



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Bakalářská práce

Hodnoty akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách u dětí

Vypracoval: Markéta Homolková
Vedoucí práce: MUDr. Ladislav Šabata

České Budějovice 2015

Abstrakt

Scintigrafická vyšetření ledvin a močových cest umožňují získat řadu informací o stavu uropoetického traktu. Hlavním přínosem dnešní nukleární medicíny je možnost zobrazení a přesného kvantitativního zhodnocení jednotlivých funkcí ledvin a močových cest. V současné době se pro statickou scintigrafii a SPECT ledvin používá Tc-99m-DMSA neboli dimerkaptantarová kyselina. U dětí se aplikuje Tc-99m-DMSA o aktivitě minimálně 20 MBq.

Statická scintigrafie se nejčastěji provádí k prokázání akutní pyelonefritidy. Při takovéto nemoci ledvin vzniká jedno nebo více ložisek se sníženou akumulací radiofarmaka, přičemž jizvy se jeví jako klínovitý defekt, který nemá pravidelné okraje a orgán ztrácí na objemu. Další z nemocí, pro jejíž diagnostiku je volena metoda statické scintigrafie, je tzv. hypoplastická ledvina, jež má hladký zevní okraj bez defektů v kůře. Výše uvedená diagnostická metoda je rovněž využívána k posouzení lokálních změn u transplantovaných ledvin.

Cílem praktické části této práce bylo zodpovězení následující otázky: „Jaké jsou normální hodnoty akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách u dětí?“. Odpověď jsem získala prostřednictvím zkoumání a vyhodnocení výsledků vyšetření metodou statické scintigrafie referenčního souboru 28 ledvin u dětí Oddělení nukleární medicíny nemocnice v Českých Budějovicích. Referenční soubor byl sbírán od září 2014 do března 2015 a tvořen pacienty ve věku do 18 let. Lékař zhodnotil ledviny jednotlivých pacientů a pro výzkum vybral takové, které nejeví známky poruchy polohy nebo ložiskové změny, či poruchy funkce.

Pracovala jsem v programu pro statickou scintigrafii ledvin. Zadávala jsem specifikující údaje o jednotlivých pacientech a následně zakreslila oblasti zájmu u pravé i levé ledviny každého z nich. Program vyhodnotil procento akumulace Tc-99m-DMSA jednotlivě pro každou ledvinu zkoumaného vzorku pacientů. Takto získané hodnoty jsem zapsala do tabulky v programu Microsoft Excel a prostřednictvím statistických výpočtů určila normální hodnoty akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách

dětí. Pro statistické vyhodnocení jsem použila vzorce pro průměr, směrodatnou odchylku a percentil.

Z takto zpracovaných hodnot lze uvést, že normální hodnota akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách dětí se pohybuje v rozmezí od 10,9 % do 32,9 %.

Klíčová slova:

statická scintigrafie ledvin

Tc-99m-DMSA

ledvina

nukleární medicína

Abstract

Scintigraphic examination of the kidneys and urinary tract allow you to get a lot of information about the condition of the urinary tract. The main contribution of nuclear medicine today is the ability to do a precise quantitative assessment of the various functions of the kidneys and urinary tract. Currently for static scintigraphy and renal SPECT uses the nuclear medicine Tc-99m-dimercaptosuccinic acid or DMSA. For children is being used Tc-99m-DMSA activity of at least 20 MBq.

Static scintigraphy is usually performed to demonstrate acute pyelonephritis. In such a renal disease arises one or more bearings with reduced accumulation of the radiopharmaceutical, wherein the scar appears as a wedge-shaped defect, which has regular edges and kidney loses its volume. Another illness diagnosed by static scintigraphy is hypoplastic kidney, which has a smooth outer edge without defects in the crust. The above diagnostic method is also used to evaluate local changes in the transplanted kidney.

The practical part of this work was to answer the following questions: "What is the normal accumulation of Tc-99m-DMSA in kidneys for children?" I got the answer through the exploration and evaluation of the results from a static scintigraphy examination of the reference group of 28 kidney of children done by Department of Nuclear Medicine, Hospital Ceske Budejovice. The reference data set was collected from September 2014 to March 2015 and consist of patients aged 0 – 18 years. The physician determined the patients without abnormal kidney or focal renal impairment to be selected for the reference group.

I worked with the renal scintigraphy program, typing in specifying data about each individual patient and subsequently plotting areas of interest on the right and the left kidney for each of them. This program evaluated the percentage of accumulation of Tc-99m-DMSA in each kidney. Such a data I enrolled into a Microsoft Excel table and used statistical calculations to determine the normal accumulation of Tc-99-DMSA

in child kidney. For statistical evaluation was used the formula for the average, standard deviation and percentiles.

From the thus processed values may be noted that the normal value of accumulation of Tc-99m-DMSA child kidney ranges from 10.9% to 32.9%.

Keywords:

static renal scintigraphy

Tc-99m-DMSA

kidney

Nuclear Medicine

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to – v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 12. 8. 2015

.....

Markéta Homolková

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu MUDr. Ladislavovi Šabatovi za odborné vedení, laskavý přístup, cenné informace a rady při zpracování mé bakalářské práce.

Obsah

1	Současný stav	12
1.1	Močové ústrojí	12
1.1.1	Ledviny (ren, nefros)	12
1.1.2	Močovod (ureter)	18
1.1.3	Močový měchýř (vesica urinaria)	18
1.1.4	Močová trubice (uretra)	18
1.2	Patologie ledvin	18
1.2.1	Vývojové a vrozené vady ledvin	18
1.2.2	Ledvinné selhání	19
1.2.3	Ledvinové kameny	20
1.2.4	Hydronefróza	20
1.2.5	Záněty ledvin (nephritidy)	20
1.2.6	Nádory ledvin	20
1.3	Vyšetření ledvin metodami nukleární medicíny	21
1.3.1	Fyzikální charakteristika radionuklidů	21
1.3.2	Tvorba obrazu	22
1.3.3	Výpočetní zpracování obrazů	22
1.3.4	Radiofarmaka k vyšetření ledvin	23
1.3.5	Clearancové techniky	25
1.3.6	Zobrazovací metody scintigrafie ledvin	26
2	Praktická část	29
2.1	Cíl práce	29
2.2	Výzkumná otázka	29
2.3	Metodika	30
2.3.1	Statická scintigrafie ledvin	30
2.3.2	Počítačové zpracování studie	34
3	Výsledky	38

3.1.1	Algoritmus zpracování studie	38
3.1.2	Vlastní výsledky	43
4	Diskuse.....	46
5	Závěr	48
6	Literatura.....	49

Seznam použitých zkratk

ADH	antidiuretický hormon
cm	centimetr
g	gram
i.v.	intravenózní (žilní) aplikace
keV	kiloelektronvolt
kg	kilogram
MBq	megabecquerel
ml	mililitr
mm	milimetr
ROI	Region of interest (oblast zájmu)
Tc-99m-DMSA	Dimerkaptojantarová kyselina

Úvod

Nukleární medicína má díky zobrazení funkce orgánu nezastupitelné místo v diagnostickém algoritmu chorob jak u dospělých pacientů, tak u dětí.

Vyšetření ledvin metodou statické scintigrafie je důležitým nástrojem nukleární medicíny díky možnosti zobrazení polohy ledvin, jejich zjizvení a přesného tvaru. Příprava pacienta pro takovéto vyšetření není nijak náročná, musí se před výkonem pouze dojít vymočit. Vyšetřuje se v poloze vleže nebo vsedě. Aplikuje se Tc-99m-DMSA o aktivitě 3 MBq na kilogram váhy. Získané snímky jsou vyhodnoceny v počítačovém programu, který zobrazí relativní funkce v procentech. Indikací k vyšetření pomocí statické scintigrafie je prokázání nebo vyloučení pyelonefritidy. (1)

První radionuklidové studie funkce ledvin proběhly v roce 1952. Tehdy se po i.v. aplikaci ¹³¹I-idoxilu měřila radioaktivita moče. Dále byla popsána radionuklidová renografie, která se využívala dlouhé roky. Poté se ledvinový parenchym zobrazoval pomocí gamagrafu a rtuťových diuretik. Metody, které se pro snímání ledvin používají dnes, byly zavedeny v roce 1964. (2)

Tato práce si klade za cíl zjistit normální hodnoty akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách dětí.

1 Současný stav

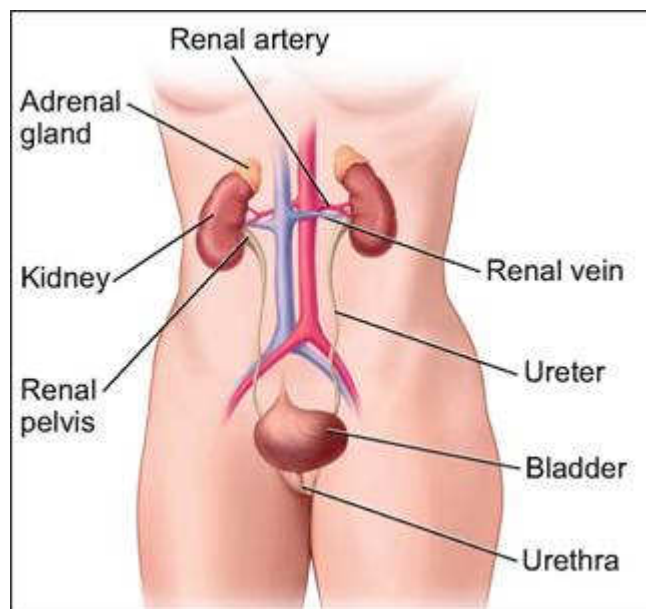
1.1 Močové ústrojí

Močové ústrojí tvoří ledviny, močovody, močový měchýř a močová trubice.

1.1.1 Ledviny (ren, nefros)

Ledviny jsou párový orgán, fazolovitého tvaru. Jsou uloženy po obou stranách bederní páteře, kde naléhají na čtyřhranný bederní sval. Jejich obvyklá velikost je 12 x 6 x 3 cm a hmotnost okolo 120 g. Jsou obaleny tukovým pouzdem, které je chrání a fixuje. U ledvin lze rozlišit horní a dolní pól, kdy se horní pól nachází u 11. hrudního obratle a je na něm uložena nadledvinka. Dolní pól se nalezne u 3. bederního obratle. Pravá ledvina je uložena níže než ledvina levá. Ledviny jsou připojeny renálními tepnami na břišní aortu a renálními žilami na dolní dutou žílu.(3, 4, 5, 6)

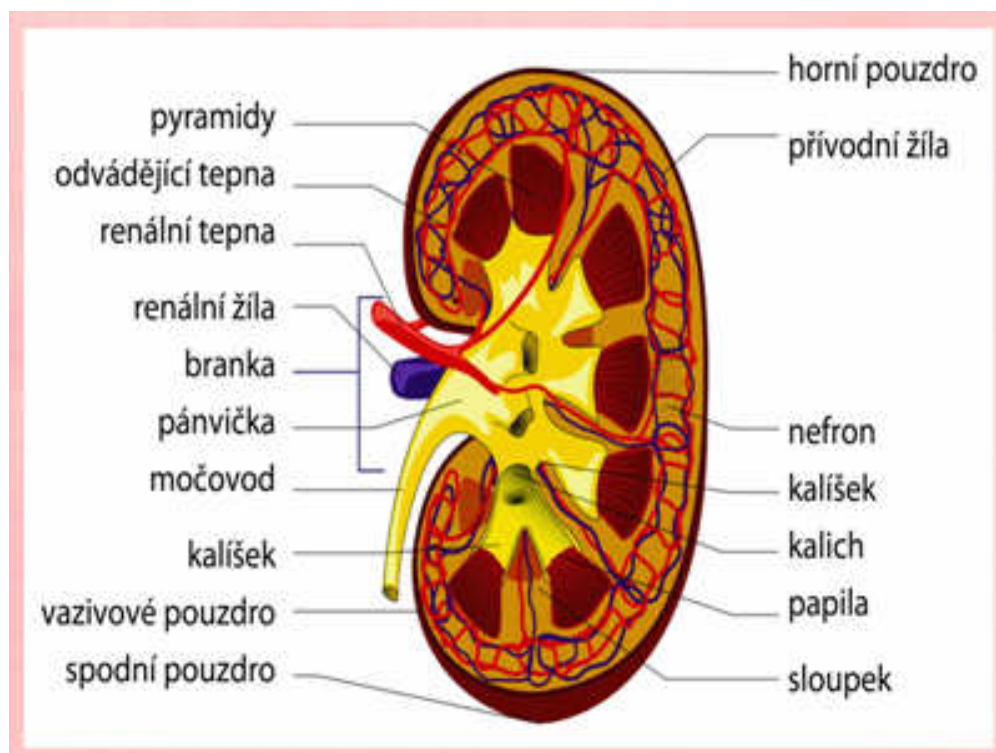
Obrázek 1: Pohled na ledviny



(7)

Na řezu ledvinou lze rozeznat dvě základní vrstvy a to světlejší kůru ledviny a tmavší dřeň ledviny (medulla renalis). Kůra se nachází pod vazivovým pouzdrém a tvoří asi 0,5 cm tlustou vrstvu. Dřeň ledviny tvoří pyramidy, které mají základnu přivrácenou ke kůře. „Základní morfologickou a funkční jednotkou ledviny je nefron.(4)

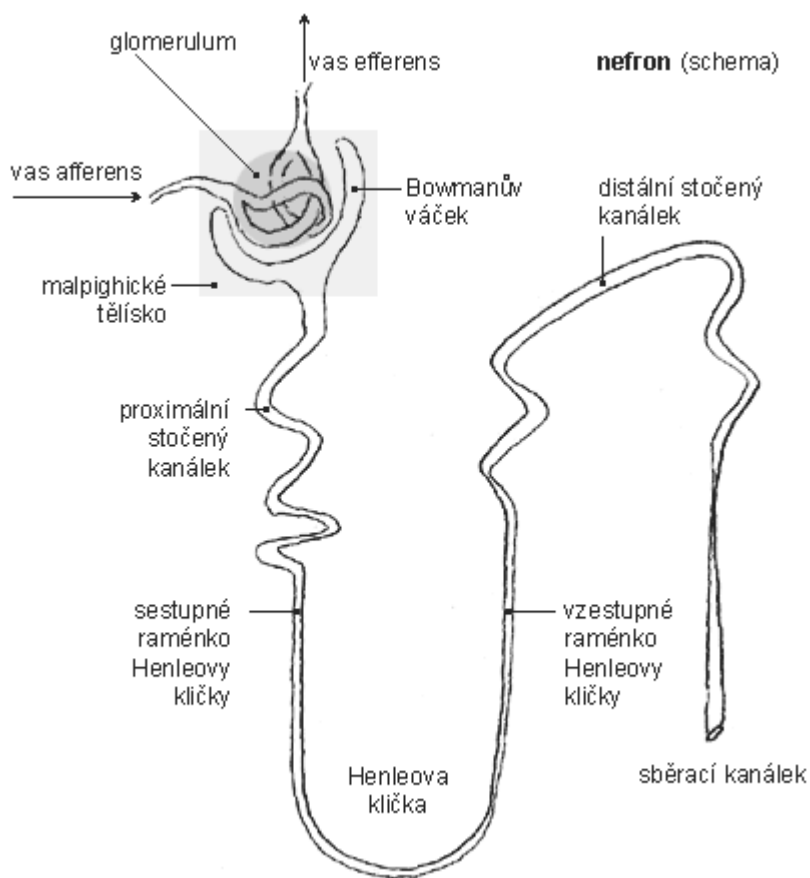
Obrázek 2: Průřez ledvinou



(8)

Nefron se skládá z Malpighiho tělíska(jehož součástí je glomerulus), proximálního tubulu, Henleovy kličky, distálního tubulu, sběracího kanálku a jeho funkce je glomerulární filtrace, selektivní resorpce a sekrece některých iontů a látek do moče.(4, 9)

Obrázek 3: Oddíly nefronu



(31)

Malpighiho tělísko – capsula glomeruli

Malpighiho tělísko je tvořeno slepým koncem renálního tubulu, ve kterém je glomerulus. (4, 9,10)

Glomerulus

Glomerulus obsahuje přibližně 30 klíček kapilár, které mají přívodnou cévu vas afferens a odvodnou cévu vas efferens. Filtraci krve v glomerulu umožňuje vyšší tlak v glomerulu než v ostatních arteriích. Glomerulus je vložen do Bowmanova

pouzdra, kde se filtruje plazma a odtéká do proximálního tubulu. Denně se vytvoří přibližně 140 000 - 170 000 ml glomerulárního filtrátu. (4, 9,10)

Proximální tubulus

Proximální tubulus je dlouhý přibližně 15 mm a má obvykle tloušťku od 40 do 60 mikrometrů. Jeho stěna je tvořena jednovrstevným epitelem. V proximálním tubulu dochází ke zpětnému vstřebávání glomerulárního filtrátu (glukózy, aminokyselin a nízkomolekulárních látek). Kolem kapilár se nacházejí jiné buňky, které se nazývají mesangium. Mesangium má fagocytární funkci, která slouží k pročištění glomerulárního filtrátu. Na proximální tubulus navazuje Henleova klička. (4, 9,10)

Henleova klička

Henleova klička má tvar vlásenky, která má dva úseky – tenký a tlustý. Tenká část je tvořena nízkými oploštělými buňkami a je dlouhá přibližně 2 – 14 mm, tlustá část tvoří krychlové buňky a je dlouhá kolem 12 mm. Henleova klička zajišťuje zpětné vstřebávání vody a sodíku. To vede k tomu, že definitivní moč má objem přibližně 1500 ml za den. (4, 9,10,11)

Distální tubulus

Distální tubulus navazuje na vzestupnou část Henleovy kličky a je dlouhý asi 5 mm. Má dva úseky a to přímý a stočený. V distálním tubulu je resorbována ještě voda, sodík a dochází k výměně sodíku za draslík a vodík. Mezi přímým a stočeným úsekem se nachází macula densa, která je součástí juxtaglomerulárního aparátu, který reguluje krevní tlak a sekreci iontů a vody. Distální tubulus pokračuje dále jako sběrací kanálek. (4, 9,10,12)

Sběrací kanálek

Sběrací kanálek se zanořuje do dřeně a je na něj napojeno 5 – 10 nefronů. Sběrací kanálky se dohromady spojují a vytvářejí širší ductus papillaris, který pokračuje k vrcholu dřeňové pyramidy. (4, 9,10)

Zpětné vstřebávání

Zpětné vstřebávání je dvojitá a to aktivní nebo pasivní transport.

Aktivní transport

Aktivní transport je přesun látek, kdy se spotřebovává energie, která je nezbytná pro průběh reakcí, jimiž je určitá látka přesunuta přes buňky, které tvoří stěnu kanálku. Na těchto přenosech se podílejí enzymy. Aktivně lze transportovat sodík, draslík, chloridy, vápník, aminokyseliny aj. (13, 14)

Pasivní transport

Pasivní transport neboli difúze je výsledkem rozdílu v koncentraci látek uvnitř a vně ledvinových kanálků. Účinnost zpětné difúze vody je velmi účinná (přibližně 140 000 ml za den). (13, 14)

Řízení činnosti ledvin

Ledviny vytvářejí moč nepřetržitě, za celý den vytvoří kolem 1500 ml (denní diuréza). Složení moči a její množství je různé podle typu potravy a množství přijatých tekutin. Činnost ledvin je řízena v glomerulech, kde se filtruje krev, a v kanálcích, které mají schopnost zpětně vstřebávat vodu a v ní rozpuštěné látky. (13)

1. Filtrace moči v glomerulu

Pro řízení filtrace v glomerulu je zásadní uspořádání vlásečnic cévního klubička a kanálků. Kolem přívodné cévy probíhá distální kanálek, který se jí v určitém místě dotýká. V místě tohoto dotyku se nacházejí buňky, které produkují hormon renin.

Renin je hormon, který působí na jednu z bílkovin plazmy (angiotensinogen), která po aktivaci vyvolává smrštění buněk hladké svaloviny ve stěně odvodné cévy glomerulu a tím mění průsvit přívodné cévy a přívod krve do glomerulu. Ovlivňuje tak filtraci v glomerulu. (13)

2. Tvorba moči v kanálcích

Distální kanálek je další místo, které zasahuje do funkce ledvin. Na distální kanálek a jeho buňky působí dva hormony a to antidiuretický hormon (ADH) a aldosteron. ADH je produkován buňkami v mezimozku. Do krve je uvolňován z hypofýzy a umožňuje vyloučit co největší množství metabolitů při co nejmenší ztrátě vody. Aldosteron je hormon kůry nadledvin. Ovlivňuje zpětné vstřebávání sodíku a exkreci draslíku. Uvolňování aldosteronu je závislé na hladině draslíku a sodíku v ledvinách a na vlivu systému renin-angiotensin, který je spuštěn juxtaglomerulárním aparátem ledviny, který je umístěn ve všech glomerulech. (9, 13)

Cévy ledviny

Ledvinami projde za jednu minutu 1200 – 1300 ml krve. Ledviny jsou zásobeny pravou a levou ledvinovou tepnou. Tyto tepny odstupují přímo z břišní aorty v oblasti prvního a druhého bederního obratle. Arteria renalis se dělí na ramus anterior, který zásobuje 4 přední segmenty a na ramus posterior, který zásobuje zadní segmenty ledviny. Arteria renalis se v ledvinách ještě dále dělí na arteriae arcuatae (artérie obloukové), která probíhá mezi kůrou a dřeninou. Z ní odstupují arteriae interlobulares, ze kterých dále pokračují aferentní arterioly přivádějící krev pro glomeruly. Z klubička glomerulů jdou eferentní arterioly. Krev je sbírána do interlobulárních vén, které dále odvádějí krev do venae arcuatae a pokračují do vén interlobulárních. Tyto větve se dohromady spojují do renálních vén a ty vystupují z ledviny. (4, 9, 10)

Kalichy ledvinné a ledvinná pánvička

Ledvinné kalichy mají nálevkovitý tvar a jejich spojením vzniká ledvinná pánvička, která přechází do močovodu. Ledvinná pánvička má tvar rozšířeného trojúhelníku, který je předozadně oploštělý. Pánvička je spolu s ledvinou obklopena tukovým pouzdem a opouští ledvinu v jejím hilu, kde je uložena za renálními cévami. Pánvička je zásobena krví z větví arteria renalis. (4, 5, 9, 14)

1.1.2 Močovod (ureter)

Močovod je trubice dlouhá asi 25-30cm o průměru přibližně 4 – 7mm. Močovod slouží k převodu moči z ledvinové pánvičky do močového měchýře. Na močovodu se popisují 3 zúžená místa. První je v místě výstupu z ledvinové pánvičky, druhé v místě, kde močovod přestupuje přes vasa iliaca a třetí v místě vstupu do močového měchýře. (4, 5, 9, 14)

1.1.3 Močový měchýř (vesica urinaria)

Močový měchýř je svalový dutý orgán, uložený v malé pánvi za symfýzou. Tvar močového měchýře závisí na množství moči v něm. Prázdný močový měchýř má miskovitý tvar a naopak naplněný má tvar kulovitý. Pocit nucení na močení se dostavuje při náplni močového měchýře 250 – 300 ml, avšak močový měchýř může pojmout až 600 ml. (4, 5, 9, 14)

1.1.4 Močová trubice (uretra)

Močová trubice u žen je dlouhá 3 – 4 cm a široká až 6 mm. Vystupuje z močového měchýře a ústí na papilla urethralis. U mužů je močová trubice dlouhá 20 – 22 cm a je společným úsekem močových i pohlavních cest, protože do ní ústí chlamovody, předstojná žláza a semenné vajíčky. (4, 5, 9, 14)

1.2 Patologie ledvin

Do patologie ledvin řadíme vrozené vady, nádory, záněty, cysty a další onemocnění ledvin.

1.2.1 Vývojové a vrozené vady ledvin

Do těchto vad patří oboustranná ageneze ledvin, která je neslučitelná se životem, jednostranná ageneze ledvin, která vzniká v důsledku poškození plodu ve 3. - 6. týdnu

těhotenství, fixní dystopie ledviny, kdy je ledvina lokalizovaná distálně. Dále se k vadám tohoto typu řadí bloudivá ledvina neboli rens migrans, podkovovitá ledvina (ren arcuatus), kdy jsou srostlé dolní póly obou ledvin, koláčovitá ledvina, která má obě ledviny srostlé oběma póly, zdvojené ledviny (ren duplicatus) a cysty. (15, 16, 17)

Cysty

Cysty se v ledvinách vyskytují často, a pokud jsou malé, nemají vliv na činnost ledvin, pokud jsou naopak velké, může být funkce ledvin snížena. (15, 16, 17)

Dětská polycystóza ledvin

Dětská polycystóza ledvin je autozomálně recesivní onemocnění, které se vyskytuje u dětí v perinatálním a neonatálním věku. Po porodu může dítě zemřít na ledvinné selhání. (15, 16, 17, 18)

Polycystóza ledvin dospělých

Toto onemocnění se projeví poruchou funkce ledvin ve 3. – 4. dekádě. Je to dědičné onemocnění, kdy jsou ledviny poškozené už v dětském věku, ale jsou schopné fungovat. K selhání dochází až kolem 50. roku věku nemocného. (15, 16, 17)

1.2.2 Ledvinné selhání

Ledvinné selhání nastává při těžkém poranění ledvin, kdy se v krvi začnou hromadit odpadové látky a dojde k edému mozku, plic, kolitidě, tracheitidě a jiným. Ledvinné selhání je možné rozdělit na akutní a chronické. Akutní selhání vzniká při toxickém poškození ledvin a vyskytuje se bez předchozího onemocnění ledvin, zatímco chronické selhání se vyskytuje po dlouhodobém onemocnění ledvin a dochází k zániku nefronů. (15, 16, 17)

1.2.3 Ledvinové kameny

Vznik ledvinových kamenů je nejčastější v ledvinné pánvičce. Mohou se objevit i v močovodu a v močovém měchýři. Jejich velikost se různí, od písku až po velké kameny, které vznikají v ledvinné pánvičce a v močovém měchýři. Močové kameny jsou dvojího druhu a to buď fosfátové, šedobílé barvy a měkké struktury nebo oxalátové, které jsou malé a jejich výskyt je častější. (15, 16, 17)

1.2.4 Hydronefróza

O hydronefróze hovoříme v případě, kdy moč neodchází z ledvinné pánvičky v důsledku zablokování vývodných cest močových. Příčinou bývají kameny v močovodu, zúžení močovodu či nádory. (15, 16, 17)

1.2.5 Záněty ledvin (nephritidy)

Mezi záněty ledvin se řadí akutní tubulointersticiální nefritida, při které dochází k hnisavému zánětu ledvinové pánvičky a ledvin vyvolané bakteriální infekcí, nejčastěji *E. coli*, *Enterobacter*. Dále sem patří chronická tubulointersticiální nefritida, která se projevuje zmenšenými ledvinami a jizvami v ledvinné kůře. (15, 16, 17)

1.2.6 Nádory ledvin

V ledvinách se vyskytují oba dva typy nádorů, jak maligní tak benigní. Mezi benigní nádory patří angiomyolipomy. Do maligních nádorů patří nefroblastom (Wilmsův tumor), který se vyskytuje v dětském věku, dále karcinom ledvin, který se řadí mezi adenokarcinomy, papilární renální karcinom a chromofóbní karcinom. (15, 16, 17, 19)

1.3 Vyšetření ledvin metodami nukleární medicíny

„Nukleární medicína je obor zabývající se diagnostikou a terapií pomocí radioaktivních izotopů v otevřené formě, aplikovaných do vnitřního prostředí organismu.“ (20)

Při vyšetření se pacientovi aplikuje malé množství radiofarmaka a to buď intravenózně, nebo per os. Radiofarmakum se vychytává v různých orgánech a tkáních v závislosti na jejich anatomické nebo funkční změně a lze ho pomocí scintilační kamery detekovat. Tím se získají informace o funkci orgánů a metabolických pochodech. Pro zobrazení ledvin v nukleární medicíně využíváme statickou a dynamickou scintigrafii. (1, 21)

Při scintigrafii se radiofarmaka aplikují do těla ve formě otevřených zářičů, které při své přeměně emitují záření gama. Záření gama je záření pronikavé, v těle se jen částečně absorbuje a lze ho detekovat scintilačními detektory umístěnými v blízkosti vyšetřovaného místa. Záření gama má povahu elektromagnetického záření a skládá se z fotonů. (1, 21, 22)

1.3.1 Fyzikální charakteristika radionuklidů

Energie záření

Energie záření se uvádí v kiloelektronvoltech (keV). Pro diagnostiku se používají radionuklidy s energií záření 60 – 511 keV. Existují radionuklidy s nízkou energií záření, kam se řadí Tc-99m (140 keV), se střední energií a vysokou energií, kam patří jód I-131 s energií 360 keV. (22)

Fyzikální poločas

Fyzikální poločas je doba, za kterou se přemění polovina všech přítomných radioaktivních jader. Poločas Tc-99m je 6 hodin. (22)

1.3.2 Tvorba obrazu

Obraz se při scintigrafii tvoří tak, že se zobrazuje záření vysílané z radionuklidu z těla. U scintigrafického obrazu jsou rozdíly v množství detekovaných fotonů v scintilační kameře. Podle intenzity vychytávání se určí, zda je ložisko patologické či fyziologické. Výsledný obraz je digitální a v jednotlivých pixelech je číslo odpovídající počtu detekovaných fotonů gama záření.

Mezi faktory ovlivňující detekci ionizujícího záření patří energie záření, absorpční schopnost tkání a rozptyl.

Výsledný počet fotonů určuje množství radiofarmaka v orgánu a jeho okolí (pozadí), absorpce, Comptonův rozptyl a doba snímání. (22, 23, 24)

1.3.3 Výpočetní zpracování obrazů

Cílem je výpočet různých odvozených údajů významných pro diagnostiku, jako je výpočet křivek z oblastí zájmu a modelování fyziologických funkcí.

Vyšetřovaný orgán tvoří menší část zorného pole. Aby se zjistil počet impulzů pouze ve vyšetřovaném objektu, je nutné vyznačit si v obraze oblast zájmu tzv. ROI (region of interest). Oblast zájmu ROI lze vyznačit automaticky, poloautomaticky nebo ručně. Tvar oblasti zájmu ROI může být nepravidelný, kruhový, pravoúhlý nebo elipsovitý. Počítač zobrazí součet impulzů v oblasti zájmu.

S hotovým obrazem je možné provádět různé operace. Například vzájemné sčítání a odečítání obrazů, násobení či dělení obrazů číslem. Častou operací ve scintigrafii bývá odečet pozadí. Cílem je zvýšení kontrastu a zobrazení pouze těch impulzů, které odpovídají aktivitě zobrazeného orgánu. Dále lze vytvářet funkční nebo parametrické obrazy, které jsou uměle vytvořeny výpočtem a odpovídají nějakému diagnosticky významnému parametru. Mezi podklady pro výpočty patří množství radiofarmaka v orgánu, které odpovídá funkčnímu stavu orgánu, dále podaná aktivita, která je aplikována v MBq, výpočet zeslabení záření (= intenzita záření po průchodu zeslabující vrstvou tloušťky d) je dána vztahem $I_d = I_0 \cdot e^{-\mu d}$, pokud není známá velikost vrstvy d , lze provést přední a zadní projekci a z té vypočítat geometrický průměr obou

projekcí. Dále se mezi podklady pro výpočty řadí výpočet pozadí, rozptyl a citlivost detektoru. Výpočet zeslabení záření se vypočte pomocí geometrického průměru. Po zadání tloušťky trupu se vypočte geometrický průměr uložení ledvin do středu těla a tím je zjištěn počet impulzů ve středu těla. Nakonec jsou výsledné obrazy archivovány. (22, 23, 24)

1.3.4 Radiofarmaka k vyšetření ledvin

Typ radiofarmaka se vybírá podle druhu informací, které chceme získat. Přehled radiofarmak je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1: Radiofarmaka využívaná ke scintigrafii ledvin

Glomerulární filtrace		
^{99m}Tc -DTPA	Diethylentriaminopentaoctová kyselina	Dynamická scintigrafie ledvin
Tubulární sekrece		
^{123}I (^{131}I)-OIH	Orto-jodhipuran	Dynamická scintigrafie ledvin
^{99m}Tc -MAG3	Merkaptoacetyltriglycin	Dynamická scintigrafie ledvin
^{99m}Tc -EC	ethylendicystein	Dynamická scintigrafie ledvin
Fixace v tubulárních buňkách		
^{99m}Tc -DMSA	Dimerkaptojantarová kyselina	Statická scintigrafie a SPECT ledvin
^{99m}Tc -GHA	Glukoheptonová kyselina	Kombinovaná scintigrafie ledvin
Jiná		
$\text{Na } ^{99m}\text{TcO}_4$	Technecistan sodný	Perfuze, přímá cystografie
^{99m}Tc -Sn-koloid	Cínový koloid	Přímá cystografie
^{111}In (^{99m}Tc)-Leu	Značené leukocyty	Diagnostika zánětů a rejekce štěpů
^{67}Ga -citrát	Galium citrát	Diagnostika zánětů a nádorů

(2)

OIH – Orto – jodhipuran

Orto-jodhipuran je chemická látka odvozená z kyseliny paraaminohipurové. Využívá se pro funkční vyšetření ledvin. Je aplikován intravenózně. Z krve se ledvinami vyloučí rychle – 70 % podané dávky se vyloučí za 30 minut. U tohoto radiofarmaka není vhodné, aby se podávalo dříve než dva týdny od RTG vyšetření s použitím kontrastních látek. Nevýhodou orto – jodhipuranu je vysoká cena a horší dostupnost, výhodou je vysoká clearance. (2, 23)

Diethylentriaminopentaoctová kyselina – 99m-Tc-DTPA

Tato kyselina se používá pro dynamickou scintigrafii ledvin a řadí se mezi chelátové sloučeniny. Chelát je vylučovaný glomerulární filtrací, a proto je nejvýhodnější látkou k jejímu měření. Aplikuje se intravenózně. Během 24 hodin se ledvinami vyloučí přibližně 95 % aplikované dávky. (2, 23)

Merkaptoacetyltriglycin - 99m-Tc-MAG3

Je novým radiofarmakem, které se používá při dynamické scintigrafii ledvin. Aplikuje se intravenózně a je rychle vylučován do moči tubulární sekrecí. Místem maximální sekrece je proximální tubulus, kde dojde během 30 minut po aplikaci látky k vyloučení 70 % podané aktivity. Výhodou je zvýšení kvality zobrazení parenchymu ledvin a vývodných močových cest. (2)

Dimerkaptojantarová kyselina - 99m-Tc-DMSA

Jde o kyselinu používanou u statické scintigrafie ledvin, kdy je aplikována intravenózně. Je vylučována tubulární sekrecí a z menší části glomerulární filtrací. Toto radiofarmakum je vylučováno hlavně v buňkách ledvinných tubulů.

„Hlavní místem hromadění jsou mikrosomy buněk proximálních tubulů (cytoplazma a jádro buňky vylučují méně). Minimální aktivita byla nalezena v distálních tubulech a Henleho kliče.“ (2)

Efektivní poločas dimerkaptojantarové kyseliny v krvi je kolem jedné hodiny. Výhodou je zobrazení ložiskových lézí.

Mechanismus vychytávání ^{99m}Tc -DMSA

Po i.v. aplikaci se dimerkaptojantarová kyselina nachází v kompartmentu plazmy, kde se váže z 90 % na plazmatické bílkoviny. Z důvodu vazby na plazmatické bílkoviny neumožňuje významnější glomerulární filtraci. Z glomerulu přejde dimerkaptojantarová kyselina do peritubulárních kapilár. Z nich se aktivita vychytává tubulárními buňkami, které se nacházejí v korové oblasti. Radioaktivita ^{99m}Tc -DMSA kumuluje v parenchymu ledviny. Množství akumulované ^{99m}Tc -DMSA v ledvině je úměrné funkci ledviny. (2, 23, 25, 26)

Glukoheptanová kyselina

Řadí se mezi cukry a nyní se už nepoužívá. (2)

1.3.5 Clearancové techniky

Podle použitého radiofarmaka určí clearancové techniky buď glomerulární filtraci nebo množství efektivního průtoku ledvinami. Clearance je objem plazmy, který je za jednotku času očištěn od sledované látky všemi eliminačními mechanismy. Renální clearance se stanoví pomocí udržování stálé plazmatické koncentrace látky kontinuální infúzí a kvantitativním odběrem moči (katetrizované z močového měchýře). V praxi je vhodnější využít metod stanovující plazmatickou clearance, která je prakticky shodná s renální clearance při použití látek nemetabolizovaných v organismu a vylučovaných pouze ledvinami. Používají se vzorkové metody, u kterých se sleduje rychlost poklesu objemové aktivity plazmy po jednorázové intravenózní aplikaci radiofarmaka. Jde o odběry krevních vzorků a v současné době se nejčastěji používají jedno nebo dvou vzorkové metody. (23, 25)

Metody plazmatické clearance

Rozlišujeme plazmatickou clearance stanovenou metodami kompartmentové analýzy – in slope:

Po i.v. aplikaci radioaktivní látky se odeberou v předem určených časových intervalech vzorky krve a je měřena radioaktivita v plazmě. Pro výpočty se používá dvoukomorový model podle Sapirsteina, u kterého se odebírají minimálně 4 vzorky krve. (23)

Dále rozlišujeme plazmatickou clearance stanovenou technikami založenými na zevní detekci

Tato metoda je náročnější a k zevní detekci vyžaduje scintilační kameru spojenou s vyhodnocovacím počítačem.

„Křivka plazmatické aktivity je konstruována jako histogram z extrarenální zájmové oblasti při dynamické scintigrafii ledvin. Křivku možno kalibrovat pomocí aktivity 1 nebo 2 krevních vzorků.“ (23)

Existují však algoritmy, které nevyžadují tuto kalibraci, není proto nutný odběr krve, ale je zde menší přesnost stanovení hodnoty. (23)

1.3.6 Zobrazovací metody scintigrafie ledvin

Dynamická scintigrafie ledvin

Dynamická scintigrafie ledvin dává obrazovou informaci o funkčním parenchymu ledvin, o navazujících kalichopánvičkových systémech a močovodech. Lze posoudit tvar, velikost i polohu ledviny. Také lze určit hodnoty glomerulární filtrace, efektivního průtoku plazmy ledvinami a hodnoty clearance pro každou ledvinu zvlášť. U dynamické scintigrafie neexistují žádné kontraindikace, ale je nutné zvážit, zda se toto vyšetření provede u těhotných žen a kojenců.

Příprava pacienta

Je důležité, aby před vyšetřením pacient hodně pil a byl tedy dostatečně hydratován. Doporučuje se vypít 30 minut před aplikací radiofarmaka

100 ml tekutin/10 kg hmotnosti pacienta. Před vyšetřením se pacient posílá na toaletu, aby se vymočil. Cévkování se provádí pouze výjimečně například u pacientů s neurogenním močovým měchýřem nebo u nespolupracujících dětí. Pacient je vyšetřován vleže.

Aplikovaná aktivita

Jako radiofarmakum se používá merkptoacetyltriglycin a diethylentriaminopentaoctová kyselina, která se aplikuje do žíly a má aktivitu pro dospělého přibližně 70 – 180 MBq, děti minimálně 15 MBq podle tabulek EAMN (European Association of Nuclear Medicine).

Provedení vyšetření

Detektor je nastaven do zadní projekce, kde je zaměřen na ledviny a jiné struktury v oblasti od srdeční báze až po močový měchýř. Matice je 64x64 nebo 128x128. Okénko analyzátoru se nastaví na 15-20 %. Fotopík je 140 keV. Snímání dynamickou scintigrafií se spouští v okamžiku podání radiofarmaka do žíly. Jsou používány kolimátory LEAP. Snímky se nahrávají po 10 – 20 vteřinách. Celková doba vyšetření se pohybuje v rozmezí od 20 do 30 minut. Pokud během studie nedojde k vyprázdnění dutého systému, je důležité dodělat snímky i po vymočení a u malých dětí je nutné, aby byly pět minut chovány ve vzpřímené poloze. Takto zaznamenaná studie se dále zpracovává ve speciálním vyhodnocovacím programu.

Počítačové zpracování studie

Při počítačovém zpracování dat je důležité správně zvolit oblasti zájmu neboli ROI. Dále se kontroluje, zda při vyšetření nedošlo k výraznému pohybu pacienta.

„Nejjednodušším způsobem hodnocení dynamiky průběhu transportu radiofarmaka ledvinami a jejich kalichopánvičkovými systémy je vytvoření nefrografických křivek, které znázorňují časový průběh aktivity v zájmové oblasti ledvin a tak reflektují množství radiofarmaka vychytávaného v ledvinách a poté odtékajícího jejich kalichopánvičkovými systémy.“ (25)

Na této křivce lze rozlišit tři fáze: první fáze tzv. perfúzní ukazuje přítok radiofarmaka do ledviny, druhou fází je pak fáze parenchymová nebo funkční a dochází v ní ke koncentraci radiofarmaka v parenchymu ledviny a třetí fáze je známá jako exkreční neboli drenážní, kdy dochází k odtoku radiofarmaka z kalichopánvičkového systému.

Vizuální hodnocení obrazů

U zdravého pacienta se po 6 sekundách od zobrazení aorty a velkých cév začnou rýsovat kontury ledvin a sleziny. Obraz prokrvení ledvin by měl být stejný, homogenní, pokud je ledvina menší, ale funkční. Zobrazí se stejně rychle, ale s nižší intenzitou. V prvních minutách lze na ledvině hodnotit absolutní a relativní velikost, celkovou funkci, tvarové a polohové anomálie. V parenchymové fázi se ukáží cysty, tumory a jiné velké ložiskové defekty. Ve 3. – 4. minutě se začíná radiofarmakum vylučovat přes močovody do močového měchýře, což způsobí pokles sytosti ledvinového parenchymu.

Indikace pro dynamické scintigrafické vyšetření ledvin jsou následující: odtokové poruchy, jizvy, hypertenze do 30. věku života, náhlý vznik hypertenze, hypertenzní retinopatie III. – IV. stupně a pokles ledvinné funkce u pacienta léčeného ACE inhibitory. (2, 22, 23, 25, 27, 28)

Statická scintigrafie ledvin

Vyšetření statickou scintigrafií se provádí k posouzení tvaru, velikosti a uložení ledvin. Cílem je zobrazit funkční parenchym ledvinné kůry. Jako radiofarmakum se používá dimerkaptantarová kyselina. Aplikuje se intravenózně o aktivitě 1 – 2 MBq/kg hmotnosti pacienta. Hlavní indikací pro toto vyšetření je přesné stanovení poměru funkce ledvin. (2, 22, 23, 25)

2 Praktická část

2.1 Cíl práce

Stanovit soubor normálních hodnot akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách u dětí.

2.2 Výzkumná otázka

Jaký je rozsah normální akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách u dětí?

2.3 Metodika

2.3.1 Statická scintigrafie ledvin

Soubor pacientů

Pro výpočet absolutní akumulace ^{99m}Tc DMSA byl vybrán referenční soubor pacientů vyšetřených na Oddělení nukleární medicíny, Nemocnice v Českých Budějovicích metodou statické scintigrafie ledvin. Vybraný soubor tvořil 28 renálních jednotek dětských pacientů vyšetřených v časovém období od září 2014 do března 2015. Výběr renálních jednotek určoval lékař. Lékař zhodnotil ledviny a vybral takové, které nejeví známky poruchy polohy nebo ložiskové změny, či poruchy funkce. Výběr byl specifikován na děti do 18 let věku. U těchto byla provedena statická scintigrafie ledvin s aplikací radiofarmaka ^{99m}Tc -DMSA. Jejím cílem je zobrazení funkčního parenchymu ledvinné kůry, což umožňuje posoudit tvar, velikost a uložení ledvin. Je to jednoduché a neinvazivní vyšetření. Výhodou je nízká radiační zátěž a žádné vedlejší účinky. Akumulace radiofarmaka závisí na funkční aktivitě buněk proximálních tubulů.

Soubor pacientů

V tabulce 2 jsou seřazeni pacienti, jejich pohlaví a věk. Tabulka mi sloužila jako výpomoc pro vytvoření grafu 1.

Tabulka 2: Pohlaví vyšetřených pacientů

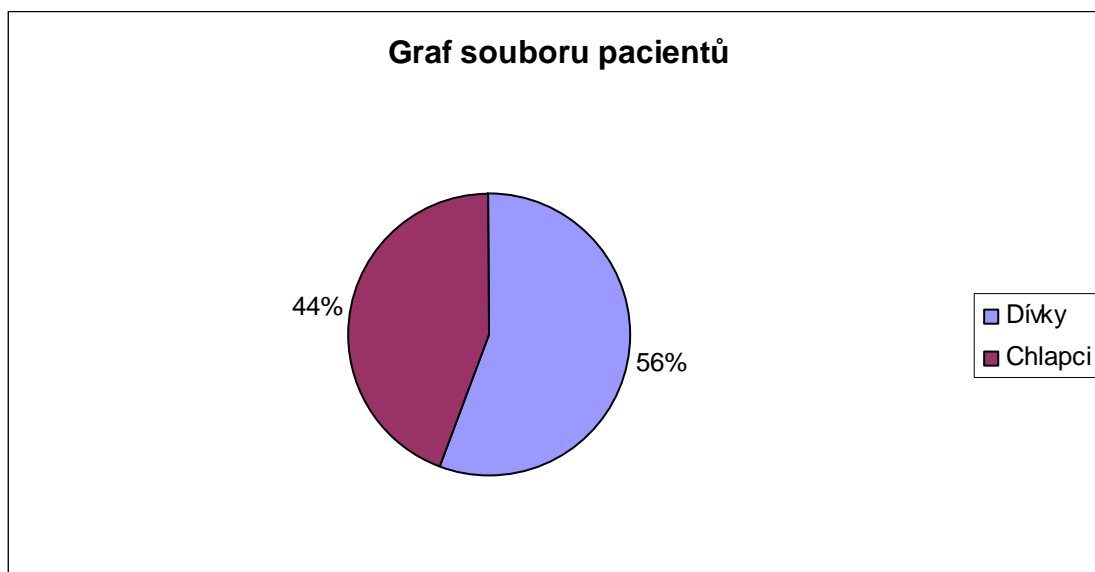
Pacient	Pohlaví	Věk
1.	Dívka	16 let
2.	Dívka	4 měsíce
3.	Dívka	10 let
4.	Dívka	6 let
5.	Chlapec	5 let
6.	Dívka	4 roky
7.	Chlapec	11 let
8.	Chlapec	13 let
9.	Chlapec	8 let
10.	Chlapec	8 let
11.	Chlapec	8 let
12.	Dívka	13 let
13.	Dívka	3 roky
14.	Chlapec	13 let
15.	Chlapec	2 roky
16.	Dívka	8 let
17.	Dívka	12 let
18.	Dívka	9 let

Graf souboru pacientů

Graf 1 je sestaven z hodnot uvedených v tabulce 3, konkrétně ze sloupce pohlaví.

Graf 1 uvádím pro znázornění pohlaví v mém souboru pacientů.

Graf 1: Soubor pacientů



Statiská scintigrafie ledvin - princip

Po aplikaci radiofarmaka, se radiofarmakum, podle svého chemického složení, hromadí (patologicky či fyziologicky) v určitých orgánech. Z míst depozice radioindikátoru vychází záření gama, které prochází tkáněmi ven z organismu a měří se pomocí citlivých detektorů. Průchod tkání způsobí zeslabení záření. Toto zeslabení lze vypočítat pomocí vzorečku: $I_d = I_o \cdot e^{-\mu d}$. Kdy d = vrstva tkáně mezi orgánem a povrchem těla, μ = lineární zeslabovací koeficient, I_o = původní aktivita v orgánu, I_d = intenzita záření po průchodu zeslabující tloušťkou vrstvy d . Pravidelně se nahrávají scintigramy v zadní a v zadních šikmých projekcích a přední projekci. Snímání se provádí v přední a zadní projekci najednou z důvodu výpočtu uložení ledviny do středu trupu. Toto se provádí z důvodu, aby záření gama, které vychází z ledviny prošlo stejnou šířkou vrstvy a nebyl tím ovlivněn výsledek stanovené separované funkce pravé a levé ledviny. Tento výpočet se provede pomocí geometrického průměru aktivit v posteriorní a anteriorní projekci. Vzoreček geometrického průměru je $A = \sqrt{A1 * A2}$.

K tomu je nutné znát tloušťku trupu v místě uložení ledvin. Pro stanovení hloubky ledvin tímto způsobem jsem použila metodu Conjugate View, která je více popsána níže. Údaje o hloubce uložení ledviny se používají k aplikaci korekce na útlum, který je způsobený hloubkou uložení. Další možností, jak zjistit hloubku uložení ledvin je pomocí ultrazvuku. Scintigramy jsou snímány až když je vychytávání látky v orgánu zcela skončené (obvykle za 2 hodiny). Přidáním přední projekce je možné vypočítat přesný poměr funkce ledviny a posoudit tvarové anomálie. Indikace pro vyšetření pomocí statické scintigrafie ledvin jsou: přesné stanovení poměru funkce ledvin, detekce funkčních defektů za účelem potvrzení nejednoznačné diagnózy akutní pyelonefritidy, průkaz trvalých postpyelonefritických funkčních lézí, potvrzení afunkce ledviny, potvrzení chybění ledviny a ověření tvarových anomálií.

Provedení vyšetření (příprava pacienta, aplikace, snímání)

Před vyšetřením je vhodné, aby byl prázdný močový měchýř.

Pro toto vyšetření se používá zejména dimerkaptojantarová kyselina, která se aplikuje intravenózně. Aplikuje se 1 – 3 MBq/kg hmotnosti pacienta. a nejméně se aplikuje 15 MBq.

Při vyšetření pacient leží nehybně na zádech, u dětí je nejlepší fyziologický spánek během vyšetření. Během vyšetření se používají jedno nebo dvouhlavé gamakamery a nízkoenergetické kolimátory. Matice je 256x256. Zoom se volí takový, aby ledviny zabraly přibližně 80 % obrazu a fotopík je 140 KeV.

2.3.2 Počítačové zpracování studie

Oblast zájmu neboli ROI (region of interest) je vyznačení části obrazu (v tomto případě ledviny) díky kterému získáme počet impulzů v oblasti zájmu a počet pixelů v oblasti zájmu. Počet impulzů je součet impulzů ze všech pixelů v ROI. Počet pixelů v ROI udává velikost. Také si vyznačíme ROI pozadí. Pomocí oblastí zájmu (ROI) a oblastí zájmů pozadí na planárních záznamech lze matematickou analýzou získat hodnoty separované renální funkce a to i v případě insuficience či atypického uložení ledvin. Po přepočítání na velikost ROI ledviny odečteme pozadí a tím získáme čisté impulzy, které nám slouží k výpočtu relativní funkce ledviny. (2, 22, 23,)

Toto zpracujeme pomocí aplikace Renal DMSA Uptake Analysis (Analýza akumulace DMSA v ledvinách). Tato aplikace se využívá k vyhodnocení snímků kortikálních oblastí ledvin. Aplikace spočítá buď relativní procento akumulace pro levou a pravou ledvinu, nebo absolutní procento akumulace pro levou a pravou ledvinu. Relativní index akumulace je procento z celkového množství akumulované látky. Absolutní index akumulace je procentuální podíl z celkového množství injekčně aplikovaného indikátoru. K výpočtu je možné použít 1 posteriorní statický snímek nebo 2 statické přední a zadní snímky, které byly pořízeny ve stejnou chvíli. K výpočtu absolutního indexu akumulace jsou někdy k dispozici obrazy injekční stříkačky před

a po aplikaci radioaktivní látky. V mém případě jsem tyto snímky injekční stříkačky před a po aplikaci neměla. Při výpočet jsem použila detekované impulsy v přední a zadní projekci, kalibrační faktor, který jsem spočítala, aplikovanou aktivitu a tloušťku těla. Další postup pro výpočet absolutního procenta akumulace uvádím níže.

Parametry vhodné pro práci s protokolem Renal DMSA Uptake Analysis:

Typ akvizice: statická

Velikost matrice: 256x256

Podmínka pro ukončení snímání: 600 000 nastřádaných impulsů nebo 10 minut

Radiofarmakum: Tc-99m DMSA

Pohledy: posteriorní nebo posteriorní a anteriorní

Zoom: žádný

Poloha pacienta: poloha na zádech (30)

Pracovní postup

1. Výpočet čisté aktivity injekčně aplikované dávky a výpočet absolutního indexu akumulace se provede pomocí tlačítka dosing information.

2. Výběr metody dávkování a požadovaných parametrů:

None (žádná) – při použití této metody, bude aktivita z injekčně podané dávky 0 a výpočet absolutního indexu nebude proveden.

Camera-based (dle kamery) – u této metody se čistá aktivita vyvolaná injekčně aplikovanou dávkou spočítá pomocí obrazů injekční stříkačky před a po aplikaci radioindikátoru.

Well Counter (studnový detektor) – k výpočtu injekčně aplikované dávky se použijí tyto parametry: čas aplikace dávky, velikost dávky, jednotky dávky, kalibrační faktor mezi studnovým detektorem a kamerou a jednotky kalibračního faktoru.

Dose Calibrator (dávkový kalibrátor) - k výpočtu injekčně aplikované dávky se použijí tyto parametry: čas aplikace dávky, velikost dávky, jednotka dávky, kalibrační faktor mezi dávkovým kalibrátorem a kamerou a jednotky kalibračního faktoru. Po nastavení dávkového kalibrátoru se klepnutím na ikonu Proceed (pokračovat) aktualizují všechny výpočty tak, aby byly použity aktuálně nastavené ROI

a parametry dávky. ROI jsem si vytvořila pomocí ikony Define ROI. Zde jsem měla možnost využít buď automatického vytvoření oblasti zájmu, poloautomatického vytvoření oblasti zájmu a nebo manuálního. Pro můj soubor ledvin jsem zvolila manuální vytvoření oblasti zájmu. Po rozkliknutí Define ROI jsem měla možnost vybrat si jaký ROI chci tvořit. Výběr byl z tlačítek: LeftPost (levá ledvina zadní pohled), RightPost (pravá ledvina zadní pohled), LeftAnt (levá ledvina přední pohled), RightAnt (pravá ledvina přední pohled), LBkgdPost (pozadí levé ledviny zadní pohled), RBkgdPost (pozadí pravé ledviny zadní pohled), LBkgdAnt (pozadí levé ledviny přední pohled), RBkgdAnt (pozadí pravé ledviny přední pohled). Pozadí ledvin jsem volila ve tvaru prstence kolem ROI ledviny. Pokud byly oblasti zájmu vhodně vytvořené pokračovala jsem dál pomocí tlačítka Proceed a Dosing Information a získala tím procento akumulace v ledvinách.

3. Stanovení hloubky uložení ledvin

Údaje o hloubce uložení ledvin jsou důležité pro korekci útlumu způsobeného hloubkou uložení. Existuje 6 metod, jak lze definovat hloubku uložení ledvin.

a) Manual Entry (ruční zadání): Hloubka uložení ledvin se zadá v cm s tím, že 0 není platný parametr.

b) Raynaud (Raynaudova metoda): U této metody se musí zadat výška, hmotnost a věk pacienta. Po zadání těchto parametrů se vypočte hloubka uložení ledvin.

c) Taylor (Taylorova metoda): U této metody se musí zadat výška, hmotnost a věk pacienta. Po zadání těchto parametrů se vypočte hloubka uložení ledvin.

d) Tonnensen (Tonnensenova metoda): U Tonnensenovy metody se zadává výška a hmotnost pacienta. Z těchto parametrů se vypočte hloubka uložení ledvin.

e) Conjugate View (konjugovaný pohled): Dochází k opravě dat, které byly nasnímány z posteriorní a anteriorní projekce. Tato oprava zohledňuje faktory, které kompenzují útlum způsobený tělesnými tkáněmi pacienta a lůžkem.

f) None (žádný): Neprovede se žádná úprava na útlum na základě stanovení hloubky uložení ledvin. (30)

4. Úprava oblasti zájmu ledviny

V případě, že program špatně zakreslí oblast zájmu, například, že zakreslí i okolí ledviny, je možné oblast zájmu zakreslit ručně. Další zpracování vyšetření probíhá, až když je vyznačena platná oblast zájmu. (30)

Zdrojem dat byl počítačový archiv oddělení. K vyhodnocení byl použit vyhodnocovací program Xeleris s aplikací Renal DMSA Uptake Analysis.

Postup spočíval v zakreslení oblasti zájmu všech 28 vyšetřených ledvin. Důraz byl kladen na to, aby oblast zájmu byla vykreslena co nejpřesněji. Tímto způsobem byly k dispozici hodnoty akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách.

3 Výsledky

3.1.1 Algoritmus zpracování studie

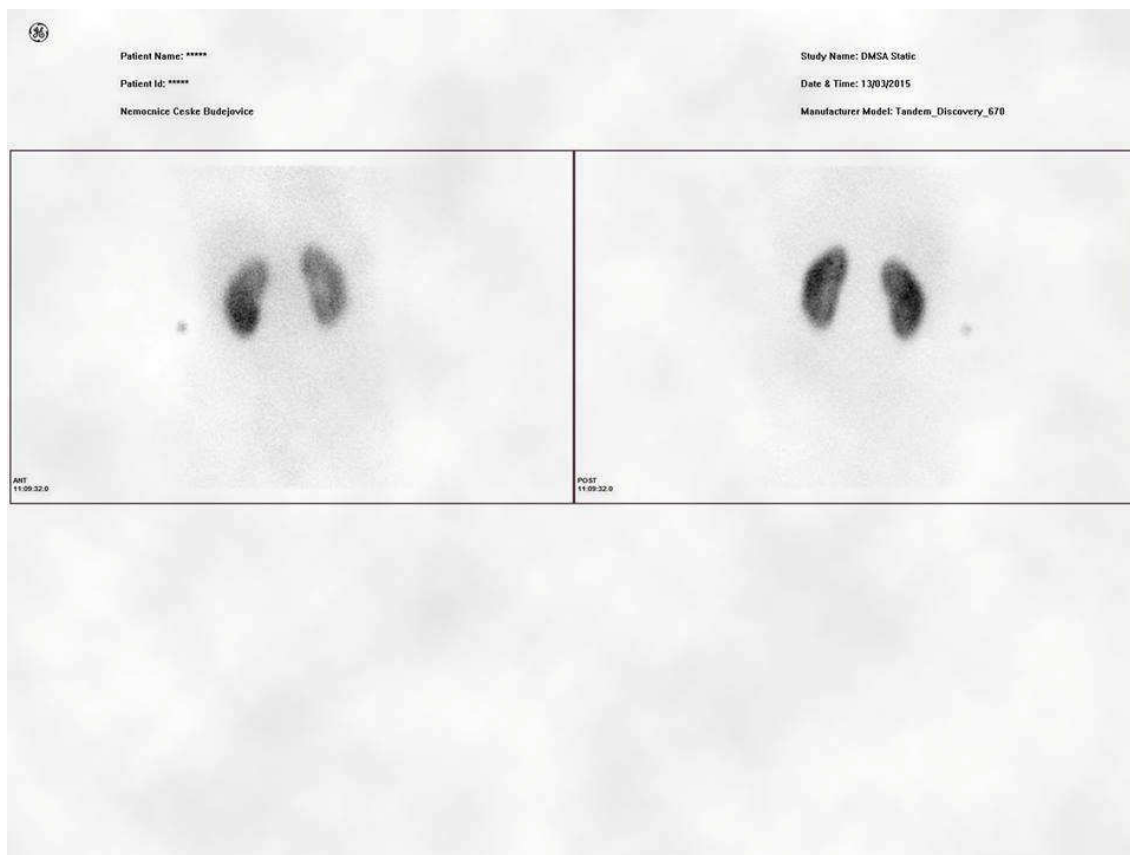
Prvním krokem ke zpracování výsledků byl výpočet kalibračního faktoru, což je počet impulsů na 1 MBq na detektoru 1 a detektoru 2. Tento jsem provedla 18. listopadu 2014. Nejprve jsem provedla statické snímky stříkačky s aktivitou 21 MBq. Akvizice proběhla do 1 minuty od měření v měřiči aktivity (v 7:21 hodin). Označila jsem detektor 1 jako přední, tedy jeho pozice je nahoře, a detektor 2 jako zadní lokalizovaný pod lůžkem. Byl použit kolimátor LEHR, matice 256x256 a určen čas 20 sekund. Čas snímku byl v 7:22, zoom 1,33. U detektoru 1 bylo naměřeno v oblasti zájmu stříkačky 30 225 impulsů, což je 1511,25 impulsů za sekundu na 21 MBq a to znamená 70.96 impulsů na 1 MBq. U detektoru 2 bylo naměřeno v oblasti zájmu stříkačky 26 072 impulsů, to je 1303,6 impulsů za sekundu na 21 MBq a výsledkem je 62.08 impulsů na 1 MBq. Zeslabení v lůžku je 13 %. Takto vypočtený kalibrační faktor a zeslabení v lůžku jsem nastavila v programu DMSA Uptake Analysis.

Dále jsem zadala následující specifické údaje o pacientovi, které program Renal DMSA Uptake Analysis vyžadoval: věk, tloušťka trupu, aplikovaná aktivita, čas aplikace, výška, váha.

Po zadání těchto údajů bylo možné přistoupit k vlastnímu hodnocení studie. Jako první jsem musela vytvořit ROI kolem ledviny a ROI pozadí. Jak vytvořit ROI jsem měla dvě možnosti a to buď, že ROI vytvoří počítač automaticky a nebo já ho vytvořím ručně. V případě, že se automatické vyznačení oblasti zájmu nezdařilo, pomocí Define ROIs bylo možné definovat oblasti zájmu manuálně. Následně program vyhodnotil procento akumulace sledované látky v ledvině pomocí funkce Dosing information. Toto celé počítač vypočte automaticky. Program spočítá procento akumulace pomocí detekovaných impulsů v přední a zadní projekci, odečte od nich pozadí, vypočte geometrický průměr a z tloušťky těla vypočte v místě ledviny korekci na zeslabení a výslednou aktivitu v ledvině vydělí aplikovanou aktivitou,

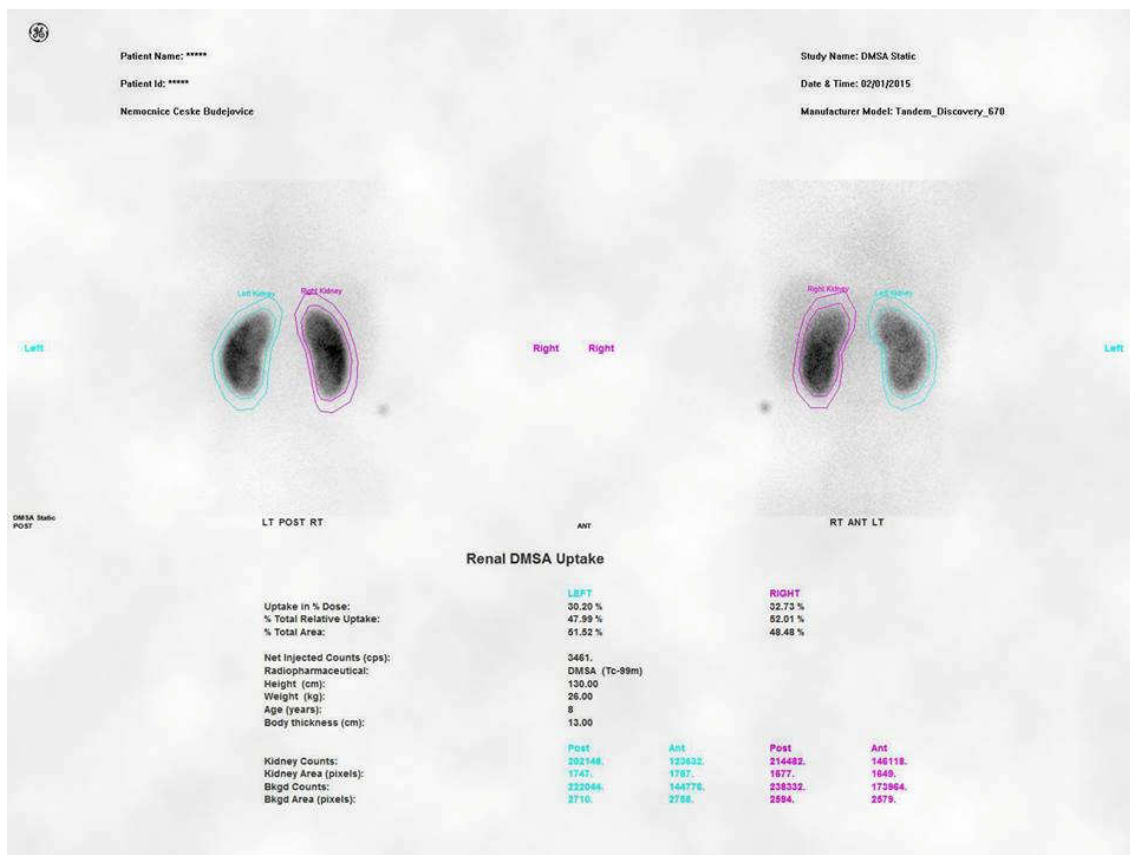
kteřá je vypočtena z aplikované aktivity v MBq a přepočtenou kalibračním faktorem na impulsy. Na obrázku 4 je možné vidět ledvin, které ještě nejsou zpracované. Naopak na obrázku 5 a obrázku 6 jsou již zpracované ledviny, které jsem zpracovávala v programu Renal DMSA Uptake analysis.

Obrázek 4: Zpracování ledvin v programu Renal DMSA Uptake Analysis



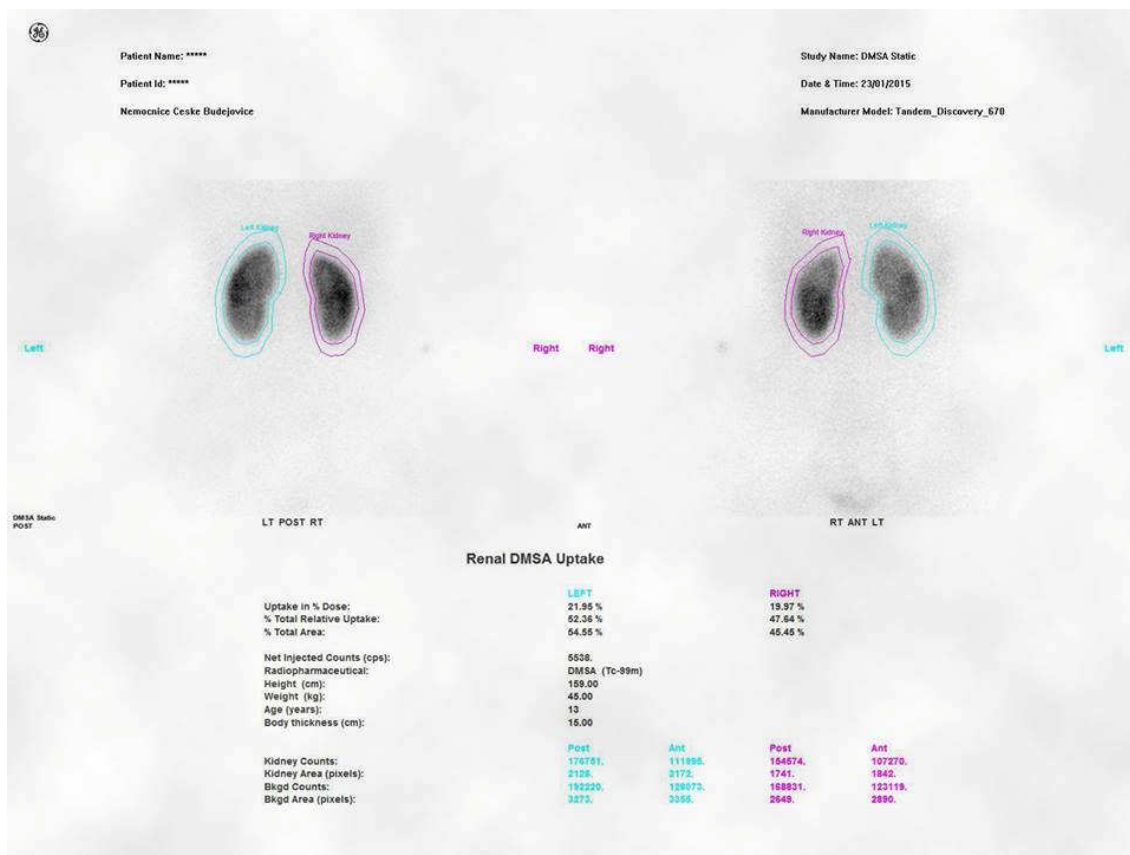
(zdroj: ONM České Budějovice)

Obrázek 5: Zpracované ledviny v programu Renal DMSA Uptake Analysis



(zdroj: ONM České Budějovice)

Obrázek 6: Zpracované ledviny v programu Renal DMSA Uptake Analysis



(zdroj: ONM České Budějovice)

3.1.2 Vlastní výsledky

V tabulce 3 jsou seřazeny hodnoty akumulace (Uptake in Dose %) sledované látky v dětských ledvinách vyjádřené v procentech, věk jednotlivých pacientů a aplikovaná aktivita. V dolní části tabulky je vypočten průměr, směrodatná odchylka a percentil. Tyto hodnoty jsem zjistila prostřednictvím programu Microsoft Excel s využitím statistických funkcí. Tímto způsobem jsem určila hodnotu pro percentil 0,1 a percentil 0,9. Percentil je relativní umístění vzhledem k ostatním posuzovaným na stupnici do hodnoty 100. Přičemž hodnota 100 je nejvyšší umístění.

Tabulka 3: Naměřené hodnoty akumulace v ledvinách

Ledvina	Věk	Aplikovaná aktivita MBq	Akumulace v %
1.	16 let	120	22,3
2.	4 měsíce	15	26,7
3.	4 měsíce	15	28,7
4.	2 roky	35	33,5
5.	10 let	100	15,4
6.	10 let	100	17,4
7.	6 let	50	17,9
8.	6 let	50	18,7
9.	5 let	40	33,7
10.	4 roky	30	17,6
11.	11 let	70	21,4
12.	13 let	100	15,5
13.	13 let	100	16
14.	8 let	60	33,8
15.	8 let	50	32,7
16.	8 let	50	30,2

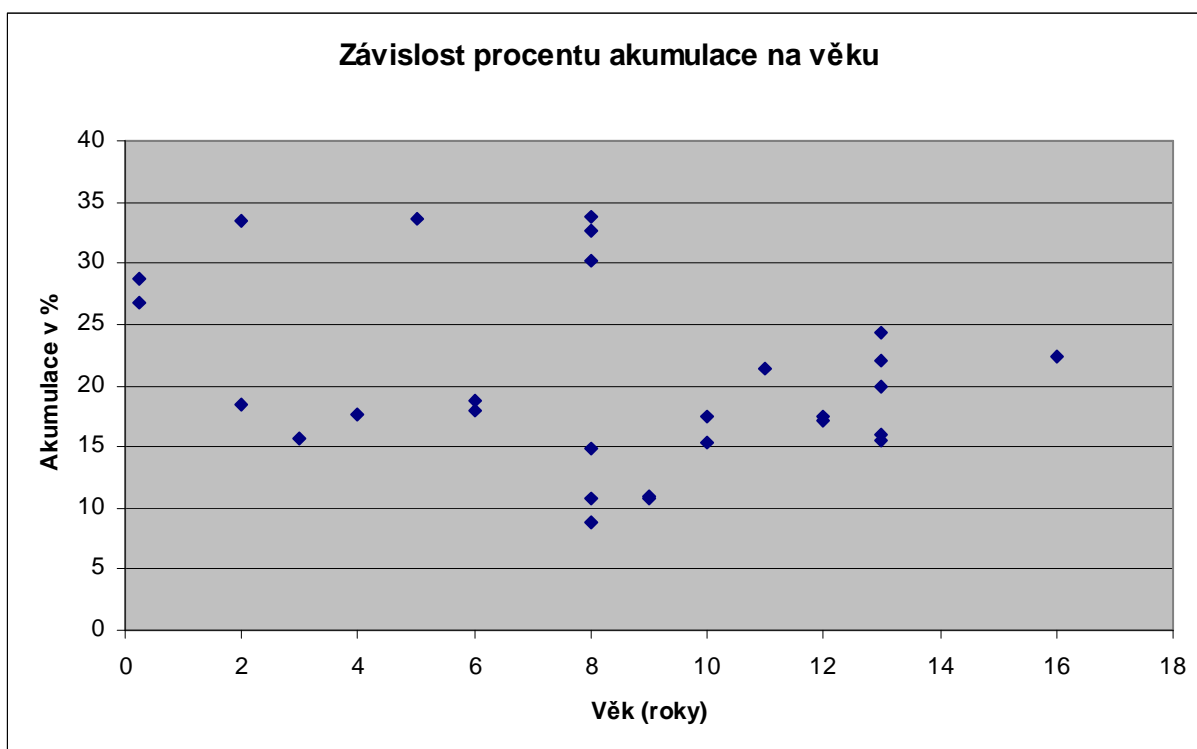
17.	8 let	50	10,8
18.	8 let	50	8,8
19.	13 let	80	20
20.	13 let	80	22
21.	3 roky	25	15,6
22.	13 let	80	24,4
23.	2 roky	20	18,4
24.	8 let	50	14,9
25.	12 let	60	17,5
26.	12 let	60	17,2
27.	9 let	50	11
28.	9 let	50	10,7
Průměr		58,6	20,5
Směrodatná odchylka		27,3	7,3
Percentil 0,1			10,9
Percentil 0,9			32,9

Graf závislosti procenta akumulace na věku

Graf 2 je sestaven z hodnot uvedených v tabulce 3, konkrétně ze sloupce věku a akumulace v procentech. Osa x reprezentuje věk pacientů a osa y reprezentuje akumulaci v % (Uptake in Dose %).

Graf 2 uvádím pro znázornění závislosti procenta akumulace na věku vyšetřovaných pacientů. Z grafu 2 lze vyčíst, že není výrazná závislost mezi věkem a procentem akumulace. Z důvodu malého počtu dětských pacientů vyšetřených pomocí statické scintigrafie ledvin, jsem tuto závislost dále statisticky nezpracovávala.

Graf 2: Závislost procentu akumulace na věku



4 Diskuse

V úvodní části mé bakalářské práce na téma „Hodnoty akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách u dětí“ jsem se zabývala anatomií a fyziologií ledvin, v další kapitole jsem shrnula patologii ledvin a nakonec jsem se zaměřila na kapitolu o nukleární medicíně a scintigrafii ledvin.

V kapitole vyšetření ledvin metodami nukleární medicíny jsem se zabývala fyzikálními vlastnostmi radionuklidů, tvorbou a zpracováním obrazů a radiofarmaky. Nakonec podrobněji popisuji průběh vyšetření jak u statické scintigrafie ledvin, tak u dynamické scintigrafie ledvin.

Cílem této práce bylo stanovit soubor normálních hodnot akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách u dětí. Výzkumná otázka tedy zněla: „Jaký je rozsah normálních hodnot akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách u dětí?“.

Abych mohla odpovědět na tuto otázku, byl nutný sběr dat v Nemocnici České Budějovice, a. s. Získala jsem data souboru 28 dětských pacientů, jejichž ledviny byly vyšetřeny metodou statické scintigrafie. Jsem si vědoma toho, že soubor dat není příliš rozsáhlý a to z důvodu nedostatku času a omezeného počtu dětských pacientů bez scintigrafických projevů poruchy ledvin v době sběru dat. Z toho důvodu jsem dále statisticky nezpracovávala rozdíl v hodnotách absolutní akumulace mezi chlapci a dívkami.

V období od září 2014 do března 2015 byl na uvedeném Oddělení nukleární medicíny vyšetřen malý počet dětských pacientů, kteří nevykazovali žádnou poruchu funkce ledvin. Vzhledem k tomuto faktu není percentil, uvedený jako výsledek zkoumání, přesný.

V kapitole Metodika podrobněji popisují zpracování praktické části bakalářské práce. Praktická část byla uskutečněna na Oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice, a.s., kde mi bylo umožněno použít k vyhodnocení dat program Xeleris a aplikaci pro zpracování statické scintigrafie ledvin Renal DMSA Uptake Analysis. Získané hodnoty jsem zanesla do tabulky a následně je statisticky zpracovala

s použitím vzorců pro výpočet průměru, směrodatné odchylky a percentilu. Percentil jsem určila pro 10% a pro 90%.

Z výpočtů lze uvést, že normální hodnota akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách dětských pacientů se pohybuje v rozmezí od 10,9 % do 32,9 % a průměr je 20,5 %.

V porovnání s výzkumem, který proběhl v roce 1999 panem O.Langem, jehož výsledky jsou u 52 studií kumulace levé ledviny po 2 hodinách 14,4 % a po třech hodinách 14,7 %, kumulace pravé ledviny po 2 hodinách 15,4 % a po třech hodinách, kumulace u obou ledvin po 2 hodinách od aplikace je 29,8 % a po třech hodinách 30,1 %. U dalších 29 studií vyšetření zopakoval po třech měsících a výsledky vyšli: 15,7 % kumulace levé ledviny po 2 hodinách a 15,8 % kumulace levé ledviny po 3 hodinách, 15,3 % kumulace pravé ledviny po dvou hodinách a 15,2 % kumulace pravé ledviny po 3 hodinách, kumulace u obou ledvin po 2 hodinách je 30,9 % a po třech hodinách 31,1 %, lze říci, že procenta akumulace pravé i levé ledviny po 2 i po 3 hodinách náleží mému intervalu, ale jsou nižší jak průměr z mého souboru renálních jednotek.

Problémem při výpočtu absolutní četnosti ^{99m}Tc-DMSA v ledvinách je korekce na hloubku uložení. Jako nejlepší metoda byla zvolena metoda výpočtu pomocí geometrického průměru četnosti impulzů v oblasti zájmu ledviny změřené v přední a zadní projekci (oproti například zjištění hloubky ledvin pomocí ultrazvukem). Toto je výhodou z důvodu neznámého uložení ledvin vsedě, vleže na zádech nebo na břiše. Další výhodou je, že je to časově nenáročné. Pokud by korekce na hloubku uložení ledvin nebyla udělána získaly by se chybné výsledky. Pro můj výzkum jsem zvolila metodu výpočtu pomocí geometrického průměru hloubky uložení ledvin. A to z důvodu nedostupnosti ultrazvuku na oddělení nukleární medicíny. Tuto metodu jsem tedy mohla provést přímo při vyšetření a při zpracování studií.

5 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit normální hodnoty akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách u dětí. Pomocí programu Renal DMSA Uptake Analysis bylo možné vyhodnotit procento akumulace sledované látky v ledvinách dětských pacientů, porovnat je a určit percentil pro 10% a pro 90%. V závislosti na výpočtech lze uvést normální hodnoty akumulace Tc-99m-DMSA v ledvinách dětí jako hodnoty v rozmezí od 10,9 % do 32,9 %.

Tato práce, jako jedna z mnoha dalších prací prováděných v oblasti nukleární medicíny, může posloužit jako zajímavé zhodnocení dat nebo jako informativní příspěvek pro vyhodnocování studií získaných statickou scintigrafií ledvin.

6 Literatura

1. Urologie pro studenty. Statická scintigrafie ledvin [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.urologieprostudenty.cz/index.php?page=mapa-webu>
2. VIŽĎA, Jaroslav. Atlas of renal scintigraphy: Atlas scintigrafie ledvin. 1. vyd. Prague: Agentura Pankrác, 2002, 72 s. ISBN 80-902873-6-0.
3. DYLEVSKÝ, Ivan. Somatologie. Vyd. 2. (přepřac. a dopl.). Olomouc: Epava, 2000, 480 s. ISBN 80-86297-05-5.
4. NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. Přehled anatomie. 2., dopl. a přepřac. vyd. Editor Lubomír Houdek. Praha: Karolinum, 2009, xi, 416 s. ISBN 9788024617176.
5. ROKYTA, Richard a František ŠŤASTNÝ. Struktura a funkce lidského těla. 2005. ISBN 978-80-9001-302-3.
6. PETROVICKÝ. Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi. Martin: Osveta, 2001. ISBN 8080630453
7. *GB HealthWatch: Kidney cancer* [online]. [cit. 2015-06-01]. Dostupné z: <https://www.gbhealthwatch.com/kidneycancer-details.php>
8. *Samouk.cz: Vylučovací soustava, Kůže* [online]. [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: <http://www.samouk.cz/moodle/mod/presenter/view.php?open=1&id=789&chapterid=9200>
9. ČIHÁK, Radomír. Anatomie. 3., upr. a dopl. vyd. Editor Miloš Grim. Praha: Grada, 2013, 497 s. ISBN 9788024747880.
10. ROKYTA, Richard. Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech. Vyd. 1. Praha: ISV nakladatelství, 2000, 359 s. Lékařství. ISBN 8085866455.
11. TROJAN, S. a kolektiv. *Lékařská fyziologie*. 4.vyd. Praha: Grada, 2003. 772 s. ISBN 80-247-0512-5
12. WARD, J. P. T., LINDEN, R.W.A. *Základy fyziologie*. 1.vyd. Praha: Galén, 2010. 164s. ISBN 978-80-7262-667-0

13. DYLEVSKÝ, Ivan. Somatologie: [učebnice pro zdravotnické školy a bakalářské studium]. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Olomouc: Epava, 2000, 480 s. ISBN 8086297055.
14. DYLEVSKÝ, Ivan. Základy funkční anatomie člověka. 1. vyd. Praha: Manus, 2007, 194 s. ISBN 978-80-86571-10-2.
15. PATOLOGIE LEDVIN A VÝVODNÝCH CEST MOČOVÝCH VÝVOJOVÉ PORUCHY. In: [online]. [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: www.siklucv-ustav-patologie.patologie.cz
16. MACÁK, Jiří a Jana MACÁKOVÁ. Patologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2004, 347 s., 24 s. barev. příl. ISBN 8024707853.
17. STEJSKAL, J. Stejskal a M. Chadimová CHADIMOVÁ. LEDVINY I. In: [online]. [cit. 2015-03-21].
18. <http://lekarske.slovniky.cz/> Cit. 1. června 2015
19. POVÝŠIL, Ctibor a Vanda CIPROVÁ. Speciální patologie. 2., dopl. a přeprac. vyd. Editor Ivo Šteiner. Praha: Galén, 2007, xviii, 430 s. ISBN 9788072624942.
20. ULLMANN, Vojtěch. [Http://astronuklfyzika.cz/CoJeNuklMed.htm](http://astronuklfyzika.cz/CoJeNuklMed.htm) [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/CoJeNuklMed.htm>
21. FN HK: Základní informace ambulance oddělení nukleární medicíny. www.fnhk.cz: Základní informace ambulance oddělení nukleární medicíny [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.fnhk.cz/onm-amb>
22. ŠABATA, L. Přednášky z nukleární medicíny. 2. ročník. 2013/2014
23. BAKOS, Karel. Nukleární medicína. 2., přeprac. vyd. Jilemnice: Gentiana, 1996, 155, x s. ISBN 80-902133-3-2.
24. MYSLIVEČEK, Miroslav, Václav HUŠÁK a Pavel KORANDA. Nukleární medicína 1. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1995, 123 s. ISBN 807067511x.
25. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 9788090358492.

26. MURASE K., et al.: Methods for measuring the renal uptake of ^{99m}Tc -dimercaptosuccinic acid (DMSA): a comparative study. Eur. J. Nucl. Med. (1990) 16: 725-724.
27. Lang. O, et. al.: Význam dimerkaptojantarové kyseliny značené ^{99m}Tc (^{99m}Tc -DMSA) pro funkční vyšetření ledvin. Čes.- Radiol. 53, 1992, No 1, pp. 15-33.
28. CHROUSTOVÁ, D. Přednášky z nukleární medicíny. 3. ročník. 2014/2015
29. Vitalion: Nukleární medicína. Vitalion.cz [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://obory.vitalion.cz/nuklearni-medicina/>
30. Provozní příručka GE – Xeleris: Renal DMSA Uptake Analysis. 2007
31. *Močový systém a vylučování - funkční anatomie ledvin: nefron* [online]. [cit. 2015-06-30]. Dostupné z: http://www.yarousch.cz/studium/body.php?menu=menu_somatologie&body=somatologie/somatologie_009_2