



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Sciences

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

**Hodnoty poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta
u dynamické scintigrafie ledvin**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studijní program:

SPECIALIZACE VE ZDRAVOTNICTVÍ

Autor: Jana Kukačková

Vedoucí práce: MUDr. Ladislav Šabata

České Budějovice 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci s názvem „Hodnoty poměru aktivity 30. minuta/ 2.-3. minuta u dynamické scintigrafie ledvin“ jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské/diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích 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 bakalářské/diplomové práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé bakalářské/diplomové práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 2. května 2019

.....

Kukačková Jana

Poděkování

Ráda bych touto formou poděkovala panu MUDr. Ladislavu Šabatovi za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a ochotu, které mi v průběhu zpracování věnoval. Velice ráda bych poděkovala i Oddělení nukleární medicíny v Českých Budějovicích za poskytnutí dat potřebných k výzkumné části.

Hodnoty poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u dynamické scintigrafie ledvin

Abstrakt

Hodnoty poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u dynamické scintigrafie ledvin. Předkládaná bakalářská práce si klade za cíl stanovit normální hodnoty poměru aktivity v Region Of Interest (ROI) zdravé ledviny ve 30. minutě vyšetření oproti 2.-3. minutě u pacientů ve věku do 18 let na Oddělení nukleární medicíny České Budějovice. Pro srovnání jsou zpracovány i hodnoty poměru aktivity v ROI ledviny ve 30. minutě oproti vrcholu u týchž pacientů.

Dynamická scintigrafie ledvin s $^{99m}\text{Tc-MAG3}$, obvykle modifikovaná furosemidovým testem, se provádí u pacientů dětského věku, u kterých je potřeba odlišit prostou dilataci kalichopánvičkového systému od obstrukce.

Pro statistické zpracování byl vybrán soubor 35 pacientů ve věku 0–18 let v období od 1. ledna 2018 do 13. listopadu 2018, u kterých byla provedena dynamická scintigrafie ledvin s $^{99m}\text{Tc-MAG3}$. Ve výsledku bylo získáno 47 použitelných renálních jednotek. Ze souboru byly vyjmuty renální jednotky s patologickým nálezem. U těchto renálních jednotek byl sledován poměr aktivity 30. min/3. min a poměr 30. min/vrchol (peak). Pro srovnání vznikly celkem 4 výběrové statistické soubory (VSS) – pro oba poměry aktivity skupina pacientů 0-18 let a užší skupina 0-10 let. Nasbíraná data byla následně podrobena parametrickému testování.

Přínos této práce spočívá ve stanovení normálních hodnot poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta, které budou nápomocny při diferenciaci mírné dilatace od jiných patologických stavů (obstrukce, snížená funkce, apod.) u pacientů vyšetřených dynamickou scintigrafii ledvin na ONM v Českých Budějovicích.

Z elementárního statického zpracování vyplývá, že normální hodnoty poměru aktivity 30. min/3. min u pacientů do 18 let se pohybují v intervalu hodnot (0,058; 0,238) a u pacientů do 10 let v intervalu (0,05; 0,27). Pro srovnání hodnoty poměru aktivity 30. min/vrchol u pacientů do 18 let se pohybují v intervalu hodnot (0,026; 0,246) a u pacientů do 10 let v intervalu (0,04; 0,26). Lze říci, že hodnoty poměrů aktivity 30. min/3. min a 30. min/vrchol jsou přibližně srovnatelné. Na základě aplikovaného

dvouvýběrového t-testu byla přijata nulová hypotéza, což znamená, že výběrové statistické soubory pocházejí ze stejného základního statistického souboru na dané hladině významnosti.

Klíčová slova

Nukleární medicína; dynamická scintigrafie; ledviny; ^{99m}Tc -MAG3; poměr aktivity

The activity ratio of 30. minute/2.-3. minute in the Dynamic renal scintigraphy

Abstract

The objective of the present Bachelor thesis is to determine normal values of the ratio of activity in the Region of Interest (ROI) of a healthy kidney in the 30th minute of the examination compared to the 2nd - 3rd minutes in patients up to 18 years of age at the Nuclear Medicine Department in České Budějovice. For the purposes of comparison, values of the ratio of activity in ROI of the kidney in the 30th minute are compared with the peak in the same patients.

Dynamic kidney scintigraphy with ^{99m}Tc-MAG3, generally modified by a furosemide test, is carried out in case of child patients with respect to whom simple dilatation of the pelvicalyceal system must be distinguished from obstruction.

A set of 35 patients at the age of 0-18 was selected for the purposes of statistical processing in the period from 01 January 2018 to 13 November 2018, whereupon these patients underwent dynamic kidney scintigraphy with ^{99m}Tc-MAG3. As a result, 47 usable renal units were obtained. Renal units with pathological findings were removed from the set. In these renal units, the ratio of activity 30th min./3rd min. and the ratio 30th min./peak were observed. For comparison, the total of 4 selective statistical sets (VSS) were formed - a group of patients at the age of 0-18 and a more restricted group of patients at the age of 0-10 years for both ratios of activity. The collected data were subsequently used for parametric testing.

The contribution of this thesis consists in the determination of normal values of the ratio of activity 30th minute/2nd - 3rd minutes, which will be useful in differentiating mild dilatation from other pathological conditions (obstruction, reductions in function, etc.) in patients examined by dynamic kidney scintigraphy at the Nuclear Medicine Department in České Budějovice.

The elementary static processing implies that normal values of the ratio of activity 30th min./3rd min. oscillate in the interval of values (0.058; 0.238) in patients up to 18 years of age, and in the interval (0,05; 0.27) in patients up to 10 years of age. For the sake of comparison, values of the ratio of activity 30th min./peak oscillate in the interval of

values (0,026; 0.246) in patients up to 18 years of age, and in the interval (0.04; 0.26) in case of patients up to 10 years of age. It may be stated that values of ratios of activity 30th min./3rd min. and 30th min./peak are approximately comparable. Based on the applied double-selection t-test, the zero hypothesis was adopted, meaning that the selective statistical sets originate from the same basic statistical set on the given significance level.

Key words

Nuclear medicine; dynamic scintigraphy; kidneys; ^{99m}Tc-MAG3; activity ratio

Obsah

Úvod.....	10
1 Současný stav	11
1.1 Anatomie a fyziologie močového systému.....	11
1.1.1 Ledviny	11
1.1.2 Ledvinné kalichy a ledvinné pánvičky	14
1.1.3 Močovody	14
1.1.4 Močový měchýř	16
1.1.5 Močová trubice	16
1.2 Jiné vyšetřovací metody.....	17
1.3 Dynamická scintigrafie ledvin (DSL).....	20
1.3.1 Radiofarmaka, radiační zátěž a aplikovaná aktivita	20
1.3.2 Indikace a kontraindikace vyšetření s ^{99m} Tc-MAG3	26
1.3.3 Příprava pacienta na vyšetření a omezení po vyšetření	27
1.3.4 Průběh vyšetření	28
1.3.5 Modifikace vyšetření	29
1.3.6 Hodnocení vyšetření	32
Oblast ROI	32
Nefrografické křivky.....	33
Stanovení poměru funkce ledvin	35
Stanovení celkové funkce obou ledvin	35
Výsledný protokol.....	36
2 Cíl práce a výzkumná otázka	38
2.1 Cíl práce	38
2.2 Výzkumná otázka	38
3 Metodika	39

3.1 Vybraný soubor pacientů	39
3.2 Počítačové zpracování a sběr dat	40
4 Výsledky	45
4.1 Výsledná data.....	45
4.2 Statistické zpracování	53
5 Diskuze	68
6 Závěr	70
7 Bibliografie	71
8 Přílohy.....	74
9 Seznam zkratk	76

Úvod

Dynamická scintigrafie ledvin (DSL) je nejdůležitějším a nejčastějším radionuklidovým vyšetřením v nefrourologii dětí i dospělých. V roce 2012 bylo provedeno na odděleních nukleární medicíny celkem 212 tisíc vyšetření a 422 tisíc výkonů in vivo, z nichž přibližně 11 000 výkonů tvořila dynamická scintigrafie ledvin. Pro srovnání v roce 2017 bylo provedeno celkem 190 tisíc vyšetření. Obecně lze říci, že počet vyšetření na nukleární medicíně klesá. (NZIS, 2018; ÚZIS, 2013)

DSL umožňuje získat obrazovou informaci o parenchymu ledvin, přilehlém kalichopánvičkovém systému a vývodných cestách močových. Sledováním postupu intravenózně podaného radiofarmaka pod scintilačními kamerami připojenými na vyhodnocovací počítač lze kvantifikovat funkci ledvin a zhodnotit odtokové poměry. Pomocí DSL tak lze hodnotit současně funkci i morfologii. (KUPKA, 2007; VIŽĎA, 2002)

Nejčastěji aplikovanými radiofarmaky jsou ^{99m}Tc -MAG3, vylučované tubulární sekrecí, a ^{99m}Tc -DTPA, vylučované glomerulární filtrací. V současné době je s výhodou využíváno spíše ^{99m}Tc -MAG3, protože poskytuje (kontrastnější) kvalitnější obraz. (KORANDA, 2014)

Toto vyšetření je indikováno nejčastěji k diferenciaci prosté dilatace kalichopánvičkového systému od obstrukce. Dalšími indikacemi mohou být – průkaz renovaskulární hypertenze, vyšetření transplantované ledviny nebo úraz v oblasti ledvin. (VIŽĎA, 2002)

1 Současný stav

1.1 Anatomie a fyziologie močového systému

Močový systém je tvořen ledvinami a vývodními cestami močovými, jež slouží k odvodu moči ven z těla. Vývodné cesty močové se dělí na horní močové cesty, kam patří párové orgány, a dolní močové cesty, kam patří nepárové. Mezi horní se řadí ledvinné kalichy, ledvinné pánvičky, močovody a mezi dolní močový měchýř a močová trubice. (HUDÁK, 2015)

1.1.1 Ledviny

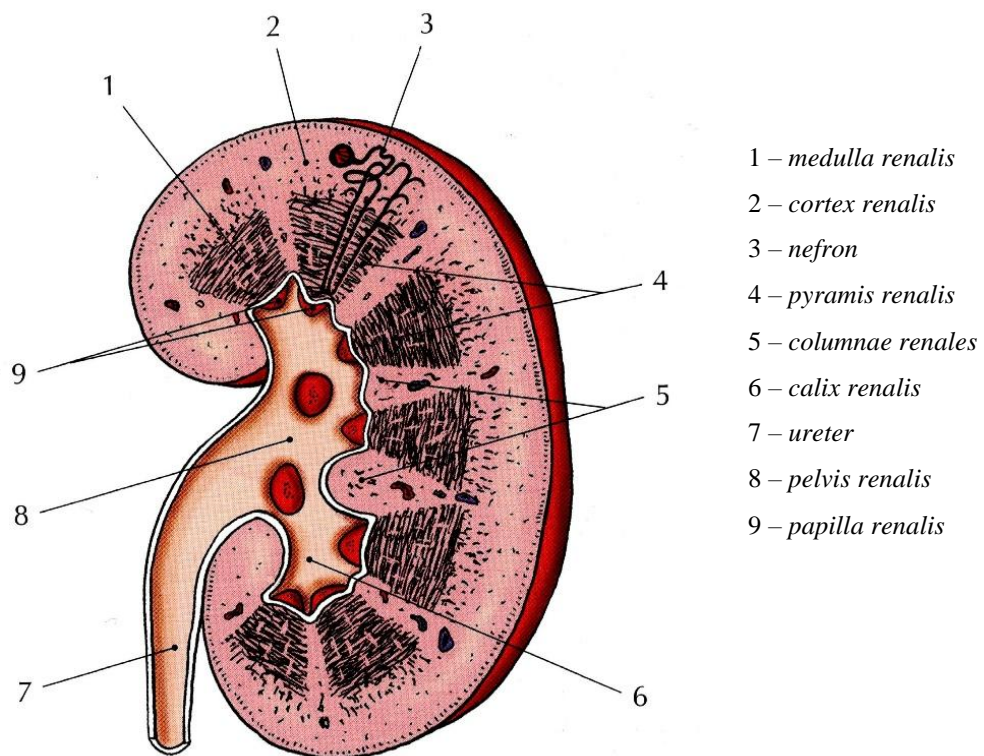
Ledviny neboli nefros jsou párovým červenohnědým orgánem fazolovitého tvaru o obvyklé velikosti 12 x 6 x 3 centimetry, elastické konzistence a hmotnosti jedné ledviny naplněné krví 120-170 gramů. Ledviny jsou obvykle u žen menší, a tudíž váží průměrně o 15 g méně, pro srovnání ledvina novorozence má hmotnost 11-12 g. Maximální velikost mají ledviny kolem 30. roku a naopak po 65. roce se mají tendenci zmenšovat. (ČIHÁK, 2002; NAŇKA, 2015)

Ledviny jsou uloženy v oblasti břicha retroperitoneálně podél bederní páteře ve výši od posledního hrudního obratle (Th12) po druhý, někdy třetí, bederní obratel (L2-L3). Ve výši prvního bederního obratle (L1) se zpravidla nachází hilus ledviny, což je ve své podstatě vstup i výstup pro cévy a pouze výstup pro vývodné cesty. Pravá ledvina se „uhýbá“ níže pod vlivem jater. (ČIHÁK, 2002; HUDÁK, 2015; NAŇKA, 2015)

Mezi primární funkce ledvin lze zařadit exkreci moči, jež umožňuje odchod odpadových látek metabolismu a látek těla cizích z těla ven. Ledviny se dále účastní v procesu hospodaření organismu s vodou a ionty, pomáhají uchovávat homeostázu vnitřního prostředí na normální úrovni a fungují i jako endokrinní orgán. Produkují například hormon renin, který upravuje krevní tlak a objem krve, erythropoetin, jež reguluje tvorbu erytrocytů, 1,2-hydroxycholecalciferol, který koriguje metabolismus vápníku, a prostaglandiny. (HUDÁK, 2015; NAŇKA, 2015)

Ledvina je zvenčí obalena tenkým krycím vazivovým pouzdrem (capsula fibrosa), pod níž se na frontálním řezu ledvinou nachází kůra (cortex renalis), která je světlejší

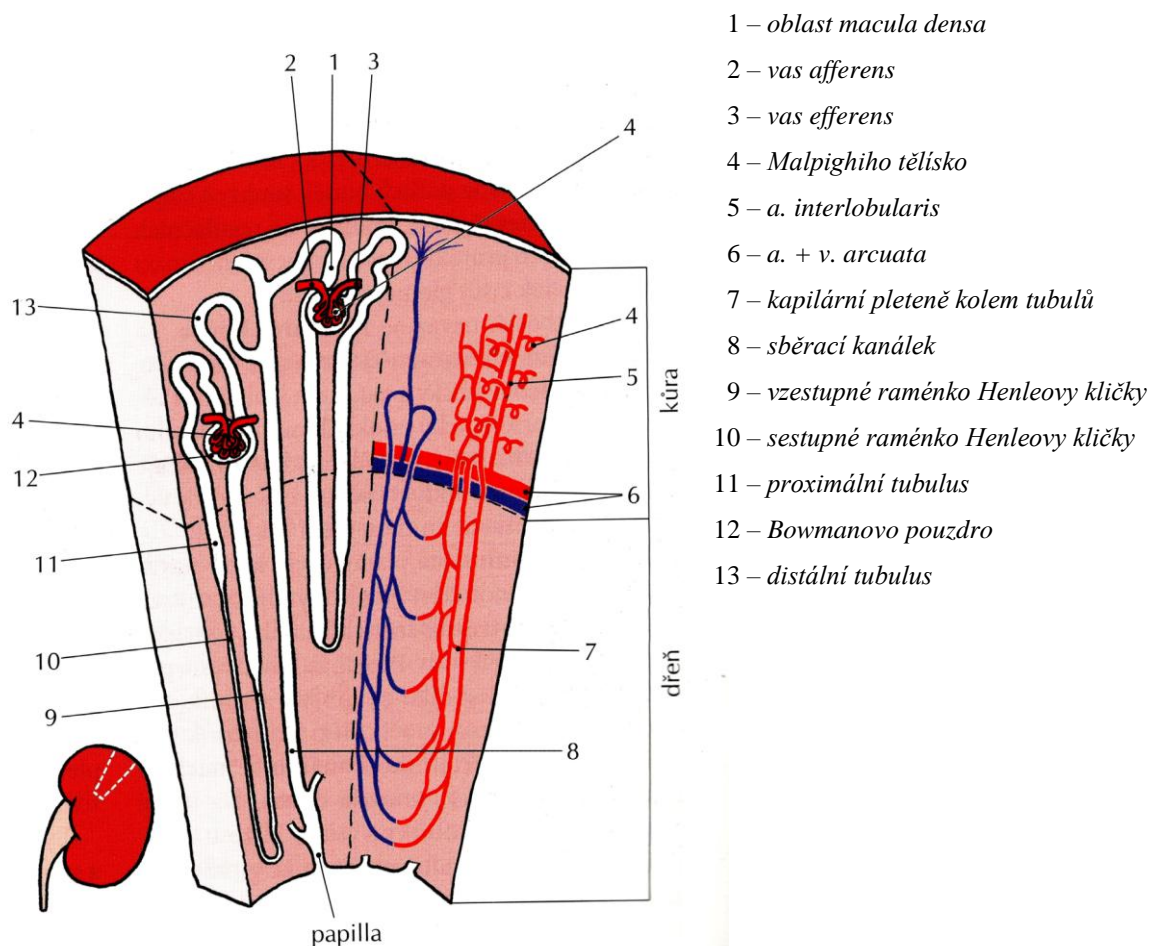
nahnědlé barvy a obklopuje v 5-8 mm pruhu z vnitřní strany obal. Pod ní se nachází dřev (medulla renalis), která má tmavší barvu a utváří pyramidy (pyramides renales), vzhledem připomínající kužely orientované zaoblenou špičkou k hilu. Pyramid původně vzniká jen šest, ale s postupem času jich může být 15 až 20 v jedné ledvině. Zaoblené špičky představují ledvinové papily (papillae renales), jež přecházejí do hilu a do nichž ústí vývodné kanálky (popsány níže). Ledvinové papily mají děrovaný povrch a jsou obkloповány kalichy ledvin (calices renales). (ČIHÁK, 2002; NAŇKA, 2015)



Obrázek č. 1 Průřez ledvinou (zdroj: (NAŇKA, 2015 str. 197))

Základní stavební jednotkou ledvin je nefron, jehož součástí jsou tubuly, a proto je ledvina označována v některé literatuře jako tubulosní žláza. Nefronů je v jedné ledvině asi 1-1,5 milionu. Za začátek nefronu je považováno Malpighiho tělísko (corpusculum renale), které je složeno z glomerulu, cévního klubička, a dvoulistého Bowmanova pouzdra (capsula glomeruli). Do klubička tvořeného kapilárami je krev přiváděna pomocí arteriola glomerularis afferens a odváděna skrze arteriola glomerularis efferens nacházející se v těsné blízkosti. Skrze prostor mezi listy Bowmanova pouzdra dochází k filtraci primární moči, které se utvoří přibližně 150 litrů za den. Primární moč je

odsud odváděna prostřednictvím vystupujícího proximálního tubulu, v němž probíhá zvýšená resorbce glomerulárního filtrátu a důsledkem je následný výrazný pokles celkového objemu. Proximální tubulus volně přechází v Henleovu kličku, jež má sestupnou a vzestupnou část. V Henleově kličce se zpětně vstřebává voda a sodík a celkový objem se zredukuje na 1,5 litru definitivní moči. Navazujícím úsekem je distální tubulus umožňující acidifikaci moči, v jehož blízkosti se nachází juxtaglomerulární aparát vylučující renin (regulace krevního tlaku a sekrece iontů a vody). Distální tubulus ústí do sběracího kanálku (ductus colligentes), který funguje jako odvodná část pro 5-10 nefronů. Sběrací kanálky se na konci ještě spojují v ductus papillaris vedoucí k ledvinovým papilám, na něž nasedají ledvinové kalichy. Jednotlivě vyjmenované části nefronu se nacházejí buď v dřeni nebo v kůře. V kůře nalezneme glomeruly, proximální a distální tubuly. V dřeni nalezneme Henleovy kličky, juxtaglomerulární aparáty a sběrací kanálky. (ČIHÁK, 2002; HUDÁK, 2015; NAŇKA, 2015)



Obrázek č. 2 Schéma nefronu (zdroj: (NAŇKA, 2015 str. 197))

Tepenné zásobení ledvin je zajištěno skrze párovou větev břišní aorty odstupující na úrovni L1-L2 (hilu ledviny) – arteria renalis dextra et sinistra. Ty se dále zrcadlově větví na 2 hlavní větve. První ramus anterior, který se rozvětňuje na 4 menší tepny zásobující 4 přední segmenty – horní, přední horní, přední dolní, dolní, a druhá ramus posterior zásobující zadní segment. Dochází k dalšímu dělení na menší tepny až na úroveň arteriae interlobulares, které přechází v již zmiňované arteriolae glomerulares afferentes. Po přefiltrování je krev vedena ven z glomerulů přes arteriolae glomerulares efferentes, větvící se do jemné sítě obklopující proximální a distální tubuly tzv. peritubulární kapilární pleteně. V peritubulární kapilární pleteni dochází ke zpětnému vstřebávání vody a látek do krve, což je možno díky nižšímu tlaku. Peritubulární kapilární pleteně pak společně s venae stellatae (začínající žíly z kůry) vyústí do venae interlobulares, které se dále spojují ve větší žíly až na vena renalis dextra et sinistra vstupujících do dolní duté žíly (vena cava inferior). (ČIHÁK, 2002; HUDÁK, 2015; NAŇKA, 2015)

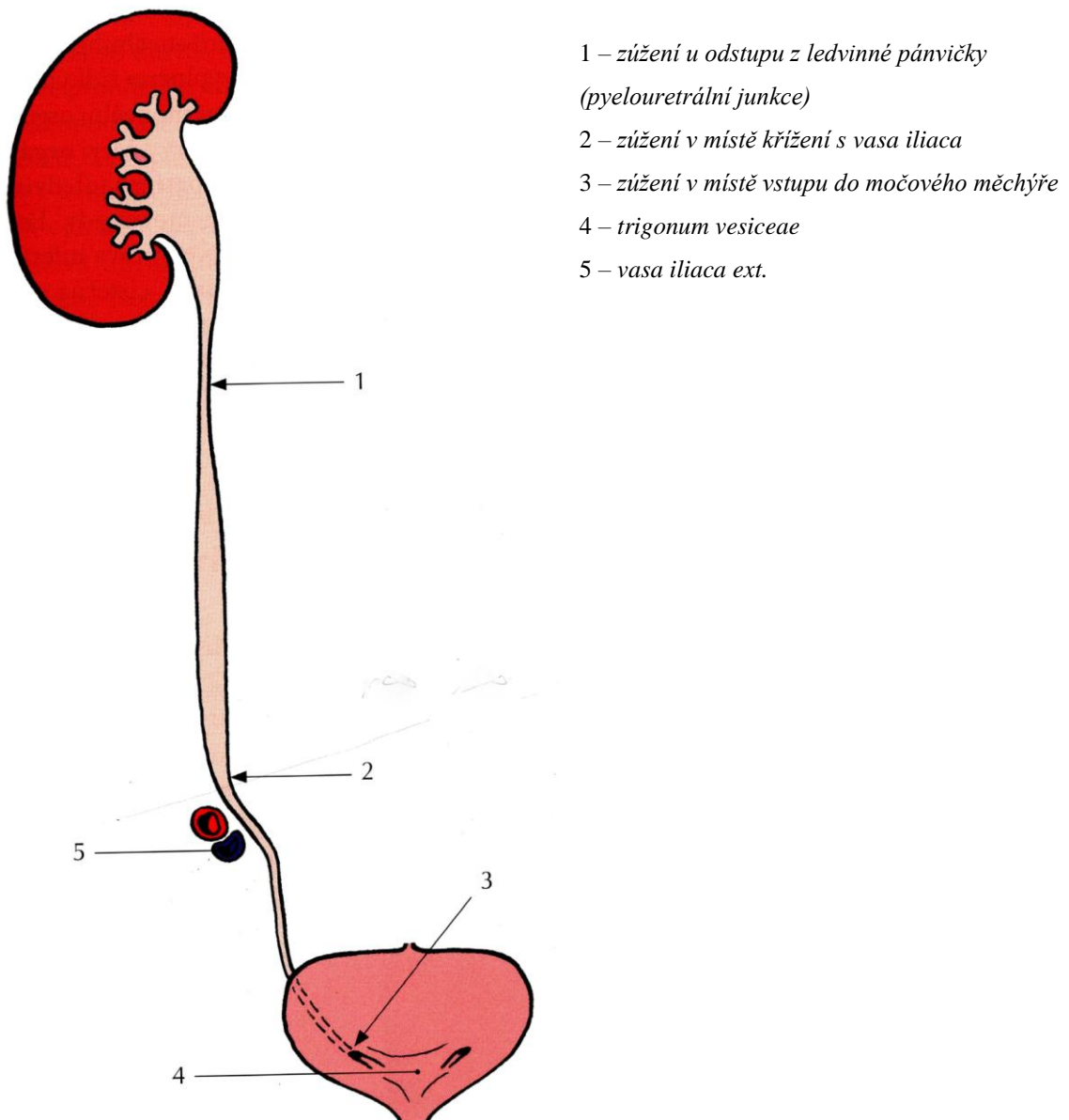
1.1.2 Ledvinné kalichy a ledvinné pánvičky

Ledvinné kalichy neboli calices renales obklopují jednu až tři papily a mají podobu pohárků. Jsou jich dva druhy – calices renales minores, které jsou menší a v počtu 7-14 se sbíhají ve 2-3 větší calices renales majores. Calices renales majores svým spojením utváří ledvinovou pánvičku (pelvis renalis). Pelvis renalis, nebo také pyelos, má tvar předožadně oploštělého trojúhelníku a přechází v močovod. Objem pánvičky se pohybuje mezi 6 až 8 mililitry. Ve spojitosti s ledvinovou pánvičkou se mluví o tzv. chirurgické kapacitě pánvičky, kdy při náplni nad 5 ml dochází k pocitu bolesti. (ČIHÁK, 2002; NAŇKA, 2015)

1.1.3 Močovody

Z ledvinné pánvičky vystupuje močovod neboli ureter, což je 20-30 cm dlouhá svalová trubice s průměrem 4-5 mm. Močovody peristaltickými pohyby transportují z ledvinných pánviček nasbíranou moč do močového měchýře. Močovod lze podle svého průběhu rozdělit na několik částí. První část označovaná jako pars abdominalis prochází sestupně retroperitoneem podél musculus psoas major, další část začíná při ohýbajícím se přechodu z retroperitonea do oblasti malé pánve a nazývá se pars

pelvica. Poslední částí je pars intramuralis, jejíž průběh je ve stěně močového měchýře a pouze skrze otevřené ostium uteris neboli ústí močovodu proudí moč do močového měchýře. Močovody jsou na třech místech přirozeně zúžené, a to v oblasti výstupu z ledvinné pánvičky (pyelouretrální junkce), dále v místě křížení s vasa iliaca a při ústí močovodu ve stěně močového měchýře. Nejčastěji dochází k obstrukci právě v oblasti pyelouretrální junkce a v o něco nižší četnosti při ústí do močového měchýře. (ČIHÁK, 2002; HUDÁK, 2015; NAŇKA, 2015)



Obrázek č. 3 Zúžení ureteru (zdroj: (NAŇKA, 2015 str. 199))

1.1.4 Močový měchýř

Močový měchýř, vesica urinaria, je dutým orgánem malé pánve sloužícím ke shromažďování moči přivedené z močovodů a podílí se i na jejím následném odchodu z těla. Pokud je měchýř nenaplněný, má miskovitý tvar, pakliže dojde k naplnění, mění se na kulovitý. (ČIHÁK, 2002; NAŇKA, 2015) „*S rostoucím objemem se zvyšuje napětí stěny močového měchýře, které cestou viscerosenzitivních vláken míšních nervů aktivuje sakrální parasimpatikus, což vede k opakovaným kontrakcím m. detrusor vesicae („nutkání“ na močení).*“ (HUDÁK, 2015 str. 231) První nutkání na močení se projevuje u dospělého člověka při 150 ml, silnější pocit uje při 300-400 ml a až do naplně 700-750 ml jej lze potlačit vlastní vůlí. (NAŇKA, 2015)

U naplněného močového měchýře lze identifikovat dno (fundus), tělo (corpus), hrot (apex) a krček (cervix), z něhož pozvolna vychází močová trubice. Měchýř je ve stručnosti tvořen sliznicí (tunica mucosa), další vrstvou ve smyslu vně je podslizniční vazivo (tela submucosa), třemi nepřesně rozlišitelnými vrstvami hladké svaloviny (tunica muscularis), serózním povlakem (tunica serosa) a tunica adventicia. Mezi 3 vrstvy hladké svaloviny patří zevní podélná vrstva, střední cirkulární vrstva a vnitřní podélná vrstva. Všechny vrstvy hladké svaloviny se souhrnně označují jako musculus detrusor a jejich funkcí je vypuzování moči. U mužů se v oblasti kolem krčku ve vrstvě cirkulární vyskytuje musculus sphincter vesicae, který při ejakulaci znemožňuje vniknutí spermatu do měchýře v důsledku zpětného toku. (ČIHÁK, 2002; HUDÁK, 2015; NAŇKA, 2015)

1.1.5 Močová trubice

Močová trubice vystupuje z močového měchýře a je poslední částí kudy prochází moč než opustí tělo. Močová trubice u muže a ženy se liší, ale až po ni je močová soustava totožná. Obecně lze říct, že ženská močová trubice je jednodušší, kratší, širší a rovnější než mužská. Močovou trubici pro naše potřeby není nutné blíže popisovat, protože se zabýváme poruchami odtoku z ledvin, nikoliv z močového měchýře. (HUDÁK, 2015)

1.2 Jiné vyšetřovací metody

Pacienti s onemocněním ledvin velmi často nevykazují obtíže až do pokročilého stádia onemocnění nebo se u nich projevují jen nespecifické symptomy - jako jsou dušnost, únava, otoky, změny množství a vzhledu moči, teploty, anemie nebo kolikovitě bolesti. Prvním krokem ke stanovení pacientovy nemoci je získání podrobné anamnézy a provedení základních fyzikálních vyšetření (pohled, poslech, pohmat, poklep). (DÍTĚ, 2007; TESAŘ, a další, 2003)

Pro další postup je obvykle nutné laboratorní vyšetření, kam patří objektivní, chemické, mikrobiologické, mikroskopické vyšetření moči a funkční vyšetření ledvin. Během objektivního vyšetření se hodnotí barva, která se mění podle přítomnosti různých látek, a hustota moči. Při chemickém se pomocí diagnostických proužků testuje pozitivita či negativita proteinurie, hematurie, glykosurie, leukocyturie nebo se stanovuje přítomnost například urobilinogenu či bilirubinu. Během mikrobiologického neboli kultivačního vyšetření se snažíme najít kultivační průkaz bakteriurie a nejčastěji je zjištěna přítomnost *Escherichia coli* a *Staphylococcus epidermidis*. V mikroskopickém vyšetření se testuje močový sediment. Mezi další a podrobnější laboratorní vyšetření patří stanovování proteinurie při suspektní mikroalbuminurii (nezachytitelná diagnostickými proužky), kdy se od pacienta sbírá moč v průběhu 24 hodin a je stanoveno maximální množství vyloučené bílkoviny pro zdravého pacienta. Pro nás nejdůležitějším laboratorním vyšetřením je funkční vyšetření ledvin, jímž vyšetřujeme nejčastěji glomerulární filtraci, jež nám dovoluje zhodnotit míru zániku funkčního parenchymu nebo eventuálně rychlost progresu chronického onemocnění. Při měření glomerulární filtrace dostáváme pouze hrubý odhad závažnosti ledvinového onemocnění, protože se provádí obtížně a je nepřesné. Při vyšetření tubulárních funkcí se hodnotí koncentrační a acidifikační schopnosti ledvin a provádí se sledování močových odpadů. (DÍTĚ, 2007; TESAŘ, a další, 2003)

První metodou volby pro obrazové zobrazení ledvin je ultrazvuk, protože jeho dostupnost je velká, vyšetření nezatěžuje pacienta, lze ho provést několikrát a umožňuje získat základní údaje o tvaru a velikosti ledviny. Z hlediska přípravy je důležitá dostatečná hydratace pacienta pro zlepšení rozlišení a vyprázdněný močový měchýř před vyšetřením. Na sonografickém vyšetření se obvykle identifikují cysty, zvětšení ledvinné pánvičky, hematomy v blízkosti ledviny, solidní útvary, močové konkrementy, asymetrie ledvin nebo stav po transplantaci ledviny. Sonografickým vyšetřením

ke zjištění průtoku v renálních cévách je barevná dopplerovská sonografie. Speciálním typem vyšetření, které úzce souvisí se sonografií je biopsie, protože se provádí pod ultrazvukovou kontrolou. Jedná se o perkutánní odběr vzorku tkáně, potřebného k histologickému rozboru, získaného bioptickou jehlou. (TEPLAN, 2003; TESAŘ, a další, 2003)

Další často používanou zobrazovací metodou je pořízení nativního nefrogramu, což je v podstatě snímek břicha bez kontrastu, na němž jsou dobře viditelné kalcifikace v ledvině a RTG kontrastní konkrementy (vápníkové). Podá-li se intravenózně kontrast, tak se nejčastěji jedná o vylučovací urografii, která nám poskytne podrobnější informace o vývodných cestách než ultrazvuk. Aplikovaná kontrastní látka se vylučuje ledvinami a dojde ke „zvýraznění“ celých močových cest. Příprava na RTG vyšetření je jednoduchá – pacient od předchozího večera nejí ani nepije a v případě vyšetření s kontrastní látkou se u pacientů s alergií na jód podá premedikace 2-3 hodiny před snímkováním. Speciálním vyšetřením pro lepší zobrazení ledvin pomocí rentgenu bez možnosti podání kontrastu i.v. je ascendentní pyelografie, jedná se o vyšetření s ascendentním naplněním močových cest kontrastní látkou. Rentgenové vyšetření pouze močového měchýře s kontrastní látkou se nazývá cystografie a při opakovaném snímkování během močení mluvíme o mikční cystoradiografii. Pro získání informací o cévách se pod rentgenem provádí renální angiografie nutná pro rozpoznání renovaskulární hypertenze. (DÍTĚ, 2007; TEPLAN, 2003)

Ledviny lze zobrazit i pomocí výpočetní tomografie (CT), jenž dokáže dokonale zachytit ledviny a přilehlé tkáně. Jeho nevýhodami jsou několikanásobně vyšší radiační zátěž na pacienta oproti planárním RTG snímkům a potenciální alergická reakce na kontrastní látku. CT se provádí s kontrastem i bez kontrastu. CT bez kontrastu se indikuje nejčastěji k potvrzení kalcifikací intrarenálních a v ureteru. Kontrast podaný i.v. v případě CT obecně zvyšuje denzitu vaskularizovaných orgánů a jeho indikací bývají avaskulární malformace - cysty, infarkty, abscesy a nádory. Spirální CT je rychlejší a častěji se volí při přesné lokalizaci konkrementů bez podání kontrastu. (TEPLAN, 2003; TEPLAN, a další, 2004)

Magnetická rezonance (MR) poskytuje nejen podrobné anatomické informace, ale lze hodnotit i morfologické změny tkáně. (TEPLAN, 2003)

Radionuklidová vyšetření jsou vyšetření prováděná na oddělení nukleární medicíny pod scintilační kamerou a aplikací radiofarmaka. Poskytují nám informace nejen o morfologii ledvin, ale hlavně nám umožní vyšetřit funkci. Nejčastěji je lékařem indikována statická a dynamická scintigrafie ledvin (viz dále). Statická scintigrafie ledvin je neinvazivní vyšetření, které se provádí nejčastěji s použitím ^{99m}Tc -DMSA, což je radiofarmakum, které se vychytává v proximálních tubulech. Toto vyšetření se provádí s odstupem 2-3 hodin od aplikace radiofarmaka a jeho cílem je zobrazit parenchym ledvin kůry a poměr funkce obou ledvin. Při tomto vyšetření lze dobře identifikovat ložiskové změny, které se na výsledném obraze projeví částečným nebo úplným výpadkem akumulace (defektem). (KORANDA, 2014; MOUČKOVÁ, a další, 2014; TEPLAN, a další, 2004)

1.3 Dynamická scintigrafie ledvin (DSL)

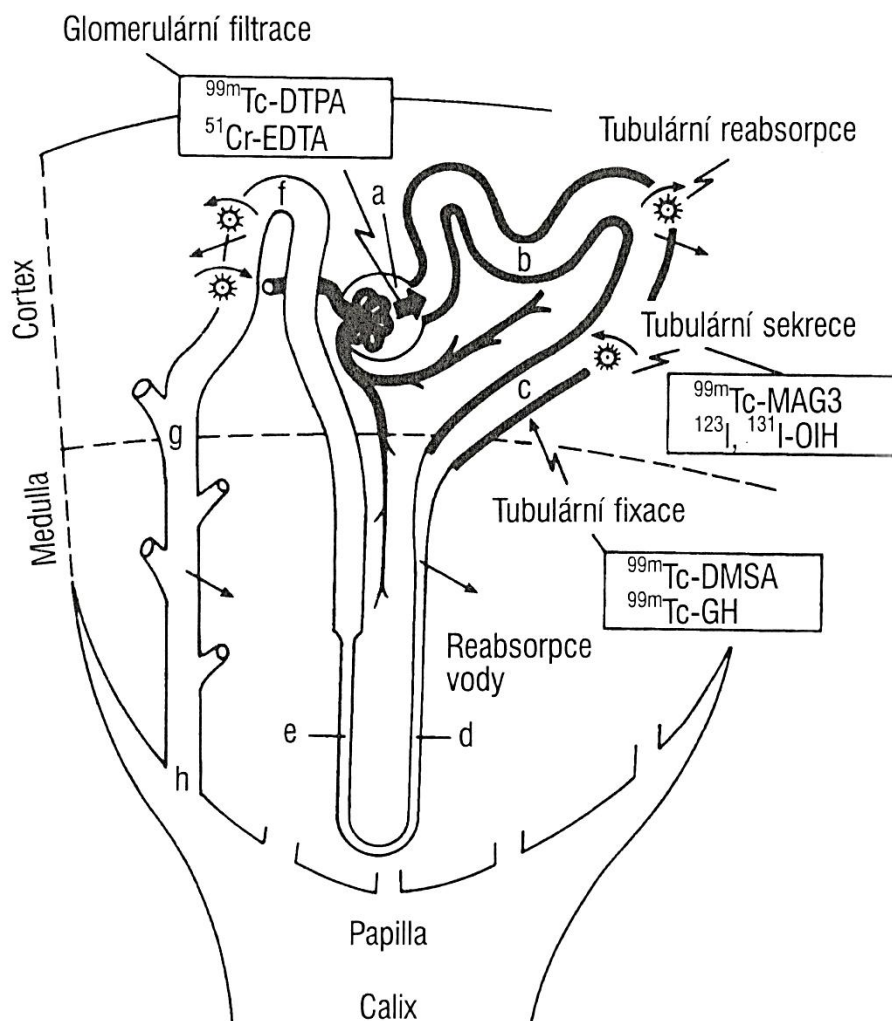
Dynamická scintigrafie ledvin je nejdůležitějším a nejčastějším radionuklidovým vyšetřením v nefrourologii. Je to neinvazivní funkční vyšetření, které nám umožní získat obrazovou informaci o parenchymu ledvin, přilehlém kalichopánvičkovém systému a vývodných cestách močových. Sledováním postupu (stopováním) intravenózně podaného radiofarmaka pod scintilačními kamerami připojenými na vyhodnocovací počítač lze kvantifikovat funkci ledvin a zhodnotit odtokové poměry. Dle aplikovaného radiofarmaka lze určit hodnoty glomerulární filtrace nebo efektivního průtoku plazmy ledvinami, či dokonce stanovit hodnoty clearance pro každou ledvinu zvlášť a pro jednotlivé segmenty ledviny zvlášť. Obvyklá délka vyšetření se pohybuje mezi 30 až 40 minutami a vyšetření lze modifikovat. (EANM, 2009; KUPKA, 2007; ŠABATA, a další, 2018; VIŽDA, 2002)

1.3.1 Radiofarmaka, radiační zátěž a aplikovaná aktivita

Radiofarmakum je ve své podstatě neradioaktivní farmakum, neboli kit, označené libovolným radionuklidem. Nejčastěji užívaným radionuklidem je technecium získané z molybden-techneciového generátoru. Kit má specifickou kinetiku v organismu a tím určuje, kde bude dané radiofarmakum vycytáno a co pomocí něho zobrazíme. Radiofarmakum je obvykle připravováno přímo na ONM v laboratoři pro přípravu radiofarmak. Jednotlivá radiofarmaka mají různé požadavky na přípravu (Pozn. Některá je nutno zahřát, jiná ochladit, ...). (KORANDA, 2014)

Pro scintigrafii ledvin se používají různá **radiofarmaka** podle toho, jakou funkci ledvin chceme sledovat. Pro dynamickou scintigrafii ledvin se obvykle používají tato radiofarmaka: $^{99m}\text{Tc-DTPA}$, $^{123}\text{I}({}^{131}\text{I})\text{-OIH}$, $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ či $^{99m}\text{Tc-EC}$. DTPA je ukazatelem glomerulární filtrace, protože je vylučována pasivní ultrafiltrací v glomerulech a v tubulech nedochází k resorpci. OIH, MAG3 a EC jsou ukazateli tubulární sekrece, protože jsou vázány na transportní bílkoviny. Existuje ještě třetí typ mechanismu vylučování, který je uplatňován ve statické scintigrafii ledvin s $^{99m}\text{Tc-DMSA}$, a to je fixace v tubulárních buňkách. Pro zajímavost existuje in vitro studie porovnávající vycytávání $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ a $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ v buňkách potkana, která prokázala, že na základě rozdílných membránových procesů se bude lišit míra akumulace. MAG3 se obecně akumuluje více, ale při nedostatku energie (při sníženém

aktivním transportu) se jeho akumulace sníží. Naopak akumulace DMSA se projevila na energii téměř nezávislá. (NOVÝ, a další, 2011; ŠABATA, a další, 2018; VIŽDA, 2002)



Obrázek č. 4 Distribuce radiofarmak v nefronu dle Müllera-Suura (zdroj: (KUPKA, 2007))

^{99m}Tc-DTPA – Diethylentriaminopentaocetová kyselina

DTPA je chelátová sloučenina, která se používá k měření glomerulární filtrace (GFR) a kvalitně zobrazuje ledvinový parenchym. Aplikuje se intravenózně a během 1-2 hodin se dostává do extracelulární tekutiny (pozor pacienti s ascitem či edémy mají odlišnou distribuci). Z těla je ledvinami vyloučeno 95 % aplikované aktivity během prvních 24 hodin, převážně GFR s poločasem 70 minut. Dnes už se moc nepoužívá. (VIŽDA, 2002)

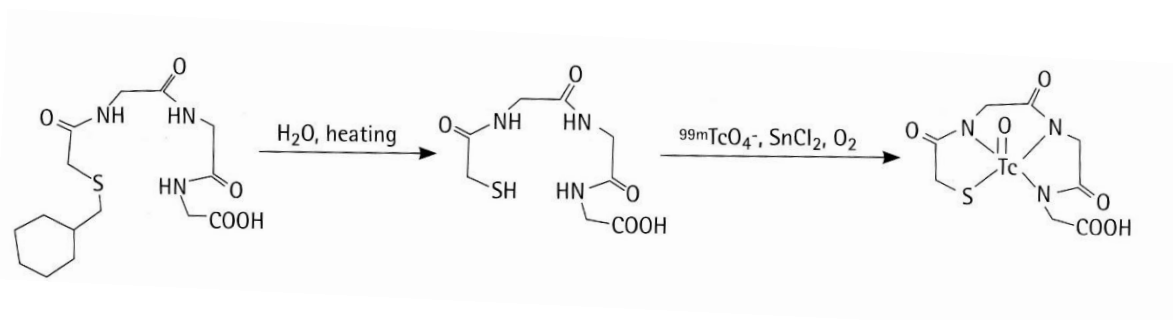
¹²³I(¹³¹I)-OIH – Orto-jodhipuran

Orto-jodhipuran je odvozen od kyseliny paraaminohipurové (PAH) a nejčastěji se značí ¹²³I, jež má nižší radiační zátěž a výhodnější energii. Lze pomocí něho zjistit hodnoty efektivního renálního plazmatického průtoku (ERPF), protože má vysokou clearance. Aplikuje se intravenózně, navazuje se na bílkoviny krevní plazmy a erytrocyty. 70 % aplikované aktivity je vyloučeno během prvních 30 minut. Na vyloučení se z 20 % podílí glomerulární filtrace a z 80 % tubulární sekrece – tento mechanismus, označovaný jako aktivní transport, je podobný též u MAG3 a EC. Vyšetření s OIH je doporučováno provádět s odstupem minimálně 2 týdnů od radiodiagnostického vyšetření s kontrastní látkou, důvodem je zhoršení aktivního exkretčního mechanismu po podání kontrastní látky, probenecidu, penicilínu nebo jiných antibiotik. ¹²³I-OIH obsahuje velmi malé množství volného jodu, který se vychytává ve štítné žláze a mohl by způsobit alergickou reakci. Aby byla absorbovaná dávka ve štítné žláze co nejnižší, je vhodné před aplikací tohoto radiofarmaka podat Lugolův roztok či Chlorigen (blokace). Toto radiofarmakum se používá zřídka, protože má vysokou pořizovací cenu a horší dostupnost. Důvodem je i krátký poločas rozpadu jodu. (VIŽĎA, 2002)

^{99m}Tc-MAG3 – Merkaptoacetyltriglycin

Mekaptoacetyltriglycin je momentálně nejčastěji používané radiofarmakum v dynamické scintigrafii ledvin. Aplikuje se intravenózně a velmi silně se váže na plazmatické bílkoviny. Ledvinami je vylučován velmi rychle, zejména aktivní tubulární sekrecí. Zdravými ledvinami je 70 % podané aktivity vyloučeno za 30 minut a 95 % za 3 hodiny, žlučí je vylučován minimálně. Pomocí tohoto radiofarmaka lze zjistit jak tubulární extrakční poměr (TER pomocí renální clearance), tak i efektivní průtok plasmy ledvinami (ERPF pomocí plasmatické clearance). Jeho mechanismus vylučování (aktivní tubulární sekreci) může ovlivnit nedávná aplikace rentgen kontrastních látek a některých antibiotik, ale s běžně užívanými léky předepisovanými u onemocnění ledvin nebyla prokázána žádná interakce. ^{99m}Tc-MAG3 je ve srovnání s OIH nevýhodný v možném znečištění během přípravy a v horší reprodukovatelnosti způsobené nižší a proměnlivou extrakční frakcí. Naopak je oproti OIH zvýhodněn značením techneciem, které kvalitněji zobrazí ledvinový parenchym a vývodné cesty.

U toho radiofarmaka je znám minimální výskyt nežádoucích účinků v podobě alergických reakcí, které se projevují zejména kopřivkou, kašlem a otoky víček. Proto musí být k dispozici na oddělení v malém množství adrenalin, kortikoidy a antihistaminika. (VIŽĎA, 2002; Ullmann; leták, 2015)



Obrázek č. 5 Rovnice popisující chemické reakce během přípravy Tc-MAG3 (zdroj: (EANM, 2009 str. 13))

^{99m}Tc-EC – Ethylendicystein

Ethylendicystein se v cizině užívá od 90. let, ale v ČR není kvůli vyšší ceně používán. Lze pomocí něho stanovit spíše hodnoty efektivního renálního plazmatického průtoku (ERPF) než tubulární extrakční poměr (TER), protože má vyšší clearance. (VIŽĎA, 2002)

*„Hodnota **radiační zátěže** spojená s radionuklidovými metodami závisí na aplikované aktivitě radiofarmaka, fyzikálních a chemických vlastnostech radionuklidu (fyzikální poločas, druh energie a zastoupení emitovaného záření, pevnost jeho vazby na farmakum aj.) a biologických faktorech, které ovlivňují farmakokinetiku (akumulace v jednotlivých orgánech, rychlost vylučování, patologické změny jeho kinetiky aj.). Radiační zátěž z radiofarmaka je dána jak souborem absorbovaných dávek v jednotlivých orgánech (vyjadřují se v mGy/MBq) tak i efektivní dávkou (jednotkou je mSv/MBq), jež se stanovuje ze zmíněného souboru dávek.“* (VIŽĎA, 2002 str. 8)

Při vyšetřeních na ONM je obecně radiační zátěž u dětí málo závislá na věku. Dětem se aplikují nižší dávky aktivity než dospělým a tím je dosažena i nižší efektivní dávka než je u dospělých. Dochází tak ke snížení radiačního rizika v podobě stochastických

účinků (nádorů a genetických mutací). Toto riziko je u dětí 2-3 krát větší než u dospívajících. Při radionuklidových vyšetření může dojít ke zvýšení efektivní dávky vlivem onemocnění. Typickým příkladem je obstrukce močových cest, kdy díky obstrukci neodchází nebo odchází pomaleji radiofarmakum z těla a vlivem narůstajícího času se zvyšuje efektivní dávka. Při jednostranné obstrukci může být efektivní dávka až dvojnásobná. (VIŽĎA, 2002)

Radiofarmakum - vyšetření	aplik. akt. [MBq]	ledviny [mGy/vyš.]	moč. měchýř [mGy/vyš.]	gonády [mGy/vyš.]	efekt.dávka [mSv/vyš.]
¹³¹ I-OIH – dynam. scintigrafie	10	1,5	6,3	0,3	0,5
¹²³ I-OIH – dynam. scintigrafie	75	2,0	8,3	0,6	0,9
^{99m} Tc-DTPA – dynam. scintigrafie	200	0,9	13,0	0,9	1,0
^{99m} Tc-MAG3 – dynam. scintigrafie	100	0,4	12,0	0,1	0,7
^{99m} Tc-EC – dynam. scintigrafie	100	1,7	4,3	0,7	0,6
^{99m} Tc-DMSA – stat. scintigrafie	100	17,0	1,9	0,4	0,9
^{99m} Tc-GHA – stat. scintigrafie	100	4,9	5,6	0,5	0,5
⁶⁷ Ga-citrát – záněty	80	8,8	64,8	6,6	8,8
RTG – intravenózní urografie	kontrast	1,8	4,3	3,0	3,1
CT vyšetření břicha nebo pánve	kontrast	–	–	–	10,0

Obrázek č. 6 Přehled radiačních zátěží z nejčastějších vyšetření onemocnění ledvin a močových cest u dospělých pacientů (zdroj: (VIŽĎA, 2002 str. 9))

Podle směrnic EANM jsou **hodnoty aplikované aktivity** pro jednotlivá radiofarmaka následující: (EANM, a další, 2011)

^{99m}Tc-MAG3 minimální aplikovaná aktivita: 15 MBq, doporučená dávka pro 70kilogramového dospělého: 70 MBq

^{99m}Tc-DTPA minimální aplikovaná aktivita: 20 MBq, doporučená dávka pro 70kilogramového dospělého: 200 MBq

¹²³I-hippuran minimální aplikovaná aktivita: 10 MBq, doporučená dávka pro 70kilogramového dospělého: 75 MBq

Dle informačního letáku k Technescanu MAG3 lze podle druhu zjišťované patologie aplikovat dospělé osobě 37-185 MBq. Dále uvádí, že pro děti se užívají nižší dávky v závislosti na velikosti povrchu těla – stanovené přepočtové faktory F. Faktor F je dán poměrem povrchu těla dítěte a dospělého. Hodnota faktoru F klesá se snižujícím se

věkem. Faktor F lze použít i u pacientů váhou významně převyšujících 70 kilogramů. (leták, 2015; Kolektiv, 2000)

Pro výpočet aplikované aktivity dítěti je na stránkách EANM dostupná tzv. dávková kalkulačka (Paediatric Dosage Calculator), kde si lékař nastaví váhu dítěte a požadované radiofarmakum. (viz příloha č. 1) Z této kalkulačky jsem zpracovala orientační tabulku.

Tabulka č. 1 Přehled aplikované aktivity v závislosti na hmotnosti a druhu radiofarmaka

Hmotnost (v kg)	Aplikovaná aktivita (v MBq)		
	99mTc-MAG3	123I-OIH (normální renální funkce)	99mTc-DTPA (normální renální funkce)
3	15	13	34
4	15	14	38
6	17	19	50
8	20	22	58
10	23	25	66
14	28	30	80
18	32	35	92
20	34	37	98
24	38	41	108
30	43	47	124
34	46	50	132
40	51	55	146
44	54	58	154
50	58	62	166
54	60	64	170
60	65	70	186
64	67	72	192
68	69	74	196

1.3.2 Indikace a kontraindikace vyšetření s ^{99m}Tc-MAG3

Obecně je **indikací** k provedení dynamické scintigrafie posouzení poměru funkce ledvin a potřeba vyhodnotit průběh odtoku moči močovými cestami. Vyšetření poskytne informaci o funkci každé ledviny zvlášť, doplní tím morfologické metody a umožní tak získat lékaři komplexnější pohled. (KUPKA, 2007; MOUČKOVÁ, a další, 2014)

Příkladem konkrétní indikace k provedení dynamické scintigrafie ledvin s použitím MAG3 jako metody první volby je úraz ledvin, kde je podezření na únik moči mimo močové cesty. Dalšími konkrétními indikacemi, kde má tato metoda zásadní význam, jsou rozlišení typu obstrukce, posouzení funkce anomálně uložené ledviny, posouzení vlivu cysty na odtok v ledvině, vyhodnocení funkce ledvinného parenchymu při nefropatii, posouzení funkce obou ledvin po zánětu (může být stranová asymetrie), posouzení funkce a perfuze ledviny poškozené úrazem, dále pak detekce, diferenciální diagnostika a sledování léčby při renovaskulární hypertenzi, posouzení druhé ledviny před nefrektomií (zda pacient přežije s jednou ledvinou) nebo posouzení prokrvení a funkce transplantované ledviny. Indikací je ještě mnohem více. (VIŽDA, 2002)

Kontraindikace nejsou doposud známy a neprokázala se ani interakce s léčivými látkami, které jsou běžně předepisovány. Pro diferenciální diagnostiku poruch se využívá jednorázová aplikace diuretik či ACE inhibitorů. (leták, 2015)

Relativními kontraindikacemi jsou gravidita a laktace. Ženy v reprodukčním věku podepisují, že nejsou těhotné. Nejsou-li si jisté (vynechala jim menstruace), jsou považovány za těhotné. Pokud je žena gravidní, tak se zvažuje přínos vyšetření nad možným radiačním rizikem pro matku a plod. V případě nutnosti vyšetření lze zajistit snížení dávky na plod prodloužením času vyšetření a podáním nižší aplikované aktivity. Nejméně vhodné je vyšetření těhotné ženy mezi 13. až 15. týdnem, kdy je radiační riziko stochastických účinků nejvyšší. Obdobně je tomu u kojících žen, kde se zvažuje, zda-li nelze vyšetření odložit do doby, kdy matka přestane kojit. Pokud je nutností vyšetření provést, musí matka u MAG3 na 8 hodin přerušit kojení a mléko, které se za tu dobu vytvoří, je nezbytné odsát a zlikvidovat. Matka může znovu začít kojit, až když předpokládaná úroveň aktivity v mléku nezpůsobí radiační zátěž vyšší než 1 mSv. (KORANDA, 2014; VIŽDA, 2002; leták, 2015)

1.3.3 Příprava pacienta na vyšetření a omezení po vyšetření

Pacient by měl být dostatečně hydratován **před vyšetřením**, aby byla zajištěna normální funkce ledvin a zamezilo se vzniku falešně pozitivního nálezu v důsledku pomalého odtoku. U málo hydratovaných pacientů dochází k hromadění koncentrované moči s RF v kalichopánvičkovém systému. Doporučuje se, aby pacient půl hodiny před vyšetřením vypil ideálně 100 mililitrů na 10 kilogramů své váhy nebo alespoň půl litru. U nespolupracujícího pacienta lze zajistit dostatek tekutin pomocí i. v. infuze a vyprazdňování pomocí cévkování. U dětí se doporučovaný objem tekutin upravuje podle váhy. (KORANDA, 2014; KUPKA, 2007; VIŽĎA, 2002)

Pacient by měl mít před vyšetřením vyprázdněný močový měchýř, protože plný močový měchýř může způsobit zpomalení nebo úplné přerušování odtoku moči z ledvin a tím simulovat zhoršenou funkci. (KORANDA, 2014; KUPKA, 2007; VIŽĎA, 2002)

Pacient při tomto typu vyšetření nemusí být nalačno a na některých odděleních je dokonce doporučováno, aby si pacient sebou přinesl bonbon či žvýkačku. Důvodem je, že cucání a polykání slin podněcují močení (reflexní vylučování). (DEDEK, a další, 2006; ŠABATA, a další, 2018)

Při přípravě malých dětí je důležité věnovat pozornost zajištění co nejmenší pohyblivosti, proto je dobré úplně odstranit nebo co nejvíce potlačit rušivé podněty a na některých odděleních se dítě lehce fixuje pásem, příkladem ONM České Budějovice. Podání sedativ dětem není běžnou záležitostí a ani vhodným řešením, mohlo by dojít ke změně motility ureterů a vzniku potenciálního patologického nálezu. Přesto se někde můžeme s premedikací u kojenců a batolat setkat, příkladem takového oddělení je Klinika nukleární medicíny ve FN Olomouc. U malých dětí je vhodné zavést periferní žilní katetr (kanyla), protože sebou nebudou tolik „škubat“ při podání radiofarmaka, a nejlépe v jiné místnosti, aby se dítě v místnosti s kamerou cítilo klidněji/bezpečněji. (KORANDA, 2014; KUPKA, 2007; SKORČÍKOVÁ, a další, 2008)

Před vyšetřením by měl být lékař obeznámen s farmakoterapií, která u pacienta probíhá. Příkladem může být pravidelné užívání diuretik, které by bylo nutné vysadit po domluvě s lékařem krátce před vyšetřením. (VIŽĎA, 2002)

Před vyšetřením musí pacient podepsat informovaný souhlas s provedením vyšetření.

Po vyšetření je pacientovi doporučován zvýšený příjem tekutin a časté močení, aby se radiofarmakum co nejrychleji vyloučilo z těla ven a snížila se tak radiační zátěž. Dále je pacientovi, i při minimální aplikované dávce, doporučováno po dobu jednoho dne omezit styk s těhotnými ženami a malými dětmi. (ŠABATA, a další, 2018)

1.3.4 Průběh vyšetření

Před samotným vyšetřením je radiologickým asistentem do počítače zadán konkrétní pacient – jméno, rodné číslo, přiřazené nemocniční sedmimístné identifikační číslo vyšetření pro tohoto pacienta (tzv. accession number), pohlaví, váha, výška a vybrán akviziční protokol. V rámci přednastavení akvizičního protokolu pro dynamickou scintigrafii ledvin je toto vyšetření prováděno na dvouhlavé gamakameře s kolimátorem LEHR (Low Energy High Resolution – pro nízké energie s vysokým rozlišením) nebo LEAP (Low Energy All Purpose – univerzální kolimátor, kompromis mezi rozlišením a citlivostí) a velkým zorným polem. Dalším požadavkem na vyšetření je nastavení analyzátoru na fotopík pro technecium (140 keV - kiloelektronvolt) a okénka na 15-20 %. Používány jsou obrazové matice 64x64 nebo 128x128. Jsou zde přednastaveny 2 fáze, což jsou nepřerušené série snímků se stejným časem snímání na obraz. První fáze je nastavena na 60 snímků po 1 sekundě sloužící k zobrazení perfuse a druhá je nastavena na 80-120 snímků po 15 sekundách k zobrazení parenchymové a exkrece fáze. (ŠABATA, 2018; ŠABATA, a další, 2018; VIŽDA, 2002)

Těsně před příchodem pacienta je na detektoru radiologickým asistentem nasnímána injekční stříkačka s radiofarmakem, které budeme aplikovat danému pacientovi. Je tomu učiněno pro usnadnění práce – aplikovaná aktivita je počítačem přesně přepočtena na impulzy. (ŠABATA, a další, 2018)

Následně je pacient přiveden do místnosti s kamerou a uložen na vyšetřovací stůl. Dynamická scintigrafie ledvin je obvykle prováděna vleže na zádech, výjimečně vsedě. Zorné pole scintilační kamery je nastaveno na oblast od srdeční baze přes ledviny po močový měchýř. Detektor gamakamery je nastaven na zadní projekci. Obvyčejně je obraz snímán pouze jedním detektorem co nejbliže k vyšetřovacímu stolu. U pacientů s dystopickou nebo transplantovanou ledvinou je s výhodou využíván i druhý detektor a je prováděn záznam současně z přední i zadní projekce. Kojence lze položit přímo

na kolimátor. Pacientovi je intravenózně aplikováno radiofarmakum, v našem případě $^{99m}\text{Tc-MAG3}$, a začíná třicetiminutové snímání. Pacient musí ležet v klidu. V případě potřeby nebo problému může pacient „zavolat“ na radiologického asistenta, který následně může ukončit snímání. Nejčastějším důvodem je nutkání na močení po podání diuretika (podrobněji v podkapitole – furosemidový test). Pokud pacient vydržel alespoň 20 minut, lze vyšetření přepočítat pomocí speciálního vyhodnocovacího programu a stále má nějakou výpovědní hodnotu. Při přerušení dříve než ve 20. minutě je vyšetření obvykle nutné opakovat. Po třiceti minutách je pacient vyvezen z pod detektoru a poslán vymočit. (KUPKA, 2007; ŠABATA, 2018; ŠABATA, a další, 2018; VIŽĎA, 2002)

Než se pacient vymočí, radiologický asistent opět nasnímá prázdnou stříkačku po užitém radiofarmaku, aby bylo možné dopočítat, kolik aktivity zůstalo v kónusu. Nasnímání stříkačky před a po vyšetření je důležité pro stanovení hodnot ERPF. (ŠABATA, a další, 2018)

Po vymočení je pacient ještě jednou uložen na vyšetřovací stůl a zavezen pod detektor. Statické snímání trvá pouze dvě minuty za stejných podmínek jako předchozí snímání a poté může pacient odejít domů. Zaznamenanou studii je nutno zpracovat ve speciálním vyhodnocovacím programu (na ONM ČB – Renal Analysis) a výsledky budou přeposlány indikujícímu lékaři, který je pacientovi sdělí. (ŠABATA, a další, 2018)

1.3.5 Modifikace vyšetření

U dynamické scintigrafie ledvin lze provést tyto speciální modifikace:

a) Diuretická nefrografie (furosemidový test)

Tato modifikace je používána k rozlišení vrozené dilatace kalichopánvičkového systému od hydronefrózy v důsledku obstrukce na základě posouzení průběhu a rychlosti odtoku moči po i. v. podání diuretika (furosemidu). Dávka pro dítě je maximálně 20 mg (1mg furosemidu/kg hmotnosti) a pro dospělého pacienta okolo 40 mg. Efekt furosemidu nastává až po 10 minutách. S výhodou je prováděna při použití $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ a za stejné přípravy. Běžně se používají tři protokoly – F -15, F 0 a F +20. Protokol F -15 je prováděn u pacientů, u kterých je předem známa

obstrukce a je založen na podání furosemidu 15 minut před aplikací radiofarmaka. Při užití protokolu F 0 je aplikován furosemid současně s aplikací radiofarmaka a je používána u dětí. U protokolu F +20 je furosemid podán ve 20. minutě vyšetření a bude zvolen při velmi pomalém nebo žádném odtoku moči zjištěném během scintigrafie. Při obstrukci je odtok zpomalen i během efektu diuretika, bez změny rychlosti drenáže i po vymočení a často je přítomen pokles ledvinné funkce.

Alternativou k diuretické nefrografii by bylo stanovení tranzitních časů radiofarmaka pomocí dekonvoluční analýzy nefrogramů, u které není nutné podat diuretikum. Rutinně se zatím nepoužívá, protože vyžaduje přesné stanovení parenchymové oblasti, jež je velice obtížné. (KUPKA, 2007; ŠABATA, a další, 2018; VIŽDA, 2002)

b) Dynamická scintigrafie ledvin s podáním ACE inhibitorů k detekci renovaskulární hypertenze (captoprilový nebo enaprilátový test)

Dynamická scintigrafie ledvin s podáním ACE inhibitorů se provádí u pacientů suspektních na hemodynamicky významnou stenózou renálního řečiště, která vede k vzniku renální hypertenze. Tato modifikace má vysokou specifitu i senzitivitu a je u ní využíváno faktu, že při podání ACE inhibitoru u pacienta s renovaskulární hypertenzí dojde ve výsledku ke snížení glomerulární filtrace a zpomalení transportu radiofarmaka skrze tubuly. Lze jej provádět s $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ i $^{99m}\text{Tc-DTPA}$. Pacient před vyšetřením 4 hodiny lační, pije pouze vodu, musí vysadit 3-7 dní před vyšetřením terapeuticky užívané ACE inhibitory, blokátory angiotensin II receptorů a 3 dny před i diuretika. Test lze provést v jednodenním nebo dvoudenním protokolu. Při jednodenním protokolu se provede nejprve bazální studie s i.v. aplikací 50-70 MBq $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ zaznamenaná jako klasická 30minutová dynamická scintigrafie ledvin a poté je pacientovi i.v. aplikován pomalu Enap. Za 15 minut po aplikaci Enapu se znovu aplikuje i.v. 200-250 MBq $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ a je spuštěna druhá DSL. Při dvoudenním protokolu je první den provedena studie s ACEI, kdy je hodinu před vyšetřením podáno per os 25-50 mg Captoprilu. Druhý den je prováděna studie bez ACEI, pokud byla na snímcích s ACEI přítomna nějaká patologie. U obou protokolů se vždy studie s ACEI a bez ACEI porovnávají. Hodnotí se vizuálně získané scintigramy, srovnávají se poměry funkce a průběhy nefrogramů. Lze říci, že při zadržování radiofarmaka v parenchymu ledvin s časovým posunutím T_{\max} a prodloužením tranzitních časů dojde ke změně tvaru

nefrografické křivky na časovém histogramu, což vypovídá o vysoké pravděpodobnosti renovaskulární hypertenze. (KORANDA, 2014; ŠABATA, a další, 2018; VIŽDA, 2002)

c) **Dynamická scintigrafie transplantované ledviny**

Takto modifikované vyšetření se provádí jako pooperační sledování krátce po transplantacích ledvin v různých časových odstupech kvůli časnému zachytu komplikací. Obvykle je vhodné provést scintigrafii graftu do 24 hodin po transplantaci pro odlišení akutních komplikací od ostatních a pak v odstupu den-týden-měsíc nebo podle potřeby. K diagnostice pooperačních komplikací se používají i další metody – ultrasonografie, počítačová tomografie, magnetická rezonance, angiografie či intravenózní vylučovací urografie. Mezi posttransplantační komplikace patří akutní tubulární nekróza, trombóza renální artérie, renální infarkt, akutní rejekce (odmítnutí), urinom (únik moči do peritonea) či hematom. Každá komplikace se projeví specificky na scintigramu. Například akutní tubulární nekróza se projeví zachovalou perfuzí, sníženou funkcí a zpomalenou exkrecí, přičemž se při opakovaných kontrolách sekreční a exkreční funkce postupně zlepšuje, až je po 3-8 týdnech normální. Scintigrafie ledvinového graftu umožňuje získat rychlou informaci o perfuzi štěpu, sekreci a exkreci do dutého systému či zbytkovou funkci vlastních ledvin u pacientů bez nefrektomie. Transplantovaná ledvina je obvykle uložena do pravé nebo levé jámy kyčelní, takže se zorné pole nastavuje na oblast břicha tak, aby byla zobrazena oblast transplantované ledviny, ilické tepny a močový měchýř. Pacientovi je při tomto vyšetření i.v. metodou bolu aplikováno 7,4 MBq/kg ^{99m}Tc -MAG3 (max 370 MBq). Provedením ani přípravou se vyšetření příliš neliší od dynamické scintigrafie ledvin, tzn. pacient vleže na zádech, minutová perfuzní fáze se snímky po 0,25-1 s a ve druhé fázi 20-30minutové snímání s obrazy po 10-30 s. Rozdíl je v provádění pouze přední projekce. Při provádění vyšetření by si RA měl dát pozor na uzavření močového katétru („zaštípnutí cévky“), aby bylo vidět plnění močového měchýře. U tohoto vyšetření se hodnotí hlavně vývoj perfuzních změn štěpu v čase na perfuzních křivkách. Perfuzní křivky jsou vytvářeny z oblasti štěpu, ilické tepny nebo aorty. K hodnocení se používají různé vypočítané indexy nebo výsledky z předchozího vyšetření, které se srovnávají

s fyziologickými údaji. (MOUČKOVÁ, a další, 2014; NOVÁKOVÁ, 2012; ŠABATA, a další, 2018; VIŽĎA, 2002)

1.3.6 Hodnocení vyšetření

Snímky získané během DSL můžeme hodnotit jak vizuálně, tak pomocí kvantitativní analýzy. Vizuálně hodnotíme rychlý vstup radiofarmaka do ledviny – tzv. perfuzní fáze (4 – 6 s od zobrazení aorty, homogenní rozložení), jeho vychytání v parenchymu – tzv. funkční nebo parenchymová fáze (viditelné pouze velké ložiskové defekty nebo jizvy) a ve třetí fázi – tzv. exkrecní nebo drenážní fázi, hodnotíme odtok z kalichopánvičkového systému (3.– 4. minuta). Už při pouhém pohledu mohou být zjevné patologické procesy. Při kvantitativním hodnocení si vybíráme oblasti zájmu (ROI – Region Of Interest), z nichž počítač vytvoří četnostní nefrografické křivky a umožní tak pomocí přesných čísel kvantifikovat problém. (KORANDA, 2014; Ullmann; VIŽĎA, 2002)

Oblast ROI

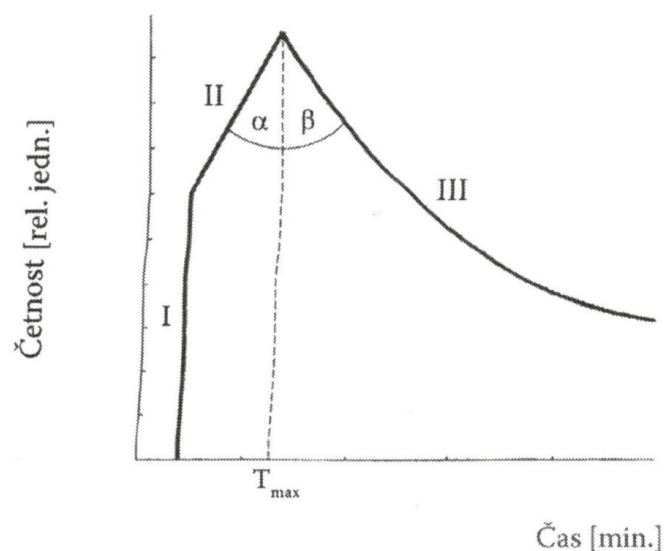
ROI je zkratka anglického Region Of Interest, což se do češtiny překládá jako oblast zájmu nebo zájmová oblast. Používá se k cílenému hodnocení orgánu nebo části obrazu, jež si vyznačíme na parciálním nebo celkovém sumačním obrazu (součet několika nebo všech obrazů ze studie). Z vyznačené oblasti nám počítač provede kalkulaci počtu impulzů a počtu pixelů v ROI. Z těchto hodnot vypočte průměrný počet impulzů na 1 pixel a může stanovit minimální i maximální počet impulzů na pixel v ROI. Oblast zájmu může mít různý tvar, ať už pravidelný či nepravidelný, a může být tvořena manuálně, poloautomaticky nebo automaticky (podrobněji v kapitole 3. 2 Počítačové zpracování a sběr dat). Oblast ROI se při tomto vyšetření tvoří na oblast obou ledvin, na oblast v blízkosti obou ledvin (pozadí), někdy i na oblast srdce (krevní řečiště). ROI na pozadí je velice důležitá kvůli potřebnému odečtu. (KORANDA, 2014; ŠABATA, 2018; Ullmann)

Nefrografické křivky

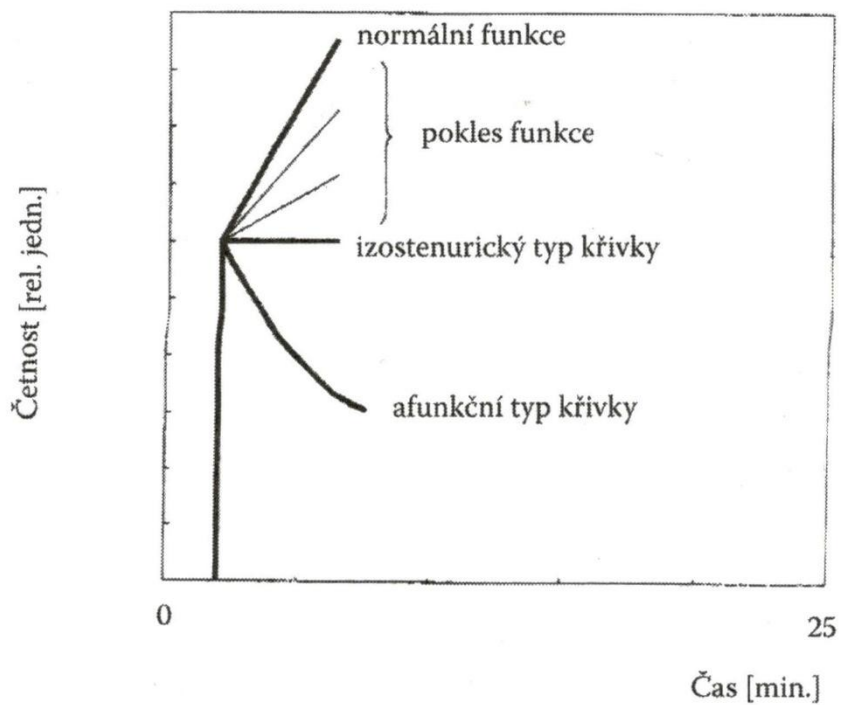
Nefrografické křivky jsou funkční křivky, které znázorňují časový průběh distribuce radiofarmaka v ledvinách (naše oblasti zájmu). Princip tvorby funkčních křivek obecně spočívá v přenosu námi stanovených ROI na jednom obrazu do všech obrazů, zjistí počet impulzů v ROI na každém obrazu a hodnoty vynese do grafu, což je v tomto případě právě nefrografická křivka. (KORANDA, 2014; ŠABATA, 2018)

Číselné údaje charakterizující průběh křivky označujeme jako parametry, které nám umožňují zhodnotit funkční stav vyšetřované oblasti. Parametry hodnotícími funkci jsou rychlost vzestupu (míra funkční kapacity orgánu přímá sklonu vzestupné části křivky) a T_{MAX} (čas do dosažení maxima od začátku snímání). Parametry hodnotící odtok jsou $T_{-50\%}$ (doba od vrcholu do poklesu na polovinu maxima), $T_{-1/2}$ (doba poklesu původní hodnoty na polovinu) a residuální aktivita (výše křivky v procentech maxima v určitém čase od začátku snímání). T_{MAX} by měl být < 5 min a čas poloviny maxima za cca 15 min po aplikaci RF. Retence v kalichách vede k prodloužení času setrvání RF v ledvinách. (Esser JP; KORANDA, 2014; ŠABATA, 2018)

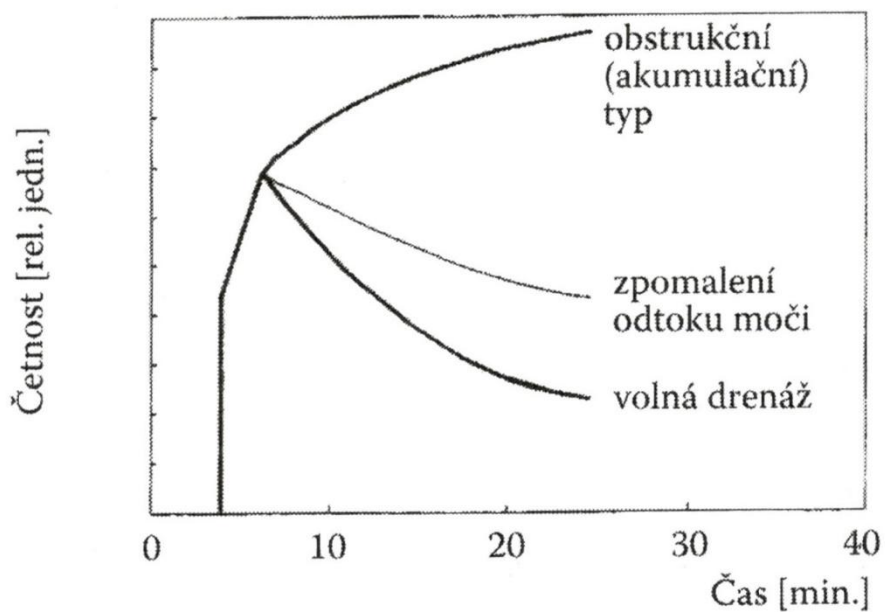
Nefrografická křivka má tři části, které odpovídají třem fázím – I. perfuzní, II. funkční a III. exkrecní (viz Obrázek č. 7). Při poruše funkce dochází k poklesu strmosti II. části (funkční fázi) (viz Obrázek č. 8). Při poruše odtoku dochází ve III. části (exkrecní fázi), buď k postupnému nárůstu křivky při obstrukci, anebo k pozvolnějšímu poklesu křivky při zpomaleném odtoku moči (viz Obrázek č. 9). (KORANDA, 2014)



Obrázek č. 7 Schéma normální nefrografické křivky a jejích jednotlivých fází (zdroj: (KUPKA, 2007))



Obrázek č. 8 Schématické znázornění průběhu II. fáze nefrografické křivky při různé míře funkčního postižení ledviny (zdroj: (KUPKA, 2007))



Obrázek č. 9 Nefrografické křivky při různé míře zpomalení odtoku radiofarmaka z ledviny (zdroj: (KUPKA, 2007))

Stanovení poměru funkce ledvin

Množství radiofarmaka, které je vychytáno v ledvinách během parenchymové fáze (II. funkční) je přímo úměrné funkci ledvin. (KORANDA, 2014) „*Vlastní výpočet je nejčastěji založen na prostém stanovení poměru množství radiofarmaka vychytaného levou a pravou ledvinou ve 2. minutě vyšetření při scintigrafii $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ nebo ve 2. a 3. minutě při scintigrafii $^{99m}\text{Tc-DTPA}$. Druhou variantou zhodnocení funkční zdatnosti ledvin je metoda, která jako parametr ledvinné funkce používá rychlost nárůstu aktivity radiofarmaka v ledvině v parenchymové fázi vyšetření. Velmi zjednodušeně lze za základ této metody označit srovnání strmosti vzestupné fáze nefrografické křivky levé a pravé ledviny.*“ (KORANDA, 2014 str. 95)

Při hodnocení poměru funkce je vhodné brát v potaz hloubku uložení pravé a levé ledviny, aby nedošlo k chybnému výpočtu poměru funkce. Existují práce, které zkoumaly normální hloubku uložení ledvin pomocí ultrazvuku a zjistily, že za normálních okolností lze aplikovat vzorec odhadující hloubku uložení ledvin na základě váhy a výšky těla. Vzorec se trochu liší pro dětské pacienty do 6 let od vzorce pro starší dětské a dospělé pacienty. Z těchto důvodů je při tomto vyšetření nutno uvádět váhu, výšku a věk. Zároveň existuje práce, která zkoumala potenciální využití nízkodávkového CT pro zjištění hloubky uložení ledvin. V této práci bylo jeho užití označeno jako potenciálně užitečné, ale nebyl jednoznačně prokázán rozdíl mezi výsledky s použitím CT a s použitím vzorce odhadujícího hloubku. V případě dystopické ledviny nebo výrazné asymetrie korekční vzorec nefungují. (Inoue, a další, 2016; KORANDA, 2014; ŠABATA, a další, 2018)

Stanovení celkové funkce obou ledvin

Stanovení celkové funkce obou ledvin se provádí většinou bezodběrových metod, které jsou založeny externím měření scintilační kamerou. Jsou technicky jednoduché a nepředstavují žádnou další zátěž pro pacienta. Jejich reprodukovatelnost je dostačující, proto není potřeba provádět metody vzorkové. (KUPKA, 2007)

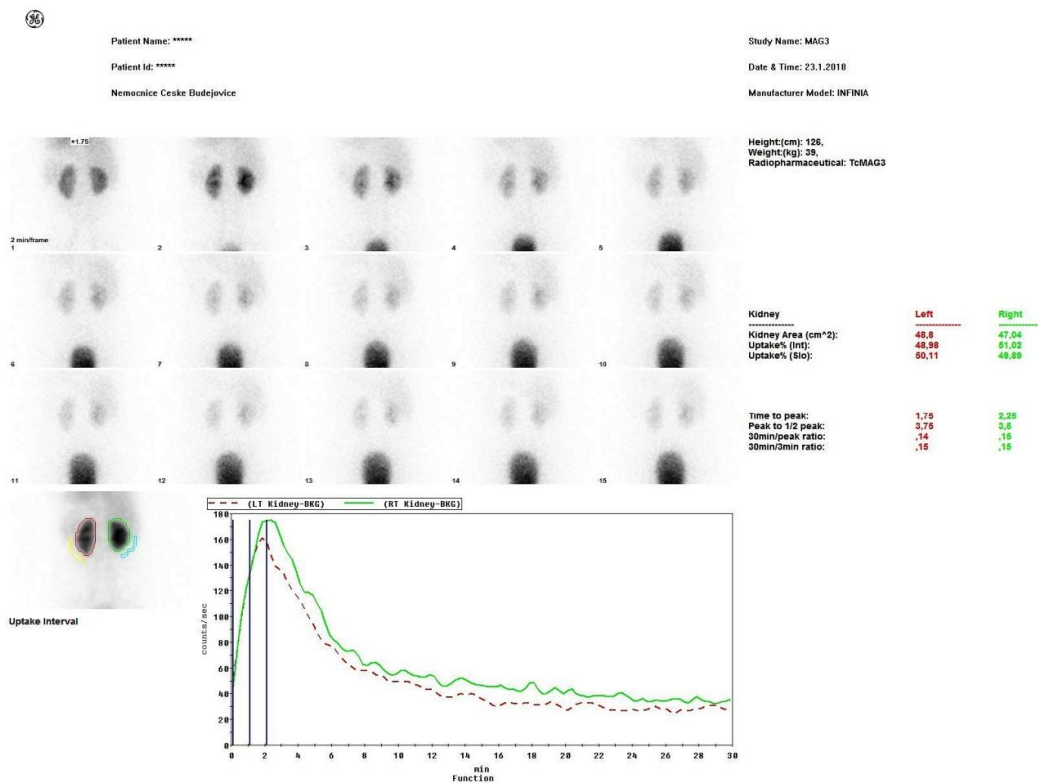
Nejznámější bezodběrovou metodou pro stanovení celkové funkce je stanovení GFR dle Gatese, při níž se používá $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ a měří se akumulace ve 2. a 3. minutě vyšetření. (KUPKA, 2007)

Bezodběrová metoda s aplikovaným $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ je založena na hodnocení akumulace RF v ledvinách během druhé minuty. Množství RF, které se v ledvině vycytá v průběhu druhé minuty, se vyjádří jako podíl z celkově aplikované aktivity. Výsledek po úpravě empirickými vzorci informuje o efektivním průtoku plazmy (ERPF). Přitom platí skutečnost, že čím více RF ledvina ve sledovaném čase akumuluje, tím lépe funguje. Normální je rozmezí mezi 45 až 55 %. (KUPKA, 2007; VIŽĎA, 2002)

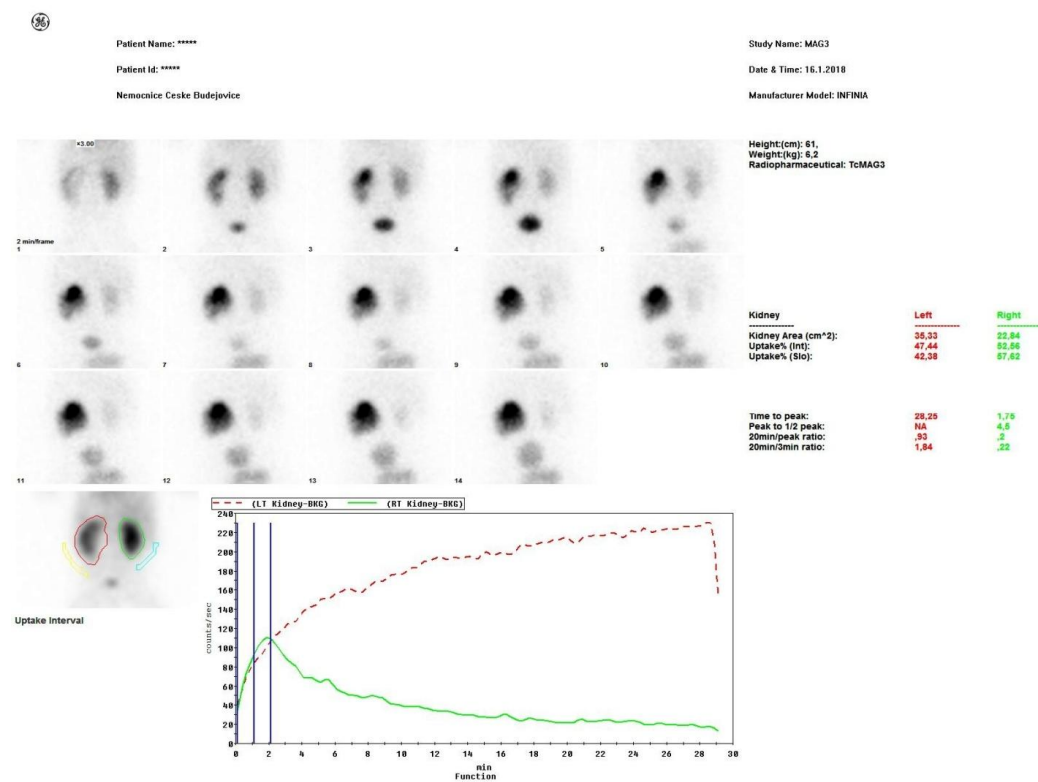
Výsledný protokol

Výsledný protokol DSL standardně obsahuje:

- dle nastavení různý počet reprezentativních scintigramů ze třech fází (perfuzní, funkční a exkretční) – na ONM ČB sumované obrazy po 2 minutách (15 obrazů)
- tzv. Uptake interval, což je sumovaný obraz intervalu akumulace
- tzv. Postvoid, což je statický snímek po vymočení
- nefrografické křivky pro každou ledvinu s odečteným pozadím, které jsou výsledkem závislosti četnosti impulzů (aktivity) na čase
- poměr funkce obou ledvin a hodnoty celkové funkce obou ledvin
- číselné hodnoty popisující průběh nefrografické křivky, tzn. T_{MAX} , $T_{1/2}$
- lékařský popis nálezu (KORANDA, 2014; Xeleris, 2007)



Obrázek č. 10 Výsledný protokol u ledvin s normální funkcí (zdroj: ONM České Budějovice)



Obrázek č. 11 Výsledný protokol u ledviny s obstrukcí (zdroj: ONM České Budějovice)

2 Cíl práce a výzkumná otázka

2.1 Cíl práce

Zpracovat hodnoty poměru aktivity v ROI ledviny ve 30. minutě vyšetření oproti 2.-3. minutě u pacientů na ONM České Budějovice. Pro srovnání zpracovány i hodnoty poměru aktivity v ROI ledviny ve 30. minutě oproti vrcholu.

2.2 Výzkumná otázka

Jaké jsou normální hodnoty poměru aktivity v ROI ledviny ve 30. minutě vyšetření oproti 2.-3. minutě u pacientů na ONM České Budějovice?

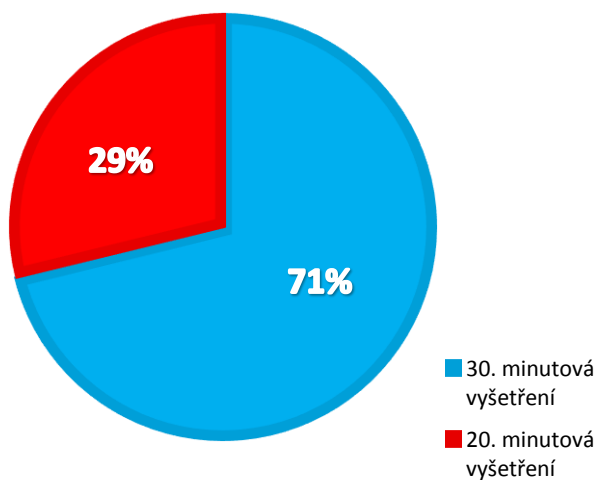
3 Metodika

3.1 Vybraný soubor pacientů

Základní statistický soubor (ZSS) pacientů byl získán při vyšetření dynamickou scintigrafií ledvin s použitím $^{99m}\text{Tc-MAG3}$ na oddělení ONM České Budějovice v období od 1. ledna do 13. listopadu 2018. Pacienti byli bráni chronologicky. Vyšetření v tomto období podstoupilo celkem 52 pacientů ve věku od 0 do 18 let. (viz v příloze Tabulka č. 8)

Do výběrového statistického souboru (VSS) postoupilo pouze 35 pacientů se 47 použitelnými renálními jednotkami, kteří splnili další kritérium – dokončené 30minutové vyšetření. Vyšetření kratší než 30 minut (20 minutová) nebyla do studie zahrnuta. (viz Graf č. 1) Za použitelnou renální jednotku považujeme ledvinu s normální funkcí nebo s nepatrnou dilatací. Protože chceme porovnat, zda se výrazně liší průměrné hodnoty a intervaly poměrů aktivity 30. min/3. min a 30. min/vrchol, vznikl pro každý poměr zvlášť výběrový statistický soubor. Pro hodnoty poměru aktivity 30. min/3. min byl označen VSS_{A18} a pro hodnoty poměru aktivity 30. min/vrchol byl označen VSS_{B18} .

**CELKOVÝ POČET PROVEDENÝCH DYNAMICKÝCH
SCINTIGRAFIÍ LEDVIN S MAG3 U PACIENTŮ
DO 18LET V OBDOBÍ OD 1. 1. DO 13. 11. 2018**



Graf č. 1

Pro srovnání byly vytvořeny ještě užší výběrové statistické soubory (VSS_{A10} , VSS_{B10}), kam byli zahrnuti pacienti pouze od 0 do 10 let. Tyto soubory obsahují vždy 25 pacientů s 32 použitelnými renálními jednotkami.

Výběr pacientů a sběr dat proběhl na pracovní stanici Xeleris v programu Renal Analysis.

3.2 Počítačové zpracování a sběr dat

Počítačové zpracování probíhalo na ONM ČB v programu renální analýza (Renal Analysis) na pracovní stanici Xeleris.

Nejprve bylo nutné si pacienty chronologicky seřadit podle druhu vyšetření a období. Dále jsem postupovala ve vygenerovaném seznamu pacientů od 1. ledna 2018 a hledala pacienty s rokem narozením po nebo v roce 2000. Pokud jsem našla pacienta s datem narození v tomto rozmezí, zapsala jsem si jeho pohlaví, iniciály, rok narození, datum vyšetření. Při rozkliknutí složky s pacientovým jménem jsem si zkontrolovala, zda složka obsahuje tyto soubory dat: Flow (dynamický renální soubor dat), Full a Empty (soubory se snímky plné a prázdné stříkačky) a PostVoidKidney (statický snímek po mikci).

Následně jsem si vyšetření otevřela v programu renální analýzy. Při samotném vstupu do vyhodnocovacího programu se okamžitě zobrazilo zadávací dialogové okno (viz Obrázek č. 12), kde bylo nutné vyplnit počet ledvin, použité radiofarmakum, metodu měření clearance (většinou kamerová metoda – Camera Based), věk, výšku, váhu a pokud bylo podáno diuretikum, tak čas diuretika. Čas diuretika neovlivní výpočty, ale má význam pro grafické zobrazení na výsledné obrazovce, aby lékař mohl posoudit, jestli včas reagovaly křivky na diuretikum. Pro spuštění zpracování jsem stiskla tlačítko OK.

Field Number	Field Name	Value
1	Kidney state:	Two Kidneys
2	Radiopharmaceutical:	Tc MAG3
3	Clearance Method:	Camera Based Manchester Perirenal BH
4	Age:	24 Years
5	Height(cm):	180.3
6	Weight(kg):	77.11
7	Pediatric state:	No
8	Rt kidney depth (cm):	6.39
9	Lt kidney depth (cm):	6.35
10	ACE inhibitor:	No
11	ACE dose (mg):	
12	Diuretic:	No
13	Diuretic dose (mg):	
14	Diuretic time (min):	
15	Injected dose:(mCi):	9.96 Time [HH:MM] 8 22
16	Residual dose (mCi):	2.68 " 8 22
17	Camera-Collimator:	

Obrázek č. 12 Zadávací dialogové okno (zdroj: (Xeleris, 2007 stránky 5, kapitola 2))

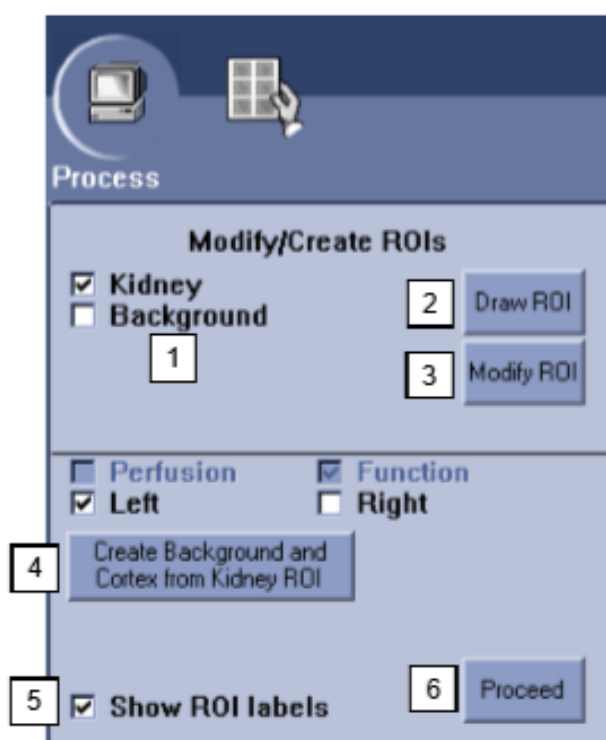
Poté se na obrazovce objevilo několik obrazů:

- One Minute Frames, což jsou jednodominutové snímky běžící jako videosmyčka
- Summed Image neboli sumovaný obraz celé studie
- Uptake Interval, což je sumovaný obraz intervalu akumulace

Ve středu obrazovky se objevil vždy nejprve Uptake Interval, ale bylo možné zvolit si libovolný snímek, na kterém se provede zakreslení oblasti ROI.

V nastavení je předem zvolena automatická tvorba ROI ledvin a pozadí. Pokud jsem se všemi oblastmi ROI (celkem 4 – ROI pravé a levé ledviny, ROI pozadí u levé i pravé ledviny) byla spokojena, zvolila jsem tlačítko Proceed.

Při levém okraji obrazovky se nacházela podélná cca 8 cm široká lišta, na které bylo možné si zvolit, zda oblast ROI pro pravou nebo levou ledvinu (pozadí) chceme překreslit (tlačítko Draw ROI) nebo pouze upravit automaticky vygenerovanou oblast zájmu (tlačítko Modify ROI). (viz Obrázek č. 13)

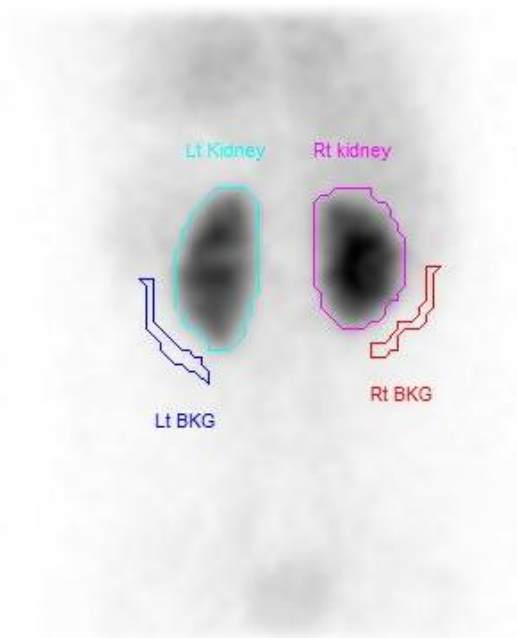


Obrázek č. 13 Možnosti vytvoření a změny ROI (zdroj: (Xeleris, 2007 stránky 13, kapitola 2))

Při zvolení tlačítka Draw ROI jsem dostala možnost volby režimu vymezení oblasti zájmu – manuálně (tlačítko Manual) nebo poloautomaticky (tlačítko Semiauto). Při použití manuálního režimu lze obkreslit zájmovou oblast postupným krátkým stiskem levého tlačítka myši. Poté se bez stisknutí tlačítka posune kurzor na další místo obrysu ledviny a znovu se stiskne tlačítko – to se opakuje až se ROI uzavře kolem ledviny. Pokud se ROI zdařila, zvolila jsem tlačítko Proceed, pokud ne, použila jsem tlačítko Redo (provést znovu) nebo tlačítko Cancel (zrušit a vrátit původní oblast

ROI). Při použití poloautomatického režimu lze obkreslit zájmovou oblast pomocí vygenerované elipsy, kterou umístíme kolem ledviny a upravíme její velikost. Poté program automaticky uvnitř této elipsovité ROI vygeneruje ROI kolem vlastní ledviny.

Při volbě tlačítka Modify ROI pomocí stálého držení pravého tlačítka myši a tahu lze upravit automaticky vygenerovanou oblast zájmu. Pokud se oprava zdařila, bylo nutné ji potvrdit prostřednictvím tlačítka Proceed.



Obrázek č. 14 Uptake Interval se zakreslenými oblastmi ROI (zdroj: ONM ČB)

Provedla jsem vizuální kontrolu na One Minute Frames, zda objem s aktivitou nepřesahuje vyznačenou oblast ROI.

Před vyhodnocením bylo nutné provést ještě měření clearance kamerovou metodou (Camera Based Clearance). Zde se objevily na obrazovce snímky stříkačky před (Full) a po aplikaci (Empty) (viz Obrázek č. 15). Zkontrolovala jsem si, zda na obraze s plnou stříkačkou je podstatně více impulzů než na obraze s prázdnou stříkačkou. Po odsouhlasení skrze tlačítka Proceed jsem dostala výsledek. Výsledkem byl výpočet procentuální funkce ledviny, která se vyjadřuje průtokem plazmy za minutu.



Obrázek č. 15 Obrazovka zpracování měření clearance kamerovou metodou pro MAG3 (zdroj: (Xeleris, 2007 stránky 31, kapitola 2)

Poté jsem se přesunula ze záložky Process (ikonka s počítačem) do záložky Review (ikonka se sešitem). Při rozkliknutí záložky Review jsem vybrala tlačítko Clinical Summary. Následně se mi zobrazil výsledný protokol a do tabulky jsem si poznamenala námi zvolená data – time to peak pro obě ledviny, 30min/peak ratio, 30min/3min ratio, kdy bylo podáno diuretikum a poznamenala jsem si přítomnost patologie (př. dilatace pánvičky, obstrukce).

Nasbíraná data jsme následně společně v rámci kontroly prošli s panem MUDr. Šabatou.

4 Výsledky

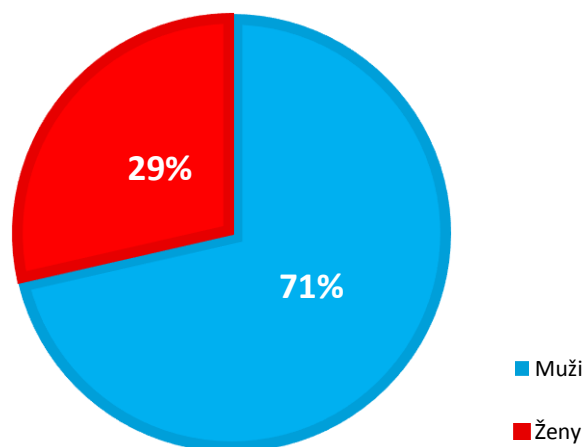
4.1 Výsledná data

Ve své práci sleduji tyto faktory:

- pohlaví
- věk
- poměr aktivity 30. min/3. min (výběrový statistický soubor s pacienty do 18 let (VSS_{A18}) a výběrový statistický soubor s pacienty pouze do 10 let (VSS_{A10}))
- poměr aktivity 30. min/vrchol (výběrový statistický soubor s pacienty do 18 let (VSS_{B18}) a výběrový statistický soubor s pacienty pouze do 10 let (VSS_{B10}))
- podání diuretika
- nález

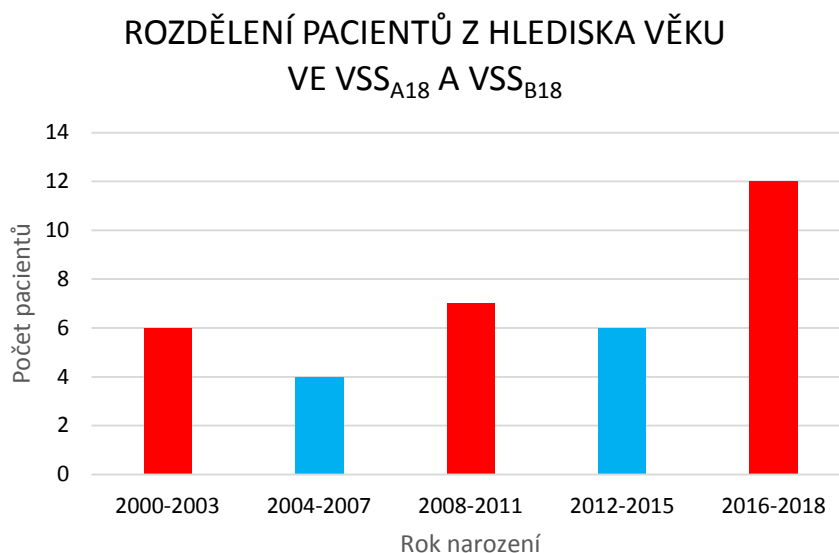
Jak již bylo zmíněno do výběrového statistického souboru postoupilo celkem 35 pacientů, z nichž bylo 10 osob ženského pohlaví a 25 mužského pohlaví. (viz Graf č. 2)

**ROZDĚLENÍ Z HLEDISKA POHLAVÍ
VE VSS_{A18} A VSS_{B18}**



Graf č. 2

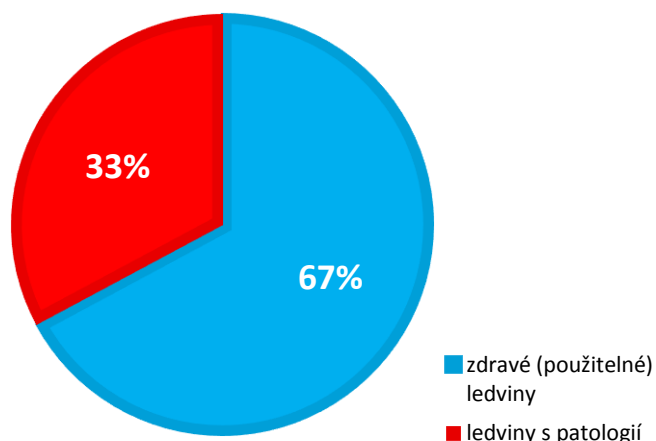
Pacienti byli ve věku od 0 do 18 let, tzn. rok narození 2000 a výš. Největší zastoupení měli pacienti do 2 let věku a nejmenší pacienti ve věku 11 až 14 let. (viz Graf č. 3)



Graf č. 3

Od těchto pacientů bylo získáno celkem 70 renálních jednotek, ale pouze 47 jich bylo použitelných. U zbývajících 23 jednotek byl popsán patologický nález (nejčastěji obstrukce). (viz Graf č. 4) Z hlediska tohoto výzkumu nerozlišujeme, zda se jedná o pravou či levou ledvinu.

**POČET ZÍSKANÝCH RENÁLNÍCH JEDNOTEK (LEDVIN) BĚHEM 30.
MINUTOVÉHO VYŠETŘENÍ U PACIENTŮ DO 18 LET V OBDOBÍ
OD 1. 1. DO 13. 11. 2018**



Graf č. 4

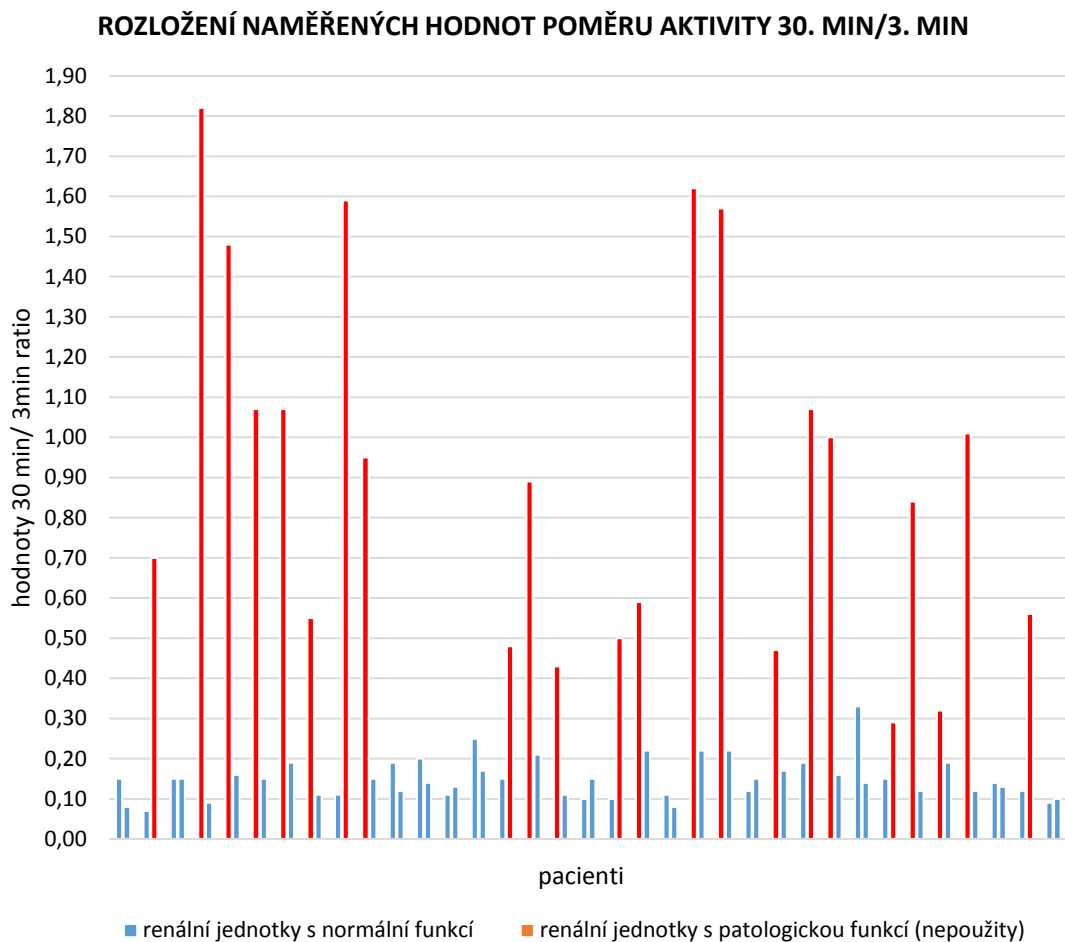
Tabulka č. 2 Tabulka získaných hodnot 30 min/ 3 min ratio (VSS_{A18})

pacienti	pohlaví	rok narození	30 min/ 3 min ratio		poznámky
			L	R	
1	Muž	2011	0,15	0,08	LL dilatace pánvičky
2	Muž	2002	0,07	0,70	PL hydronefróza
3	Žena	2010	0,15	0,15	
4	Muž	2011	1,82	0,09	LL obstrukce
5	Muž	2011	1,48	0,16	LL obstrukce
6	Muž	2016	1,07	0,15	LL obstrukce
7	Žena	2017	1,07	0,19	LL obstrukce
8	Muž	2017	0,55	0,11	LL částečná obstrukce
9	Žena	2016	0,11	1,59	PL obstrukce
10	Muž	2017	0,95	0,15	LL obstrukce
11	Muž	2002	0,19	0,12	LL dilatace pánvičky
12	Muž	2013	0,20	0,14	
13	Muž	2005	0,11	0,13	
14	Muž	2017	0,25	0,17	
15	Žena	2006	0,15	0,48	PL částečná obstrukce
16	Muž	2018	0,89	0,21	LL obstrukce
17	Muž	2006	0,43	0,11	LL obstrukce
18	Muž	2001	0,10	0,15	
19	Muž	2017	0,10	0,50	PL částečná obstrukce
20	Muž	2013	0,59	0,22	LL snížená funkce
21	Žena	2001	0,11	0,08	
22	Muž	2012	1,62	0,22	LL obstrukce
23	Žena	2008	1,57	0,22	LL obstrukce
24	Muž	2017	0,12	0,15	
25	Muž	2006	0,47	0,17	LL obstrukce a snížená funkce
26	Žena	2012	0,19	1,07	PL obstrukce
27	Muž	2014	1,00	0,16	LL obstrukce
28	Muž	2015	0,33	0,14	
29	Žena	2003	0,15	0,29	PL částečná obstrukce
30	Muž	2008	0,84	0,12	LL obstrukce
31	Muž	2018	0,32	0,19	LL částečná obstrukce
32	Žena	2018	1,01	0,12	LL obstrukce
33	Muž	2011	0,14	0,13	
34	Muž	2017	0,12	0,56	PL obstrukce
35	Žena	2000	0,09	0,10	

V tabulce č. 2 jsou uvedena získaná data pro VSS_{A18}. Tabulka obsahuje pohlaví, rok narození a poměr aktivity 30. min/3. min (v tabulce pod názvem 30min/3min ratio).

Poměr aktivity 30. min/3. min je uveden ve zlomku vyjádřeném desetinným číslem, nikoliv v procentech. V čitateli byla původně hodnota aktivity naměřená ve 30. minutě a ve jmenovateli byla hodnota aktivity naměřená v průběhu 3. minuty. Součástí tabulky jsou i poznámky, které zdůvodňují, proč nebyly použity hodnoty vyznačené červeně (ledviny s patologickou funkcí).

Graf č. 5 znázorňuje rozložení naměřených hodnot poměru aktivity u VSS_{A18}. Hodnoty uvedené červeně v předchozí tabulce (viz Tabulka č. 2) jsou v grafu též znázorněny červeně a jedná se o hodnoty naměřené u ledvin s patologií, které nebyly do výzkumu použity. Hodnoty zobrazené modře byly v předchozí tabulce vyznačeny černě a představují hodnoty naměřené u ledvin s normální funkcí. Jak je na první pohled vidět, tak hodnoty zobrazené modře se pohybují v podobném rozmezí (0,07-0,33). U hodnot naměřených u ledvin s patologií je naopak patrný velký rozptyl (0,29-1,82).



Graf č. 5

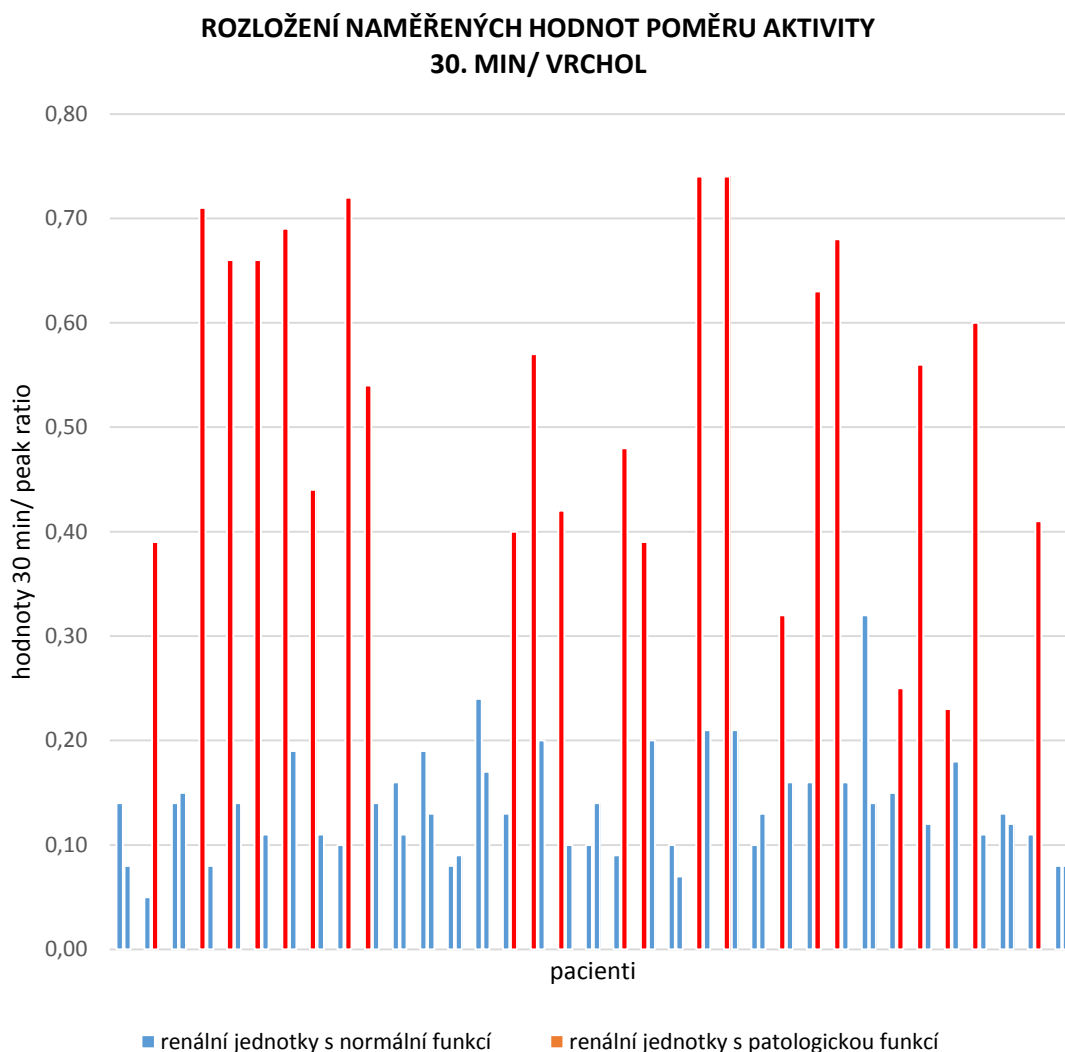
Tabulka č. 3 Tabulka získaných hodnot 30 min/ peak ratio (VSS_{B18})

pacienti	rok narození	30 min/ peak ratio		poznámky
		L	R	
1	2011	0,14	0,08	LL dilatace pánvičky
2	2002	0,05	0,39	PL hydronefróza
3	2010	0,14	0,15	
4	2011	0,71	0,08	LL obstrukce
5	2011	0,66	0,14	LL obstrukce
6	2016	0,66	0,11	LL obstrukce
7	2017	0,69	0,19	LL obstrukce
8	2017	0,44	0,11	LL částečná obstrukce
9	2016	0,10	0,72	PL obstrukce
10	2017	0,54	0,14	LL obstrukce
11	2002	0,16	0,11	LL dilatace pánvičky
12	2013	0,19	0,13	
13	2005	0,08	0,09	
14	2017	0,24	0,17	
15	2006	0,13	0,40	PL částečná obstrukce
16	2018	0,57	0,20	LL obstrukce
17	2006	0,42	0,10	LL obstrukce
18	2001	0,10	0,14	
19	2017	0,09	0,48	PL částečná obstrukce
20	2013	0,39	0,20	LL snížená funkce
21	2001	0,10	0,07	
22	2012	0,74	0,21	LL obstrukce
23	2008	0,74	0,21	LL obstrukce
24	2017	0,10	0,13	
25	2006	0,32	0,16	LL obstrukce a snížená funkce
26	2012	0,16	0,63	PL obstrukce
27	2014	0,68	0,16	LL obstrukce
28	2015	0,32	0,14	
29	2003	0,15	0,25	PL částečná obstrukce
30	2008	0,56	0,12	LL obstrukce
31	2018	0,23	0,18	LL částečná obstrukce
32	2018	0,60	0,11	LL obstrukce
33	2011	0,13	0,12	
34	2017	0,11	0,41	PL obstrukce
35	2000	0,08	0,08	

V tabulce č. 3 jsou uvedena získaná data pro VSS_{B18}. Tabulka obsahuje rok narození a poměr aktivity 30. min/vrchol (v tabulce pod názvem 30min/peak ratio).

Poměr aktivity 30. min/vrchol je uveden ve zlomku vyjádřeném desetinným číslem, nikoliv v procentech. V čitateli byla původně hodnota aktivity naměřená ve 30. minutě a ve jmenovateli byla hodnota aktivity naměřená v době vrcholu (obvykle 2.-3. minuta). Součástí tabulky jsou i poznámky, které zdůvodňují, proč nebyly použity hodnoty vyznačené červeně (ledviny s patologickou funkcí).

Graf č. 6 znázorňuje rozložení naměřených hodnot poměru aktivity u VSS_{B18}. Hodnoty uvedené červeně v předchozí tabulce (viz Tabulka č. 3) jsou v grafu též znázorněny červeně a jedná se o hodnoty naměřené u ledvin s patologií, které nebyly do výzkumu použity. Hodnoty zobrazené modře byly v předchozí tabulce vyznačeny černě a představují hodnoty naměřené u ledvin s normální funkcí. Jak je na první pohled vidět, tak hodnoty zobrazené modře se pohybují v podobném rozmezí (0,05-0,32). U hodnot naměřených u ledvin s patologií je naopak patrný velký rozptyl (0,23-0,74).



Graf č. 6

Pro úplnost získaných dat následují tabulky s naměřenými hodnotami pro VSS_{A10} (viz Tabulka č. 4) a VSS_{B10} (viz Tabulka č. 5), které jsou principiálně totožné s předchozími tabulkami.

Tabulka č. 4 Tabulka získaných hodnot 30 min/3 min ratio pro pacienty do 10 let (VSS_{A10})

pacienti	pohlaví	rok narození	30 min/ 3 min ratio		poznámky
			L	R	
1	Muž	2011	0,15	0,08	LL dilatace pánvičky
2	Žena	2010	0,15	0,15	
3	Muž	2011	1,82	0,09	LL obstrukce
4	Muž	2011	1,48	0,16	LL obstrukce
5	Muž	2016	1,07	0,15	LL obstrukce
6	Žena	2017	1,07	0,19	LL obstrukce
7	Muž	2017	0,55	0,11	LL částečná obstrukce
8	Žena	2016	0,11	1,59	PL obstrukce
9	Muž	2017	0,95	0,15	LL obstrukce
10	Muž	2013	0,20	0,14	
11	Muž	2017	0,25	0,17	
12	Muž	2018	0,89	0,21	LL obstrukce
13	Muž	2017	0,10	0,50	PL částečná obstrukce
14	Muž	2013	0,59	0,22	LL snížená funkce
15	Muž	2012	1,62	0,22	LL obstrukce
16	Žena	2008	1,57	0,22	LL obstrukce
17	Muž	2017	0,12	0,15	
18	Žena	2012	0,19	1,07	PL obstrukce
19	Muž	2014	1,00	0,16	LL obstrukce
20	Muž	2015	0,33	0,14	
21	Muž	2008	0,84	0,12	LL obstrukce
22	Muž	2018	0,32	0,19	LL částečná obstrukce
23	Žena	2018	1,01	0,12	LL obstrukce
24	Muž	2011	0,14	0,13	
25	Muž	2017	0,12	0,56	PL obstrukce

**Tabulka č. 5 Tabulka získaných hodnot 30 min/peak ratio
pro pacienty do 10 let (VSS_{B10})**

pacienti	rok narození	30 min/ peak ratio		poznámky
		L	R	
1	2011	0,14	0,08	LL dilatace pánvičky
2	2010	0,14	0,15	
3	2011	0,71	0,08	LL obstrukce
4	2011	0,66	0,14	LL obstrukce
5	2016	0,66	0,11	LL obstrukce
6	2017	0,69	0,19	LL obstrukce
7	2017	0,44	0,11	LL částečná obstrukce
8	2016	0,10	0,72	PL obstrukce
9	2017	0,54	0,14	LL obstrukce
10	2013	0,19	0,13	
11	2017	0,24	0,17	
12	2018	0,57	0,20	LL obstrukce
13	2017	0,09	0,48	PL částečná obstrukce
14	2013	0,39	0,20	LL snížená funkce
15	2012	0,74	0,21	LL obstrukce
16	2008	0,74	0,21	LL obstrukce
17	2017	0,10	0,13	
18	2012	0,16	0,63	PL obstrukce
19	2014	0,68	0,16	LL obstrukce
20	2015	0,32	0,14	
21	2008	0,56	0,12	LL obstrukce
22	2018	0,23	0,18	LL částečná obstrukce
23	2018	0,60	0,11	LL obstrukce
24	2011	0,13	0,12	
25	2017	0,11	0,41	PL obstrukce

4.2 Statistické zpracování

Pro výzkum byl vybrán základní statistický soubor (ZSS), který obsahoval 52 pacientů a zařazení pacienti museli splňovat tato kritéria – vyšetření provedeno v období od 1.1.2018 do 13.11.2018 a ve věku do 18 let. Tento soubor byl zúžen na výběrový statistický soubor (VSS) přidáním kritéria, které požadovalo, aby vyšetření proběhlo celé (30.min). Protože jsme pro srovnání od začátku shromažďovali data o obou poměrech, poměr aktivity 30. min/ 3. min a 30. min/ vrchol, vznikly hned dva výběrové statistické soubory VSS_{A18} a VSS_{B18} . Pro srovnání, zda se hodnoty výrazně liší s ohledem na věk, bylo nutné vytvořit ještě dva užší výběrové statistické soubory, do nichž byli zařazeni pouze pacienti do 10 let věku – VSS_{A10} , VSS_{B10} .

Výpočty byly provedeny v tabulkovém softwaru Microsoft Excel (verze Office 365).

Náhodný výběr v této práci bohužel nebyl aplikován, protože byli vybráni všichni pacienti vyšetření na ONM České Budějovice splňující kritéria.

Pro základní charakteristiku souboru bylo nutné si získané hodnoty nějakým způsobem vymezit. Bylo potřeba stanovit minimální hodnotu poměru (**minimum**, nejnižší číslo) a maximální hodnotu poměru (**maximum**, nejvyšší číslo). Dále byl hledán modus a medián. **Modus** je nejčastěji se vyskytující hodnota v souboru. **Medián** je hodnota, pro kterou je charakteristické že, pokud seřadíme všechny hodnoty podle velikosti, tak se bude nacházet stejný počet prvků pod mediánem i nad mediánem. Pro stanovení mediánu je nutné znát počet prvků (n). Vzorec pro výpočet mediánu se liší pro sudý a lichý počet prvků. (LEPŠ, 2016)

$$n = \text{sudé číslo:} \quad (X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n}{2}+1})/2$$

$$n = \text{liché číslo:} \quad X_{\frac{(n+1)}{2}}$$

Pro soubor lze dále, v rámci elementárního statistického zpracování, stanovit aritmetický průměr, rozsah souboru, rozptyl a směrodatnou odchylku. **Aritmetický průměr**, neboli střední hodnota, za určitých podmínek odpovídá obecnému momentu prvního řádu (O_1). Může být značen jako O_1 nebo μ (čteno mí). Je definován vzorcem:

$$O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i ,$$

kde n označuje počet prvků, n_i označuje absolutní četnost (kolikrát se daná hodnota vyskytuje v souboru) a x_i zastupuje prvky škály (konkrétní hodnotu). (LEPŠ, 2016; ZÁŠKODNÝ, a další, 2011)

Rozsah je definován jako rozdíl mezi minimální a maximální hodnotou. (LEPŠ, 2016)

Rozptyl, neboli variance, je definován jako průměrná hodnota druhé mocniny odchylky od aritmetického průměru. Za určitých podmínek odpovídá centrálnímu momentu druhého řádu (C_2). Může být značen jako C_2 , S_x^2 nebo σ^2 (čteno sigma na druhou). Pro stanovení rozptylu platí vzorec:

$$C_2(x) = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^2 ,$$

kde n označuje počet prvků, n_i označuje absolutní četnost, x_i označuje prvky škály a O_1 aritmetický průměr. (LEPŠ, 2016; ZÁŠKODNÝ, a další, 2011)

Směrodatná odchylka může být definována jako druhá odmocnina z rozptylu nebo centrálního momentu druhého řádu. Označuje se jako σ , S_x nebo $\sqrt{C_2}$. Pro výpočet směrodatné odchylky platí tyto vztahy. (LEPŠ, 2016; ZÁŠKODNÝ, a další, 2011)

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \text{ nebo } S_x = \sqrt{C_2}$$

Veškeré výpočty na základě předešlé teorie jsou uvedeny níže v tabulkách č. 6 a č. 7. Pro názornost jsou u dvou výběrových statistických souborů uvedeny postupy.

Tabulka č. 6 Charakteristika souboru

	VSSA18	VSSB18
Minimum	0,07	0,05
Maximum	0,33	0,32
Medián	0,15	0,13
Modus	0,15	0,14
Aritmetický průměr	0,148	0,136
Rozptyl	0,002	0,003
Směrodatná odchylka	0,045	0,055

Postup:

VSS_{A18}

$$n = 47$$

Hodnoty: 0,07; 0,08; 0,08; 0,09; 0,09; 0,1; 0,1; 0,1; 0,11; 0,11; 0,11; 0,11; 0,11; 0,12; 0,12; 0,12; 0,12; 0,13; 0,13; 0,14; 0,14; 0,14; 0,15; 0,15; 0,15; 0,15; 0,15; 0,15; 0,15; 0,15; 0,16; 0,16; 0,17; 0,17; 0,19; 0,19; 0,19; 0,19; 0,2; 0,21; 0,22; 0,22; 0,22; 0,25; 0,33

Minimální hodnota je zde 0,07 a maximální hodnota je 0,33. Nejčastěji se zde vyskytuje hodnota 0,15 (devětkrát), takže se jedná o modus.

$$X_{(n+1)/2} = X_{(47+1)/2} = X_{24} = 0,15$$

Mediánem je 24. hodnota v pořadí, v našem případě 0,15 (červeně podtrženo).

$$O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i$$

$$O_1(x) = \frac{1}{47} \sum [(1 \cdot 0,07) + (2 \cdot 0,08) + (2 \cdot 0,09) + (3 \cdot 0,1) + (5 \cdot 0,11) + \dots]$$

$$O_1(x) = \frac{1}{47} \cdot 6,96$$

$$O_1(x) = \mu = 0,148$$

Aritmetický průměr je roven 0,148.

$$0,33 - 0,07 = 0,26$$

Rozsah souboru je 0,26.

$$C_2(x) = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^2$$

$$C_2(x) = \frac{1}{47} \sum \{[1 \cdot (0,07 - 0,148)^2] + [2 \cdot (0,08 - 0,148)^2] + \dots\}$$

$$C_2(x) = \frac{1}{47} \cdot 0,115$$

$$C_2(x) = \sigma^2 = 0,002$$

Rozptyl je 0,002.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0,002}$$

$$\sigma = 0,045$$

Směrodatná odchylka je 0,045.

Tabulka č. 7 Charakteristika souboru

	VSSA ₁₀	VSSB ₁₀
Minimum	0,08	0,08
Maximum	0,33	0,32
Medián	0,15	0,14
Modus	0,15	0,14
Aritmetický průměr	0,16	0,15
Rozptyl	0,003	0,003
Směrodatná odchylka	0,055	0,055

VSS_{A10}

$$n = 32$$

Hodnoty: 0,08; 0,09; 0,1; 0,11; 0,11; 0,12; 0,12; 0,12; 0,12; 0,13; 0,14; 0,14; 0,14; 0,15; 0,15; 0,15; 0,15; 0,15; 0,15; 0,16; 0,16; 0,17; 0,19; 0,19; 0,19; 0,2; 0,21; 0,22; 0,22; 0,22; 0,25; 0,33

Minimální hodnota je zde 0,08 a maximální hodnota je 0,33. Nejčastěji se zde vyskytuje hodnota 0,15 (šestkrát), takže se jedná o modus.

$$(X_{n/2} + X_{n/2+1})/2 = (X_{32/2} + X_{32/2+1})/2 = (X_{16} + X_{17})/2 = (0,15 + 0,15)/2 = 0,15$$

Mediánem je průměr mezi 16. a 17. hodnotou v pořadí, v našem případě 0,15 (červeně podtrženo).

$$O_1(x) = \frac{1}{n} \sum n_i x_i$$

$$O_1(x) = \frac{1}{32} \sum [(1 \cdot 0,08) + (1 \cdot 0,09) + (1 \cdot 0,1) + (2 \cdot 0,11) + \dots]$$

$$O_1(x) = \frac{1}{32} \cdot 5,13$$

$$O_1(x) = \mu = 0,16$$

Aritmetický průměr je roven 0,16.

$$0,33 - 0,08 = 0,25$$

Rozsah souboru je 0,25.

$$C_2(x) = \frac{1}{n} \sum n_i (x_i - O_1)^2$$

$$C_2(x) = \frac{1}{32} \sum \{[1 \cdot (0,08 - 0,16)^2] + [1 \cdot (0,09 - 0,16)^2] + \dots\}$$

$$C_2(x) = \frac{1}{32} \cdot 0,084$$

$$C_2(x) = \sigma^2 = 0,003$$

Rozptyl je 0,003.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

$$\sigma = \sqrt{0,003}$$

$$\sigma = 0,055$$

Směrodatná odchylka je 0,055.

Na tento výzkum byla dále aplikována teorie odhadů. Jak již výše bylo zmíněno, za určitých podmínek lze empirické parametry O_1 a C_2 považovat za teoretické parametry μ a σ^2 . V případě přijetí rovnosti mezi $O_1 = \mu$ a $C_2 = \sigma^2$ proběhla aplikace momentové metody u bodových odhadů. (ZÁŠKODNÝ, a další, 2011)

Při stanovení intervalu spolehlivosti pro střední hodnotu došlo k aplikaci intervalového odhadu. Byla vybrána konstrukce intervalu spolehlivosti vycházející z testového kritéria u-testu.

Statistické kritérium: $u = \frac{O_1 - \mu}{\sigma} \sqrt{n}$ a **kritické hodnoty:** $-u(\alpha/2); u(\alpha/2)$.

Písmeno α v tomto vzorci zastupuje procenta, s jakou spolehlivostí chceme, aby hodnoty patřily do intervalu. Mezi procenty a hodnotou α platí tento vztah: $99\% = (1 - 0,01) \cdot 100$, kde 0,01 je hodnotou α .

$$\text{Interval spolehlivosti: } \mu \in \left(O_1 - \frac{u(\alpha/2) \cdot \sigma}{\sqrt{n}}; O_1 + \frac{u(\alpha/2) \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

Postup:

VSS_{A18} a VSS_{B18}

$$\mu_{A18} = 0,148$$

$$\mu_{B18} = 0,136$$

$$\sigma_{A18}^2 = 0,002 \rightarrow \sigma_{A18} = 0,045$$

$$\sigma_{B18}^2 = 0,003 \rightarrow \sigma_{B18} = 0,055$$

$$n_{A18} = n_{B18} = 47$$

$$\alpha_1 = 0,01 \text{ (99 \%)}$$

$$\alpha_2 = 0,05 \text{ (95 \%)}$$

Interval spolehlivosti (IS):

$$\text{obecně: } \mu \in \left(O_1 - \frac{u(\alpha/2) \cdot \sigma}{\sqrt{n}}; O_1 + \frac{u(\alpha/2) \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

99% interval spolehlivosti :

$$\mu_{A18} \in \left(O_{1A18} - \frac{u(\alpha_1/2) \cdot \sigma_{A18}}{\sqrt{n_{A18}}}; O_{A18} + \frac{u(\alpha_1/2) \cdot \sigma_{A18}}{\sqrt{n_{A18}}} \right)$$

$$\mu_{A18} \in \left(0,148 - \frac{2,576 \cdot 0,045}{\sqrt{47}}; 0,148 + \frac{2,576 \cdot 0,045}{\sqrt{47}} \right)$$

$$\mu_{A18} \in (0,148 - 0,0169; 0,148 + 0,0169)$$

$$\mu_{A18} \in (0,1311; 0,1649)$$

$$\mu_{B18} \in \left(O_{1B18} - \frac{u(\alpha_1/2) \cdot \sigma_{B18}}{\sqrt{n_{B18}}}; O_{B18} + \frac{u(\alpha_1/2) \cdot \sigma_{B18}}{\sqrt{n_{B18}}} \right)$$

$$\mu_{B18} \in \left(0,136 - \frac{2,576 \cdot 0,055}{\sqrt{47}}; 0,136 + \frac{2,576 \cdot 0,055}{\sqrt{47}} \right)$$

$$\mu_{B18} \in (0,136 - 0,0207; 0,136 + 0,0207)$$

$$\mu_{B18} \in (0,1153; 0,1567)$$

Interval 99% spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u pacientů do 18 let je od 0,1311 do 0,1649.

Interval 99% spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/vrchol u pacientů do 18 let je od 0,1153 do 0,1567.

95% interval spolehlivosti :

$$\mu_{A18} \in \left(O_{1A18} - \frac{u(\alpha_2/2) \cdot \sigma_{A18}}{\sqrt{n_{A18}}}; O_{A18} + \frac{u(\alpha_2/2) \cdot \sigma_{A18}}{\sqrt{n_{A18}}} \right)$$

$$\mu_{A18} \in \left(0,148 - \frac{1,96 \cdot 0,045}{\sqrt{47}}; 0,148 + \frac{1,96 \cdot 0,045}{\sqrt{47}} \right)$$

$$\mu_{A18} \in (0,148 - 0,0129; 0,148 + 0,0129)$$

$$\mu_{A18} \in (0,1351; 0,1609)$$

$$\mu_{B18} \in \left(O_{1B18} - \frac{u(\alpha_2/2) \cdot \sigma_{B18}}{\sqrt{n_{B18}}}; O_{B18} + \frac{u(\alpha_2/2) \cdot \sigma_{B18}}{\sqrt{n_{B18}}} \right)$$

$$\mu_{B18} \in \left(0,136 - \frac{1,96 \cdot 0,055}{\sqrt{47}}; 0,136 + \frac{1,96 \cdot 0,055}{\sqrt{47}} \right)$$

$$\mu_{B18} \in (0,136 - 0,0157; 0,148 + 0,0157)$$

$$\mu_{B18} \in (0,1203; 0,1517)$$

Interval 95% spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u pacientů do 18 let je od 0,1351 do 0,1609.

Interval 95% spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/vrchol u pacientů do 18 let je od 0,1203 do 0,1517.

VSS_{A10} a VSS_{B10}

$$\mu_{A10} = 0,16$$

$$\mu_{B10} = 0,15$$

$$\sigma_{A10}^2 = 0,003$$

$$\sigma_{B10}^2 = 0,003$$

$$n_{A10} = n_{B10} = 32$$

$$\alpha_1 = 0,01 \text{ (99 \%)}$$

$$\alpha_2 = 0,05 \text{ (95 \%)}$$

Interval spolehlivosti (IS):

$$\text{obecně: } \mu \in \left(O_1 - \frac{u(\alpha/2) \cdot \sigma}{\sqrt{n}}; O_1 + \frac{u(\alpha/2) \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

99% interval spolehlivosti :

$$\mu_{A10} \in \left(O_{1A10} - \frac{u(\alpha_1/2) \cdot \sigma_{A10}}{\sqrt{n_{A10}}}; O_{1A10} + \frac{u(\alpha_1/2) \cdot \sigma_{A10}}{\sqrt{n_{A10}}} \right)$$

$$\mu_{A10} \in \left(0,16 - \frac{2,576 \cdot 0,055}{\sqrt{32}}; 0,16 + \frac{2,576 \cdot 0,055}{\sqrt{32}} \right)$$

$$\mu_{A10} \in (0,16 - 0,0250; 0,16 + 0,0250)$$

$$\mu_{A10} \in (0,1350; 0,1850)$$

$$\mu_{B10} \in \left(O_{1B10} - \frac{u(\alpha_1/2) \cdot \sigma_{B10}}{\sqrt{n_{B10}}}; O_{B10} + \frac{u(\alpha_1/2) \cdot \sigma_{B10}}{\sqrt{n_{B10}}} \right)$$

$$\mu_{B10} \in \left(0,15 - \frac{2,576 \cdot 0,055}{\sqrt{32}}; 0,15 + \frac{2,576 \cdot 0,055}{\sqrt{32}} \right)$$

$$\mu_{B10} \in (0,15 - 0,0250; 0,15 + 0,0250)$$

$$\mu_{B10} \in (0,1250; 0,1750)$$

Interval 99% spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u pacientů do 10 let je od 0,1350 do 0,1850.

Interval 99% spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/vrchol u pacientů do 18 let je od 0,1250 do 0,1750.

95% interval spolehlivosti :

$$\mu_{A10} \in \left(O_{1A10} - \frac{u(\alpha_2/2) \cdot \sigma_{A10}}{\sqrt{n_{A10}}}; O_{A10} + \frac{u(\alpha_2/2) \cdot \sigma_{A10}}{\sqrt{n_{A10}}} \right)$$

$$\mu_{A10} \in \left(0,16 - \frac{1,96 \cdot 0,055}{\sqrt{32}}; 0,16 + \frac{1,96 \cdot 0,055}{\sqrt{32}} \right)$$

$$\mu_{A10} \in (0,16 - 0,0191; 0,16 + 0,0191)$$

$$\mu_{A10} \in (0,1409; 0,1791)$$

$$\mu_{B10} \in \left(O_{1B10} - \frac{u(\alpha_2/2) \cdot \sigma_{B10}}{\sqrt{n_{B10}}}; O_{B10} + \frac{u(\alpha_2/2) \cdot \sigma_{B10}}{\sqrt{n_{B10}}} \right)$$

$$\mu_{B10} \in \left(0,15 - \frac{1,96 \cdot 0,055}{\sqrt{32}}; 0,15 + \frac{1,96 \cdot 0,055}{\sqrt{32}} \right)$$

$$\mu_{B10} \in (0,15 - 0,0191; 0,15 + 0,0191)$$

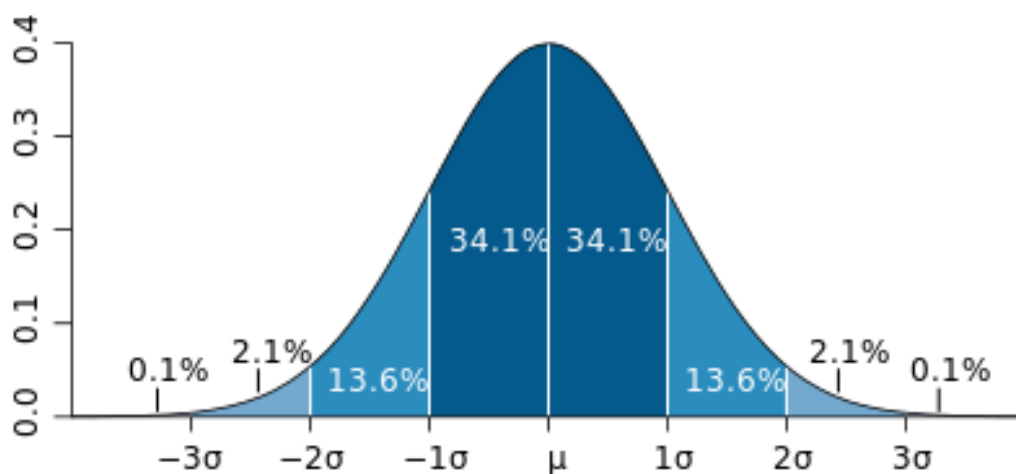
$$\mu_{B10} \in (0,1309; 0,1691)$$

Interval 95% spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u pacientů do 10 let je od 0,1409 do 0,1791.

Interval 95% spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/vrchol u pacientů do 10 let je od 0,1309 do 0,1691.

Pro stanovení normálních hodnot poměru aktivity bylo použito normální rozložení pravděpodobnosti (Gaussovo rozdělení), i za předpokladu, že hodnoty našeho souboru mohou mít lehce asymetrické rozložení. Bylo tomu tak učiněno z důvodu velice obtížných výpočtů při použití asymetrického rozložení. Pro potřeby této práce se jeví Gaussovo rozdělení jako dostačující. (Matematika, 2006-2014)

Budeme-li předpokládat, že soubor má Gaussovo rozdělení, tak platí, že 68 % hodnot se nachází v intervalu $\langle \mu \pm 1\sigma \rangle$, 95 % hodnot se nachází v intervalu $\langle \mu \pm 2\sigma \rangle$ a 99 % hodnot v intervalu $\langle \mu \pm 3\sigma \rangle$. Za rozsah normálních hodnot je u Gaussova rozdělení považován interval s 95% výskytem hodnot, tedy interval $\langle \mu \pm 2\sigma \rangle$ (v Tabulce č. 9 vyznačen červeně). (Matematika, 2006-2014)



Obrázek č. 16 Normální rozložení (Gaussovo rozdělení) a směrodatná odchylka

(zdroj: (Matematika, 2006-2014))

Tabulka č. 9 Normální rozložení

	VSSA ₁₈	VSSB ₁₈	VSSA ₁₀	VSSB ₁₀
Aritmetický průměr (μ)	0,148	0,136	0,160	0,150
Směrodatná odchylka ($\sigma = Sx$)	0,045	0,055	0,055	0,055
Interval $\langle \mu - \sigma, \mu + \sigma \rangle$	$\langle 0,103; 0,193 \rangle$	$\langle 0,081; 0,191 \rangle$	$\langle 0,105; 0,215 \rangle$	$\langle 0,095; 0,205 \rangle$
Interval $\langle \mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma \rangle$	$\langle 0,058; 0,238 \rangle$	$\langle 0,026; 0,246 \rangle$	$\langle 0,050; 0,270 \rangle$	$\langle 0,040; 0,260 \rangle$
Interval $\langle \mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma \rangle$	$\langle 0,013; 0,283 \rangle$	$\langle 0; 0,301 \rangle$	$\langle 0; 0,325 \rangle$	$\langle 0; 0,315 \rangle$

Z tabulky č. 9 vyplývá, že normální hodnoty poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u pacientů do 18 let se pohybují v rozsahu 0,058-0,238 a u pacientů do 10 let v rozsahu 0,05-0,27. Normální hodnoty poměru aktivity 30. minuta/vrchol u pacientů do 18 let se pohybují v rozsahu 0,026-0,246 a u pacientů do 10 let v rozsahu 0,04-0,26. Lze říci, že výsledné rozsahy hodnot poměrů aktivity 30. minuta/2.-3. minuta a 30. minuta/vrchol se příliš neliší.

V této práci byly pro zajímavost zkoumány hodnoty dvou poměrů aktivity – poměr aktivity 30. minuta/2.-3. minuta a 30. minuta/vrchol. Pro zodpovězení otázky, zda tyto dva VSS zkoumaly podobnou otázku a zda spolu mohou spolupracovat, bylo nutné provést dvojvýběrové parametrické testování. Nejprve bylo nutné zformulovat nulovou (H_0) a alternativní hypotézu (H_A) a zvolit si hladinu významnosti (α). Hypotézy je možné zapsat takto:

Nulová hypotéza H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ nebo $\sigma_1 = \sigma_2$ (Hodnoty průměru nebo rozptylu jsou u VSS_1 a VSS_2 srovnatelné.)

Alternativní hypotéza H_A : $\mu_1 \neq \mu_2$ nebo $\sigma_1 \neq \sigma_2$ (Hodnoty průměru nebo rozptylu jsou u VSS_1 a VSS_2 různé.) (ZÁŠKODNÝ, a další, 2011)

Následně bylo potřebné vybrat testové kritérium – zde byl aplikován konkrétně **dvojvýběrový u-test.**

$$u_{exp} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

V tomto vzorci μ_1 a μ_2 představují střední hodnoty VSS_1 a VSS_2 , σ_1 a σ_2 rozptyly od středních hodnot u těchto souborů a n_1 a n_2 počty prvků u těchto souborů. K vybranému testovému kritériu následně jsme přiřadili jeho kritickou hodnotu a kritický obor (W).

Kritické hodnoty: $\pm u (\alpha/2)$

Kritický obor: $W = (-\infty, -u (\alpha/2) > \cup < +u (\alpha/2), +\infty)$

Pokud byla výsledná hodnota u-testu prvkem kritického oboru, přijali jsme alternativní hypotézu a zamítli nulovou hypotézu. Pokud tomu bylo naopak, přijali jsme nulovou hypotézu.

Postup:

VSS_{A18} a VSS_{B18}

H₀: $\mu_{A18} = \mu_{B18}$ (Průměrné hodnoty VSS_{A18} a VSS_{B18} jsou srovnatelné.)

H_A: $\mu_{A18} \neq \mu_{B18}$ (Průměrné hodnoty VSS_{A18} a VSS_{B18} jsou odlišné.)

Statistické kritérium (SK):

$$\text{obecně: } u_{exp} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\delta_1^2}{n_1} + \frac{\delta_2^2}{n_2}}}$$

$$u_{exp} = \frac{\mu_{A18} - \mu_{B18}}{\sqrt{\frac{\delta_{A18}^2}{n_{A18}} + \frac{\delta_{B18}^2}{n_{B18}}}}$$

$$u_{exp} = \frac{0,148 - 0,136}{\sqrt{\frac{0,002}{47} + \frac{0,003}{47}}}$$

$$u_{exp} = \frac{0,012}{\sqrt{0,00011}}$$

$$u_{exp} = \frac{0,012}{0,01049}$$

$$u_{exp} = 1,144$$

Kritické hodnoty (KH):

obecně: $\pm u(\alpha/2)$

$$\pm u_1(\alpha/2) = \pm u_1(0,01/2) = \pm u_1(0,005) = \pm 2,576$$

$$\pm u_2(\alpha/2) = \pm u_2(0,05/2) = \pm u_2(0,025) = \pm 1,96$$

Kritický obor (KO):

obecně: $W = (-\infty, -u(\alpha/2) > U < +u(\alpha/2), +\infty)$

$$W_1 = (-\infty, -u_1(\alpha/2) > U < +u_1(\alpha/2), +\infty)$$

$$W_1 = (-\infty, -2,576 > U < +2,576, +\infty)$$

$$W_2 = (-\infty, -u_2(\alpha/2) > U < +u_2(\alpha/2), +\infty)$$

$$W_2 = (-\infty, -1,96 > U < +1,96, +\infty)$$

→ u_{exp} není prvkem W_1 ani W_2

→ přijmeme H_0 a zamítneme H_A

Přijmeme nulovou hypotézu a zamítneme alternativní hypotézu. Z výpočtů vyplývá, že rozdíl mezi průměrnými hodnotami obou souborů (μ_{A18} a μ_{B18}) je na daných hladinách významnosti ($\alpha_1 = 0,01$ a $\alpha_2 = 0,05$) statisticky nevýznamný. Můžeme říci, že oba výběrové statistické soubory (VSS_{A18} a VSS_{B18}) pocházejí ze stejného základního statistického souboru (ZSS).

VSS_{A10} a VSS_{B10}

H₀: $\mu_{A10} = \mu_{B10}$ (Průměrné hodnoty VSSA18 a VSSB18 jsou srovnatelné.)

H_A: $\mu_{A10} \neq \mu_{B10}$ (Průměrné hodnoty VSSA18 a VSSB18 jsou odlišné.)

Statistické kritérium (SK):

$$\text{obecně: } u_{exp} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\delta_1^2}{n_1} + \frac{\delta_2^2}{n_2}}}$$

$$u_{exp} = \frac{\mu_{A10} - \mu_{B10}}{\sqrt{\frac{\delta_{A10}^2}{n_{A10}} + \frac{\delta_{B10}^2}{n_{B10}}}}$$

$$u_{exp} = \frac{0,16 - 0,15}{\sqrt{\frac{0,003}{32} + \frac{0,003}{32}}}$$

$$u_{exp} = \frac{0,01}{\sqrt{0,00019}}$$

$$u_{exp} = \frac{0,01}{0,01378}$$

$$u_{exp} = 0,726$$

Kritické hodnoty (KH):

obecně: $\pm u(\alpha/2)$

$$\pm u_1(\alpha/2) = \pm u_1(0,01/2) = \pm u_1(0,005) = \pm 2,576$$

$$\pm u_2(\alpha/2) = \pm u_2(0,05/2) = \pm u_2(0,025) = \pm 1,96$$

Kritický obor (KO):

obecně: $W = (-\infty, -u(\alpha/2) > U < +u(\alpha/2), +\infty)$

$W_1 = (-\infty, -u_1(\alpha/2) > U < +u_1(\alpha/2), +\infty)$

$W_1 = (-\infty, -2,576 > U < +2,576, +\infty)$

$W_2 = (-\infty, -u_2(\alpha/2) > U < +u_2(\alpha/2), +\infty)$

$W_2 = (-\infty, -1,96 > U < +1,96, +\infty)$

→ u_{exp} není prvkem W_1 ani W_2

→ přijmeme H_0 a zamítneme H_A

Přijmeme nulovou hypotézu a zamítneme alternativní hypotézu. Z výpočtů vyplývá, že rozdíl mezi průměrnými hodnotami obou souborů (μ_{A10} a μ_{B10}) je na daných hladinách významnosti ($\alpha_1 = 0,01$ a $\alpha_2 = 0,05$) statisticky nevýznamný. Můžeme říci, že oba výběrové statistické soubory (VSS_{A10} a VSS_{B10}) pocházejí ze stejného základního statistického souboru (ZSS).

5 Diskuze

Úvodní část této práce je zaměřena na teoretické znalosti potřebné k úplnému pochopení tématu a pro její zpracování bylo nutné se seznámit se současným stavem a pracemi různých autorů na toto či související téma.

V prvních podkapitolách získá čtenář představu o stavbě i funkci ledvin a zároveň jiných vyšetřovacích metodách v oblasti vylučovací soustavy. Následně je mu poskytnut dostatek informací o dynamické scintigrafii ledvin s použitím ^{99m}Tc -MAG3 pro vytvoření si podrobné představy o přínosu, přípravě, použitých radiofarmakách, průběhu, možných modifikacích a hodnocení vyšetření.

Obecně dynamická scintigrafie ledvin poskytuje současně informace o morfologii i funkci. Umožňuje kvantifikovat funkci ledvin a zhodnotit odtokové poměry. Toto vyšetření je indikováno nejčastěji k diferenciaci prosté dilatace kalichopánvičkového systému od obstrukce.

V další části je popsán cíl práce, výzkumná otázka a metodika získání i zpracování dat. Cílem práce je stanovit normální hodnoty poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u zdravých renálních jednotek u pacientů na Oddělení nukleární medicíny v Českých Budějovicích. Sběr dat a zpracování proběhly na pracovní stanici Xeleris na ONM ČB v programu renální analýza (Renal Analysis). V práci je podrobně popsána i prováděná manipulace ve zmíněném programu. Pro získání výsledků bylo nutné pečlivě zakreslit oblasti ROI, což pro nezkušeného zpracovatele může být obtížné a v důsledku toho se mohou hodnoty od zkušeného a nezkušeného zpracovatele lehce lišit.

Program, ve kterém proběhlo zpracování nasbíraných dat, poskytuje různé možnosti posouzení rychlosti odtoku z ledviny – vizuální i kvantitativní. Základem pro posouzení rychlosti odtoku z ledviny je programem automaticky vytvořená nefrografická křivka pro každou ledvinu zvlášť. Nefrografická křivka je funkční křivka, která znázorňuje časový průběh distribuce radiofarmaka v ledvině. Vizuálně na této křivce hodnotíme rychlý vstup radiofarmaka do ledviny – tzv. perfuzní fáze (4 – 6 s od zobrazení aorty, homogenní rozložení), jeho vychytání v parenchymu – tzv. funkční nebo parenchymová fáze (viditelné pouze velké ložiskové defekty nebo jizvy) a ve třetí fázi – tzv. exkrecní nebo drenážní fázi, hodnotíme odtok z kalichopánvičkového systému (3.– 4. minuta).

Už při pouhém pohledu mohou být zjevné patologické procesy. Při poruše funkce dochází k poklesu strmosti křivky ve funkční fázi. Při poruše odtoku dochází v exkrecní fázi, buď k postupnému nárůstu křivky při obstrukci, anebo k pozvolnějšimu poklesu křivky při zpomaleném odtoku moči. Pomocí číselných údajů charakterizujících průběh křivky (parametrů) lze přesně kvantifikovat funkční stav ledvin. Parametry hodnotící funkci jsou rychlost vzestupu (míra funkční kapacity orgánu přímou sklonu vzestupné části křivky) a T_{MAX} (čas do dosažení maxima od začátku snímání). Parametry hodnotící odtok jsou $T_{.50\%}$ (doba od vrcholu do poklesu na polovinu maxima), $T_{-1/2}$ (doba poklesu původní hodnoty na polovinu) a residuální aktivita (výše křivky v procentech maxima v určitém čase od začátku snímání). T_{MAX} by měl být < 5 min a čas poloviny maxima za cca 15 min po aplikaci RF. Retence v kalichách pak vede k prodloužení času setrvání RF v ledvinách.

Plynule na metodickou část navazují výsledky, kde jsou podrobně uvedeny veškeré výpočty se základními teoretickými znalostmi nezbytnými pro pochopení každé části. Ze zpracovaných dat lze prostřednictvím provedených výpočtů vyvodit, že ačkoliv se jedná o dva různé sledované poměry (poměr aktivity 30. minuta/2.-3. minuta a 30. minuta vrchol), tak v obou případech byly u zdravých renálních jednotek získány velice podobné hodnoty. V následném základním statickém zpracování byly vypočtené hodnoty průměru (střední hodnoty), směrodatných odchylek, intervalů spolehlivosti pro střední hodnoty i normálních hodnot téměř totožné. V rámci výpočtů – dvouvýběrového u-testu – pak bylo potvrzeno, že oba tyto poměry pocházejí ze stejného základního statistického souboru, tedy od stejných výchozích pacientů. Tento výsledek pouze potvrzuje skutečnost, že při záměně těchto poměrů nebo sledování pouze jednoho z těchto poměrů u pacientů s normálními hodnotami, by nemělo dojít k závažné diagnostické chybě.

Bohužel získané intervaly hodnot nemohou být brány za úplně pevné, protože výzkum proběhl pouze na jednom oddělení a s malým počtem pacientů, může ale posloužit jako orientační.

6 Závěr

Cílem této práce bylo stanovit normální hodnoty poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta při dynamické scintigrafii ledvin u pacientů na Oddělení nukleární medicíny v Českých Budějovicích ve věku do 18 a do 10 let a porovnat tyto hodnoty s poměrem aktivity 30. minuta/vrchol.

Při sběru dat a následném statistickém zpracování bylo zjištěno, že interval spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u pacientů do 18 let se pohybuje v rozsahu hodnot od 0,131 do 0,165 a u pacientů do 10 let v rozsahu hodnot od 0,135 do 0,185. Interval spolehlivosti pro střední hodnotu poměru aktivity 30. minuta/vrchol u pacientů do 18 let se pohybuje v rozsahu hodnot od 0,115 do 0,157 a u pacientů do 10 let v rozsahu hodnot od 0,125 do 0,175.

Následně bylo dopočteno, že normální hodnoty poměru aktivity 30. minuta/2.-3. minuta u pacientů do 18 let se nachází v intervalu od 0,058 do 0,238 a u pacientů do 10 let v intervalu od 0,05 do 0,27. Normální hodnoty poměru aktivity 30. minuta/vrchol u pacientů do 18 let se nachází v intervalu od 0,026 do 0,246 a u pacientů do 10 let v intervalu od 0,04-0,26.

Dále bylo potvrzeno, že získané hodnoty poměrů 30. minuta/2.-3. minuta a 30. minuta/vrchol se příliš neliší, vypovídají o podobné otázce (funkci ledviny) a pocházejí ze stejného základního statistického souboru.

Lze říci, že stanovený cíl byl splněn a výsledky této práce bude možné v praxi použít jako pomocný údaj lékařům na ONM v Českých Budějovicích při stanovování diagnózy u pacientů suspektních na obstrukci v kalichopánvičkovém systému.

7 Bibliografie

1. **ČIHÁK, Radomír a Miloš GRIM. 2002.** *Anatomie 2, druhé upr. a dopl. vyd. .* Praha : Grada, 2002. ISBN 80-247-0143-X.
2. **DEDEK, V. a ULLMANN, V. 2006.** Dynamická scintigrafie ledvin v diferenciální diagnostice typu uropatie pomocí kvantifikace nefrografických křivek. *Praktická radiologie.* 2006, Sv. Ročník 11., 1, stránky 11-15.
3. **DÍTĚ, Petr. 2007.** *Vnitřní lékařství: učebnice pro lékařské fakulty. Druhé, doplněné a přepracované vydání.* Praha : Galén, 2007. ISBN 978-80-7262-496-6.
4. **EANM. 2009.** Dynamic renal imaging in obstructive renal pathology, A Technologist's Guide. [Online] August 2009. [Citace: 5. leden 2019.] https://www.eanm.org/content-eanm/uploads/2016/11/tech_dynamic.pdf.
5. **EANM, a další. 2011.** Guidelines for standard and diuretic renogram in children. *EANM.* [Online] 2011. [Citace: 5. leden 2019.] https://eanm.org/publications/guidelines/gl_paed_renogram_2011.pdf.
6. **Esser JP, Meander Medical Centre, Amersfoort.** Dynamic Renal Scintigraphy. [Online] [Citace: 23.. 2. 2019.] https://richtlijndatabase.nl/gerelateerde_documenten/f/17264/Dynamic%20Renal%20Scintigraphy.pdf.
7. **HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. 2015.** *Memorix anatomie. 3. vydání.* Praha : Triton, 2015. ISBN 978-80-7387-959-4..
8. **Inoue, Y, a další. 2016.** Measurement of Renal Depth in Dynamic Renal Scintigraphy Using Ultralow-Dose CT. *Clinical Nuclear Medicine .* Jun;41(6):434-41, 2016.
9. **Kolektiv. 2000.** *Principy a praxe radiační ochrany.* Praha : Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 80-238-3703-6..

10. **KORANDA, Pavel. 2014.** *Nukleární medicína.* Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6..
11. **KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. 2007.** *Nukleární medicína: [učební text].* Praha : P3K, 2007. ISBN 978-80-903584-9-2..
12. **LEPŠ, Jan a Petr ŠMILAUER. 2016.** *Biostatistika.* České Budějovice : Nakladatelství Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, 2016. ISBN 978-80-7394-587-9..
13. **leták. 2015.** Příbalová informace k Technescan MAG3 Czech Republic. 2015. Katalogové číslo Mallinckrodt Medical: DRN 4334.
14. **Matematika. 2006-2014.** Matematika.cz. [Online] Vydavatelství Nová média, s. r. o., 2006-2014. [Citace: 20. březen 2019.] <https://matematika.cz/rovnomerne-normalni-rozlozeni>.
15. **MOUČKOVÁ, Ludmila a METELKOVÁ, Iva. 2014.** Dynamická a statická scintigrafie ledvin. *Praktická radiologie.* 2014, Sv. Ročník 19., 2, stránky 28-31.
16. **NAŇKA, Ondřej a Miloslava ELIŠKOVÁ. 2015.** *Přehled anatomie. Třetí, doplněné a přepracované vydání.* Praha : Galén, 2015. ISBN 978-80-7492-206-0..
17. **NOVÁKOVÁ, Drahoslava. 2012.** Scintigrafie ledvinového graftu. *Florence.* 2012, Sv. Ročník 8., 6, stránky 25-27.
18. **NOVÝ, Zbyněk, MANDÍKOVÁ, Jana a TREJTNAR, František. 2011.** Study on 99mTc-MAG3 and 99mTc-DMSA renal accumulation using in vitro cellular mode. *ČESKÁ A SLOVENSKÁ FARMACIE.* Ročník 60., 2011, Sv. Číslo 1., ISSN 1210-7816.
19. **NZIS. 2018.** NZIS REPORT č. K/23 (08/2018) - Stručný přehled činnosti oboru nukleární medicína za období 2007–2017. [Online] 2018. [Citace: 24.. 2. 2019.] <http://www.uzis.cz/category/tematicke-rady/zdravotnicka-statistika/nuklearni-medicina>.

20. **SKORČÍKOVÁ, P. a MIHÁLEKOVÁ, V. 2008.** Vyšetření ledvin u dětí na Klinice nukleární medicíny ve FN Olomouc. *Praktická radiologie*. 2008, Sv. Ročník 13., 3, stránky 28-30.
21. **ŠABATA, Ladislav. 2018.** Skripta a poznámky z předmětu Nukleární medicína 2 (Scintigrafická vyšetření). 2018.
22. **ŠABATA, Ladislav, CHROUSTOVÁ, Daniela a KRATOCHVÍL, Vojtěch. 2018.** Poznámky z hodin Nukleární medicína 3 (Klinická NUM) + poskytnuté prezentace a PDF soubory. České Budějovice - Jihočeská univerzita, ZSF : autor neznámý, 2018.
23. **TEPLAN, Vladimír. 2003.** *Nefrologie: postgraduální klinický projekt. Vnitřní lékařství*. Praha : Triton, 2003. ISBN 80-7254-422-5.
24. **TEPLAN, Vladimír, a další. 2004.** *Infekce ledvin a močových cest v dospělém a dětském věku*. Praha : Grada, 2004. ISBN 80-247-0566-4..
25. **TESAŘ, Vladimír a KLENER, Pavel. 2003.** *Vnitřní lékařství. Nefrologie. Scripta*. Praha : Galén, 2003. Sv. IX. ISBN 80-7262-209-9.
26. **Ullmann, Vojtěch.** AstroNuklFyzika. [Online] [Citace: 4. leden 2019.] <http://astronuklfyzika.sweb.cz/strana2.htm>.
27. **ÚZIS. 2013.** Aktuální informace č.38/2013 - Činnost oboru nukleární medicíny v roce 2012. [Online] 2013. [Citace: 24.. 2. 2019.] <http://www.uzis.cz/category/tematicke-rady/zdravotnicka-statistika/nuklearni-medicina>.
28. **VIŽĎA, Jaroslav. 2002.** *Atlas scintigrafie ledvin*. Praha : Agentura Pankrác, 2002. ISBN 80-902873-6-0..
29. **Xeleris. 2007.** Provozní příručka Renal Analysis. místo neznámé : GE Healthcare, 2007. Sv. Kapitoly 1 a 2.
30. **ZÁŠKODNÝ, Přemysl, a další. 2011.** *Základy statistiky (s aplikací na zdravotnictví)*. Vydání druhé. Praha : CURRICULUM, 2011. ISBN 978-80-904948-2-4.

8 Přílohy

Příloha č. 1 Snímek obrazovky na webových stránkách EANM (zdroj: vlastní)

The screenshot shows the EANM website's navigation bar with the logo and text "EUROPEAN ASSOCIATION OF NUCLEAR MEDICINE" and "BIOMEDICAL INNOVATION AND THERAPY FOR PERSONALIZED HEALTHCARE". The main navigation menu includes: About, Membership, Congresses, Education, Publications (highlighted), Public & Press, eLearning →, and vEANM-Area →. A search bar is located on the right. Below the navigation bar, the breadcrumb trail reads: Home // Publications // Dosage Calculator.

The page content is titled "PUBLICATIONS" and features a sidebar with a list of links: Guidelines, European Nuclear Medicine Guide, Nuclear Medicine Clinical Decision Support, Collaboration in Guidelines, Journals, Internal Dosimetry Task Force Report, Technologist's Guide, Dosage Card, and Dosage Calculator (highlighted with an arrow).

The main content area is titled "Dosage Calculator" and contains the following text: "Calculation of the administered activity in [MBq] and [mCi]". Below this, there are two input fields: "Weight" with a dropdown menu set to "3 kg" and "Radiopharmaceutical" with a dropdown menu set to "Tc-99m MAG3". An "OK" button is positioned to the right of the second field.

The result of the calculation is displayed as: "Activity to be administered: = 15 MBq or 0.41 mCi".

Below the result, there is a note: "< 15MBq (Minimum Recommended Activity¹)". A footnote explains: "¹ The minimum recommended activities are calculated for commonly used gamma cameras or positron emission tomographs. Lower activities could be administered when using systems with higher counting efficiency."

The sidebar also contains two event announcements: "EANM 2019 Congress" (October 12 – 16, 2019, Barcelona, Spain) and "Calendar of Events".

Tabulka č. 8 Tabulka pro zápis hodnot

Kritéria: 1. 1.- 13. 11. 2018, pacienti do 18 let

č.	pohlaví	rok narození	30 min/ peak ratio		30 min/ 3 min ratio		diuretikum	poznámky
			L	R	L	R		
1	M	2011	0,14	0,08	0,15	0,08	F0	LL dilatace pánvičky
2	M	2002	0,05	0,39	0,07	0,70	F+10	PL hydronefróza
3	M	2012	0,32	0,23	0,33	0,27	F0	
4	M	2017	0,93	0,22	1,84	0,25	F0	LL obstrukce
5	Ž	2010	0,14	0,15	0,15	0,15	F0	
6	M	2011	0,15	0,26	0,17	0,27	F0	
7	M	2011	0,71	0,08	1,82	0,09	F0	LL obstrukce
8	M	2011	0,66	0,14	1,48	0,16	F0	LL obstrukce
9	M	2016	0,66	0,11	1,07	0,15	F0	LL obstrukce
10	Ž	2017	0,69	0,19	1,07	0,19	F0	LL obstrukce
11	M	2014	0,20	0,44	0,20	0,53	F0	LL obstrukce a PL reflux
12	M	2017	0,44	0,11	0,55	0,11	F0	LL částečná obstrukce
13	Ž	2010	0,12	0,51	0,13	0,52	F0	PL obstrukce
14	Ž	2007	0,22	0,22	0,23	0,22	F0	
15	Ž	2016	0,10	0,72	0,11	1,59	F0	PL obstrukce
16	M	2017	0,54	0,14	0,95	0,15	F0	LL obstrukce
17	M	2002	0,16	0,11	0,19	0,12	F+10	LL dilatace
18	M	2013	0,19	0,13	0,20	0,14	F0	
19	M	2005	0,08	0,09	0,11	0,13	F+14	
20	M	2001	0,35	0,24	0,39	0,26	F+10	
21	M	2017	0,24	0,17	0,25	0,17	F0	
22	Ž	2006	0,13	0,40	0,15	0,48	F+9	PL částečná obstrukce
23	M	2018	0,57	0,20	0,89	0,21	F0	LL obstrukce
24	M	2006	0,42	0,10	0,43	0,11	F0	LL obstrukce
25	M	2001	0,10	0,14	0,10	0,15		
26	Ž	2018	0,27	0,45	0,36	0,59	F0	LL i PL obstrukce
27	M	2017	0,09	0,48	0,10	0,50	F0	PL částečná obstrukce
28	M	2013	0,39	0,20	0,59	0,22	F0	LL snížená funkce
29	M	2007	0,46	0,22	0,52	0,23		LL hydronefróza
30	Ž	2001	0,10	0,07	0,11	0,08	F+10	
31	M	2012	0,74	0,21	1,62	0,22	F0	LL obstrukce
32	Ž	2008	0,74	0,21	1,57	0,22	F0	LL obstrukce
33	M	2011	0,24	0,17	0,25	0,18	F0	
34	M	2017	0,10	0,13	0,12	0,15	F0	
35	M	2006	0,32	0,16	0,47	0,17		LL obstrukce a snížená funkce
36	Ž	2012	0,16	0,63	0,19	1,07	F0	PL obstrukce
37	M	2014	0,68	0,16	1,00	0,16	F0	LL obstrukce
38	M	2015	0,32	0,14	0,33	0,14	F0	
39	Ž	2014	0,20	0,19	0,22	0,20	F0	PL mála a těžce snížená funkce
40	Ž	2003	0,15	0,25	0,15	0,29	F0	PL částečná obstrukce
41	Ž	2007	0,19	0,59	0,21	0,82	F0	PL obstrukce
42	M	2008	0,56	0,12	0,84	0,12	F0	LL obstrukce
43	M	2015	0,33	0,22	0,36	0,24	F0	LL dilatace
44	M	2011	0,18	0,19	0,19	0,20	F0	
45	M	2018	0,23	0,18	0,32	0,19	F0	LL částečná obstrukce
46	Ž	2018	0,60	0,11	1,01	0,12	F0	LL obstrukce
47	M	2011	0,13	0,12	0,14	0,13	F0	
48	Ž	2016	0,21	0,31	0,22	0,32	F0	
49	M	2013	0,25	0,31	0,25	0,34	F0	
50	M	2017	0,11	0,41	0,12	0,56	F0	PL obstrukce
51	Ž	2018	0,00	0,30	0,00	0,37	F0	LL afunkční a PL částečná obstrukce
52	Ž	2000	0,08	0,08	0,09	0,10	F+11	

9 Seznam zkratek

L	lumbus, bedro
Th	thoracica, hrudní
cm	centimetr
mm	milimetr
ml	mililitr
min	minuta
g	gram
kg	kilogram
l	litr
mSv	milisievert
s	sekunda
CT	Computer Tomography (počítačová tomografie)
RTG	rentgen
MR	magnetická rezonance
MBq	megabecquerel
ACE	angiotensin konvertující enzym
keV	kiloelektronvolt
FN	fakultní nemocnice
tzv.	takzvaný
LEHR	Low Energy High Resolution (kolimátor pro nízké energie s vysokým rozlišením)

LEAP	Low Energy All Purpose (univerzální kolimátor pro nízké energie dobrým rozlišením)
$T_{.50\%}$	doba od vrcholu do poklesu na polovinu maxima
T_{MAX}	čas do dosažení maxima od začátku snímání
$T_{1/2}$	doba poklesu původní hodnoty na polovinu
ROI	Region of Interest (oblast zájmu)
DSL	dynamická scintigrafie ledvin
EANM	The European Association of Nuclear Medicine
ONM	Oddělení nukleární medicíny
TER	tubulární extrakční poměr
GFR	glomerulární filtrace
ERPF	efektivní průtok plazmy ledvinami
i.v.	intravenózně
RF	radiofarmakum
ZSS	základní statistický soubor
VSS	výběrový statistický soubor
μ	[mí] střední hodnota, aritmetický průměr
σ^2	[sigma na druhou] empirický rozptyl
$\sigma = S_x$	směrodatná odchylka
n	počet prvků
α	[alfa] hladina významnosti
H_0	nulová hypotéza
H_A	alternativní hypotéza

O_1	obecný moment prvního řádu lze označit za aritmetický průměr
C_2	centrální moment druhého řádu lze označit za empirický rozptyl
x_i	prvky škály
W	kritický obor
u	kritická hodnota