzvanými provozními zkouškami.

2.4.2 Radiační ochrana pracovníků

Existují tři základní způsoby ochrany pracovníků před ionizujícím zářením:

Ochrana časem se zakládá na tom, že radiační zátěž pracovníka roste s dobou, po kterou pobývá v blízkosti zdroje záření. Pracovník nesmí pobývat v blízkosti zdroje záření v těch časových úsecích, není-li to bezpodmínečně nutné. Čas potřebný pro manipulaci s radiofarmaky se sníží optimalizací pracovních úkonů.

Ochrana vzdáleností využívá faktu, že dávkový příkon (dávka) klesá s druhou mocninou vzdáleností od zdroje záření. Pracovníci by se neměli zdržovat v blízkosti pacientů, kterým byla aplikovaná radioaktivní látka, není-li to potřeba. Měli by se držet od zdrojů (lahvičky s radiofarmakem) co nejdál za pomoci pinzet či peánů.

Ochrana stíněním se realizuje pomocí vhodného materiálu o vysoké hustotě, který podstatně zeslabuje svazek záření a tím i dávku. Stínicí materiál se vkládá mezi zdroj záření a pracovníka, např. radioaktivní látka se přenáší v oloveném kontejneru, injekční stříkačky pro aplikaci radiofarmak mají ochranné stínicí kryty. Ochrana stíněním se uskutečňuje i pomocí stavební úpravy vyšetřoven.

Radiační pracovníci kategorie A, jsou takoví pracovníci, pro které platí výše zmíněné limity. Podle vyhlášky 307/2002 Sb. to jsou takoví pracovníci, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny stanoveného v § 20 odst. 1 písm. c) až e). Mají lékařský dohled a podstupují vstupní lékařskou prohlídku, pak preventivní kontroly jednou za rok a výstupní prohlídku. Je-li potřeba, jsou prohlédnuti i mimořádně. Kontroly sledují zdravotní způsobilost a vývoj zdravotního stavu vzhledem k ozáření. Radiační pracovníci kategorie A musí být monitorováni, aby se dohlédlo na nepřekročení stanovených limitů. Osobní monitorování je zajištěno pomocí osobních opticky stimulovaných luminiscenčních dozimetřů, které jsou pravidelně (jednou měsíčně) vyměňovány a vyhodnocovány. V případě podezření nebo vzniku radiační nehody je nutná okamžitá výměna a vyhodnocení osobního dozimetru. Dozimetr se nosí na levé straně hrudníku na pracovním oděvu. Na pracovištích nukleární medicíny se navíc nosí prstové termoluminiscenční dozimetry, protože ruce jsou při manipulaci s radiofarmaky vystaveny zvýšené expozici.

2.4.3 Diagnostická referenční úroveň (DRÚ = DRL = Diagnostic reference level)

DRÚ jsou uvedeny v příloze č. 9 vyhlášky č. 307/2002 Sb. Jednou z definic může být: obvykle aplikovaná aktivita pro pacienta o hmotnosti 70 kg. Aplikovaná aktivita se přepočítává pro každého pacienta podle jeho hmotnosti a pro dané vyšetření a také dle stavu pacienta či použitého přístroje. Překročit DRÚ se může jen v dobře odůvodněných případech, jako je třeba silná nadváha. Děti jsou radiosenzitivnější než dospělí, proto je třeba si dávat obzvlášť pozor na množství absorbované dávky záření. Pro dětské pacienty nejsou DRÚ stanoveny, ale opírají se o optimální aktivity u dospělých. Existují doporučení od European Association of Nuclear Medicine (= Evropská asociace společností nukleární medicíny, dále jen EANM), které DRÚ násobily koeficienty dle tělesné hmotnosti dítěte. Přepočet aplikované aktivity dle tělesné hmotnosti viz. tabulka č. 1. U novorozenců by však byla vypočítaná aktivita příliš malá, než aby byl obraz dostatečně hodnotitelný, nebo by se neúnosně prodloužil čas vyšetření. Proto EANM doporučila i minimální aktivity, které ještě umožní statisticky hodnotitelné výsledky (tabulka č. 2).

Hmotnost (kg)	třída A	třída B	třída C	Hmotnost (kg)	třída A	třída B	třída C
3	1,00	1,00	1,00	32	3,77	7,29	14,00
4	1,12	1,14	1,33	34	3,88	7,72	15,00
6	1,47	1,71	2,00	36	4,00	8,00	16,00
8	1,71	2,14	3,00	38	4,18	8,43	17,00
10	1,94	2,71	3,67	40	4,29	8,86	18,00
12	2,18	3,14	4,67	42	4,41	9,14	19,00
14	2,35	3,57	5,67	44	4,53	9,57	20,00
16	2,53	4,00	6,33	46	4,65	10,00	21,00
18	2,71	4,43	7,33	48	4,77	10,29	22,00
20	2,88	4,86	8,33	50	4,88	10,71	23,00
22	3,06	5,29	9,33	52–54	5,00	11,29	24,67
24	3,18	5,71	10,00	56–58	5,24	12,00	26,67
26	3,35	6,14	11,00	60–62	5,47	12,71	28,67
28	3,47	6,43	12,00	64–66	5,65	13,43	31,00
30	3,65	6,86	13,00	68	5,77	14,00	32,33

Tabulka č. 1 - Hodnoty násobitelů pro odpovídající hmotnost dítěte a třídu radiofarmaka

Radiofarmakum	vyšetřovaný orgán	třída	Základní aktivita (jen pro výpočet) (MBq)	Minimální doporučená aktivita (MBq)
¹²³ I	štítná žláza	C	0,6	3
¹²³ I-hippuran	ledviny – abnormální funkce	B	5,3	10
¹²³ I-hippuran	ledviny – normální funkce	A	12,8	10
¹²³ I-MIBG	neuroendokrinní nádory	B	28,0	80
¹³¹ I-MIBG	neuroendokrinní nádory	B	5,6	35
¹⁸ F-FDG	2D	B	25,9	70
¹⁸ F-FDG	3D – děti	B	14,0	70
¹⁸ F-fluorid	2D	B	25,9	70
¹⁸ F-fluorid	3D – děti	B	14,0	70
⁶⁷ Ga-citrát	nádory, záněty	B	5,6	10
^{99m} Tc-albumin	kardiologie	B	56,0	80
^{99m} Tc-koloid	jícen, žaludek	B	2,8	10
^{99m} Tc-koloid	játra, slezina	B	5,6	15
^{99m} Tc-koloid	kostní dřev	B	21,0	20
^{99m} Tc-DMSA	ledviny	A	17,0	15
^{99m} Tc-DTPA	ledviny – abnormální funkce	B	14,0	20
^{99m} Tc-DTPA	ledviny – normální funkce	A	34,0	20
^{99m} Tc-ECD	mozek	B	32,0	110
^{99m} Tc-HMPAO	mozek	B	51,8	100
^{99m} Tc-HMPAO	leukocyty	B	35,0	40
^{99m} Tc-IDA	cholescintigrafie	B	10,5	20
^{99m} Tc-MAA	plice	B	5,6	10
^{99m} Tc-MAG3	ledviny	A	11,9	15
^{99m} Tc-MDP	skelet	B	35,0	40
^{99m} Tc-technecistan	cystografie	B	1,4	20
^{99m} Tc-technecistan	ektopická žaludeční sliznice	B	10,5	20
^{99m} Tc-technecistan	kardiologie – first pass	B	35,0	80
^{99m} Tc-technecistan	štítná žláza	B	5,6	10
^{99m} Tc-erythrocyty	blood pool	B	56,0	80
^{99m} Tc-MIBI/tetrofosmin	nádory	B	63,0	80
^{99m} Tc-MIBI/tetrofosmin	myokard – rest – 2denní protokol	B	Min. 42,0	80
^{99m} Tc-MIBI/tetrofosmin	myokard – rest – 2denní protokol	B	Max. 63,0	80
^{99m} Tc-MIBI/tetrofosmin	myokard – stress – 2denní protokol	B	Min. 42,0	80
^{99m} Tc-MIBI/tetrofosmin	myokard – stress – 2denní protokol	B	Max. 63,0	80
^{99m} Tc-MIBI/tetrofosmin	myokard – rest – 1denní protokol	B	28,0	80
^{99m} Tc-MIBI/tetrofosmin	myokard – stress – 1denní protokol	B	84,0	80
^{99m} Tc-denatur. erythrocyty	slezina	B	2,8	20

Tabulka č. 2 - Minimální a základní aktivity doporučené EANM

Zdroje této kapitoly: [6, 7, 14, 18, 19]

2.5 Psychologie dětí

Děti jakéhokoliv věku se necítí v nemocnicích dobře, ať už jsou hospitalizované či jdou jen na vyšetření, prohlídku. Toto platí i pro většinu dospělých, ale děti jsou přece jen citlivější. Nezáleží jen na tom, jak vypadá oddělení, ale také na chování zdravotníků a rodičů k dětem. Základem je způsob komunikace mezi personálem, pacientem a rodinou. Podstatný je individuální přístup zdravotníků zohledňující věk dítěte, míra informovanosti od rodičů a další okolnosti konkrétního jedince. Nelékařský zdravotnický pracovník pečující o dítě musí počítat s nedobrovolným vstupem dítěte do zdravotnického zařízení. Toto riziko se objevuje zejména u menších dětí. *„Dítě se v něm ocitá na základě rozhodnutí a souhlasu svého zákonného zástupce, nikoliv na základě vlastní volby. Proto získat si jeho důvěru a navodit motivaci ke spolupráci na léčebném procesu vyžaduje mnohdy nadlidské úsilí.“* VACUŠKOVÁ, Miluše. *Vybrané kapitoly z ošetrovatelské péče v pediatrii*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2009, 225 s. ISBN 978-807-0134-917. str. 12. Pro správnou práci s dětmi je třeba znát jejich somatický, sociální a psychologický vývoj, proto rozdělím děti do třech věkových skupin.

2.5.1 Novorozenci, kojenci, batolata

Tato tři období zahrnují dobu od narození po třetí rok života. V této etapě života se vytváří pevný vztah mezi matkou a dítětem, později celou rodinou. Proto je nutné při vyšetření dítěte umožnit přítomnost matky nebo i obou rodičů. Dítě pak bude klidnější a rodiče samozřejmě také. Děti v tomto věku se cizích lidí bojí a na to by měl být brán zřetel. Je neprofesionální, když se dítě při zákroku okřikuje „nekřič, nefňukej“ a podobně. Při bouřlivém vzdorování znamená klidný přístup rodičů a zdravotníků zvládnutí situace. Personál by se měl chovat mile, klidně, tiše, prostě tak, aby se dítě nevystrašilo. *„Intelektový vývoj postoupil totiž natolik, že dítě rozlišuje „to známé“ od „toho neznámého“, přičemž to známé je bezpečné a to neznámé je nebezpečné.“* MATĚJČEK, Z. Co děti nejvíc potřebují. 3. vyd. Praha: Portál, 2003. 108 s. ISBN 80-7178-853-8 str. 68 Dochází k rychlému psychologickému a somatickému růstu, dítě se učí lézt, sedět a chce poznávat okolí. Z tohoto důvodu může být těžké udržet dítě při vyšetření nehybně. Děti v tomto věku ještě nechápou význam všech slov, které slyší, taktéž jako nechápou, že musí vydržet celé vyšetření bez pohnutí, aby bylo vyšetření dobře hodnotitelné.

2.5.2 Děti předškolního věku a mladšího školního věku

Stadium předškolního věku trvá od 4 do 6 let. Od 7 do 12 let se jedná o stadium mladšího školního věku. První z těchto stadií je zejména obdobím hry a zvědavosti. Rozvíjí se fantazie. Právě díky fantazii se často stává, že se dítě bojí všeho, co nezná. Aby se tomuto předešlo, je vhodná domácí příprava na vyšetření, a to například formou hry. Je známým faktem, že nejvýznamnější je pro dítě pocit jistoty, bezpečí a lásky. Laskavostí a klidným hlasem je možné vytvořit příznivou atmosféru ke komunikaci. Je důležité se dítěti představit křestním jménem a hlavně nespěchat. Druhé stadium začíná nástupem dítěte do školy a tedy naprostou změnou ve zvyklostech dítěte. „*Nejen motorika a smyslové vnímání se ve školním věku zdokonalují a rozvíjejí do složitých a vzájemně propojených forem, ale výrazně se vyvíjí také řeč, která lidskou činnost řídí a dovoluje další kvalitativně nový rozvoj v celé oblasti chování a prožívání.*“ LANGMEIER, Josef a Dana KREJČÍŘOVÁ. *Vývojová psychologie. 2., aktualiz. vyd.* Praha: Grada, 2006, 368 s. Psyché (Grada). ISBN 80-247-1284-9. str. 122. Dítě lépe snáší bolest, když se mu řekne, že to bude trochu bolet, než když jej násilím a proti jeho vůli přesvědčíte, že to vůbec bolet nebude a najednou pocítí silnou bolest. Děti v tomto věku bývají plné energie, snaživé, milé a chtějí být rodiči pochváleny. Pokud je jim vše dostatečně vysvětleno, bývá spolupráce dobrá. I tak by se nemělo šetřit na pochvalách a třeba i nějaké sladkosti za statečnost.

2.5.3 Děti staršího školního věku, adolescenti

Toto období začíná 12. rokem a končí 18. rokem. Nastává puberta. „*Mezi hlavní vývojové úkoly období dospívání patří na jedné straně uvolnění z přílišné závislosti na rodičích a na druhé straně navazování diferencovanějších a významnějších vztahů k vrstevníkům obojího pohlaví.*“ LANGMEIER, Josef a Dana KREJČÍŘOVÁ. *Vývojová psychologie. 2., aktualiz. vyd.* Praha: Grada, 2006, 368 s. Psyché (Grada). ISBN 80-247-1284-9 str. 152. Dítě se stává konformní, ovlivňují ho především jeho vrstevníci. Roste kritičnost ke všemu a rostou stížnosti na nespravedlivé chování. Adolescence neboli dorostové období je doba, během níž se hledá vlastní identita, formuje se osobnost i celkový pohled na svět. Na druhou stranu již plně chápou důležitost vyšetření, a tudíž při spolupráci nebývá problém.

Zdroje této kapitoly: [1, 8, 9, 16, 26]

2.6 Komunikace s rodiči

Komunikace s rodiči je velmi složitá, někdy dokonce složitější než s dětmi. Pacient i doprovod musí být přesvědčeni o tom, že se o něj zdravotníci zajímají. Je důležité najít si pro první rozhovor dostatek času, abychom vše řádně vysvětlili a ponechali pacientovi i doprovodu prostor na kladení otázek. Samozřejmě je ochotně mu na ně odpovědět. Je nezbytné se k rodičům chovat přátelsky a laskavě. Zdravotník se musí vyjadřovat jasně, přesně, srozumitelně, konkrétně a poskytnout přiměřené množství informací. V roli posluchače by měl chtít informaci přijmout. Důležitá je jeho koncentrace pozornosti, aktivní naslouchání a neskákání do řeči. Existuje několik komunikačních bariér:

- překroucení informací – Dochází k tomu nejčastěji neúmyslně, buď prostou nepozorností posluchače, nebo tím, že posluchač už přemýšlí nad odpovědí.
- komunikační zahlcení – Není možné podat stejné informace malému dítěti a dospělému člověku, proto se v případě vyšetření dětského pacienta vše vysvětluje vlastně dvakrát. Dále pak příliš odborné výrazy či slang není vhodný ani u dospělých osob.
- nevhodná forma předávání zpráv s ohledem na posluchače – V případě potřeby bezodkladné zpětné vazby je nevhodná písemná forma komunikace, naopak v případě potřeby dokladu o předání informací je písemný záznam žádoucí. Co je potřeba mít při vyšetření písemně, je uvedeno v kapitole: příprava pacienta.

Komunikace s rodiči se musí vyvinout na zdvořilostní úrovni, vztah musí být budován v rovině vzájemné úcty a respektu. Pokud to okolnosti dovolí, rodinní příslušníci se využívají ke spolupráci k vyšetření, ale musí být při tom dodržována jasná pravidla a je třeba dbát na hranice jejich kompetencí. Schopnost empatie je důležitým předpokladem kontaktu s dítětem i doprovodem, umožní nám vidět svět očima druhých. Empatie neznamená jen umět se vcítit do psychiky druhého, ale také porozumět okolnostem, které ke vzniku jeho obtížné situace vedly. Přiblížit se k jeho světu natolik, aby bylo možno se na problém dívat jeho očima a aby se dalo pochopit, co právě prožívá. Empatické chování se vyznačuje takovou komunikací, aby druhý cítil, že je akceptován a je mu nasloucháno. Zároveň je potřeba zachovat si odstup.

Zdroje této kapitoly: [11]

2.7 Dynamická scintigrafie ledvin

Dynamická scintigrafie ledvin je vyšetření, které prostřednictvím scintigramů poskytuje obrazovou informaci o vychytávání radiofarmaka ledvinami a jeho následném transportu horními močovými cestami. Umožňuje kvantifikovat funkci ledvin nebo jejich částí v grafické a numerické formě. Vyšetření slouží i k hodnocení perfuze funkce a drenáže.

2.7.1 Přístroj

Dynamická studie se provádí na jednohlavé planární maďarské gamakameře s použitím nízkoenergetického LEAP kolimátoru. Kolimátor je umístěn pod lehátkem pacienta, tedy v zadní projekci (obrázek č. 9). V případě podezření na dystopickou ledvinu a u pacientů po transplantaci ledviny, ale se zbytkovou funkcí vlastních ledvin, se doporučuje použití dvoudetektorové gamakamery, která současně zaznamenává přední a zadní projekci.



Obrázek č. 9 - Jednohlavá maďarská gamakamera

2.7.2 Indikace a kontraindikace k vyšetření

Indikací jsou ledvinná onemocnění, u nichž je třeba separovaně určit funkční zdatnost pravé a levé ledviny. Dále je to kontrolní vyšetření k posouzení vývoje ledvinného onemocnění. Je možno posoudit a zhodnotit průběh odtoku moči z kalichopánvičkových systémů a ureterů. Další indikací jsou perfuze funkce a drenáže, zhodnocení komplikací po transplantaci. U dětí je typickou indikací odlišení mechanické a funkční obstrukce dutého systému ledvin, rozlišení obstrukční a neobstrukční dilatace u dětí starších 2 týdnů a u dětí se sonograficky prokázanou hydronefrózou.

Relativní kontraindikací je gravidita (provedení jen z vitální indikace při minimalizaci aplikované aktivity RF) a laktace. Kinetika radiofarmak vylučovaných ledvinami je ovlivňována jodovými kontrastními látkami používanými při radiodiagnostice. Dynamická scintigrafie ledvin se proto nemá provádět v deseti následujících dnech po aplikaci jodové kontrastní látky.

2.7.3 Radiofarmaka

Radiofarmaka jsou léčiva obsahující radionuklidy. Radionuklidy jsou navázány na tzv. nosnou sloučeninu, která je různě specificky a senzitivně vycitávána různými orgány. Dnes je nejčastěji používaným radionuklidem ^{99m}Tc , které má velmi výhodné vlastnosti. Poločas radioaktivní přeměny je 6 hodin a emitovaná energie 140 keV je vhodná pro vnější detekci. Pro běžná vyšetření se radiofarmaka dodávají v tzv. kitech, které obsahují radionuklidový generátor a doposud neznačené farmakum v požadované lékové formě. Samotné značení se provádí před podáním radiofarmaka. Reakce, při které dochází ke značení radionuklidem, probíhá v uzavřených, sterilních, skleněných lahvičkách, umístěných v olověných kontejnerech. Pro dynamickou scintigrafii ledvin se mohou použít dvě radiofarmaka:

a) ^{99m}Tc -DTPA

DTPA je diethylentriaminopentaacetát. Je to chelát vylučovaný pouze glomerulární filtrací. „Tomu odpovídá, že při jednom průtoku radiofarmaka ledvinou je vyloučeno do moči asi 20 % z přitékajícího množství.“ KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492. str. 106.

Tento chelát je podáván dospělým většinou o aplikované aktivitě 100 – 200 MBq. Diagnostická referenční úroveň se rovná 250 MBq a při hodnocení perfuze 500 MBq.

b) ^{99m}Tc -MAG3

MAG3 je merkaptoacetyltriglycin. Toto radiofarmakum je vylučováno především tubulární sekrecí. Vychytávání a exkrece této látky ledvinami je rychlejší než u ^{99m}Tc -DTPA, a proto je v průběhu vyšetření dosahováno vyšších hodnot poměru četností impulzů v oblasti ledviny k četnosti impulzů v oblasti tělového pozadí. To umožňuje kvalitnější zobrazení ledvin a eventuálně i odvodných močových cest při dynamické scintigrafii. „Vzhledem k tomu, že 90 % této sloučeniny je vázáno v plazmě na transportní bílkoviny, je podíl glomerulární filtrace na jeho celkové exkreci nevýznamný.“ KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492. str. 106. Při jednom průtoku plazmy je vychytáváno ledvinami více než 50 % z množství radiofarmaka, které přitéká ledvinnou tepnou. U dětí používáme výhradně MAG3. Při aplikaci radiofarmaka dětem se podáváná aktivita stanovuje podle doporučení EANM nebo podle jeho rozšířené verze viz tabulka č. 3. Aplikovaná aktivita radiofarmaka se zaznamená v dokumentaci k vyšetření.

Po srovnání obou radiofarmak je zřejmé, že koncentrace MAG3 v ledvinách i v moči je během vyšetření vyšší než v případě DTPA. „V důsledku této skutečnosti je při vyšetření MAG3 dosahován vyšší kontrast mezi zobrazovanými strukturami a okolními tkáněmi, což umožňuje získat kvalitnější scintigrafické obrazy. Vyšší rychlost vylučování radiofarmaka z organismu je zvláště důležitá při studiích zaměřených na hodnocení průběhu odtoku moči z kalichopánvičkového systému ledvin, protože je potřebné, aby v době, kdy se posuzuje drenáž dutého systému ledvin, byla již koncentrace radiofarmaka v ledvinném parenchymu nízká.“ KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492. str. 106.

Pacienti s hmotností < 85 kg		Pacienti s hmotností > 85 kg	
Hmotnost pacienta [kg]	Faktor F	Hmotnost pacienta [kg]	Faktor F
4	0,14	90	1,19
5	0,17	95	1,24
6	0,19	100	1,28
7	0,21	105	1,33
8	0,23	110	1,37
9	0,25	115	1,41
10	0,27	120	1,46
11	0,29	125	1,50
12	0,32	130	1,54
13	0,34	135	1,58
14	0,36	140	1,62
15	0,38	145	1,66
20	0,46	150	1,70
25	0,54	155	1,74
30	0,62	160	1,78
35	0,69	165	1,82
40	0,76	170	1,86
45	0,81	180	1,94
50	0,88	190	2,01
55	0,91	200	2,085
60-85	1		

Tabulka č. 3 – Hodnoty faktoru F pro výpočet aplikované aktivity RF v závislosti na tělesné hmotnosti vyšetřované osoby s platností pro dětský věk

2.7.4 Příprava pacienta před vyšetřením

Základním předpokladem správného scintigrafického vyšetření ledvin je dobré zavodnění pacientů, které je standardně zajištěno vypitím půl litru tekutin 30 až 60 minut před vyšetřením. U pacientů s výraznou odchylkou hmotnosti od průměru (70 kg) je možno vypočítat objem tekutiny tak, aby pacient vypil 7 ml/kg hmotnosti. U dětí se upravuje objem podaného nápoje v závislosti na jejich hmotnosti, dostanou vypít přibližně 200 – 300 ml tekutin. Kojenci jsou kojeni obvyklým způsobem, navíc dostávají vypít jednu porci tekutin proti normálnímu potravnímu režimu, vhodné je dítě nakojit po příchodu na vyšetření. Jestliže zdravotní důvody brání perorálnímu podání tekutin, je nutno ve vybraných případech použít intravenózní infuzi. Dostatečné zavodnění zabraňuje hromadění koncentrované moči s radiofarmakem v kalichopánvičkovém systému, což by snížilo kvalitu provedení. U neklidných dětí je třeba dohodnout ve spolupráci s odesílajícím pediatrem případnou premedikaci sedativy. Pokud bude vyšetření prováděno v celkové anestezii (věk 0-4 roky), od půlnoci se nepřijímá strava a tekutiny a zajistí se dostatečná hydratace infuzí a ponechá se zajištěná žíla pro potřeby anesteziologa a pro aplikaci radiofarmaka.

Velmi důležité je vymočení pacienta těsně před vyšetřením, protože roztažení močového měchýře může výrazně zpomalit nebo dokonce zastavit odtok moči z kalichopanvičkového systému ledvin a také protože vyšetření trvá poměrně dlouho, takže jde o komfort pacienta. „V případech, kdy je cílem vyšetření posouzení průběhu drenáže ledvin u pacientů s vezikoureterálním refluxem nebo s poruchami vyprazdňování močového měchýře, je třeba dokonce zvážit i možnost provedení scintigrafie při zakatetrizovaném močovém měchýři.“ KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492. str. 108. Výsledek závisí na možném pohybu pacienta při vyšetření, proto je třeba věnovat zvláštní pozornost u malých dětí. Při dynamické scintigrafii je vhodné zabránit větším pohybům pacienta v oblasti zad v průběhu celého vyšetření, při výraznějších pohybech pacienta by totiž nebylo možné použít standardní vyhodnocovací programy. Pro děti existují speciální fixační pomůcky, které pomohou zabránit pohybům a omezí podání sedativ (obrázek č. 10). Děti se bojí aplikace, přístroje a někdy i neznámého prostředí, proto je žádoucí vytvořit klidné a přívětivé prostředí na pracovišti se snahou o maximální možné potlačení rušivých vlivů působících na dítě tak, aby bylo možno omezit podávání sedativ na nejmenší možnou míru. Časté podávání velkých dávek sedativ není vhodné vzhledem k tomu, že ve stavu blízkém narkóze by mohla být ovlivněna motilita ureterů, a tím i změněn průběh drenáže ledvin. Nejvíce zneklidňujícím podnětem je vlastní intravenózní injekce, proto je třeba zaměřit se především na tento okamžik. Doporučováno je předem potřít místo aplikace účinným lokálně znecitlivujícím krémem.



Obrázek č. 10 - Fixační pomůcka

Před začátkem dynamické scintigrafie je nutno podepsat písemný informovaný souhlas. Písemný souhlas je součástí zdravotní dokumentace. Pokud nemocný není schopen se vlastnoručně podepsat, je nutno informovaný souhlas probrat za přítomnosti nejlépe 2 svědků (personál, rodinný příslušník), kteří potvrdí nemocného souhlas a jeho náležité poučení. U nezletilých pacientů je nutný podpis zákonného zástupce. Dalším dokumentem, který je nutno písemně podepsat jsou pokyny pro pacienty vyšetřené radiofarmakem. Tento dokument vysvětluje, že pokud pacient v blízkých dnech (4 dny) po vyšetření bude cestovat do zahraničí, detektory na letištích mohou zachytit radiaci. V tomto případě je nutné mít u sebe doklad, který potvrzuje vyšetření radiofarmaky. Dále popisuje nakládání s plenami, sběrnými sáčky na moč, či močí potřísněným prádlem. Radiofarmakum se z těla vylučuje močí, a proto je třeba použité inkontinentní pomůcky skladovat 4 dny mimo obytnou místnost (komora, balkón), a teprve potom je možno pleny vložit do komunálního odpadu. Toto platí i pro ostatní pomůcky. Prádlo se taktéž nechává 4 dny mimo obytnou místnost a poté se může normálně vyprat.

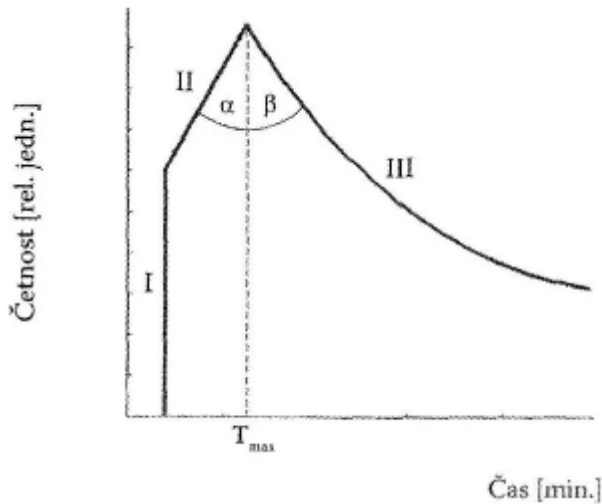
2.7.5 Postup vyšetření

Prvotně se ověřují osobní a zdravotní data na žadance o vyšetření a identita pacienta. Dále se zkontrolují podepsané dokumenty a pacient se řádně poučí. Provede se anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření, onemocnění, pro které se vyšetření provádí, a prodělané nemoci nebo úrazy, které mohou ovlivnit výsledek vyšetření. Vyšetření se dělá nejčastěji vleže na zádech, méně často vsedě, u dětí se případně použije prostředků k omezení pohybů. Zorné pole scintilační kamery zaznamenává v zadní projekci nejen ledviny, ale i přilehlé oblasti od srdeční báze až po močový měchýř. U dětí se používá zoom, který přizpůsobí zorné pole kamery tak, aby vněm byla celá požadovaná oblast. Před aplikací radiofarmaka se ověřuje aktivita pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru). Ačkoliv u dětí v kubitální jamce lze většinou najít vhodnou žílu, je předloktí dítěte těžké fixovat, proto raději volíme aplikaci do žil na dorzu ruky. Současně s intravenózním podáním radiofarmaka se spustí záznam do paměti počítače, který je předem nastaven dle potřeb vyšetření. Snímají se deseti až dvaceti vteřinové scintigramy po dobu záznamu 20 až 45 minut. Poté se s pacientem popojede tak, aby v zorném poli scintilační kamery byl močový měchýř, tato studie je krátká, řádově desítky vteřin. Délku určí lékař. Poté se pokračuje vyšetření vsedě, kdy je pacient opřený zády o hlavu gamakamery. Menší děti po studii vleže skáčou, nejmenší děti si rodiče berou do náručí a pochovávají je, poté pokračuje krátké vyšetření vleže. Tato druhá část se dělá, protože se pak může změnit rychlost odtoku radiofarmaka z ledvin. Pokud je podezření na blokádu v odtoku moči a nepomohlo posazení nebo protřepání, podá se látka (diuretikum) urychlující odtok moči. Po této injekci se snímá dalších 20 minut. Takto zaznamenaná studie je následně zpracována pomocí speciálního programu.

Zpracování obrazu a výpočty parametrů nutných k interpretaci nálezu

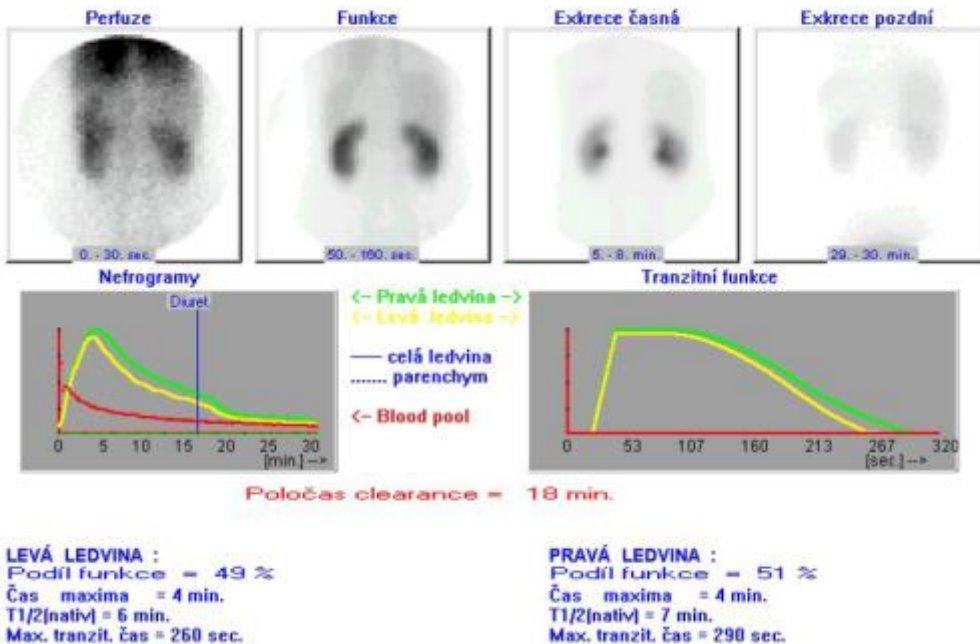
Výsledkem vyšetření je série scintigramů, které zobrazují ledviny v různých časech od aplikace radiofarmaka, nejdříve v perfuzní fázi, která odpovídá období přítoku radiofarmaka do ledviny, poté ve fázi funkční nebo parenchymové, která se shoduje s dobou, kdy dochází především ke koncentraci radiofarmaka v parenchymu ledviny, a poslední třetí fáze je fáze exkreční nebo drenážní, kdy moč s radiofarmakem postupně odtéká močovými cestami (obrázek č. 11). Je možno tedy posoudit lokalizaci a charakter patologického děje. Při počítačovém hodnocení se stanovují nefrografické křivky, které znázorňují časový průběh aktivity v zájmové oblasti ledvin, a tak reflektují množství radiofarmaka vychytaného v ledvinách a poté odtékajícího jejich kalichopánvičkovými systémy.

Následným výpočtem je možno zjistit poměr funkční zdatnosti pravé a levé ledviny. Za normálních okolností lze na nefrografických křivkách rozlišit výše popsané 3 fáze obrázek č. 12. Každá odlišnost křivky o něčem vypovídá, například porucha funkce ledviny se projevuje snížením strmosti druhé fáze křivky. Pro posouzení exkreční činnosti ledvin jsou důležitými parametry časový okamžik dosažení maxima (T_{max}) a hodnota poločasu exkrece ($T_{1/2}$) radioindikátoru z ledviny.



Obrázek č. 11 - Nefrografická křivka ledvin

Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy ledvinami



Obrázek č. 12 - Matematické vyhodnocení dynamické scintigrafie

Péče o pacienta po vyšetření

Po vyšetření je vhodný zvýšený pitný režim, aby se radiofarmakum rychleji vyloučilo z těla. Je lepší, aby se pacient do druhého dne zdržoval dále od dětí nebo těhotných. Důležité je po vyšetření skladovat pleny a jiné pomůcky potřísněné močí 4 dny mimo obytnou místnost. Jiná pravidla nejsou nutná dodržovat. Byla-li použita anestezie, pečuje o pacienta po vyšetření tým zdravotníků.

2.7.6 Radiační zátěž pacienta

Dětský pacient má své reprodukční roky před sebou, je tedy radiosenzitivnější než dospělý, a proto je důležité minimalizovat absorbovanou dávku záření při vyšetření. Odhad efektivní dávky a dávky v orgánu s nejvyšší absorbovanou dávkou lze u pacienta spočítat vynásobením aplikovanou aktivitou radiofarmaka (MBq) s hodnotami uvedenými v tabulce č. 4.

Scintigrafie ledvin dynamická ^{99m} Tc-DTPA		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,062 močový měchýř	0,0049
Děti 5 let	0,095 močový měchýř	0,009

Scintigrafie ledvin dynamická ^{99m} Tc-MAG3		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,11 močový měchýř	0,007
Děti 5 let	0,18 močový měchýř	0,012

Tabulka č. 4 - Hodnoty pro výpočet dávek u dospělých a 5letých dětí

Zdroje této kapitoly: [7, 12, 14, 18, 20]

3 Praktická část

3.1 Metodika a cíle práce

Praktická část této bakalářské práce se skládá ze souboru pacientů vyšetřených na Klinice nukleární medicíny Fakultní nemocnice v Brně (dále jen KNM FN Brno). Jedná se o pacienty, kteří podstoupili radionuklidové vyšetření s názvem dynamická scintigrafie ledvin v měsících červen až prosinec v roce 2012. Celkem jich v tomto období bylo vyšetřeno 1247, z toho bylo 104 dětí, tedy pacientů ve věku 0 až 18 let včetně. K výzkumu jsem použila právě tento soubor dětských pacientů. V této bakalářské práci nejsou uvedeny žádné údaje, které by mohly vést k identifikaci pacienta. Veškeré informace o těchto pacientech jsem získala z nemocničního informačního systému. Pro sběr těchto dat jsem měla patřičné povolení.

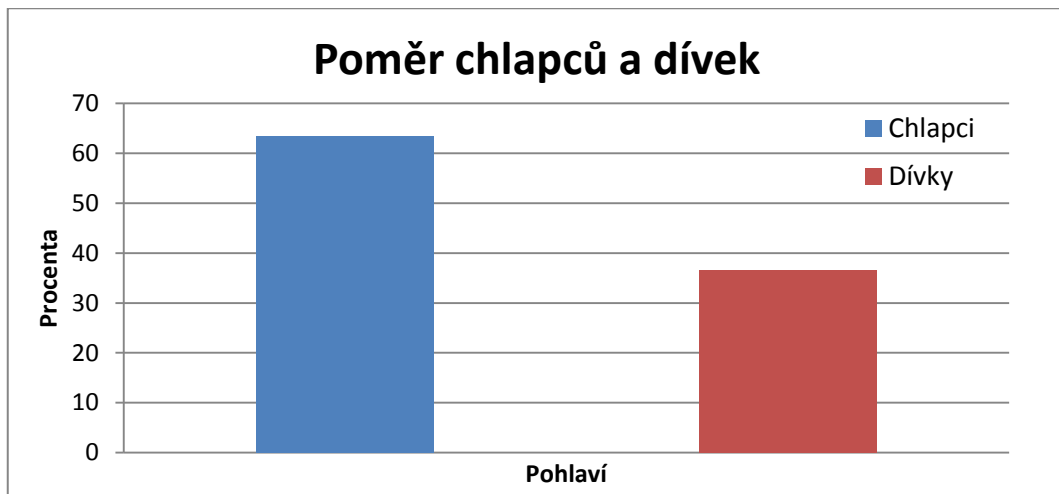
Cílem praktické části je zhodnotit, v jakém věku se vyšetření dělá na KNM FN Brno nejčastěji. Jak s věkem a tedy hmotností stoupá aplikovaná aktivita radiofarmaka (^{99m}Tc -MAG3). Jaký je poměr funkce pravé a levé ledviny. A nakonec zhodnotím časy T_{\max} a $T_{1/2}$. Dále zde najdete, zda jsou častěji vyšetřováni chlapani nebo dívky, s jakou diagnózou chodí pacienti nejčastěji a také jestli a jak často se vyšetření opakuje.

3.2 Analýza dat získaných z nemocničního systému

Jako první krok jsem analyzovala poměr chlapců a dívek vyšetřených v měsících červen až prosinec roku 2012. Toto znázorňuje tabulka č. 5 a graf č. 1.

Pohlaví	Počet	Procenta
Chlapci	66	63,46
Dívky	38	36,54

Tabulka č. 5 – Poměr chlapců a dívek



Graf č. 1- Poměr chlapců a dívek

Jak lze z tabulky a grafu vyčíst, častějšími pacienti byli chlapci než-li dívky a to zaokrouhleně v poměru 63 : 37.

Druhý krok je analýza věkového rozložení dětských pacientů. Pro upřesnění jsem v grafu znázornila podíl dívek a chlapců. Věk je platný pro rok 2012.

Věk (ročník)	Počet	Procenta
0 (2012)	21	20,19
1 (2011)	13	12,50
2 (2010)	6	5,77
3 (2009)	6	5,77
4 (2008)	3	2,88
5 (2007)	8	7,69
6 (2006)	5	4,81
7 (2005)	1	0,96
8 (2004)	3	2,88
9 (2003)	4	3,85
10 (2002)	4	3,85
11 (2001)	3	2,88
12 (2000)	1	0,96
13 (1999)	2	1,92
14 (1998)	4	3,85
15 (1997)	2	1,92
16 (1996)	4	3,85
17 (1995)	6	5,77
18 (1994)	8	7,69

Tabulka č. 6 – Věkové rozložení dětí



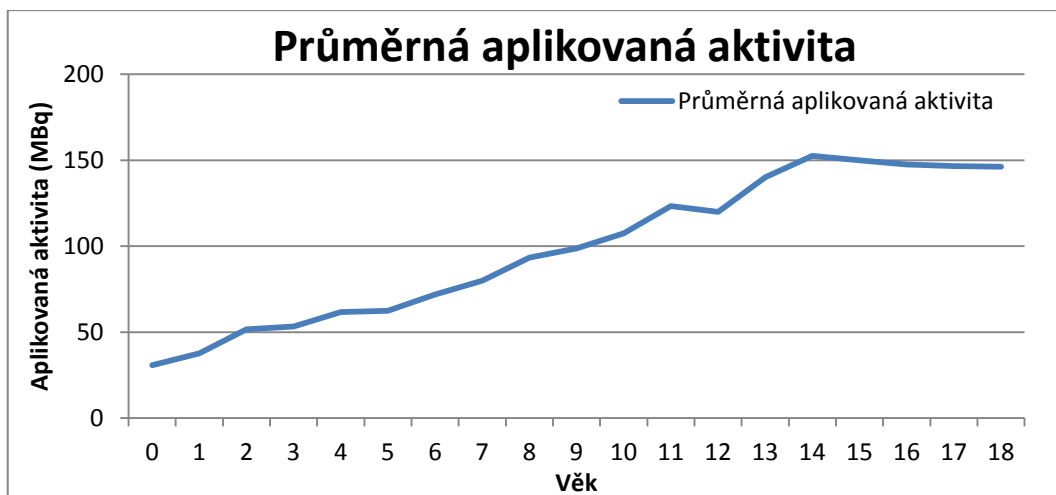
Graf č. 2 – Věkové rozložení chlapců a dívek

Z tohoto vyplývá, že nejčastějšími dětskými pacienty dynamické scintigrafie ledvin jsou novorozenci (narození roku 2012) a to s počtem 21. Na druhém místě se umístili jednorocní děti (ročník 2011) s množstvím 13 vyšetřených pacientů a na místě třetím společně děti pětileté (ročník 2007) a osmnáctileté (ročník 1994) s počtem 8. Naopak nejméně chodili pacienti ve věku 7 let (ročník 2005) a 12 let (ročník 2000).

U všech pacientů se podalo radiofarmakum ^{99m}Tc -MAG3. Aplikovaná aktivita se vypočítává dle hmotnosti pacienta. Protože jsem zpětně nemohla zjistit hmotnost pacienta, vztáhla jsem aplikovanou aktivitu na věk dítěte za předpokladu, že hmotnostní rozdíl mezi dětmi ještě není tak velký. Veškeré hodnoty aplikovaných aktivit jsou v tabulce č. 7. Jak roste průměrná aplikovaná aktivita, je zřetelnější z grafu č. 3.

Věk (ročník)	Hodnoty aplikovaných aktivit (MBq)	Průměrná aplikovaná aktivita (MBq)
0 (2012)	19x30, 35, 40	30,71
1 (2011)	5x30, 2x35, 3x40, 45, 50, 55	37,69
2 (2010)	2x40, 50, 3x60	51,67
3 (2009)	4x50, 2x60	53,33
4 (2008)	55, 60, 70	61,67
5 (2007)	50, 4x60, 3x70	62,5
6 (2006)	2x60, 3x80	72
7 (2005)	80	80
8 (2004)	2x90, 100	93,33
9 (2003)	90, 95, 100, 110	98,75
10 (2002)	95, 100, 105, 130	107,5
11 (2001)	2x120, 130	123,33
12 (2000)	120	120
13 (1999)	130, 150	140
14 (1998)	3x150, 160	152,5
15 (1997)	2x150	150
16 (1996)	140, 3x150	147,5
17 (1995)	2x140, 4x150	146,67
18 (1994)	130, 140, 6x150	146,25

Tabulka č. 7 – Aplikovaná aktivita dle věku



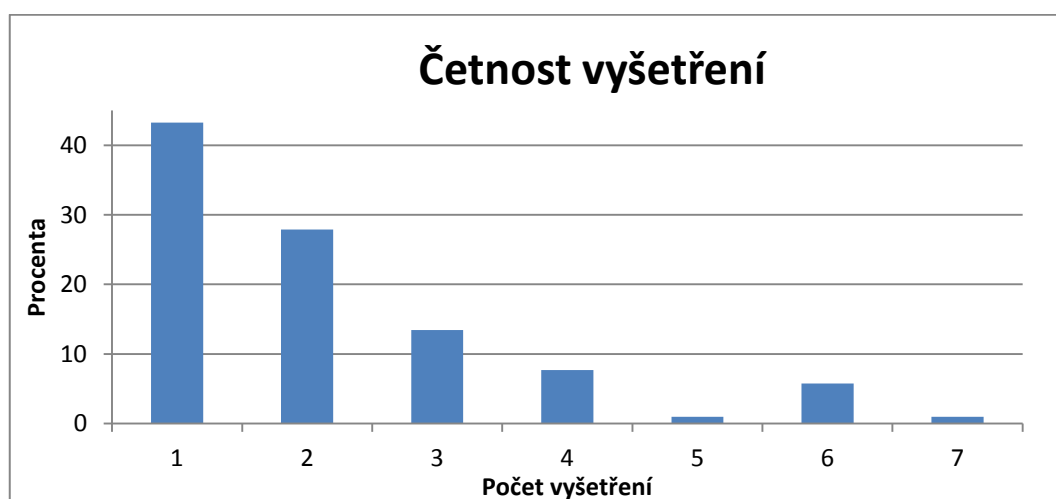
Graf č. 3 – Průměrná aplikovaná aktivita dle věku

Na grafu vidíme, že s věkem, tedy s hmotností stoupá i aplikovaná aktivita radiofarmaka až do věku 11 let (ročník 2001). U starších dětí už to není tak patrné, a to z mnoha důvodů, včetně různého počtu pacientů v určitém věku a nerozlišováním pohlaví, tedy různou tělesnou stavbou. Nejnižší aktivita byla podána jednoznačně novorozencům (0 let) a to v průměru 30,71 MBq. V této skupině byla nejvyšší aktivita podána 14letým dětem (ročník 1998) s průměrem 152,5 MBq. Od 13tého věku jsou již rozdíly mezi aplikovanými aktivitami malé.

Zda se dynamická scintigrafie ledvin u dětí opakuje, uvidíme v další tabulce. Vyšetření se může opakovat, aby se zkontroloval stav ledvin, jestli nastalo zhoršení nebo zlepšení apod.

Kolikrát bylo provedeno	Počet	Procenta
1	45	43,27
2	29	27,88
3	14	13,46
4	8	7,69
5	1	0,96
6	6	5,77
7	1	0,96

Tabulka č. 8 – Četnost vyšetření



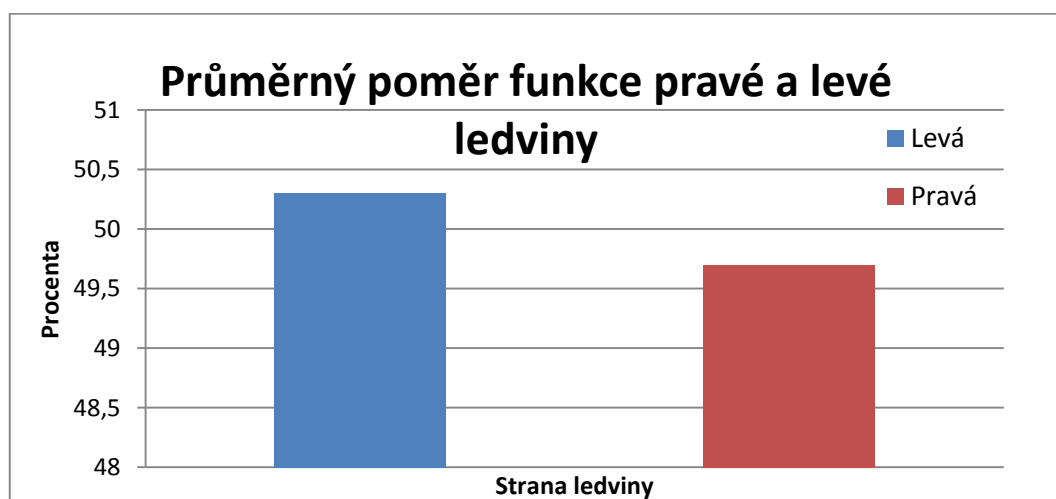
Graf č. 4 – Četnost vyšetření

Na vyšetření bylo jen jednou 43,27 % pacientů, po zaokrouhlení můžeme říct, že 57 % pacientů bude vyšetřeno ještě minimálně podruhé. Dokonce 15 % všech pacientů půjde na vyšetření více než 4x. Žádný z pacientů na vyšetření nebyl více než 8x.

Dalším bodem je zjistit stranové postižení ledvin, a tedy průměrný poměr funkce levé a pravé ledviny. Toto najdeme v tabulce č. 9 a grafu č. 5. V tabulce č. 10 a grafu č. 6 si porovnáme, kolik pacientů mělo poměr funkcí ledvin normální, hraniční, abnormální a kolika procentům pacientů fungovala jen jedna z ledvin.

Strana	Procenta
Levá	50,30%
Pravá	49,70%

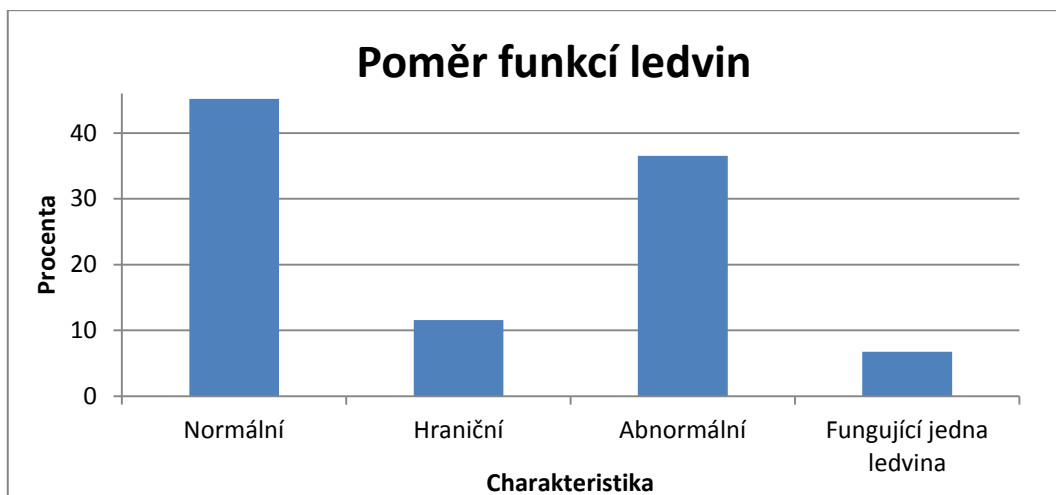
Tabulka č. 9 – Průměrný poměr funkce pravé a levé ledviny



Graf č. 5 – Průměrný poměr funkce pravé a levé ledviny

Charakteristika	Poměr funkce	Počet	Procenta
Normální	50/50 až 56/44	47	45,19
Hraniční	57/43 až 59/41	12	11,54
Abnormální	> 60/40	38	36,54
Fungující jedna ledvina	100/0	7	6,73

Tabulka č. 10 – Poměr funkcí ledvin



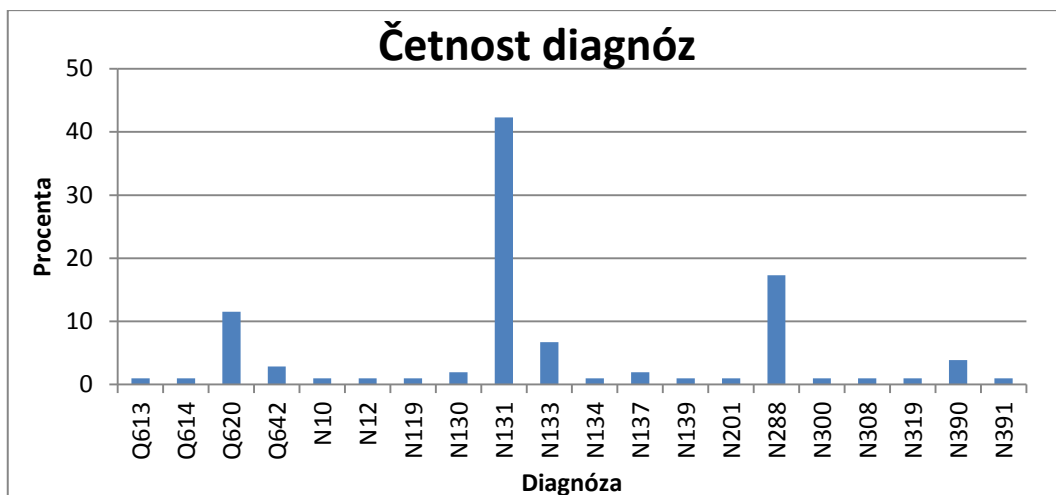
Graf č. 6 – Poměr funkcí ledvin

Všeobecně se dá říct, že poměr funkcí pravé a levé ledviny je 50 : 50, po zprůměrování 104 případů není žádná z ledvin výrazně horší. 45 % pacientů má poměr funkcí v normě, 36,5 % vyšetřovaných pacientů mělo poměr funkcí ledvin abnormální. V 7 případech tedy v necelých 7 % se jedna z ledvin nezobrazila vůbec.

Která z diagnóz se vyskytovala po vyšetření nejčastěji, zobrazí tabulka č. 11 a graf č. 7. Každá diagnóza má svůj identifikační kód, který naleznete ve zdravotnických informačních systémech, vysvětlivky ke kódům obsahuje tabulka č. 11.

Diagnóza	Počet	Procenta	Vysvětlení diagnózy
Q613	1	0,96	Polycystická ledvina
Q614	1	0,96	Dysplazie ledviny
Q620	12	11,54	Vrozená hydronefróza
Q642	3	2,88	Vrozená zadní uretrální chlopeň
N10	1	0,96	Akutní tubulo-intersticiální nefritida
N12	1	0,96	Tubulo-intersticiální nefritida- neurčená jako akutní
N119	1	0,96	Chronická tubulo-intersticiální nefritida
N130	2	1,92	Hydronefróza s obstrukcí pelviureterického spojení
N131	44	42,31	Hydronefróza se strikturou ureteru
N133	7	6,73	Jiná a neurčená hydronefróza
N134	1	0,96	Hydroureter
N137	2	1,92	Uropatie spojená s vezikoureterálním refluxem
N139	1	0,96	Obstruktivní a refluxní uropatie
N201	1	0,96	Kámen močovodu
N288	18	17,31	Jiná určená onemocnění ledviny a močovodů
N300	1	0,96	Akutní cystitida
N308	1	0,96	Jiná cystitida
N319	1	0,96	Nervově svalová dysfunkce močového měchýře
N390	4	3,85	Infekce močového ústrojí neurčené lokalizace
N391	1	0,96	Přetrvávající proteinurie

Tabulka č. 11 – Četnost diagnóz a vysvětlení kódu diagnóz



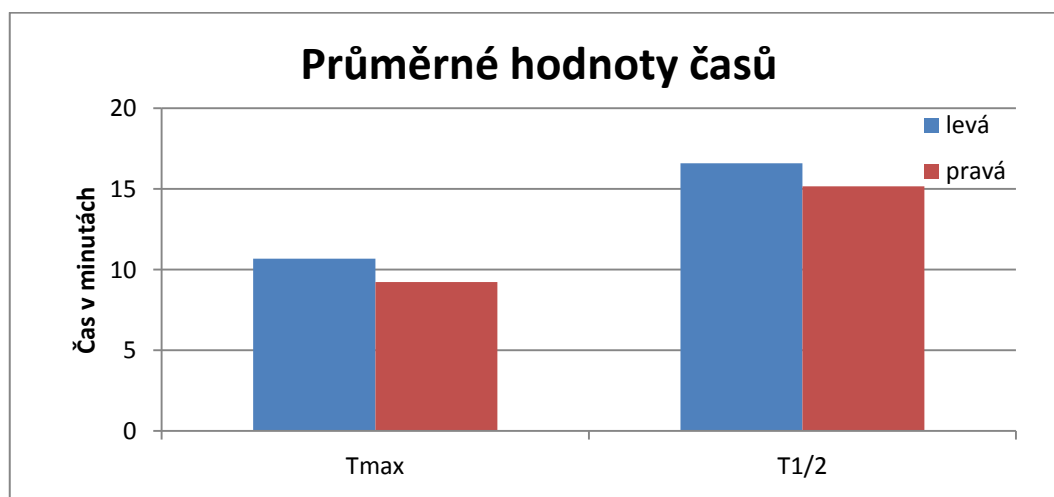
Graf č. 7 – Četnost diagnóz

Nejčastější diagnózou byla hydronefróza se strikturou ureteru (N131) s 42 procentním zastoupením. Se 17 % a tedy druhá nejčetnější diagnóza byla jiná určená onemocnění ledviny a močovodů (N288) a jako třetí byla vrozená hydronefróza (Q620) s 11,5 %. 12 různých diagnóz se objevilo pouze v jednom případě. Celkově se mezi 104 pacienty zjistilo 20 různých diagnóz.

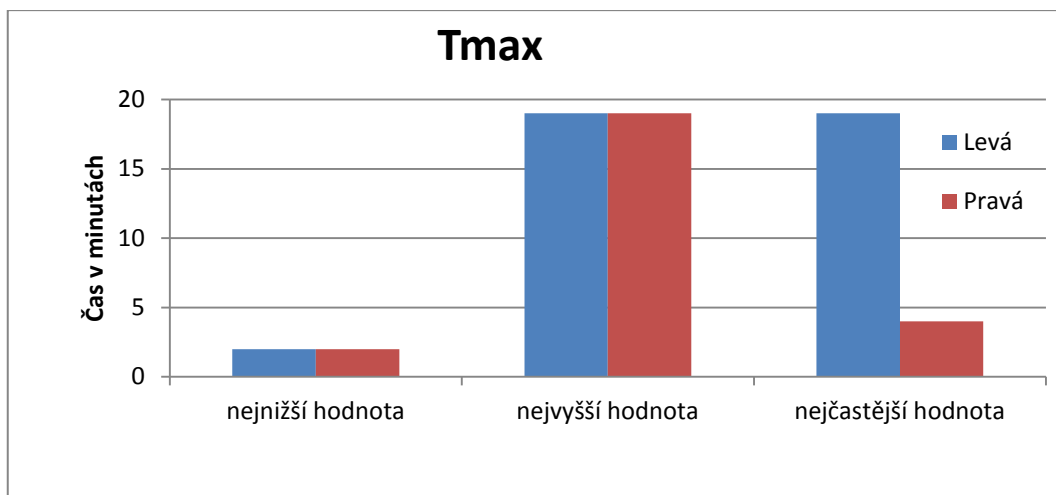
Pro posouzení exkrece činnosti ledvin jsou důležitými parametry časový okamžik dosažení maxima T_{max} a hodnota poločasu exkrece $T_{1/2}$ radioindikátoru z ledviny. Právě časy T_{max} a $T_{1/2}$ jsou posledním parametrem, které budu analyzovat. Ne vždy jde tyto časy stanovit, proto jsem počítala časy pouze těch pacientů, kde stanoveny byly.

	Levá ledvina		Pravá ledvina	
	T_{max} (min)	$T_{1/2}$ (min)	T_{max} (min)	$T_{1/2}$ (min)
počet pacientů	94	70	101	86
průměrný čas	10,67	16,6	9,24	15,17
nejnižší hodnota	2	4	2	4
nejvyšší hodnota	19	78	19	81
nejčastější hodnota	19	6	4	6

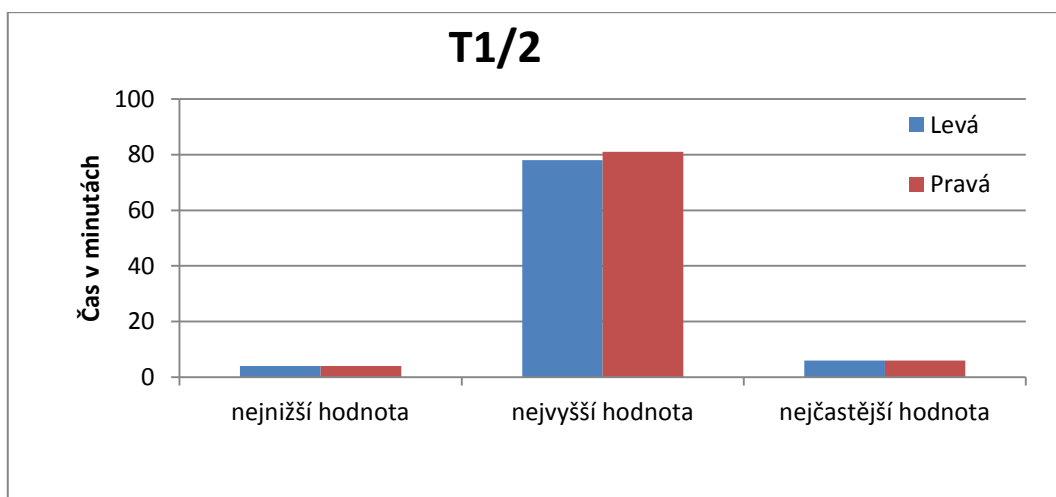
Tabulka č. 12 – Hodnoty sledovaných časů



Graf č. 8 – Průměrné hodnoty časů



Graf č. 9 – T_{max}



Graf č. 10 – T_{1/2}

Průměrný čas T_{max} u levé ledviny je 10,67 minut a u pravé 9,24 minut. Pro exkreční hodnotu T_{1/2} je průměrný čas u levé ledviny 16,6 minut a u pravé 15,17 minut. Po srovnání levé a pravé ledviny vidíme, že nejnižší hodnoty jsou stejné jak pro T_{max} tak pro T_{1/2}. Nejvyšší hodnoty jsou u T_{max} stejné a u T_{1/2} se liší o 3 minuty.

3.3 Zjištěné závěry výzkumu

V mém souboru 104 pacientů ve věku 0 – 18 let jsem předpokládala, že bude pomocí dynamické scintigrafie ledvin vyšetřeno více chlapců než-li dívek. Předpoklad jsem založila na všeobecně známé skutečnosti, že chlapci jsou náchylnější na nemoci. Toto se také potvrdilo, poměr chlapců k dívkám byl po zaokrouhlení 63 : 37.

V druhém kroku jsem se zabývala věkovým rozložením vyšetřovaných pacientů. Vzhledem k tomu, že za měsíc červen až prosinec 2012 bylo vyšetřeno dynamickou scintografií ledvin 1247 pacientů, překvapilo mě, že z dětských pacientů bylo vyšetřeno nejvíce právě novorozenců a to v počtu 21. Na druhém místě byly děti roční s počtem 13.

Ve všech případech bylo podáno stejné radiofarmakum a to $^{99m}\text{Tc-MAG3}$. Jak bylo uvedeno výše, zpětně jsem nemohla zjistit hmotnost pacientů, a proto jsem výpočet průměrné aplikované aktivity vztáhla na věk dětí. Až do 14 let jde vidět, že s každým rokem průměrná aplikovaná aktivita stoupá, což je normální vzhledem k tomu, že s věkem stoupá hmotnost. Výjimkou je 12 rok, který však byl zastoupen pouze jedním pacientem. Od 15 do 18 let se průměrná aplikovaná aktivita snižuje, může to být způsobeno tím, že s věkem přibývalo pacientů a tedy i hodnot pro spočítání průměru. Dále také proto, že jsem nerozlišovala pohlaví, a že ve věku 15 až 18 let se jedinci již mohou výrazně lišit svou stavbou těla.

Další analýzou byla četnost opakování vyšetření. Výsledek byl pro mě docela překvapující. Po zaokrouhlení celých 57 % pacientů půjde na vyšetření nejméně ještě po druhé. 15% ze všech pacientů opakuje dynamickou scintigrafii ledvin více než 4x.

Stranové postižení ledvin, a tedy zjištění, jestli má jedna z ledvin častěji horší funkci, se nepotvrdilo. Po zprůměrování poměru funkcí pravé a levé ledviny jsem došla k poměru 50,3 : 49,7. Normální poměr funkce mělo 45 % pacientů z mého souboru. Abnormální poměr mělo 36,5 % a dalším 7 % se znázornila pouze jedna ledvina, tedy měli poměr 0 : 100, což také patří mezi abnormální. U zbylých 11,5 % pacientů byl poměr hraniční, takže se nedá určit diagnóza pouze podle tohoto parametru.

Jedním z bodů bylo určit četnost diagnóz. Zjistila jsem, že celkem se objevilo 20 různých druhů diagnóz. Jednoznačně nejčastěji se vyskytující diagnóza byla N131 což je hydronefróza se strikturou ureteru a to s četností 42 %. Druhou nejčastější diagnózou bylo N288, což jsou jiná určená onemocnění ledviny a močovodů.

Posledním krokem bylo posouzení času T_{\max} a exkrečního času $T_{1/2}$. Protože se tyto časy nedají vždy vypočítat, počítala jsem průměr jen ze stanovených časů, a proto například u času $T_{1/2}$ u levé ledviny bylo zahrnuto místo 104 pacientů pouze pacientů 70. Průměrný časový okamžik dosažení maxima radioindikátoru v ledvině je 10,67 min u levé ledviny a 9,24 min u pravé ledviny normální čas je však do 5 minut. Času do 5 minut včetně dosáhlo u levé ledviny 28 % pacientů a u pravé ledviny 40 % pacientů. Průměrná hodnota pro dosažení poločasu exkrece radioindikátoru z ledviny je 16,6 min u levé ledviny a 15,17 min u ledviny pravé.

4 Závěr

Dynamická scintigrafie ledvin je jedno z mnoha vyšetření prováděných na klinice nukleární medicíny, ale jedno z mála vyšetření, které se používá u dětí již od novorozeneckého věku. Jeho minimální invazivita (pouze vpich do žíly) a vysoká diagnostická specifita a citlivost převládá nad radiačním rizikem, které je samozřejmě tak nízké, jak je to jen možné.

Teoretická část se zabývá anatomii a fyziologií ledvin, scintigrafií jako takovou, biologickými účinky ionizujícího záření, radiační ochranou, psychologií dětí i tomu, jak komunikovat s rodiči. Nejdůležitější částí byl popis samotného vyšetření, kde byla snaha vyzvednout rozdíly mezi dospělým a dětským pacientem.

V praktické části se hodnotilo 104 dětských pacientů, vyšetřených na KNM FN Brno v období červen až prosinec 2012 včetně. Údaje o těchto pacientech byly získány z nemocničního informačního systému. Tato část obsahuje metodiku a cíle práce, rozbor získaných dat i za pomoci tabulek a grafů a v neposlední řadě zjištěné závěry.

Vyšetřeno bylo více chlapců než-li dívek. Podle věku byli nejčastěji vyšetřováni novorozenci. S věkem a tedy hmotností stoupá průměrně aplikovaná aktivita. 57 % pacientů bylo na vyšetření minimálně ještě jednou. Průměrný poměr funkcí levé a pravé ledviny je 50 : 50. Nejčastější diagnózou byla hydronefróza se strikturou ureteru. Průměrný čas T_{max} u levé ledviny bylo 10,67 minut a u pravé 9,24 minut. U hodnoty $T_{1/2}$ byl průměrný čas u levé ledviny 16,6 minut a u pravé 15,17 minut.

Cílem práce bylo zhodnotit veškeré tyto oblasti zájmu, což bylo splněno.

5 Seznam použité literatury a pramenů

Použitá literatura

1. ČAČKA, Otto. *Psychologie dítěte*. 3. vyd. Tišnov: Sursum, 1997. 156 s. (Bez ISBN)
2. *Člověk: [obrazová encyklopedie lidstva]*. V Praze: Knižní klub, 2005, 512 s. ISBN 80-242-1455-5.
3. DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 532 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
4. HOLIBKOVÁ, Alžběta a Stanislav LAICHMAN. *Přehled anatomie člověka*. 4. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2006, 140 s. ISBN 80-244-1480-5.
5. HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902-8961-4
6. HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009, 138 s. ISBN 978-802-4423-500.
7. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492
8. LANGMEIER, Josef a Dana KREJČÍŘOVÁ. *Vývojová psychologie*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2006, 368 s. Psyché (Grada). ISBN 80-247-1284-9
9. MATĚJČEK, Zdeněk. *Co děti nejvíc potřebují*. Vyd. 3. Praha: Portál, 2003, 108 s. Rádcí pro rodiče a vychovatele. ISBN 80-717-8853-8.
10. MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2008, 302 s. Psyché (Grada). ISBN 978-802-4715-216.
11. MIKULÁŠTÍK, Milan. *Komunikační dovednosti v praxi*. 2., dopl. a přepracovaní vyd. Praha: GradaPublishing, 2010, 325 s. ISBN 978-80-247-2339-6.
12. MÍKOVÁ, Vlasta. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, 2008. ISBN 978-807-2625-338

13. MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., doplněné vyd. Praha: Grada, 2012, 222 s. Sestra (Grada). ISBN 978-802-4739-182.
14. MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína 1*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1995, 123 s. ISBN 80-706-7511-X.
15. TEPLAN, Vladimír. *Praktická nefrologie*. 2., zcela přepracované a doplněné vyd. Praha: Grada, 2006, xxviii, 496 s. ISBN 80-247-1122-2.
16. VACUŠKOVÁ, Miluše. *Vybrané kapitoly z ošetrovatelské péče v pediatrii*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2009, 225 s. ISBN 978-807-0134-917.
17. WILHELM, Zdeněk. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy*. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2002, 116 s. ISBN 80-210-2837-8

Legislativní zdroje

18. 8. Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky. 124 s.
19. Vyhláška 307/2002 Sb. O radiační ochraně

Přednášky

20. KRAFT, Otakar. *Dynamická scintigrafie ledvin* [online prezentace]. Ostrava. Katedra zobrazovacích metod Ostravské univerzity, [cit. 2013-01-15] Dostupný z WWW: <http://www.fno.cz/klinika-nuklearni-mediciny/ke-stazeni>
21. MORNSTEIN, Vojtěch. *Rentgenové zobrazovací metody* [online prezentace]. Brno. Biofyzikální ústav MU, [cit. 2013-01-15] Dostupný z WWW: <http://www.slideserve.com/min/predn-ky-z-l-karsk-biofyziky-biofyzik-ln-stav-l-karsk-fakulty-masarykovy-univerzity-brno>

Internetové zdroje

22. <http://www.astronuklfyzika.cz>
23. <http://www.atlasloveka.upol.cz>
24. <http://pet-spect.fbmi.cvut.cz>

25. <http://www.urologieprostudenty.cz>

26. <http://zdravi.e15.cz/clanek/sestra/eticke-aspekty-komunikace-s-rodici-detskeho-pacienta-463859>

6 Seznam zkratek

^{99m}Tc	99 metastabilní radionuklid technecia
3D	trojdimenzionální, trojrozměrný
Apod.	a podobně
cm	centimetr
č.	číslo
DNA	kyselina deoxyribonukleová
DRÚ	Diagnostická referenční úroveň
DTPA	Diethylenetriaminopentaacetát
EANM	European Association of Nuclear Medicine (Evropská asociace společností nukleární medicíny)
ISBN	International Standard Book Number (mezinárodní standardní č. knihy)
FN	Fakultní nemocnice
keV	kiloelektronvolt
kg	kilogram
KNM	Klinika nukleární medicíny
lat.	latinsky
LEAP	Low energy all purpose (univerzální kolimátor pro nízkou energii)
LEHR	Low energy high resolution (kolimátor pro nízkou energii s vysokým rozlišením)
LEUHR	Low energy ultra high resolution (kolimátor pro nízkou energii s ultra vysokým rozlišením)
MAG3	Merkaptoacetyltriglycin
MBq	megabecquerel
min	minuta

MeV	megaelektronvolt
ml	mililitr
mm	milimetr
mSv	milisievert
např.	například
PET	Positron emission tomography (Pozitronová emisní tomografie)
pH	power of hydrogen (záporný dekadický logaritmus číselné hodnoty koncentrace vodíkových iontů v roztoku)
RF	radiofarmakum
s	sekunda
Sb.	sbírka
T_{\max}	časový okamžik dosažení maxima radioindikátoru v ledvině
$T_{1/2}$	hodnota pro dosažení poločasu exkrece radioindikátoru z ledviny
Tzn.	to znamená
Tzv.	takzvaný
SPECT	Single-photon emission computed tomography (Jednofotonová emisní výpočetní tomografie)
Viz	vide licet – videre licet (přímý odkaz)
vyd.	vydavatelství

7 Seznam obrázků

Obrázek č. 1 - Anatomie vylučovacího systému, WILHELM, Zdeněk. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy*. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2002, 116 s. ISBN 80-210-2837-8.

Obrázek č. 2 - Anatomie ledviny, http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Photogallery_Detail.php?intSource=1&intImageId=357

Obrázek č. 3 - Stavba nefronu, MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. *Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2008, 302 s. Psyché (Grada). ISBN 978-802-4715-216.

Obrázek č. 4 - Kolimátory, ULLMANN, Vojtěch. "AstroNuklFyzika" - jaderná fyzika, astrofyzika, kosmologie, filosofie. [online]. [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <http://www.astronuklfyzika.cz/>

Obrázek č. 5 - Schéma scintilačního detektoru, KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492 str. 36

Obrázek č. 6 - Fotoelektrický jev, MORNSTEIN, Vojtěch. *Rentgenové zobrazovací metody* [online prezentace]. Brno. Biofyzikální ústav MU, [cit. 2013-01-15] Dostupný z WWW: <http://www.slideserve.com/min/predn-ky-z-l-karsk-biofyziky-biofyzik-ln-stav-l-karsk-fakulty-masarykovy-univerzity-brno>

Obrázek č. 7 - Comptonův rozptyl, MORNSTEIN, Vojtěch. *Rentgenové zobrazovací metody* [online prezentace]. Brno. Biofyzikální ústav MU, [cit. 2013-01-15] Dostupný z WWW: <http://www.slideserve.com/min/predn-ky-z-l-karsk-biofyziky-biofyzik-ln-stav-l-karsk-fakulty-masarykovy-univerzity-brno>

Obrázek č. 8 - Elektron-pozitronový pár, MORNSTEIN, Vojtěch. *Rentgenové zobrazovací metody* [online prezentace]. Brno. Biofyzikální ústav MU, [cit. 2013-01-15] Dostupný z WWW: <http://www.slideserve.com/min/predn-ky-z-l-karsk-biofyziky-biofyzik-ln-stav-l-karsk-fakulty-masarykovy-univerzity-brno>

Obrázek č. 9 - Jednohlavá maďarská gamakamera, KRAFT, Otakar. *Dynamická scintigrafie ledvin* [online prezentace]. Ostrava. Katedra zobrazovacích metod Ostravské univerzity, [cit. 2013-01-15] Dostupný z WWW: <http://www.fno.cz/klinika-nuklearni-mediciny/ke-stazeni>

Obrázek č. 10 - Fixační pomůcka, pořízeno na KNM FN Brno

Obrázek č. 11 - Nefrografická křivka, KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492 str. 108

Obrázek č. 12 - Matematické vyhodnocení dynamické scintigrafie ledvin, KRAFT, Otakar. *Dynamická scintigrafie ledvin* [online prezentace]. Ostrava. Katedra zobrazovacích metod Ostravské univerzity, [cit. 2013-01-15] Dostupný z WWW: <http://www.fno.cz/klinika-nuklearni-mediciny/ke-stazeni>

8 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 – Hodnoty násobitelů pro odpovídající hmotnost dítěte a třídu radiofarmaka, KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492 str. 168

Tabulka č. 2 – Minimální a základní aktivity doporučené EANM, KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492 str. 169

Tabulka č. 3 - Hodnoty faktoru F pro výpočet aplikované aktivity RF v závislosti na tělesné hmotnosti vyšetřované osoby s platností pro dětský věk, 8. Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky. 124 s., str. 17

Tabulka č. 4 – Hodnoty pro výpočet dávek u dospělých a 5letých dětí, 8. Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky. 124 s., str. 57

Tabulka č. 5 – Poměr chlapců a dívek

Tabulka č. 6 – Věkové rozložení dětí

Tabulka č. 7 – Aplikovaná aktivita dle věku

Tabulka č. 8 – Četnost vyšetření

Tabulka č. 9 – Průměrný poměr funkce pravé a levé ledviny

Tabulka č. 10 – Poměr funkcí ledvin

Tabulka č. 11 – Četnost diagnóz a vysvětlení kódu diagnóz

Tabulka č. 12 – Hodnoty exkrementních časů