

MASARYKOVA UNIVERZITA

LÉKAŘSKÁ FAKULTA

KATEDRA RADIOLOGICKÝCH METOD



DYNAMICKÁ SCINTIGRAFIE LEDVIN

Bakalářská práce
v oboru Radiologický asistent

Vedoucí bakalářské práce:

MUDr. Igor Černý

Autor:

Martin Luža

Brno, Duben 2014

Jméno a příjmení autora: Martin Luža

Název bakalářské práce: Dynamická scintigrafie ledvin

Pracoviště: Klinika nukleární medicíny, Fakultní nemocnice Brno

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Igor Černý

Rok obhajoby bakalářské práce: 2014

Anotace:

Bakalářská práce s názvem „Dynamická scintigrafie ledvin“ popisuje kompletní postup vyšetření od přípravy pacienta po zhodnocení výsledků vyšetření. V teoretické části je popsána anatomie a fyziologie ledvin, charakterizováno ionizující záření, základy radiační ochrany, popis přístrojové techniky, radiofarmaka a samotného vyšetření. V praktické části jsou zpracována a vyhodnocena data získaná z nemocničního informačního systému.

Klíčová slova:

scintigrafie

přístrojová technika

ionizující záření

radiofarmakum

radiační ochrana

vyšetření ledvin

Name of the author: Luža Martin

The title of the dissertation work: Dynamic renal scintigraphy

Workplace: Clinic of Nuclear Medicine, The University Hospital Brno

Dissertation work facilitator: MUDr. Igor Černý

Year of defence of dissertation work: 2014

Annotation:

The bachelor thesis named „Dynamic renal scintigraphy“ explains the complete procedure of examination from preparation of the patient to assessment of the examination. The theoretical part contains basic informations about anatomy and physiology of kidneys, characteristics of ionizing radiation, basics of radiation protection, description of instruments and technology used, radiofarmacum and scintigraphic examination of kidneys. The data obtained from the hospital information system are processed and evaluated in the practical part.

Keywords:

scintigraphy

instrument technology

ionizing radiation

radiopharmaceutical

radiation protection

examination of kidneys

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením MUDr. Igora Černého a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

Souhlasím s použitím mé práce na studijní účely Lékařské fakulty Masarykovy univerzity v Brně.

V Brně dne

.....
Martin Luža

Poděkování

Chtěl bych poděkovat MUDr. Igorovi Černému za vedení mé bakalářské práce, vstřícný přístup a trpělivost. Mé poděkování patří též pracovníkům Kliniky nukleární medicíny Fakultní nemocnice Brno 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 ledvin.....	10
2.1.2 Fyziologie ledvin	11
2.2 Fyzikální základy	13
2.2.1 Atom	13
2.2.2 Radioaktivní přeměny.....	13
2.2.3 Účinky ionizujícího záření.....	15
2.2.4 Účinky záření	18
2.3 Radiační ochrana	21
2.3.1 Limity	23
2.3.2 Klasifikace zdrojů ionizujícího záření	23
2.3.3 Kategorizace pracovišť	24
2.3.4 Kategorizace radiačních pracovníků.....	25
2.4 Radiofarmakum	26
2.4.1 Výroba radionuklidů	26
2.4.2 Diagnostická referenční úroveň (DRÚ)	27
2.5 Scintigrafie.....	28
2.5.1 Scintilační detektor	28
2.5.2 Kolimátory s paralelními otvory.....	29
2.5.3 Kolimátory s neparalelními otvory	30
2.5.4 Rozdělení scintigrafie	31
2.5.5 Dynamická scintigrafie ledvin	31
3 Praktická část	35
3.1 Metodika a cíle práce	35
3.2 Analýza dat	36
3.3 Diskuse	50
4 Závěr	52
5 Seznam použité literatury a pramenů	53

6 Seznam zkratek	55
7 Seznam obrázků.....	57
8 Seznam tabulek	59
9 Seznam grafů	60

1 Úvod

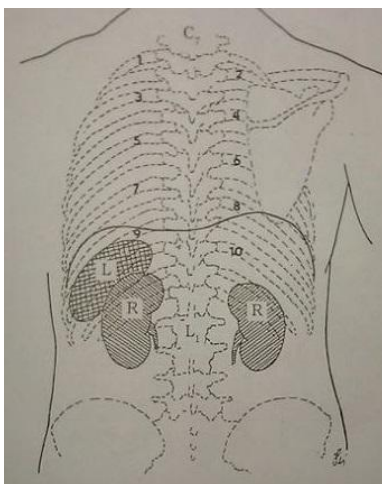
Dynamická scintigrafie ledvin patří mezi nejčastější vyšetření na Klinice nukleární medicíny Fakultní nemocnice Brno (dále jen KNM FN Brno). Tato diagnostická metoda slouží k posouzení funkčnosti ledvin a odtoku moči z horních močových cest.

Tato bakalářská práce se skládá ze dvou částí. V první, teoretické části, popisují anatomii a fyziologii ledvin, které jsou důležité pro pochopení distribuce radiofarmaka během vyšetření. Dále se věnují základním pojům z fyziky, definici ionizujícího záření a jeho účinkům, ochraně před tímto zářením, radiofarmaku užitému při vyšetření, popisují přístrojovou techniku důležitou pro scintigrafii a samotné vyšetření ledvin od přípravy pacienta až po vyhodnocení získaných údajů. V druhé, praktické části, zpracovávám údaje od 100 pacientů, kteří absolvovali na KNM FN Brno dynamickou scintigrafii ledvin.

Cílem práce je poukázat na důležitost tohoto vyšetření, zjistit jaká skupina pacientů toto vyšetření podstupuje nejčastěji a pomoci objasnit dynamickou scintigrafii ledvin dalším studentům oboru radiologický asistent a všem, kteří se o tomto vyšetření chtějí dozvědět něco bližšího.

2.1.1 Anatomie ledvin

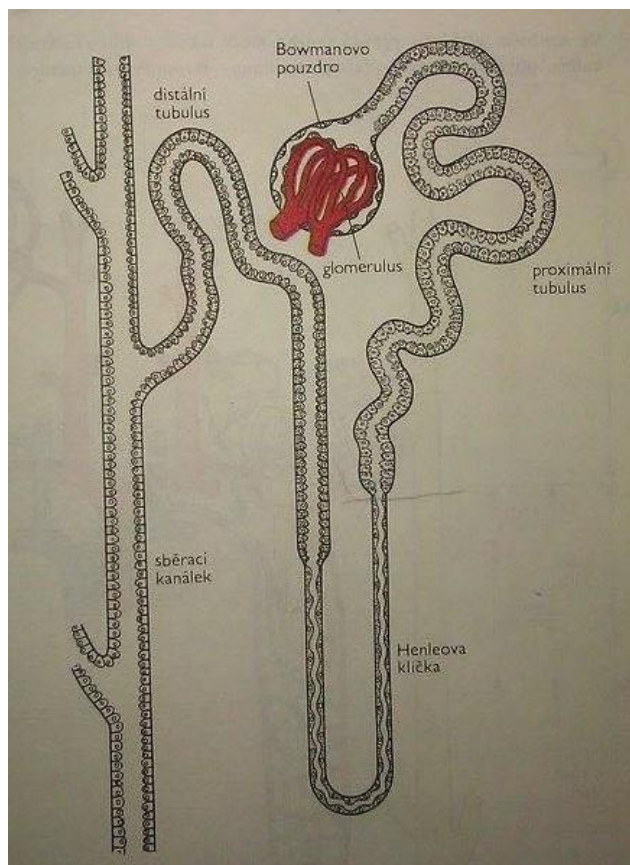
Ledviny jsou párový orgán, mají fazolovitý tvar a červenohnědou barvu. Rozměry jsou obvykle 12 cm na délku, 6 cm na šířku a 3 cm na tloušťku, hmotnost 120-170 gramů. Ledviny jsou elastické konzistence, jsou proto kryty pevným vazivovým pouzdem (*capsula fibrosa renis*). Jsou uloženy v retroperitoneu na zadní stěně dutiny břišní, ve výši obratlů Th₁₂ až L₂, přičemž pravá ledvina je uložena níže než levá - kvůli játrům (obrázek č. 2). Ve své poloze jsou ledviny fixovány tukem, který je obaluje, prostřednictvím fascia renalis a úponem mesocolon transversum, břišním tlakem. Poloha ledvin se může měnit v závislosti na poloze těla a dýchání- v inspiriu při přímém stojí až o 3 cm kaudálněji. Na vnitřním okraji ledvin je ledvinná branka (*hilum renale*), kudy vstupuje ledvinná tepna a nervy a vystupuje ledvinná žíla s ledvinnou pánvičkou.



Obrázek č. 2- Uložení ledvin (R= ledviny, L= lien, číslicemi jsou označena žebra, znázorněna bránice)

Na frontálním řezu ledvinou je možné rozeznat dvě vrstvy - kůru (*cortex renalis*) a dřeň (*medulla renalis*), rozhraní není ostré. Kůra je světlejší a obsahuje nefrony, v nichž se filtruje krev a vzniká velké množství primární moči, dřeň je tmavší a uspořádaná do pyramid (*pyramides renales*) - kuželovitých útvarů přivrácených vrcholem k hilu, zde se v kanálcích vstřebává voda a vzniká definitivní moč. Na vrcholy pyramid nasedají ledvinné kalichy (*calices renales*), v nich se již složení moči nemění, pouze odchází močovými cestami. Každá ledvina se skládá asi z 1,2 milionů nefronů, což jsou základní funkční jednotky. Začínají jako Malpighiho tělíška, která tvoří klubíčko cév, tzv. glomerulus. Na

něj přiléhá Bowmanovo pouzdro, kde vzniká primární moč (denně asi 180 litrů). Primární moč se redukuje následně v systému kanálků na asi 1,5 litru. Tento systém se skládá z proximálního tubulu, Henleovy kličky, distálního tubulu a ústí do sběracího kanálku (obrázek č. 3). Sběrací kanálky tvoří papilární vývod vyúsťující na ledvinných pyramidách.



Obrázek č. 3- Stavba nefronu

2.1.2 Fyziologie ledvin

Základní úlohou ledvin je tvorba moči a vyloučení nepotřebných či toxických látek z těla. Ledviny se podílí na udržení stálého vnitřního prostředí, udržení stálého objemu tělesných tekutin, osmolality extracelulárních tekutin a jejich iontovém složení, udržení pH. Produkují též hormony renin, erythropoetin a kalcitriol.

Pro jejich správnou funkci je důležité bohaté prokrvení, to je zajištěno renálními arteriemi odstupujícími z aorta abdominalis. Renální arterie se větví až na přírodní tepénky (*arteriola afferentia*) zásobující glomeruly. Odtud krev odvádí odvodné tepénky (*arteriola efferentia*).

efferentia), které vedou krev kolem tubulů. Tepénky se spojují do renální vény ústící do dolní duté žíly.

Tvorba moči začíná glomerulární filtrací. Jde o filtraci krve v glomerulech, plazma je zde zbavena plazmatických bílkovin. Vzniká tak primární moč, denně asi 180 litrů. Toto velké množství je redukováno v systému kanálků, kde se část vstřebává zpět do krve. Kanálky jsou tvořeny různými typy buněk s různou funkcí, je tak ovlivněno vstřebávání i glukosy, aminokyselin a iontů. Výsledkem těchto dějů je primární moč, asi 1,5 litru denně.

Ledviny se podílí na regulaci krevního tlaku pomocí hormonu reninu, ten je produkován při sníženém tlaku krve. Má vliv na vznik angiotensinu II, který způsobuje vasokonstrikci, retenci vody a následné zvýšení tlaku krve. Dále ledviny produkují hormon erythropoetin, který podporuje tvorbu červených krvinek. Důležitá je také syntéza kalcitriolu ovlivňujícího hospodaření těla s vápníkem.

Zdroje kapitoly: [4; 7; 8; 9; 10]

2.2 Fyzikální základy

2.2.1 Atom

Atom je základní částicí hmoty, skládá se z jádra a obalu. Jádro obsahuje elektricky neutrální neutrony a kladné protony, obal záporné elektrony. Atom jako celek je elektricky neutrální, protože počet protonů v jádře a elektronů v obalu je stejný. Elektrony obíhají jádro atomu po určitých drahách, tzv. slupkách. Při dodání energie se však mohou elektrony v těchto slupkách přesouvat na vnější slupky nebo zcela tyto slupky opustit. Tyto změny jsou závislé na množství dodané energie, při energiích rovných vazebným energiím jednotlivých slupek mluvíme o excitaci, tedy ději, při kterém se posune elektron na vyšší (excitovanou) hladinu. Při energii natolik velké, aby elektron opustil všechny slupky a vylétl z pole jádra, mluvíme o ionizaci. Atom se mění na kladný ion a samostatný elektron.

Nuklidy jsou skupiny atomů, které mají stejné protonové číslo (stejný počet protonů v jádře) a neutronové číslo (počet neutronů v jádře). Nuklidy, které mají stejný počet protonů, ale různý počet neutronů, nazýváme izotopy. Ty mohou být stabilní či nestabilní, pro nestabilní izotopy se používá název radionuklid. Stabilita či nestabilita závisí na odpudivých elektrických silách a silách jaderných. Nestabilita těchto radionuklidů se projevuje radioaktivní přeměnou, tedy změnou počtu protonů a neutronů, zmenšením vazebné energie jádra. Tato energie je předána emitovanému (z lat. *e-mitto-* vysílám, vypouštím) záření.

Aktivitu radionuklidů vyjadřujeme v becquerelech (Bq), jedná se o počet radioaktivních přeměn za jednotku času, 1 Bq znamená aktivitu jedné přeměny za jednu sekundu. V praxi se užívají aktivity milionkrát větší (MBq).

2.2.2 Radioaktivní přeměny

Radioaktivita je proces samovolné přeměny nestabilního jádra určitého nuklidu na jádro jiného nuklidu, při němž se uvolňuje ionizující záření. U přeměny jader můžeme pouze na základě statistiky určit, s jakou pravděpodobností se jádra přemění za jednotku času. Přeměny jsou charakterizovány typem přeměny, energií emitované částice (záření) a poločasem rozpadu.

2.2.2.1 Přeměna α

Při přeměně alfa opouští mateřské jádro částice alfa, ta se skládá ze 2 protonů a 2 neutronů, jedná se o jádro atomu helia ${}^4_2\text{He}^{2+}$. Alfa přeměna je možná pouze u jader s protonovým číslem vyšším jak 150. Původní jádro má o 2 protony méně a posouvá se tedy v periodické soustavě prvků o 2 pozice doleva. Emitované alfa částice mají energie od 4 do 8 MeV podle daného radionuklidu. Přes svoji velkou energii ale ve tkáni pronikají jen do velmi malé hloubky, energii totiž velmi rychle odevzdávají v interakci s okolím. Záření alfa lze odstínit již velmi tenkou překážkou, například listem papíru.

2.2.2.2 Přeměna β

Jsou 3 druhy beta rozpadu- β^- přeměna, β^+ přeměna a záchyt elektronů. Jádrem atomu je vyzářen elektron nebo pozitron, případně elektron zachycen.

Při β^- přeměně (vyzáření elektronu) zůstává počet nukleonů stejný, protonové číslo se o jednotku zvyšuje, neutronové o jednotku snižuje.

Při β^+ přeměně (vyzáření pozitronu) se jeden proton mění v neutron, nukleonové číslo tedy zůstává stejné, protonové se o jednotku snižuje, neutronové zvyšuje.

Třetím typem je záchyt elektronu. Jádrem je zachycen elektron z nejnvnitřnější vrstvy elektronového obalu atomu. Proton se změní v neutron a uvolňuje se elektronové neutrino. Protonové číslo se tedy o jednotku snižuje, neutronové o jednotku zvyšuje. Nukleonové zůstává stejné.

2.2.2.3 Přeměna γ

Při přeměně gama je z jádra atomu s nadbytečnou energií vyzářeno kvantum elektromagnetického záření - foton γ . Při tomto ději se nukleonové číslo nemění.

2.2.2.4 Poločas rozpadu

Rychlost přeměny jader radioaktivních prvků definuje veličina fyzikální poločas rozpadu, která udává dobu, za kterou se rozpadne přesně polovina jader. Tedy dobu, po

jaké bude radioaktivita vzorku poloviční. V medicíně se také používá veličina biologický poločas. Ten udává dobu, za kterou se fyziologicky odstraní z těla pacienta polovina radiofarmaka. Při souběžném fyzikálním i biologickém procesu se jedná o efektivní poločas rozpadu.

2.2.3 Účinky ionizujícího záření

Ionizující záření je takové, které dokáže díky své velké energii vyrazit elektrony z obalů jader. Podle interakcí s hmotou může být toto záření ionizující přímo (protonové, β^- , β^+ , α záření) nebo nepřímo (neutronové, fotony a γ záření). Rozlišujeme 4 základní interakce fotonů ionizujícího záření s látkou.

2.2.3.1 Pružný rozptyl

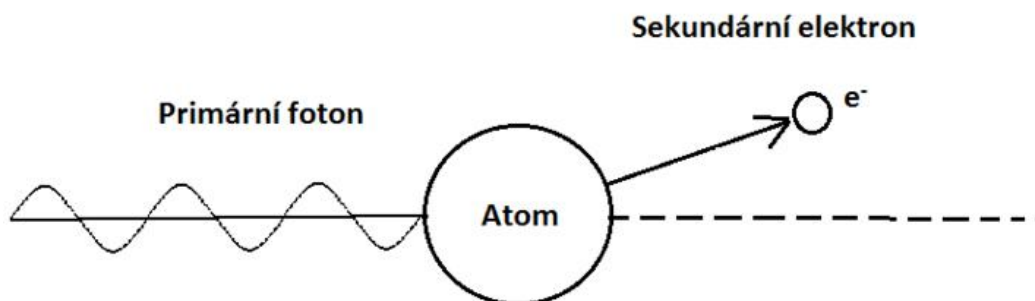
Atom absorbuje kvantum záření, čímž se dostává do excitovaného stavu. Ihned ale emituje kvantum záření o stejné energii nelišící se od původního záření. Tato interakce má velmi malý vliv.

2.2.3.2 Fotoelektrický jev

Fotony interagují s látkou a odevzdávají této látce veškerou svoji energii, čímž zanikají. Předaná energie způsobí vyražení elektronů z některé vrstvy elektronového obalu, typicky z vrstvy nejbližší jádru atomu. Část energie je vynaložena na uvolnění elektronu, zbytek se mění v kinetickou energii vyraženého elektronu (obrázek č. 4). Tyto vyražené elektrony mohou dále ionizovat své okolí. Pravděpodobnost fotoelektrického jevu je závislá na protonovém čísle terčového atomu, s větším číslem pravděpodobnost roste, naopak klesá s rostoucí energií fotonů. Pro fotoelektrický jev platí Einsteinova rovnice

$$h \cdot f = E_v + \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

- h = Planckova konstanta
- f = frekvence
- E_v = vazebná energie elektronu
- m = hmotnost
- v = rychlost



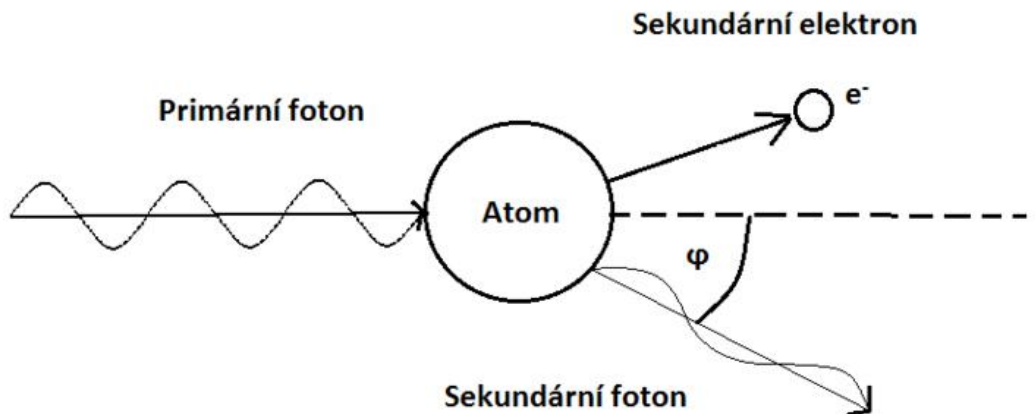
Obrázek č. 4- fotoelektrický jev

2.2.3.3 Comptonův rozptyl

Při vyšších energiích fotonů se vazebná energie elektronů dá považovat za zanedbatelnou, foton se srazí s elektronem, předá mu část energie a sám přetrvává jako foton s nižší energií (obrázek č. 5). Platí následující rovnice:

$$h \cdot f_1 = E_v + \frac{1}{2} m \cdot v^2 + h \cdot f_2$$

- h = Planckova konstanta
- f_1 = frekvence původního fotonu
- f_2 = frekvence nového fotonu
- E_v = vazebná energie elektronu
- m = hmotnost
- v = rychlost



Obrázek č. 5- Comptonův rozptyl

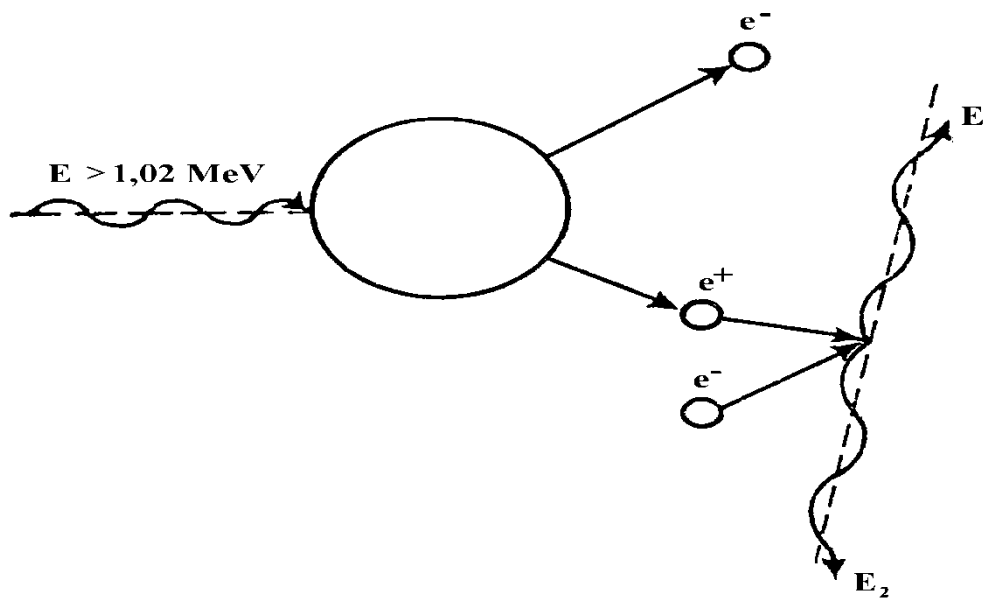
2.2.3.4 Tvorba elektron-pozitronových párů

K tvorbě elektron-pozitronového páru dochází pouze při velmi vysokých energiích fotonů, teoreticky od 1,02 MeV. Energie fotonu se transformuje do hmotnosti a kinetické energie elektronu a pozitronu, vztah mezi hmotností a energií udává rovnice $E = m \cdot c^2$ (m = hmotnost částice, c = rychlost světla ve vakuu). Energie fotonu musí být vyšší než dvojnásobek vypočtené hodnoty z předchozího vzorce.

$$E = h \cdot f = (m \cdot c^2 + E_{k1}) + (m \cdot c^2 + E_{k2})$$

- E = energie fotonu
- h = Planckova konstanta
- f = frekvence fotonu
- m = klidová hmotnost elektronu nebo pozitronu
- E_{k1}, E_{k2} = kinetická energie elektronu a pozitronu

Vzniklý pozitron velmi rychle interaguje s elektronem za vzniku dvou fotonů letících přesně opačným směrem.



Obrázek č. 6- Tvorba elektron pozitronových párů

2.2.4 Účinky záření

Účinky záření na různé tkáně jsou různé, zvětšují se podle mitotické aktivity ozařovaných buněk. Vysokou radiosenzitivitu mají například gonády, kostní dřeň či střevní epitel, které se rychle dělí, naopak radiorezistentní jsou například nervové buňky.

Radiační poškození má 4 stádia:

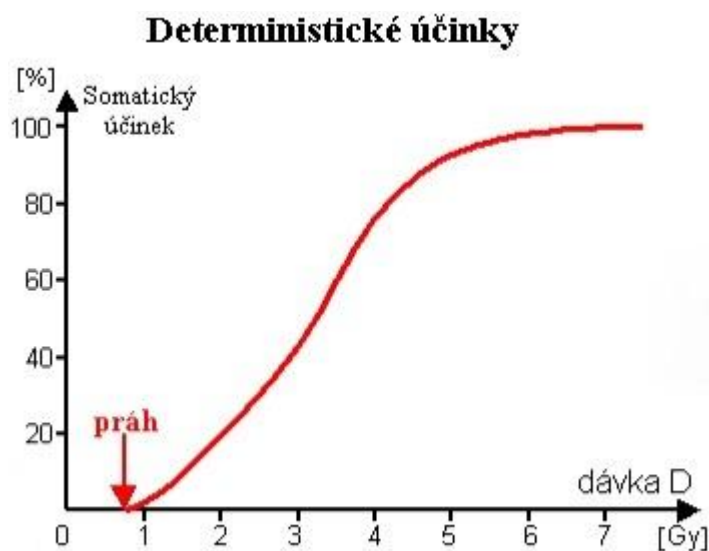
- Fyzikální stadium
 - trvá velmi krátkou dobu (10^{-17} - 10^{-15} s)
 - energie se absorbuje ionizací nebo excitací
 - při poškození molekuly DNA ionizací se jedná o přímý účinek
- Fyzikálně-chemické stadium
 - po absorbování energie se disociují molekuly- vznikají anionty a kationty
 - 10^{-15} - 10^{-11} s

- Chemické stadium
 - ve tkáni vznikají volné radikály H a OH, které mohou nepřímým účinkem poškodit molekuly DNA a jiné důležité molekuly, například enzymy
 - 10^{-11} - 10^{-13} s
- Biologické stadium
 - předcházející procesy mohou způsobit morfologické a funkční změny buněk, orgánů i celého organismu
 - může se projevit až po desítkách let

Biologický účinek záření je závislý na velikosti absorbované dávky. Rozlišují se 2 druhy účinků:

2.2.4.1 Deterministické účinky

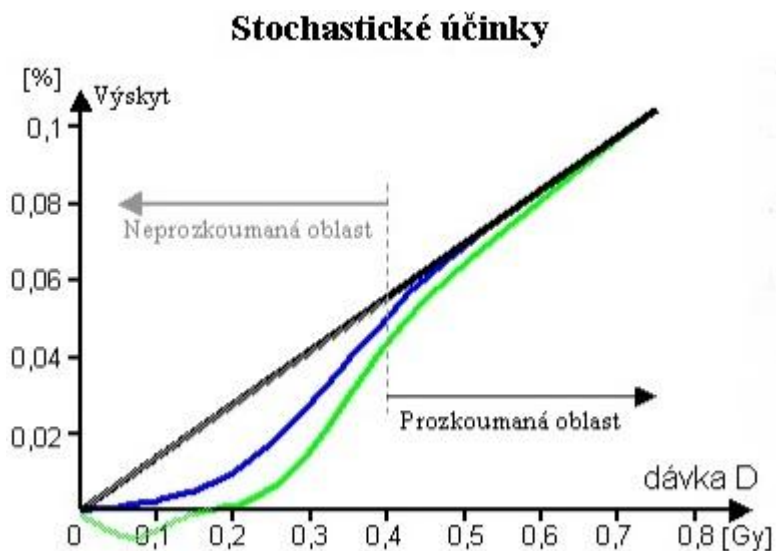
S rostoucí dávkou roste poškození, dávka však musí překročit určitou prahovou hodnotu, která je u každého orgánu jiná (obrázek č. 7).



Obrázek č. 7- Deterministické účinky záření a jejich závislost na dávce

2.2.4.2 Stochastické účinky

S rostoucí dávkou neroste závažnost poškození, ale pravděpodobnost, že k poškození dojde. Jde o bezprahovou závislost (obrázek č. 8).



Obrázek č. 8- Stochastické účinky záření a jejich závislost na dávce

Zdroje kapitoly: [1; 3; 6; 15]

2.3 Radiační ochrana

Cílem radiační ochrany je snížit riziko vzniku stochastických účinků a zabránit vzniku deterministických účinků. Veškerá pracoviště, u kterých se můžeme setkat s ionizujícím zářením, podléhají atomovému zákonu (zákon č. 18/1997 Sb.) a vyhlášce o radiační ochraně (vyhláška č 307/2002 Sb.).

K dosažení výše zmíněných cílů se využívá několika principů:

- Princip zdůvodnění

Každá činnost musí být zdůvodněna přínosem této činnosti. Tento přínos by měl vyvážit rizika plynoucí z činnosti. Před aplikací radiofarmaka, vystavení pacienta ionizujícímu záření, bychom měli brát v potaz i jiné alternativy daného vyšetření, které by mohly zajistit obdobný výsledek, ale s menším rizikem pro pacienta, a teprve poté se rozhodnout, která možnost je tou nejlepší co se týká poměru přínosu a rizika.

- Princip optimalizace

„Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen dosáhnout a udržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek. 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 9788024423500. str. 63.)

- Princip limitování

Princip limitování omezuje ozáření osob tak, aby nebylo přesaženo stanovených limitů. Existuje několik druhů limitů (viz níže).

- Princip fyzické bezpečnosti zdrojů

Zdroje ionizujícího záření musí být zabezpečeny tak, aby nemohlo za předvídatelných podmínek dojít ke ztrátě kontroly. Tento princip zahrnuje opatření

před odcizením, přístupem nepovolaných osob, předávání zdroje pouze držiteli platného povolení, dobrý technický stav zdrojů aj.

Radiační ochrana používá dále 3 způsoby ochrany před ionizujícím zářením:

- Ochrana časem

Dávka je přímo úměrná dávkovému příkonu (přírůstek dávky) a době, kdy je osoba vystavena ionizujícímu záření.

$$D = D^* \cdot t$$

D= dávka

D* = dávkový příkon

t= čas

Pro snížení dávky je vhodné optimalizovat pracovní postupy tak, aby byl pracovník vystaven ionizujícímu záření pouze tehdy, je-li to nezbytně nutné.

- Ochrana vzdáleností

Dávka klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje ionizujícího záření. Zvětší-li se tedy vzdálenost na dvojnásobek, dávka se zmenší na čtvrtinu původní hodnoty. Jestliže se ovšem vzdálenost zmenší na polovinu, dávka čtyřikrát vzroste.

- Ochrana stíněním

Ochrana stíněním znamená umístění materiálu, který absorbuje daný druh záření, mezi zdroj záření a pracovníka (stínící kryty na injekční stříkačky, přenášení radioaktivní látky v ochranném olověném kontejneru, stavební úpravy vyšetřoven...).

2.3.1 Limity

Limity ozáření udávají, jaké ozáření je přípustné pro obyvatelstvo, pracovníky s ionizujícím zářením a jiné. Pro určité skupiny lidí jsou zvláštní limity, například pro studenty a učně, kteří mohou být při výuce vystaveni ionizujícímu záření, nemělo by k tomu ale docházet v takové míře jako u radiačních pracovníků. Přehled obecných limitů, limitů pro radiační pracovníky a limitů pro učně a studenty je zobrazen v tabulce č. 1. Tato tabulka nezapočítává ozáření z přírodních zdrojů (přibližně 3,5 mSv/rok).

	Efektivní dávka	Ekvivalentní dávka		
		Oční čočka	1 cm ² kůže	Ruce, nohy
Obecné limity	1 mSv/ 1 rok 5 mSv/ 5 let	15 mSv	50 mSv	
Radiační pracovníci	50 mSv/ 1 rok 100 mSv/ 5 let	150 mSv	500 mSv	500 mSv
Studenti a učni (16-18 let)	6 mSv/ 1 rok	50 mSv	150 mSv	150 mSv

Tabulka č. 1- Přehled obecných limitů, limitů pro radiační pracovníky a limitů pro učně a studenty

2.3.2 Klasifikace zdrojů ionizujícího záření

Zdrojem ionizujícího záření je cokoliv, co je schopné vysílat ionizující záření nebo uvolňovat radioaktivní látky. Tyto zdroje klasifikujeme do několika kategorií (nevýznamné, drobné, jednoduché, významné, velmi významné) podle ohrožení zdraví a prostředí zářením.

Nevýznamné zdroje ionizujícího záření jsou například elektrická zařízení emitující ionizující záření neobsahující komponenty pracující s rozdílem napětí větším jak 5 kV, materiál kontaminovaný radionuklidy pocházející z povoleného uvádění radionuklidů do životního prostředí a jiné.

„Drobným zdrojem ionizujícího záření je například uzavřený zářič, který není nevýznamným zdrojem a jehož součet podílů aktivit a zprošťovacích úrovní aktivity je menší než 100 pro alfa zářiče a menší než 1000 v ostatních případech.“

(HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009, 138 s. ISBN 9788024423500. str. 50.)

Jednoduché zdroje ionizujícího záření užívané ve zdravotnictví jsou zubní rentgen, kostní denzitometr, kabinové rentgenové zařízení a některé otevřené radionuklidové zářiče.

Významným zdrojem ionizujícího záření je generátor záření určený k radiodiagnostice či radioterapii s výjimkou již výše zmíněných, urychlovače částic, zařízení obsahující uzavřené radionuklidové zářiče určené k radioterapii, zdroj ionizujícího záření určený k radioterapii protony, neutrony a jinými těžkými částicemi, otevřený radionuklidový zářič ^{131}I pro léčbu onemocnění štítné žlázy.

Velmi významným zdrojem ionizujícího záření je jaderný reaktor.

2.3.3 Kategorizace pracovišť

Podle ohrožení zdraví a životního prostředí se pracoviště dělí na 4 kategorie. První tři kategorie popisuje přiložená tabulka (tabulka č. 2).

Kategorie pracoviště	Zdroje	Používaná zařízení nebo metody	Obor
I. kategorie	Jednoduché	Kostní denzitometr Zubní rentgen Kabinový rentgen Provádění testů RIA	Radiodiagnostika Diagnostika v NM
II. kategorie	Jednoduché	Různá rentgenová zařízení, CT Generátory ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$	Radiodiagnostika Radioterapie Diagnostika v NM
III. kategorie	Významné	Urychlovače Ozařovače s uzavřenými zářiči Otevřené zářiče ^{131}I	Radioterapie Radionuklidová terapie v NM

Tabulka č. 2- Kategorie pracoviště

Pracoviště IV. kategorie se ve zdravotnictví nevyskytují, jsou to pracoviště používající jaderná zařízení, úložiště jaderných odpadů a sklady vyhořelého paliva.

2.3.4 Kategorizace radiačních pracovníků

Radiační pracovníci jsou monitorováni a podle ohrožení zdraví ionizujícím zářením se zařazují do 2 kategorií (A a B) podle očekávaného ozáření. Pracovníci kategorie A by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než 0,3 limitu ozáření pro oční čočku nebo končetiny. Monitorování je zajištěno výměnou a vyhodnocením dozimetrů každý měsíc, v případě podezření nebo vzniku radiační nehody okamžitě, preventivními prohlídkami a pravidelnými školeními. Do kategorie B spadají všichni pracovníci nespádající do kategorie A.

Zdroje kapitoly: [1; 2; 6; 11; 12; 13; 15]

2.4 Radiofarmakum

Radiofarmakem je označen jakýkoliv léčivý přípravek obsahující jeden či více radionuklidů, který je někomu aplikován pro diagnostické či terapeutické účely. Na jeho přípravu, manipulaci a použití jsou kladeny zvláštní požadavky neobvyklé u jiných léčiv. Základem je farmakum plnicí funkci nosiče a samotný radionuklid jako účinná látka. Při výběru farmaka je nutné brát v potaz jeho chování v lidském těle - například vychytávání ve vyšetřovaném orgánu. U radionuklidu je důležitý poločas rozpadu a energie ionizujícího záření.

2.4.1 Výroba radionuklidů

Radionuklidy získáváme z jaderných reaktorů, cyklotronů nebo izolací z radionuklidových generátorových systémů. U jaderných reaktorů se radionuklidy vyrábí aktivací neradioaktivních látek tokem neutronů nebo separací štěpných produktů uranu. Touto cestou získáváme například ^{131}I nebo $^{99\text{m}}\text{Tc}$. U cyklotronů jsou kladně nabitě částice (protony, heliony, deuterony) urychleny magnetickým polem a směřovány na terč, v němž vyvolávají chemické reakce. Tímto způsobem získáváme ^{111}I nebo radionuklidy biogenních prvků s velmi krátkým poločasem přeměny, proto je vhodné tato zařízení provozovat v místě použití radiofarmaka. Generátory využívají k výrobě dceřiných radionuklidů s krátkým poločasem rozpadu radionuklidu mateřské s poločasem rozpadu delším. Generátory se podle konstrukce dělí na sublimační, extrakční a chromatografické. Užívají se k výrobě například $^{81\text{m}}\text{Kr}$ nebo $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Pro dynamickou scintigrafii ledvin se nejčastěji užívají 2 radiofarmaka, v obou případech je účinnou látkou $^{99\text{m}}\text{Tc}$ pro jeho výhodné vlastnosti - má poločas rozpadu 6 hodin, emituje energii 140 keV vhodnou k vnější detekci. Obě radiofarmaka se podávají intravenózní cestou, jedná se o:

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA, aplikované nejčastěji s aktivitou 100-200 MBq. DTPA je zkratkou diethylenetriaminopentaocetové kyseliny, jedná se o chelát vylučovaný glomerulární filtrací.

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3, aplikované nejčastěji s aktivitou 75-200 MBq. MAG3 je zkratkou merkaptoacetyltriglycinu, ten je vylučován do moči především tubulární sekrecí. „*Při jednom průtoku plazmy je vychytáno ledvinami více než 50 % z množství radiofarmaka, které přitéká renální arterií.*”

(KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185. s. ISBN 978-809-0358-492. str. 106.)

Pacientům dětského věku se aplikuje výhradně MAG3, aplikovaná aktivita podle tělesné hmotnosti se stanovuje pomocí faktoru F (tabulky č. 3 a 4).

Pacienti s hmotností < 85 kg	
Hmotnost pacienta [kg]	Faktor F
4	0,14
5	0,17
6	0,19
7	0,21
8	0,23
9	0,25
10	0,27
11	0,29
12	0,32
13	0,34
14	0,36
15	0,38
20	0,46
25	0,54
30	0,62
35	0,69
40	0,76
45	0,81
50	0,88
55	0,91
60-85	1

Pacienti s hmotností > 85 kg	
Hmotnost pacienta [kg]	Faktor F
90	1,19
95	1,24
100	1,28
105	1,33
110	1,37
115	1,41
120	1,46
125	1,50
130	1,54
135	1,58
140	1,62
145	1,66
150	1,70
155	1,74
160	1,78
165	1,82
170	1,86
180	1,94
190	2,01
200	2,085

Tabulka č. 3 a 4- Hodnota faktoru F pro výpočet aplikované aktivity radiofarmaka v závislosti na tělesné hmotnosti

2.4.2 Diagnostická referenční úroveň (DRÚ)

DRÚ jsou uvedeny v příloze vyhlášky o radiační ochraně, jedná se o obvyklou aplikovanou aktivitu u pacienta vážícího 70 kg. Tyto úrovně se mohou překračovat, typicky u pacientů s nadváhou. Pro vyšetření pomocí ^{99m}Tc -DTPA se uvádí hodnoty 250 MBq, pro hodnocení perfuze 500 MBq. Při užití ^{99m}Tc -MAG3 jsou hodnoty diagnostické referenční úrovně stejné.

Zdroje kapitoly: [2; 5; 6; 13]

2.5 Scintigrafie

Scintigrafie je diagnostická metoda, při které se zachycuje pomocí scintilačních detektorů záření emitované radiofarmaky aplikovanými pacientovi.

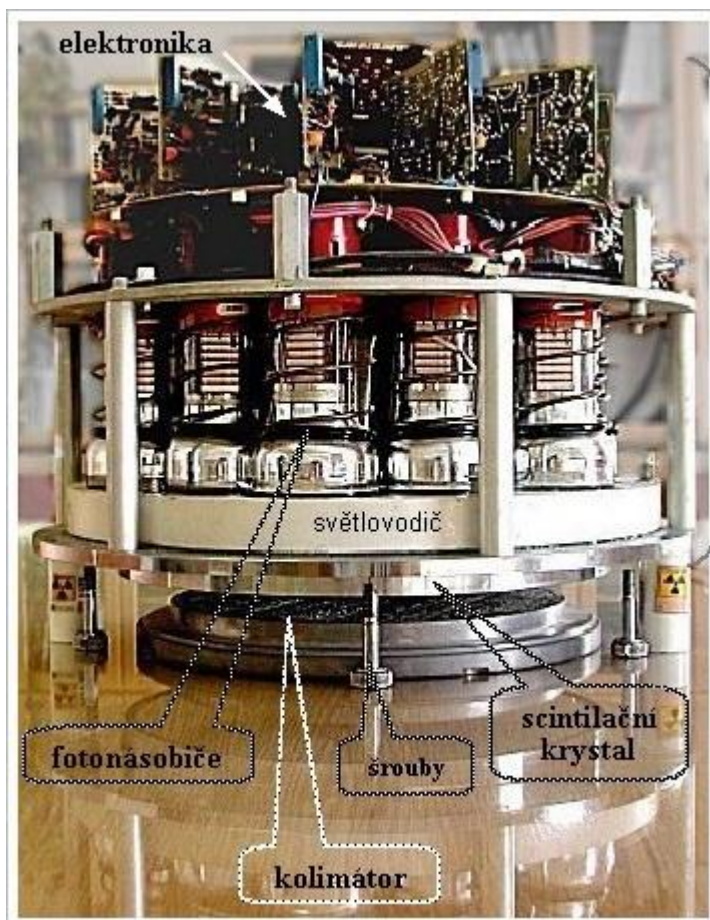
2.5.1 Scintilační detektor

Scintilační detektory jsou zařízení s velkou citlivostí používaná k měření záření gama nebo rentgenového záření. Detektory se skládají ze 3 částí - scintilačního krystalu, fotonásobiče a vyhodnocovací soupravy.

Scintilační krystaly obsahují detekční látku, například jodid sodný, který bývá aktivován thaliem. Při dopadu fotonového záření dochází k interakci na základě fotoefektu nebo Comptonova jevu, dochází k uvolnění elektronů způsobujících excitaci atomů detekční látky. Následkem této excitace je vznik záblesků (scintilací) viditelného světla. Scintilační krystal a fotonásobič jsou spojeny pomocí světlovodiče. Při interakci fotonu ze scintilátoru a fotokatody fotonásobiče vzniká fotoelektron. Tento jeden fotoelektron dopadá na první dynodu a vyrazí z ní několik sekundárních elektronů, které putují na další dynodu a opět vyrazí několikrát více elektronů, tímto způsobem se zesiluje signál získaný na scintilačním detektoru. Mezi dynodami je rozdíl napětí, který elektrony urychluje a dodává jim dostatečnou energii k vyražení dalších elektronů. Dynod bývá ve fotonásobiči obvykle 10-14 dvojic, takže na anodu fotonásobiče dopadá již velmi velké množství elektronů, které vytvoří na výstupu proudový nebo napět'ový impulz. Elektrické impulzy jsou dále zpracovány v elektronické části zařízení, kde dochází k jejich třídění. Na výsledku se podílí jen část impulzů s vhodnými parametry.

Pro vizualizaci distribuce radiofarmaka v těle se používá scintilační kamera, ta obsahuje desítky fotonásobičů. Nejvíce světelných fotonů se dostává na fotonásobič nejbližší místu záblesku, na jeho výstupu vzniká impulz s větší amplitudou než na fotonásobiči dále od místa záblesku, díky čemuž se určuje přesné místo záblesku

Důležitou roli při scintigrafii mají také kolimátory. Jsou to olověné filtry, které se rozlišují podle počtu otvorů a konfigurace, podle energie záření gama radiofarmaka aplikovaného pro vyšetření a vztahu mezi prostorovou rozlišovací schopností a citlivostí.



Obrázek č. 9- Detektor scintilační kamery

2.5.2 Kolimátory s paralelními otvory

Obsahují tisíce až desetitisíce otvorů, osy těchto otvorů jsou rovnoběžné s osou detektoru. Obraz objektu je nezávislý na vzdálenosti od kolimátoru, má stejnou velikost jako zobrazovaný objekt. Kolimátory s paralelními otvory se používají u většiny scintigrafických vyšetření. Podle energií, pro které jsou určeny, se dále dělí na:

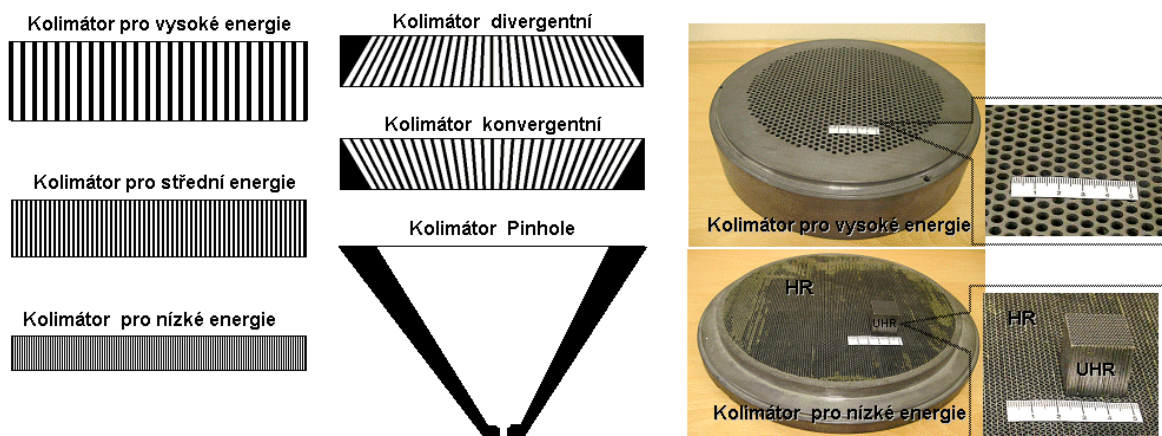
- LEAP (low energy all purpose) - určen pro nízké energie, má tedy relativně velké otvory a úzké olověné přepážky mezi těmito otvory, následkem čehož jím proletí více fotonů a v porovnání s jinými má tedy vysokou citlivost, horší rozlišovací schopnost
- LEHR (low energy high resolution) - určen též pro nízké energie, obsahuje více otvorů s menším průměrem a tlustšími stěnami, takže dosahuje lepšího rozlišení než předchozí LEAP, má ale naopak horší citlivost
- LEUHR (low energy ultra high resolution) - pro nízké energie, velmi vysoké rozlišení

- Kolimátory pro střední energie
- Kolimátory pro vysoké energie

2.5.3 Kolimátory s neparalelními otvory

- Konvergentní - obsahuje rozbíhavé otvory (směrem od pacienta), čímž v závislosti na vzdálenosti pacienta a detektoru zvětšují obraz (čím blíže, tím větší zvětšení a rozlišovací schopnost)
- Divergentní - obsahuje sbíhavé otvory (směrem od pacienta), takže v závislosti na vzdálenosti zmenšují obraz, používají se při zobrazování velkých orgánů
- Kolimátor typu pinhole- obsahuje pouze jeden otvor o průměru 3 až 5 mm, obraz při jeho použití je převrácený a zvětšený, používá se pro zobrazování malých orgánů, například štítné žlázy, má velmi dobrou rozlišovací schopnost, nízkou citlivost
- Kolimátor typu fan beam - „Kolimátor je fokusován v transverzálním směru a je paralelní v axiálním směru. Při stejném prostorovém rozlišení má tento kolimátor až o 50 % vyšší citlivost než kolimátor s paralelními otvory. používá se při tomografickém zobrazování mozku.“

(KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185. s. ISBN 978-809-0358-492. str. 39.)



Obrázek č. 10- Kolimátory

2.5.4 Rozdělení scintigrafie

Scintigrafií můžeme získat dvojrozměrný obraz vyšetřovaných orgánů (planární scintigrafie) nebo obraz trojrozměrný (tomografická scintigrafie). V nukleární medicíně se používají dva typy tomografického zobrazení - PET a SPECT.

PET je zkratkou pozitronové emisní tomografie, při níž se používají radiofarmaka vyzařující pozitrony interagující s elektrony za vzniku párů fotonů. Každý z páru fotonů letí přesně opačným směrem a je detekován naproti sobě postavenými detektory.

SPECT je jednofotonová emisní výpočetní tomografie fungující na základě pořízení snímků pacienta z několika směrů v rovině tomografického řezu a následné 3D rekonstrukci rozložení radiofarmaka v tomografickém řezu.

Rozdíl je rovněž mezi scintigrafií statickou a dynamickou. Při statické scintigrafii je pořízen pouze jeden snímek pro jednu projekci, získáváme finální obraz rozložení radiofarmaka v těle pacienta po určitém časovém úseku. Při scintigrafii dynamické můžeme sledovat distribuci radiofarmaka v těle v závislosti na čase, pořídit sérii snímků v různých intervalech a následně tyto snímky promítat za sebou podobně jako video. Před vyšetřením je nutné zvolit počet obrazů a dobu snímání jednoho obrazu. Jednotlivé obrazy se snímají poměrně krátce, od několika milisekund po několik minut, samotné vyšetření pak trvá několik minut až desítek minut. Na základě časových změn distribuce radiofarmaka poté můžeme vytvořit křivky funkcí daného orgánu a matematicky stanovit kvantitativní parametry orgánů.

2.5.5 Dynamická scintigrafie ledvin

2.5.5.1 Indikace a kontraindikace

Indikací k vyšetření jsou zejména následující stavy:

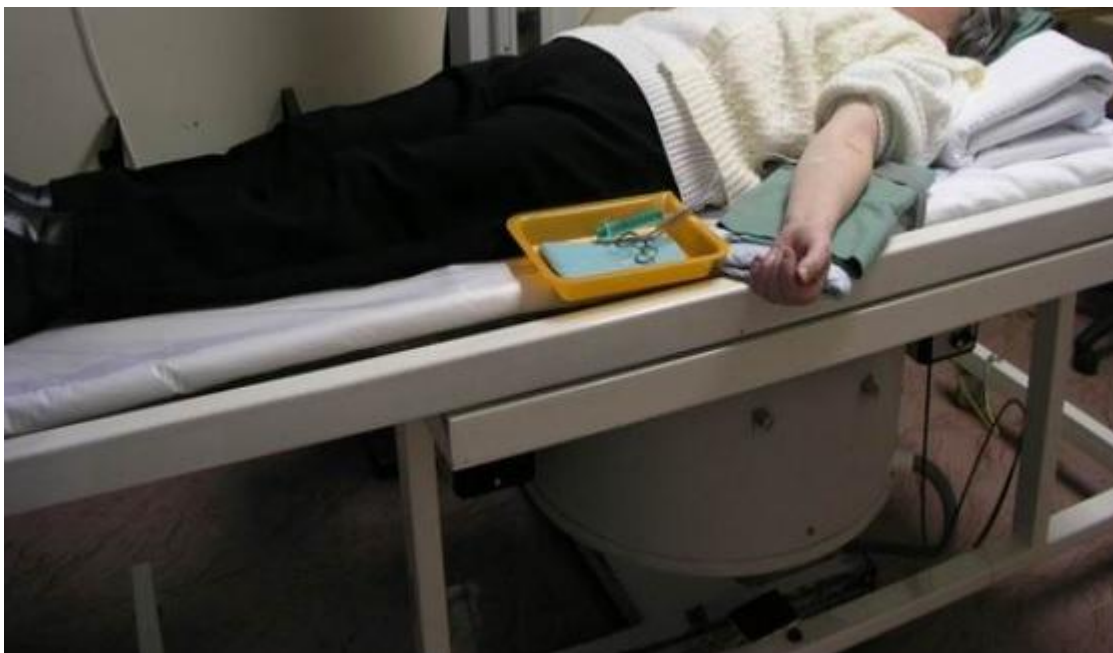
- vrozené anomálie počtu, uložení a tvaru ledvin
- změny polohy ledvin, ren migrans
- cysty, polycystické ledviny
- vezikoureterální reflux, refluxní nefropatie
- nefritida
- glomerulonefritida
- tumory, ložiskové léze
- kolika, nefrolitiáza
- obstrukce, hydronefróza
- diabetes mellitus
- renovaskulární hypertenze

- úraz ledvin
- selhání ledvin
- transplantace ledvin

Relativní kontraindikací je laktace a gravidita, vyšetření se u těhotných žen provádí pouze z vitálních indikací a za minimalizování aplikované aktivity radiofarmaka. Kinetika radiofarmak je rovněž ovlivněna jodovými kontrastními látkami užívanými při radiodiagnostice, z tohoto důvodu se nedoporučuje provádět vyšetření v období 10-ti dnů po aplikaci jodové kontrastní látky.

2.5.5.2 Příprava pacienta, postup vyšetření

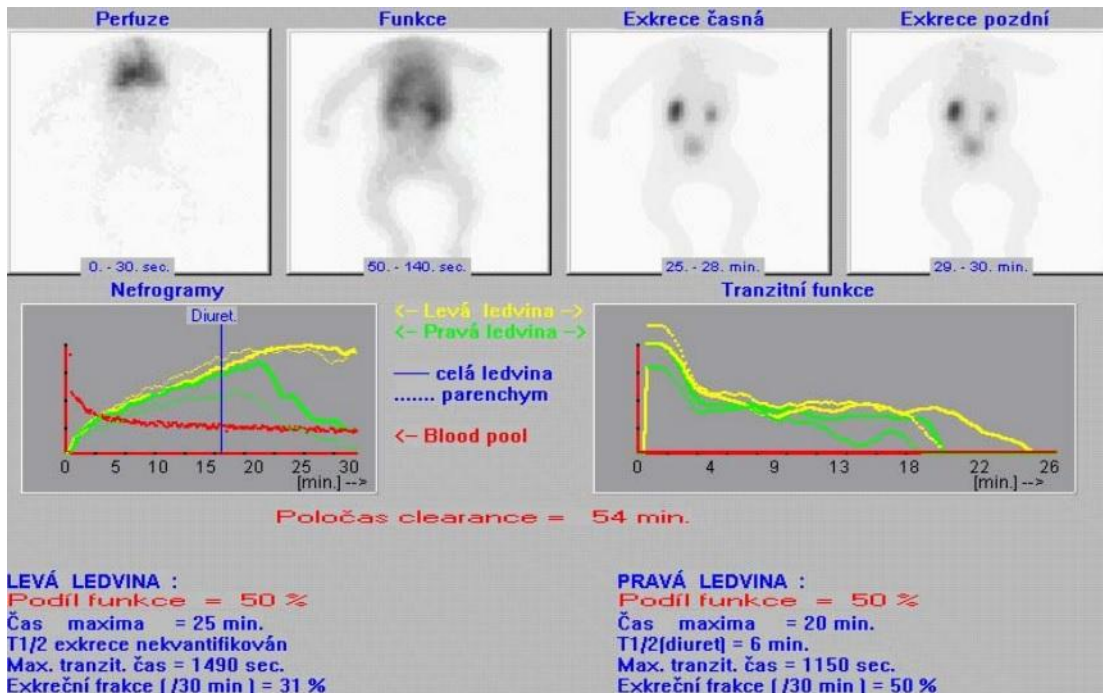
Pacient se na vyšetření musí hydratovat, dehydratace by mohla způsobit pomalejší vylučování radiofarmaka a zkreslení výsledků. Doporučuje se vypít půl litru tekutin půl hodiny před vyšetřením, u dětských pacientů se množství tekutin podaných před vyšetřením uzpůsobí jejich váze (7 ml tekutin/kg hmotnosti). Pacient musí podepsat informovaný souhlas, přílohy informovaného souhlasu a pokyny pro pacienty vyšetřované radiofarmakem. Před začátkem vyšetření se musí vymočit. Po poučení a podpisu dokumentace se pacient pokládá zády na vyšetřovací stůl a nejčastěji v kubitální jamce je mu aplikováno radiofarmakum. Pod stolem, v oblasti ledvin, je nastaven detektor snímající kinetiku radiofarmaka (obrázek č. 11). Pro dynamickou scintigrafii ledvin se používá nízkoenergetický kolimátor, snímky se pořizují v rozmezí několika desítek sekund, tato fáze vyšetření trvá zhruba půl hodiny. Po pořízení dostatečného množství snímků se stůl s pacientem posune tak, aby nad detektorem byl močový měchýř. Ten se snímá několik desítek vteřin. Vyšetření poté pokračuje v sedě, kdy pacient sedí na židli zády co nejbliže detektoru. Po posazení můžeme pozorovat, zda ledviny mění svoji polohu. Při podezření na blokádu v odtoku moči, když nepomůže posazení, podává se diuretikum (nejčastěji furosemid) a dále se snímá asi 20 minut. Pořízené snímky jsou následně zpracovány počítačovým programem. Pacient by po vyšetření měl zvýšit příjem tekutin, což urychlí vyloučení radiofarmaka z těla.



Obrázek č. 11- Uložení pacienta při vyšetření

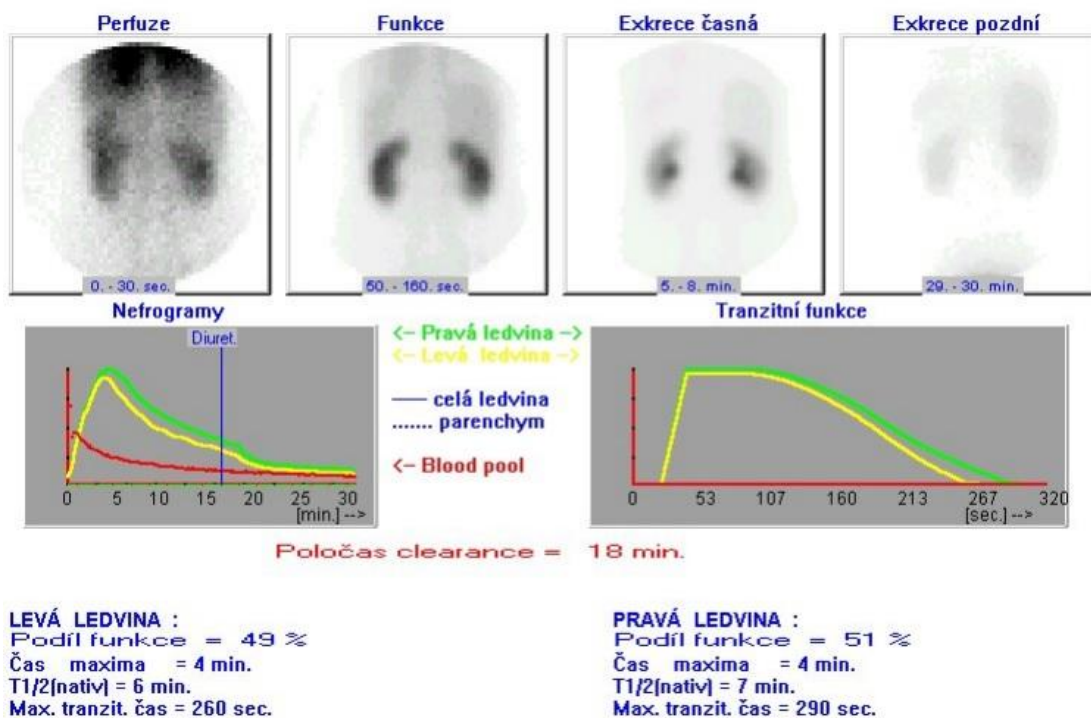
2.5.5.3 Vyhodnocení vyšetření

Výsledkem vyšetření je série scintigramů zobrazující ledviny v různých časech po aplikaci radiofarmaka. Nejdříve probíhá perfuzní fáze, radiofarmakum přitéká do ledviny, poté se v ledvině kumuluje (funkční fáze) a následně dochází k exkreci radiofarmaka (drenážní fáze), tedy odtoku moči s radiofarmakem močovými cestami. Tyto fáze jsou znázorněny nefrografickými křivkami. Podle změn těchto křivek je možné určit poruchu funkce a drenáže, důležitými parametry jsou časový okamžik dosažení maxima T_{max} , podle kterého je možné hodnotit funkci parenchymu, a hodnota poločasu exkrece $T_{1/2}$, podle které je možné hodnotit drenáž. Při zhoršeném odtoku moči se pacient posadí, což způsobí nárůst hydrostatického tlaku a zlepšení odtoku. V případě, kdy posazení pacienta nezlepší odtok, je podán furosemid zvyšující diurézu. Zrychlení odtoku po jeho podání značí retenci při dilataci pánvičky, pokud nedochází k poklesu křivky ani po jeho podání, jedná se o obstrukci (obstrukční křivka je znázorněna na obrázku číslo 12). Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin s normálním nálezem je znázorněno na obrázku číslo 13.



Obrázek č. 12- Obstrukční křivka (dilatační uropatie vpravo, obstrukční uropatie vlevo)

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



Obrázek č. 13- Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin

Zdroje kapitoly: [1; 5; 6; 14]

3 Praktická část

3.1 Metodika a cíle práce

V praktické části této bakalářské práce jsou zpracovány data o 100 pacientech, kteří byli vyšetřeni na Klinice nukleární medicíny Fakultní nemocnice Brno a podstoupili zde dynamickou scintigrafii ledvin. V práci nejsou uvedeny žádné údaje, které by mohly vést k identifikaci pacienta, veškeré informace o těchto pacientech jsem získal z nemocničního informačního systému. Pro sběr dat jsem měl patřičné povolení.

Cílem práce je poukázat na důležitost tohoto vyšetření, zjistit jaká skupina pacientů toto vyšetření podstupuje nejčastěji a pomoci objasnit dynamickou scintigrafii ledvin dalším studentům oboru radiologický asistent a všem, kteří se o tomto vyšetření chtějí dozvědět něco bližšího. Pomocí tabulek a grafů vytvořených na základě údajů o pacientech jsem se snažil zpracovat získané údaje tak, aby bylo možné vyhodnotit stanovené cíle.

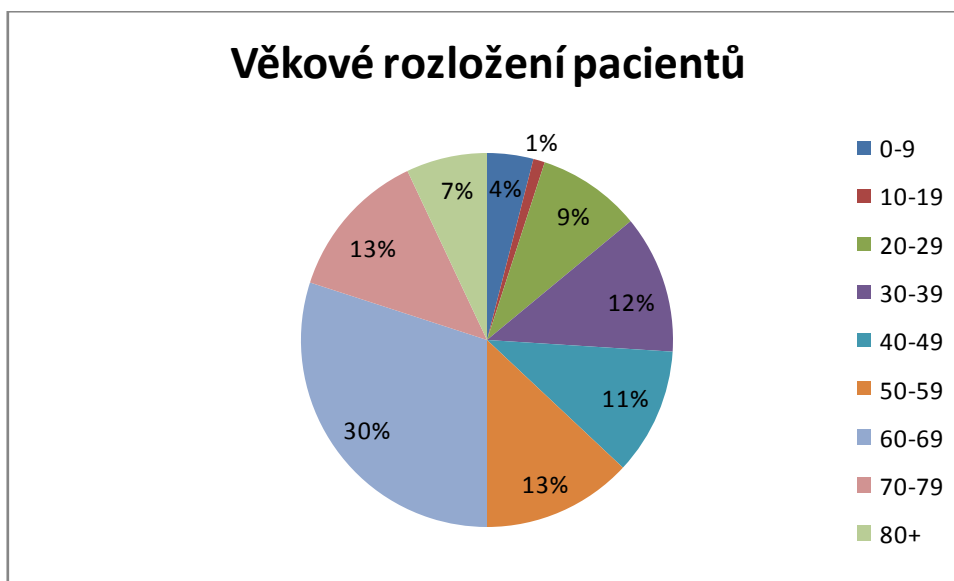
3.2 Analýza dat

Jako první jsem analyzoval věkové rozložení pacientů. Věk pacientů je platný k 1.12.2013. Pro přehlednost jsem data roztřídil do kategorií vždy po 10-ti letech. Nejčastější skupinou jsou v případě obou pohlaví pacienti ve věku mezi 60 a 69 let, celkem 30 pacientů. Nejméně častou skupinou jsou pacienti ve věku 10-19 let v případě obou pohlaví, zaznamenal jsem jediného pacienta. Děti mladších 10-ti let bylo také velmi málo - 3 chlapci a 1 dívka, rozložení pacientů mezi ostatní věkové kategorie bylo jinak vcelku rovnoměrné, což lze vidět v tabulce číslo 5.

Věkové kategorie	Počet pacientů	Muži	Ženy
0-9	4	3	1
10-19	1	1	0
20-29	9	5	4
30-39	12	4	8
40-49	11	7	4
50-59	13	7	6
60-69	30	14	16
70-79	13	7	6
80+	7	2	5

Tabulka č. 5- Věkové rozložení pacientů

Procentuální rozložení pacientů podle věku jsem znázornil na grafu č. 1.



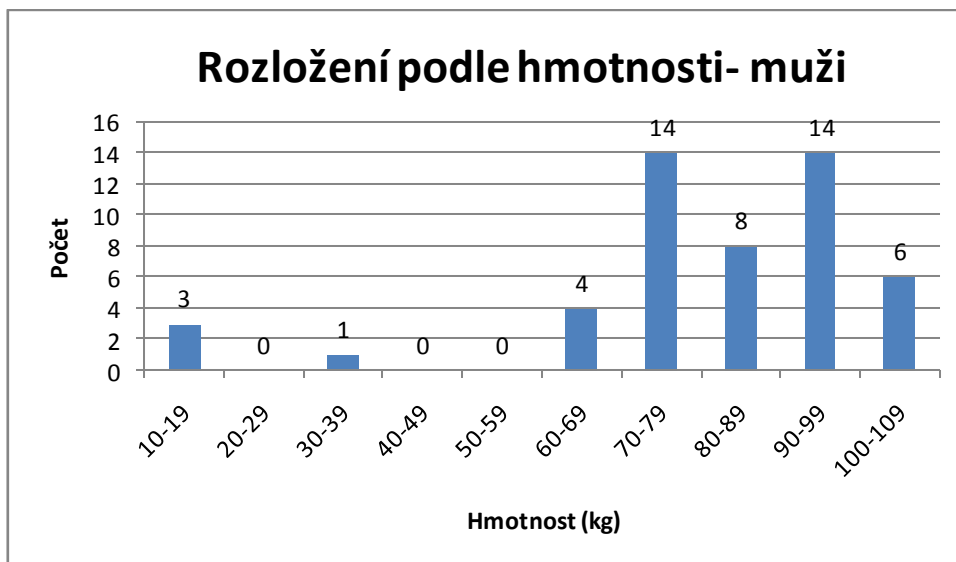
Graf č. 1- Procentuální rozložení pacientů podle věku

Věkový průměr pacientů je 53,48 roku (mužů 51,38, žen 55,58). Nejčastější hodnotou věku je 64 let, celkem 7 pacientů, druhá nejčastější hodnota je 66 let (6 pacientů). Nejmladší pacienti měli 2 roky v případě obou pohlaví, naopak nejstarší dosáhl věku 83 let v případě mužů a 91 let v případě žen.

Jako další jsem analyzoval hmotnost pacientů a aktivitu aplikovaného radiofarmaka, která by se měla určovat podle této hmotnosti. Nejdříve jsem analyzoval jednotlivá pohlaví a navzájem porovnal získané údaje, poté jsem udělal celkový přehled bez ohledu na pohlaví.

Muži

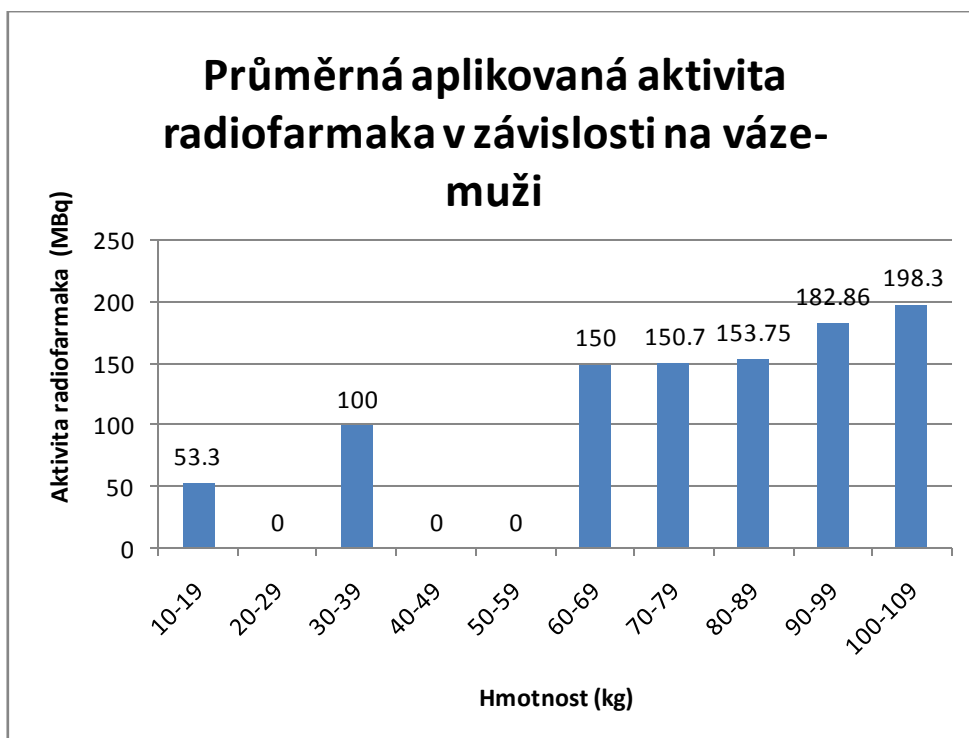
Většina pacientů mužského pohlaví (72 %) je v rozmezí 70-99 kg, více jak 100 kg má 12 % pacientů, 8 % pacientů má 60-69 kg, zbylých 8 % jsou děti s nízkou hmotností. Početní zastoupení ve skupinách rozdělených po 10-ti kilogramech je zobrazeno na grafu číslo 2. Průměrná hmotnost pacientů je 79,76 kg.



Graf č. 2- Rozložení pacientů mužského pohlaví do kategorií po 10-ti kilogramech

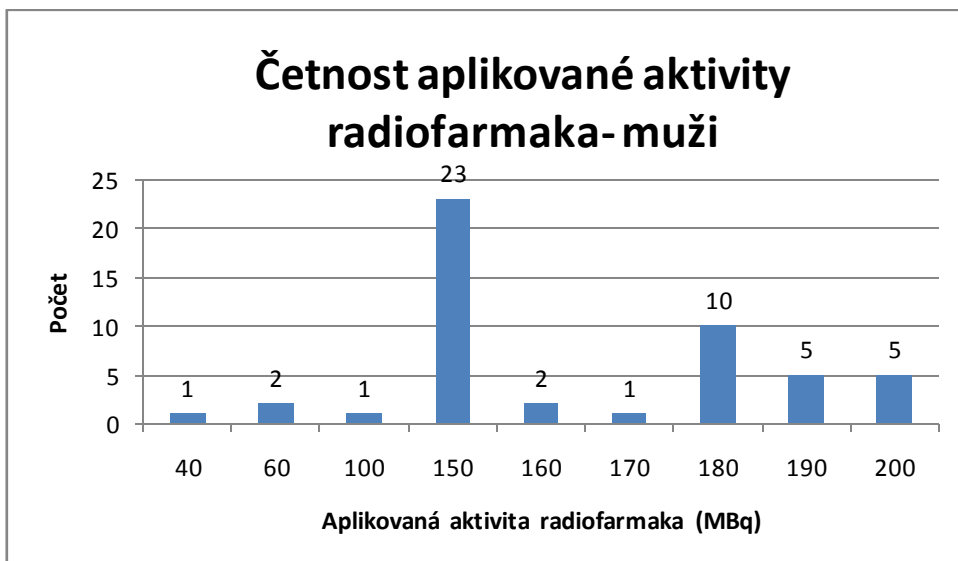
Na grafu číslo 3 jsem znázornil průměrné hodnoty aktivity aplikovaného radiofarmaka pro mužské pacienty opět rozdělené do skupin po 10-ti kilogramech. Z grafu je patrné, že s rostoucí hmotností pacienta se zvětšuje i aktivita použitého radiofarmaka.

Nejnižší aktivity jsou pochopitelně u pacientů dětského věku, kteří váží nejméně. Pro všechny pacienty v rozmezí 60-89 kg je aktivita téměř stejná, přibližně 150 MBq, výraznější nárůst použité aktivity lze pozorovat až u pacientů vážících 90 kg a více. Průměrně aplikovaná aktivita bez ohledu na hmotnost je u mužů 159 MBq.



Graf č. 3- Průměrná aplikovaná aktivita radiofarmaka v závislosti na váze- muži

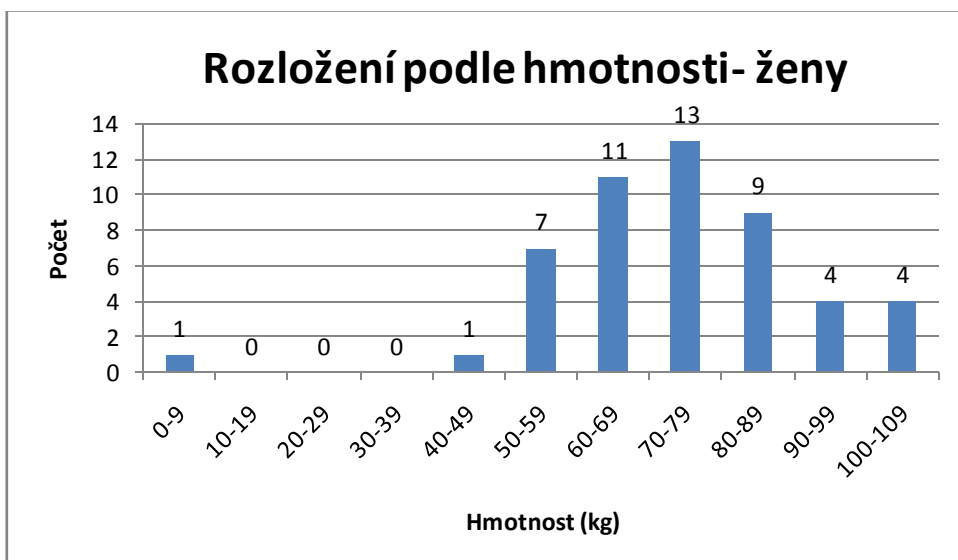
Na dalším grafu je znázorněno kolikrát byla podána jaká aktivita radiofarmaka, nejčastější hodnotou (48 %) je 150 MBq. Častější jsou také hodnoty 180 MBq a vyšší (celkem 40 %), ostatní hodnoty se aplikují spíše výjimečně.



Graf č. 4- Aplikované aktivity radiofarmaka podle četnosti- muži

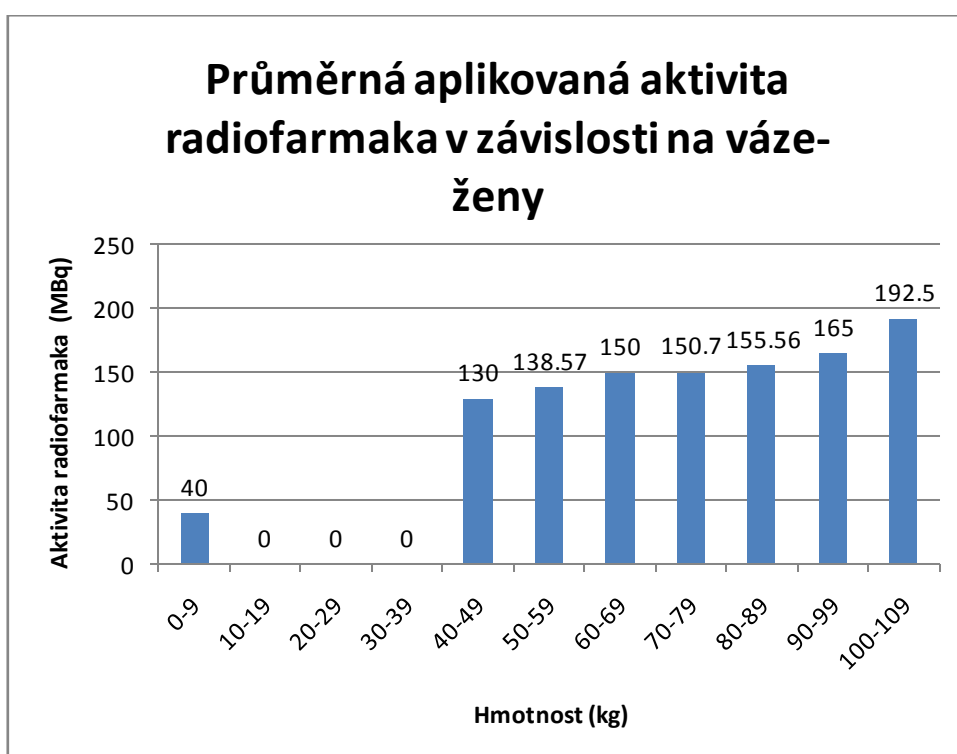
Ženy

Ženy přicházející na KNM FN Brno na scintigrafii ledvin mají největší zastoupení v kategorii 70-79 kilogramů (26 %), tedy ve stejné jako muži (28 % mužů váží mezi 70-79 kg a rovněž mezi 90-99 kg). Celkem 66 % pacientek váží v rozmezí 60-89 kg. Pacientky mají tedy zastoupení v lehce nižších váhových kategoriích než pacienti muži. Váhový průměr žen je nižší o 7,23 kg (72,53 kg u žen, 79,76 u mužů).



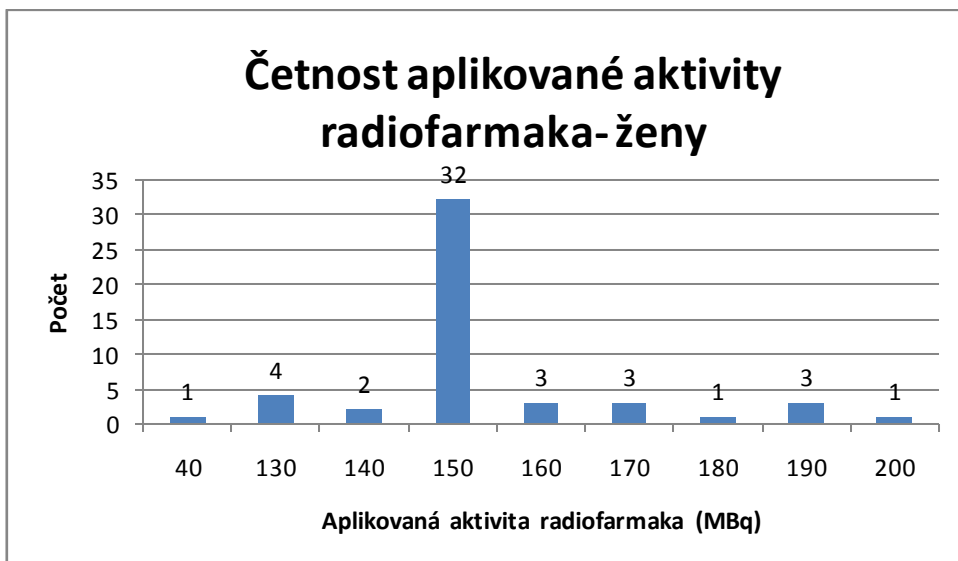
Graf č. 5- Rozložení pacientů ženského pohlaví do kategorií po 10-ti kilogramech

Na grafu číslo 6 jsem znázornil průměrné hodnoty aktivity aplikovaného radiofarmaka pro pacientky opět rozdělené do skupin po 10-ti kilogramech. Z grafu je patrné, že s rostoucí hmotností pacientek se zvětšuje i aktivita použitého radiofarmaka obdobně jako u mužů, výraznější nárůst aplikované aktivity je patrný až u pacientek vážících více jak 100 kg. U pacientek vážících mezi 40-99 kg jsou průměrné aplikované aktivity téměř stejné, liší se o méně než 15 % v porovnání s nejčastější hodnotou aktivity, tedy 150 MBq. Nejnížší aktivity jsou opět u pacientů dětského věku, kteří váží nejméně. V průměru je pacientkám aplikována aktivita 151,6 MBq, což je o 7,4 MBq méně než v případě mužů.



Graf č. 6- Průměrná aplikovaná aktivita radiofarmaka v závislosti na váze- ženy

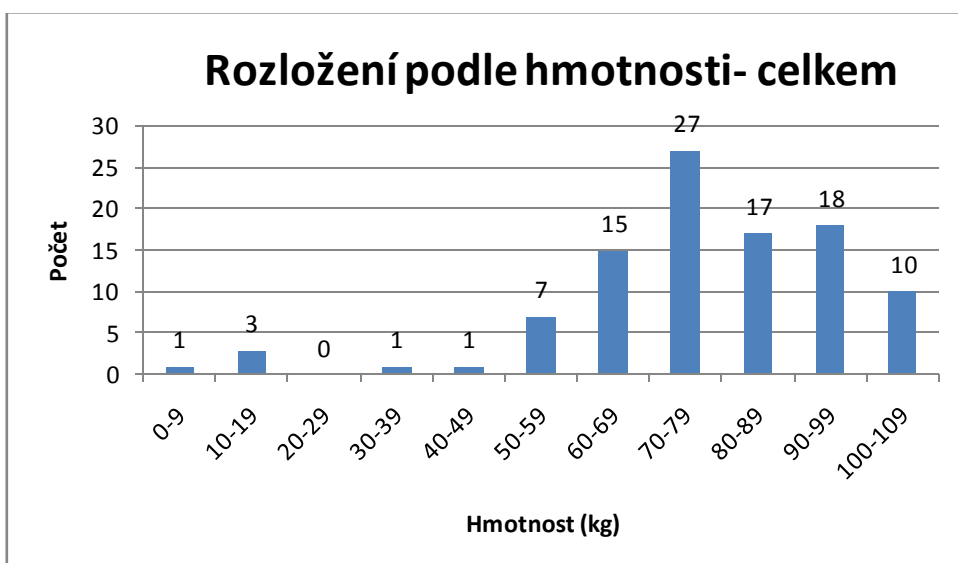
Na dalším grafu je znázorněno, kolikrát byla podána jaká aktivita radiofarmaka u žen. Nejčastější hodnotou (64 %) je 150 MBq stejně jako u mužů. Ostatní hodnoty jsou málo časté (6 % a méně).



Graf č. 7- Aplikované aktivity radiofarmaka podle četnosti- ženy

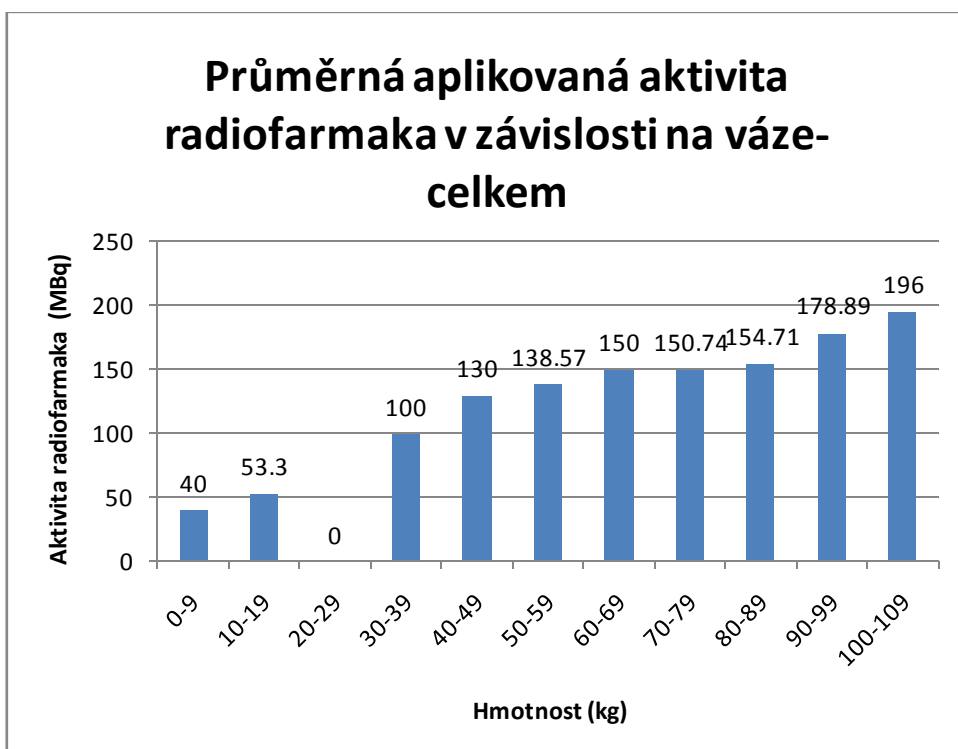
Celkem

Graf číslo 8 zobrazuje celkové rozložení pacientů podle hmotnosti. Nejvyšší zastoupení mají pacienti vážící mezi 70-79 kg, celkem 27 %. Dále vyšetření podstupují nejčastěji pacienti vážící 90-99 kg (18 %) a 80-89 kg (17 %), na čemž se podílejí spíše muži. Naopak v lehčí kategorii 60-69 kg jsou zastoupeny spíše ženy, tato kategorie se podílí na celkovém počtu vyšetření 15-ti %. Vyšetření na pacientech vážících více jak 100 kg nebo 50-59 kg se provádí méně často, pacienti s menší hmotností než 50 kg se vyskytují spíše sporadicky. Průměrná váha pacienta je 76,15 kg.



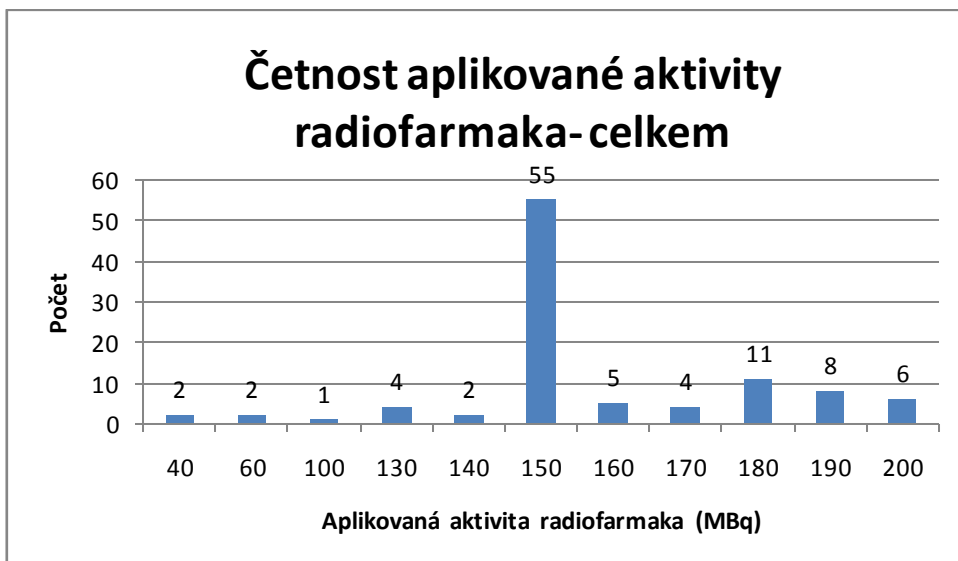
Graf č. 8- Rozložení pacientů do kategorií po 10-ti kilogramech bez ohledu na pohlaví

Průměrnou aplikovanou aktivitu radiofarmaka jsem zobrazil na grafu číslo 9. S rostoucí hmotností pacientů se průměrná aplikovaná aktivita podle očekávání zvětšuje. U několika pacientů toto nebylo dodrženo, šlo ale jen o drobné odchylky. U pacientů vážících 50-89 kg je průměrná aplikovaná aktivita radiofarmaka přibližně 150 MBq. Výrazněji více dosahují hodnoty pouze u pacientů vážících přes 100 kg. Nízké hodnoty jsou u dětí, které mají nižší hmotnost než dospělí pacienti. Průměrná aplikovaná aktivita všech pacientů bez ohledu na hmotnost je 155,3 MBq.



Graf č. 9- Průměrná aplikovaná aktivita radiofarmaka v závislosti na váze

Jednoznačně nejčastější aplikovanou aktivitou radiofarmaka je 150 MBq (55 %), aktivita 180 MBq a vyšší byla podána celkem v 25 případech (25 %), nikdy však nepřesáhla hodnotu 200 MBq. Ostatní hodnoty aktivity se aplikují spíše sporadicky, jak lze vyčíst z grafu číslo 10.



Grafč. 10- Aplikované aktivity radiofarmaka podle četnosti

S jakou diagnózou byli pacienti indikováni k dynamické scintigrafii ledvin ukazuje tabulka číslo 6. U mužů byla nejčastější kolika (30 %), jiná a neurčená hydronefróza (10 %) a hyperplazie prostaty (8 %). U žen byla nejčastější jiná onemocnění ledvin a močového (18 %), druhá nejčastější jiná a neurčená hydronefróza (stejně jako u mužů) a kámen (po 14 %). Celkově byla nejčastějším důvodem k vyšetření kolika (20 %). Často se vyskytla jiná a neurčená hydronefróza (12 %), jiná onemocnění ledvin a močového (12 %) a urolitiáza (10 %), ostatní diagnózy jsou zastoupeny v méně než 5-ti %.

Diagnóza	Muži	Ženy	Celkem
Kolika	15	5	20
Jiná a neurčená hydronefróza	5	7	12
Jiná onemocnění ledvin a močového	3	9	12
Urolitiáza	3	7	10
Hydronefróza se strikturou ureteru	4	0	4
Zbytnění prostaty-hyperplazie	4	0	4
Infekce močového ústrojí neurčené lokalizace	0	4	4
Akutní cystitida	1	2	3
Zhoubný novotvar ledviny mimo pánevičku	1	2	3
Stenóza močového	0	3	3
Akutní tubulointerstiální nefritida	1	1	2
Chronická tubulointerstiální nefritida	0	2	2
Hypertenze	1	1	2
Hematurie	2	0	2
Hydronefóza s obstrukcí pelviureterického spojení	2	0	2
Chronické onemocnění ledvin	1	1	2
Chronické selhání	2	0	2
Polycystická ledvina	0	2	2
Cystitida	0	1	1
Bolest v dolní části břicha	1	0	1
Glomerulární abnormalita	1	0	1
Mdloba- synkopa a kolaps	1	0	1
Nedostatek předpokládaného normálního fyziologického vývoje	1	0	1
Zhoubný novotvar močového měchýře	1	0	1
Inkontinence	0	1	1
Lymfocytární leukémie	0	1	1
Neurčená svažštělá ledvina	0	1	1

Tabulka č. 6- Četnost diagnóz

Důležitým ukazatelem funkce ledvin je T_{\max} , který udává časový okamžik dosažení maxima, a $T_{1/2}$ udávající poločas exkrece radioindikátoru z ledvin. Tyto parametry jsem hodnotil jako další, počítal jsem pouze časy pacientů, u kterých byly stanoveny.

Muži	Levá ledvina		Pravá ledvina	
	T_{\max} (min)	$T_{1/2}$ (min)	T_{\max} (min)	$T_{1/2}$ (min)
Průměrný čas	6,74	12,14	7,65	11,05
Nejnižší hodnota	2	2	2	2
Nejvyšší hodnota	19	78	19	31
Nejčastější hodnota	3	7	3	9

Tabulka č. 7- Hodnoty T_{\max} a $T_{1/2}$ u mužů

U mužů byl průměrný čas T_{\max} levé ledviny 6,74 minut, pravé ledviny 7,65 minut (o 13,5 % vyšší). Nejčastější hodnotou byly 3 minuty u obou ledvin. Nejnižší hodnota levé i pravé ledviny byly 2 minuty, nejvyšší 19 minut rovněž u obou ledvin. Průměrný čas $T_{1/2}$ byl v případě levé ledviny 12,14 minut, což je o 9,9 % větší hodnota než u pravé ledviny (11,05 minut). Nejčastější hodnotou bylo 7 minut u levé a 9 minut u pravé ledviny. Nejnižší hodnotou jsou 2 minuty u obou ledvin, nejvyšší 78 minut u levé a 31 minut u pravé ledviny.

Ženy	Levá ledvina		Pravá ledvina	
	T_{\max} (min)	$T_{1/2}$ (min)	T_{\max} (min)	$T_{1/2}$ (min)
Průměrný čas	6,75	9,07	7,54	12,37
Nejnižší hodnota	2	2	2	1
Nejvyšší hodnota	19	35	19	129
Nejčastější hodnota	3	3	7	7

Tabulka č. 8- Hodnoty T_{\max} a $T_{1/2}$ u žen

U žen byl průměrný čas T_{\max} levé ledviny 6,75 minut, pravé ledviny 7,54 minut (o 11,7 % vyšší). Nejčastější hodnotou byly 3 minuty u levé a 7 minut u pravé ledviny. Nejnižší hodnota levé i pravé ledviny byly 2 minuty, nejvyšší 19 minut rovněž u obou ledvin. Průměrný čas $T_{1/2}$ byl v případě levé ledviny 9,07 minut, pravé ledviny 12,37 minut (o 36,4 % větší). Nejčastější hodnotou byly 3 minuty u levé a 7 minut u pravé ledviny.

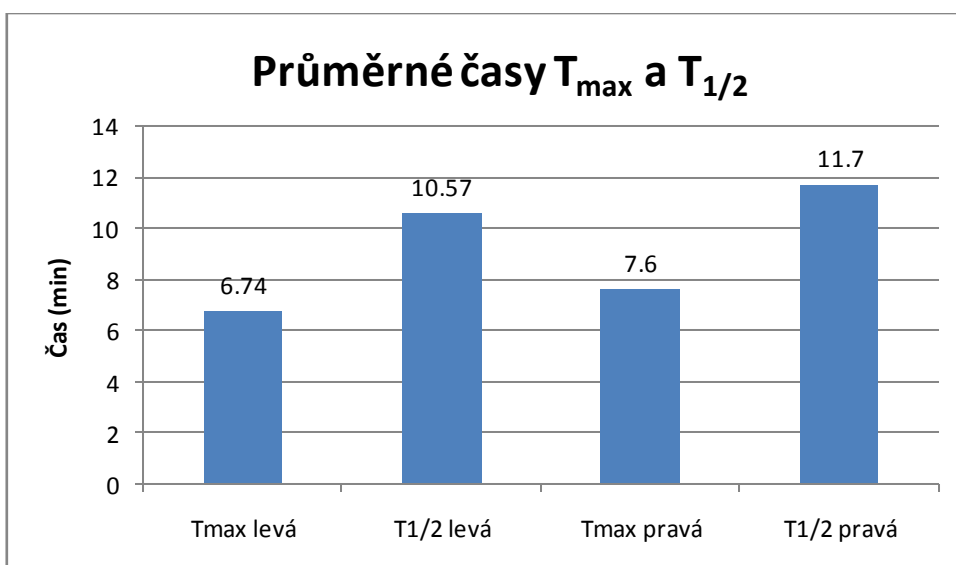
Nejnižší hodnotou jsou 2 minuty u levé a 1 minuta u pravé ledviny, nejvyšší 35 minut u levé a 129 minut u pravé ledviny.

Průměrné časy T_{max} se u jednotlivých pohlaví lišily jen minimálně, nejvyšší a nejnižší hodnoty byly totožné. Rozdíl byl jen v nejčastějších hodnotách pravé ledviny (3 minuty u mužů a 7 minut u žen. Hodnoty $T_{1/2}$ byly srovnatelné u mužů levé ledviny a pravé ledviny žen, stejně jako pravá ledvina mužů a levá žen. Průměrné časy $T_{1/2}$ se výrazně nelišily, pouze u žen u levé ledviny byla hodnota nižší.

Celkem	Levá ledvina		Pravá ledvina	
	T_{max} (min)	$T_{1/2}$ (min)	T_{max} (min)	$T_{1/2}$ (min)
Průměrný čas	6,74	10,57	7,60	11,70
Nejnižší hodnota	2	2	2	1
Nejvyšší hodnota	19	78	19	129
Nejčastější hodnota	3	7	3	9

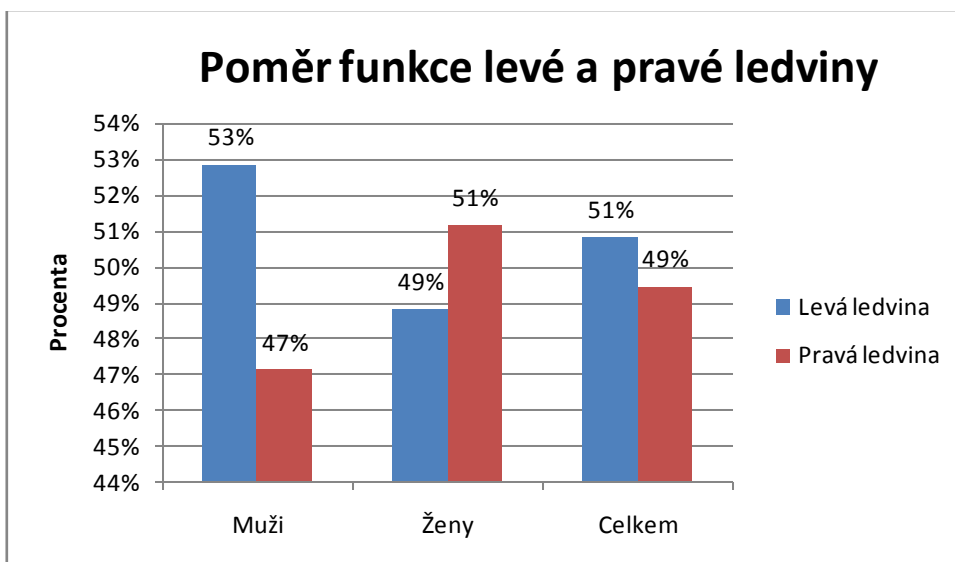
Tabulka č. 9- Hodnoty T_{max} a $T_{1/2}$

Nejčastější hodnotou T_{max} byly 3 minuty u obou ledvin. Nejnižší hodnota levé i pravé ledviny byly 2 minuty, nejvyšší 19 minut rovněž u obou ledvin. Nejčastější hodnotou $T_{1/2}$ bylo 7 minut u levé a 9 minut u pravé ledviny. Nejnižší hodnotou jsou 2 minuty u levé a 1 minuta u pravé ledviny, nejvyšší 78 minut u levé a 129 minut u pravé ledviny.



Graf č. 11- Hodnoty T_{max} a $T_{1/2}$

Průměrný čas T_{max} u pravé ledviny je o 0,86 minuty vyšší než u levé ledviny, tedy o 12,8 %. Pro exkreční hodnotu $T_{1/2}$ je průměrný čas u pravé ledviny také vyšší v porovnání s ledvinou levou, tentokrát o 1,13 minuty (necelých 11 %).



Graf č. 12- poměr funkce levé a pravé ledviny

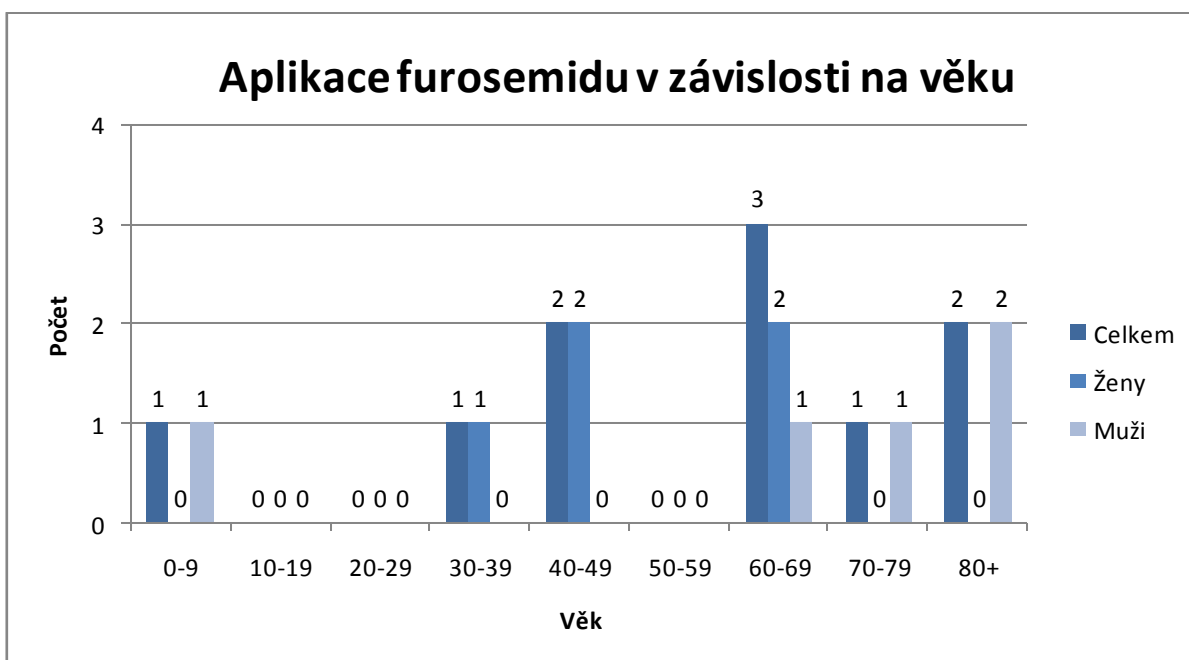
U mužů v průměru převažovala funkčnost levé ledviny, na čemž se podílí také afunkční ledviny, které jsem započítal (v případě 1 pacienta levá, u 3 pacientů pravá). Bez započítání pacientů s funkční pouze jednou ledvinou je poměr funkcí levé a pravé ledviny 51 : 49. U žen mírně převažuje funkce pravé ledviny. Afunkčnost jsem zaznamenal po jednom případě u levé i pravé ledviny, při nezapočítání těchto pacientek se poměr funkce nezměnil. Celkově je poměr funkce levé a pravé ledviny 50,84 : 49,16, což by mohlo být i z důvodu umístění pravé ledviny pod játry. Bez započtení pacientů s afunkční ledvinou se poměr změnil na 49,83 : 50,17.

Dále jsem zkoumal, u kterých pacientů byl použit furosemid. U obou pohlaví byl aplikován v pěti případech, tedy 10 %, což jsem znázornil na grafu číslo 13.



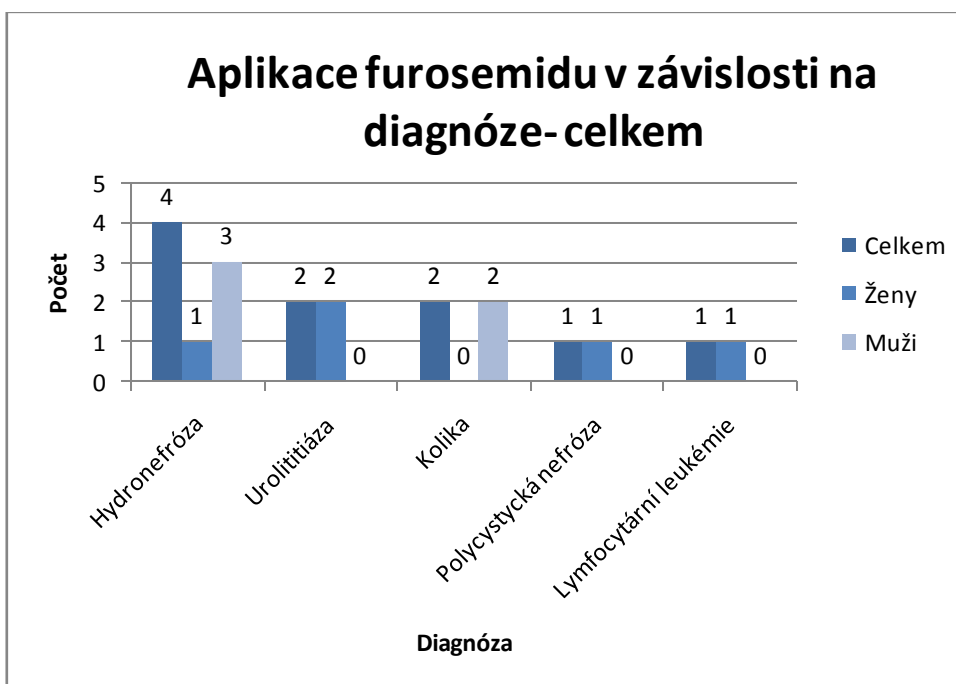
Graf č. 13- Poměr pacientů, kterým byl aplikován furosemid, a pacientů, kterým aplikován nebyl

Dále jsem zjistil, u jakých věkových kategorií se furosemid aplikuje nejčastěji. U mužů se ve dvou případech (40 %) aplikoval u pacientů ve věku nad 80 let, v jednom případě u pacientů ve věku 0-9, 60-69 a 70-79 let. U žen se dvakrát aplikoval u pacientek ve věku 40-49 a 60-69 let, jednou u pacientek v rozmezí 30-39 let. Celkově se tedy nejčastěji aplikuje u pacientů ve věku 60-69 let, celkem třikrát (30 %). Dvakrát byl aplikován pacientům ve věku 40-49 let a starším než 80 let. V jednom případě u nejmladší skupiny 0-9 let a také u 30-39 a 70-79 let starých pacientů.



Graf č.14 - Závislost aplikace furosemidu a věku pacienta

Na grafu číslo 15 jsem znázornil závislost aplikace furosemidu na diagnóze. U mužů je nejčastější diagnózou při aplikaci furosemidu hydronefróza (60 %), poté kolika (40 %). U žen byla nejčastější urolitiáza a to ve dvou případech. Hydronefóza, lymfocytární leukémie a polycystycká ledvina byly zastoupeny jednou. Jedinou společnou diagnózou u obou pohlaví je hydronefróza, která je nejčastější diagnózou při aplikaci furosemidu (40 %). Další časté diagnózy urolitiáza a kolika (po 20 %) se vyskytly pouze u jednoho pohlaví.



Grafč.15 - Aplikace furosemidu v závislosti na diagnóze

3.3 Diskuse

Praktická část práce je zaměřená na zpracování dat z nemocničního informačního systému. Ze záznamů o pacientech jsem získal údaje o pohlaví, věku, diagnóze, aplikované aktivitě radiofarmaka a další, ze kterých jsem chtěl zjistit jaká skupina pacientů na Klinice nukleární medicíny Fakultní nemocnice Brno podstupuje nejčastěji dynamickou scintigrafii ledvin. Do analyzovaných dat jsem zahrnul údaje od 100 pacientů.

Jako první jsem se zabýval věkovým složením pacientů. Pacienty jsem rozdělil do skupin po 10-ti letech a dále podle pohlaví a zaznamenal počet pacientů v jednotlivých skupinách do tabulky. Nejčastěji scintigrafii ledvin podstupují pacienti ve věku 60-69 let, tato skupina byla jednoznačně nejvíce zastoupena u obou pohlaví. Procentuální rozložení pacientů podle věku jsem znázornil i na grafu.

Dále jsem hodnotil hmotnost pacientů a aktivitu radiofarmaka, která jim byla podána. Pacienty jsem opět rozdělil podle pohlaví. Muži mají největší zastoupení ve skupinách 70-79 a 90-99 kg, ženy 70-79 kg. Celkově tedy scintigrafii ledvin podstoupilo nejvíce pacientů vážících 70-79 kg. Průměrná váha všech pacientů je 76,15 kg. Aplikované aktivity byly rovněž u obou pohlaví podobné, průměrně 155,3 MBq (muži 159 MBq, ženy 151,6 MBq), jednoznačně nejčastěji aplikovanou aktivitou je 150 MBq (55 %). Aplikovaná aktivita radiofarmaka roste s hmotností pacienta, toto bylo dodrženo u obou pohlaví.

Jako další jsem se věnoval diagnózám, se kterými byli pacienti na vyšetření indikováni. u mužů se nejčastěji jednalo o koliku, častá byla i jiná a neurčená hydronefróza. Ženy byly nejčastěji indikovány s jiným onemocněním ledvin a močového, často i s jinou a neurčenou hydronefrózou obdobně jako muži a urolitiázou. Celkově převažuje kolika (20 %), dále jiná a neurčená hydronefróza (12 %) s jiným onemocněním ledvin a močového (také 12 %) a urolitiáza (10 %). Ostatní diagnózy se objevovaly méně.

Následně jsem hodnotil T_{max} , který udává časový okamžik dosažení maxima, a $T_{1/2}$ udávající poločas exkrece radioindikátoru z ledvin. Tyto parametry jsem hodnotil pouze u pacientů u kterých byly stanoveny. U mužů průměrný čas T_{max} dosáhl 6,74 minut u levé ledviny a 7,65 minut u pravé, u žen 6,75 minut u levé ledviny a 7,54 minut u pravé ledviny. Celkově tedy 6,74 minut u levé a 7,60 minut u pravé. Průměrné hodnoty $T_{1/2}$ u mužů dosáhly 12,14 minut u levé a 11,05 minut u pravé ledviny, u žen 9,07 minut u levé a 12,37 minut u pravé ledviny. Celkově tedy 10,57 minut u levé a 11,70 minut u pravé ledviny. Vyšší hodnoty převažují téměř ve všech případech u pravé ledviny.

Dalším hodnoceným kritériem byl poměr funkce levé a pravé ledviny. U mužů převažovala funkce levé ledviny (53 : 47), u žen pravé ledviny (51 : 49). Celkově převažovala tedy funkce levé strany v poměru 50,84 : 49,16. Důležité ovšem je připomenout započítání i pacientů s afunkční ledvinou, bez nichž by poměr funkcí byl opačný- 49,83 : 50,17. V obou případech byly výsledky velmi vyrovnané.

Posledním krokem bylo zhodnocení četnosti aplikace furosemidu a závislost této aplikace na věku a diagnóze. Furosemid byl aplikován celkem 10 pacientům ze zkoumaného vzorku, v pěti případech u každého pohlaví. U mužů byl nejčastěji aplikován pacientům ve věku více jak 80 let, u žen ve věku 40-49 a 60-69 let. Celkově nejčastěji byl furosemid aplikován pacientům ve věku 60-69 let. Nejčastější diagnózou při aplikaci furosemidu byla u mužů hydronefróza, u žen urolitiáza. Celkově nejčastější diagnózou byla hydronefóza.

4 Závěr

Na Kliniku nukleární medicíny Fakultní nemocnice Brno přichází mnoho pacientů k vyšetření ledvin dynamickou scintigrafií, při které se pacientům aplikuje nitrožilně radiofarmakum a následně se pomocí přístrojové techniky zobrazuje rozložení radiofarmaka v těchto orgánech.

Teoretická část se zabývá anatomií a fyziologií ledvin, ionizujícím zářením, jeho účinky a ochranou před tímto zářením, radiofarmakem a hlavně samotným vyšetřením a přístrojovou technikou použitou k tomuto vyšetření.

V praktické části jsem hodnotil údaje získané na KNM FN Brno týkající se 100 pacientů, kteří toto vyšetření podstoupili. Údaje jsem získal z nemocničního informačního systému. Součástí této části je metodika a cíle práce, rozbor získaných dat a zjištěné závěry.

Vyšetření podstoupí nejvíce pacientů ve věku 60-69 let vážících 70-79 kg, je jim průměrně aplikována aktivita 153,3 MBq. Nejčastější diagnózou je kolika (20 %). Průměrný čas T_{max} je 6,74 minut u levé a 7,60 minut u pravé ledviny, $T_{1/2}$ 10,57 minut u levé a 11,70 minut u pravé ledviny. Poměr funkcí obou ledvin je téměř stejný. Furosemid se aplikuje pouze 10-ti % pacientů, nejčastěji ve věku 60-69 let a při hydronefróze.

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

5 Seznam použité literatury a pramenů

Literární zdroje

1. HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902-8961-4
2. HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 138 s. ISBN 978-802-4423-500
3. CHUDÁČEK, Zdeněk. *Radiodiagnostika*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-701-3114-4
4. KITTNAR, Otomar a Mikuláš MLČEK. *Atlas fyziologických regulací: 329 schémat*. 1. vyd. Praha: Grada, 316 s. ISBN 978-80-247-2722-6
5. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 97 s. ISBN 978-807-4641-831
6. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185 s. ISBN 978-809-0358-492
7. NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Editor Lubomír Houdek. Praha: Karolinum, 2009, 416 s. ISBN 978-802-4617-176
8. PETROVICKÝ, Pavel et al. *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*. 1. vyd. Martin: Osveta, 2001. ISBN 80-806-3047-X
9. TROJAN, Stanislav et al. *Fyziologie: učebnice pro lékařské fakulty*. Vyd. 1. Praha: Avicenum, 1987, 565 s. (Bez ISBN)
10. 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

11. atomový zákon (zákon č. 18/1997 Sb.)
12. vyhláška o radiační ochraně (vyhláška č 307/2002 Sb.)
- 13.8. Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky. 124 s.

Přednášky

14. KRAFT, Otakar. *Dynamická scintigrafie ledvin* [online prezentace]. Ostrava. Katedra zobrazovacích metod Ostravské univerzity, [cit. 2014-02-17] Dostupný z WWW:
<http://www.fno.cz/klinika-nuklearni-mediciny/ke-stazeni>

Internetové zdroje

15. <http://astronuklfyzika.cz>

6 Seznam zkratek

3D	trojrozměrný
^{99m}Tc	99 metastabilní radionuklid technecia
aj.	a jiné
Bq, MBq	becquerel, megabecquerel
cm	centimetr
č.	číslo
DNA	deoxyribonukleová kyselina
DRÚ	diagnostická referenční úroveň
DTPA	diethylenetriaminopentaoctová kyselina
eV, keV, MeV	elektronvolt, kiloelektronvolt, megaelektronvolt
FN	fakultní nemocnice
kg	kilogram
KNM	klinika nukleární medicíny
Lat.	latinsky
LEAP	low energy all purpose
LEHR	low energy high resolution
LEUHR	low energy ultra high resolution
NM	nukleární medicína
MAG3	merkaptacetyltriglycin
ml	mililitr
mm	milimetr
Mo	molybden
PET	pozitronová emisní tomografie
pH	power of hydrogen (záporný dekadický logaritmus číselné hodnoty koncentrace vodíkových iontů v roztoku)

s	sekunda
Sb.	sbírka
SPECT	jednofotonová emisní výpočetní tomografie
str.	strana
Sv, mSv	sievert, milisievert
Tzv.	takzvaný
V, kV	volt, kilovolt
vyd.	vydavatelství

7 Seznam obrázků

Obrázek č. 1- Stavba 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- Uložení ledvin, PETROVICKÝ, Pavel et al. *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*. 1. vyd. Martin: Osveta, 2001. ISBN 80-806-3047-X

Obrázek č. 3- Stavba nefronu, TROJAN, Stanislav et al. *Fyziologie: učebnice pro lékařské fakulty*. Vyd. 1. Praha: Avicenum, 1987, 565 s. (Bez ISBN)

Obrázek č. 4- fotoelektrický jev, HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902-8961-4 str. 23

Obrázek č. 5- Comptonův rozptyl, HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902-8961-4 str. 24

Obrázek č. 6- Tvorba elektron pozitronových párů, HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vyd. Brno: Neptun, 2001, 381 s. ISBN 80-902-8961-4 str. 25

Obrázek č. 7- Deterministické účinky záření a jejich závislost na dávce, <http://astronuklfyzika.cz>

Obrázek č. 8- Stochastické účinky záření a jejich závislost na dávce, <http://astronuklfyzika.cz>

Obrázek č. 9- Detektor scintilační kamery, <http://astronuklfyzika.cz>

Obrázek č. 10- Kolimátory, <http://astronuklfyzika.cz>

Obrázek č. 11- Uložení pacienta při vyšetření, KRAFT, Otakar. *Dynamická scintigrafie ledvin* [online prezentace]. Ostrava. Katedra zobrazovacích metod Ostravské univerzity, [cit. 2014-02-17] Dostupný z WWW: <http://www.fno.cz/klinika-nuklearni-mediciny/ke-stazeni>

Obrázek č. 12- Obstrukční křivka KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL.
Nukleární medicína. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492 str.
75

Obrázek č. 13- Komplexní matematické vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie
ledvin, KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd.
Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492 str. 73

8 Seznam tabulek

Tabulka č. 1- Přehled obecných limitů, limitů pro radiační pracovníky a limitů pro učně a studenty, HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 138 s. ISBN 978-802-4423-500, str. 43

Tabulka č. 2- Kategorie pracoviště, HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 138 s. ISBN 978-802-4423-500. str. 51

Tabulka č. 3- Hodnota faktoru F pro výpočet aplikované aktivity radiofarmaka v závislosti na tělesné hmotnosti, 8. Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky. 124 s., str. 17

Tabulka č. 4- Hodnota faktoru F pro výpočet aplikované aktivity radiofarmaka v závislosti na tělesné hmotnosti, 8. Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky. 124 s., str. 17

Tabulka č. 5- Věkové rozložení pacientů

Tabulka č. 6- Četnost diagnóz

Tabulka č. 7- Hodnoty T_{\max} a $T_{1/2}$ u mužů

Tabulka č. 8- Hodnoty T_{\max} a $T_{1/2}$ u žen

Tabulka č. 9- Hodnoty T_{\max} a $T_{1/2}$

9 Seznam grafů

Grafč. 1- Procentuální rozložení pacientů podle věku

Grafč. 2- Rozložení pacientů mužského pohlaví do kategorií po 10-ti kilogramech

Grafč. 3- Průměrná aplikovaná aktivita radiofarmaka v závislosti na váze- muži

Grafč. 4- Aplikované aktivity radiofarmaka podle četnosti- muži

Grafč. 5- Rozložení pacientů ženského pohlaví do kategorií po 10-ti kilogramech

Grafč. 6- Průměrná aplikovaná aktivita radiofarmaka v závislosti na váze- ženy

Grafč. 7- Aplikované aktivity radiofarmaka podle četnosti- ženy

Grafč. 8- Rozložení pacientů do kategorií po 10-ti kilogramech bez ohledu na pohlaví

Grafč. 9- Průměrná aplikovaná aktivita radiofarmaka v závislosti na váze

Grafč. 10- Aplikované aktivity radiofarmaka podle četnosti

Grafč. 11- Hodnoty T_{\max} a $T_{1/2}$

Grafč. 12- poměr funkce levé a pravé ledviny

Grafč. 13- Poměr pacientů, kterým byl aplikován furosemid, a pacientů, kterým aplikován nebyl

Grafč. 14 - Závislost aplikace furosemidu a věku pacienta

Grafč. 15 - Aplikace furosemidu v závislosti na diagnóze