

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

Hodnocení renální funkce u pacientů s obstrukcí

Bakalářská práce

2. května 2011

Irena Plocková

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

Evaluation of Renal Function in Patients with urinary Obstructions

Kidneys, ranking among the most important organs of the human body, have been affected with various diseases. Some of these diseases slow down or completely stop the elimination of urine from the kidneys. In this study, I focused on patients with such problems. A sample of 41 patients with a physiological urine elimination and a disorder of urine elimination was selected from those having visited the Clinic of Nuclear Medicine (CNM) of the University Hospital (UH) in Brno within the period of 3 months. T_{max} , $T_{1/2}$, MTT and a part of single kidney function from the overall renal activity were determined in all these patients.

The patients were examined in accordance with the valid SOPs (Standard Operating Procedures) prepared for the personal and instrument conditions of the CNM UH Brno. A dynamic renal scintigraphy was performed under the using of MB 9200 gammacamera with LEAP collimator and DIAG evaluation equipment. After an intravenous application of 75 – 200 MBq $^{99m}\text{MAG3}$, we initiated acquisition (1 scintigram in 20 seconds) over a total period of 20 minutes. T_{max} , $T_{1/2}$ and the separated renal function were evaluated as a standard. MTT (Mean Transit Time) was evaluated for the purpose of this study.

Based on the acquired data, we compared both groups of patients because the aim of this study was to confirm or disprove the hypothesis saying that T_{max} and $T_{1/2}$ cannot be evaluated in patients with obstructive type of the curve. These values cannot be used to describe the function of renal parenchyma. The used statistical methods have shown that the age is a statistically insignificant parameter, while the statistical significance of T_{max} . And MTT was confirmed.

Measurement results and conclusions of this study will be used for constitution of new new SOPs for the dynamic renal scintigraphy at the Clinic of Nuclear Medicine of the University Hospital in Brno. Furthermore, the measurement results and conclusions will be published and presented to scientific public at congresses.

Key words: function, kidneys, radiopharmaceutical, scintigraphy

Prohlášení

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

Prohlašuji, že v souladu s §47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě fakultou – 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 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 2. května 2011

Irena Plocková

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu práce panu doc. MUDr. Jiřímu Práškoví, CSc. za pomoc při zpracování a hodnocení dynamických scintigrafií ledvin, za přínosné podněty ke zpracování dané literatury, dále pak děkuji RNDr. Vojtěchu Ullmannovi za odborné konzultace a podnětné připomínky k mé práci.

Obsah

Úvod	5
1. Současný stav	7
1.1 Anatomie a fyziologie ledvin	7
1.2 Diagnostika renálních onemocnění	10
1.2.1 Celkové vyšetření	10
1.2.2 Neinvazivní diagnostika a intervenční metody	11
1.2.3 Funkční vyšetření	12
1.2.4 Radionuklidová vyšetření	13
2. Cíl práce a hypotéza	17
2.1 Cíle práce	17
2.2 Stanovení skupiny pacientů	17
2.3 Zpracování obrazu a hodnocení studie	19
2.4 Stanovení číselných hodnot $T_{max.}$, $T_{1/2}$ a MTT	22
2.5 Hypotéza	23
3. Metodika	24
3.1 Soubor pacientů	24
3.2 Dynamická scintigrafie ledvin	25
4. Výsledky	26
4.1 Výběrový vzorek pacientů	26
4.2 t – test – Studentův a párový	27
4.3 F – test	28
4.4 Posouzení hodnot získaných měření	28
4.4.1 Skupina renálních jednotek s normální funkcí ledvin	29
4.4.2 Skupina renálních jednotek s hodnotou $T_{max.}$ od 6 do 15 minut	30
4.4.3 Skupina renálních jednotek s obstrukčním typem křivky	31
4.4.4 MTT celé ledviny vs. MTT parenchymu ledviny	32
4.4.5 Statistické posouzení jednotlivých skupin	35
5. Diskuze	38
6. Závěr	40
7. Klíčová slova	42
8. Seznam použitých zdrojů	43
9. Přílohy	45

Úvod

Ledviny jsou párový, pro lidský organismus životně důležitý orgán. V současné době se stále zvyšuje počet pacientů s onemocněním ledvin, ať už primárním nebo sekundárním postižením vlivem jiné diagnózy. Protože se ve své praxi stále častěji (na naší klinice vyšetříme průměrně 75 pacientů týdně) setkávám s těmito pacienty, vybrala jsem si hodnocení funkce ledvin u pacientů s obstrukčním typem křivky při dynamické scintigrafii ledvin.

Při hodnocení dynamické scintigrafie ledvin jsou na naší klinice ke kvantifikaci funkce ledvin používány parametry T_{max} a $T_{1/2}$. Fakt, že u obstrukčních typů křivek nelze tyto parametry vyjádřit, proto je třeba stanovit jiný kvantifikační parametr (MTT – střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou) mě vedl k výběru tohoto tématu. Vyhodnocovací zařízení DIAG používané na KNM FN Brno k hodnocení dynamické scintigrafie ledvin umožňuje použít k hodnocení MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou) dekonvoluční analýzu, ale toto není na naší klinice standardně používáno. Ke standardizaci hodnocení MTT by měla přispět tato bakalářská práce.

Vybrala jsem skupinu se 41 pacientem s různou funkcí jednotlivých ledvin. Pro jednotlivé ledviny jsem pomocí dekonvoluční analýzy stanovila střední dobu průchodu (dále jen MTT) radiofarmaka ledvinou. Ze stanovených hodnot jsem zjistila průměrnou hodnotu MTT. Pro tuto práci bylo tedy použito 81 tzv. renálních jednotek, u jednoho z pacientů se po celou dobu snímání ledvina nezobrazila. To znamená, že každá ledvina je samostatnou jednotkou. Pomocí běžně dostupných statických metod, jako jsou t-test, F-test, průměr, směrodatná odchylka, jsem srovnala hodnoty MTT u normálně fungujících ledvin a u ledvin s obstrukcí.

Cílem této práce je stanovení střední doby průchodu radiofarmaka ledvinou (MTT). U pacientů s obstrukčním typem křivky se tím zpřesní diagnostika parenchymové funkce. U těchto pacientů nelze stanovit hodnoty T_{max} a $T_{1/2}$.

Výsledky práce budou použity k vytvoření nových standardních operačních postupů (dále jen SOP) na Klinice nukleární medicíny ve FN Brno, dále budou publikovány v odborných časopisech a prezentovány odborné veřejnosti na seminářích a kongresech.

1. Současný stav

V současné době je na naší klinice dynamická scintigrafie ledvin jedním z nejčastěji prováděných vyšetření. Indikací k tomuto vyšetření jsou např. záněty ledvin, renální kolika, renální hypertenze, cysty ledvin, tumory a mnoho dalších diagnóz. Nemocný je vyšetřován pomocí ^{99m}Tc MAG3 o aktivitě 75 – 200 MBq. Radiofarmakum je podáváno intravenózně. Toto vyšetření je prováděno na gamakameře MB 9200 s kolimátorem LEAP. Snímání oblasti ledvin vleže trvá 20 minut, poté následuje minutové snímání močového měchýře a studie je ukončena 5-ti minutovým snímáním vertikalizovaného pacienta.

Hodnocení studie se provádí pomocí vyhodnocovacího zařízení DIAG. Transport radiofarmaka je posuzován jak vizuálně, tak pomocí nefrografických křivek, které znázorňují časový průběh množství radiofarmaka vychyteného a vyloučeného ledvinami. Základní informace k funkci podává tvar křivky, T_{\max} . (čas dosažení vrcholu křivky) a $T_{1/2}$ (interval od dosažení maxima po 50 % jeho hodnoty). Ke kvantifikaci funkce se na naší klinice v současnosti používají jen hodnoty T_{\max} . a $T_{1/2}$, což není zcela dostatečné pro hodnocení funkce ledvin u nemocných s obstrukčním typem nefrografické křivky. Viz také kapitola 1.2.4.

1.1 Anatomie a fyziologie ledvin

Ledviny jsou párový orgán, uložený v dutině břišní v bederní krajině po obou stranách páteře (obr. 1). Jejich rozměry jsou: délka 10-12 cm, šířka 5-6 cm a tloušťka 4cm. Hmotnost je 120-200 g. Ledviny jsou tvořeny kůrou a dřeví. Na ledvině rozeznáváme přední a zadní plochu, laterální a mediální okraj, horní a dolní pól. Uprostřed mediálního okraje je zářez (hilum renale) přecházející v jamku (sinus renalis). V sinus renalis je uložena ledvinná pánvička, ledvinné kalichy, větve ledvinných cév a nervů, lymfatické uzliny a tuková tkáň (obr. 2). Cévní zásobení ledvin je tvořeno větvemi a. renalis a inervace ledvin je tvořena pomocí plexus coeliacus a plexus renalis.

Každá ledvina je tvořena 800 000-1 200 000 nefronů, což je její základní funkční jednotka tvořená dvěma částmi. Glomerulem a renálním tubulem. Glomerulus se dále skládá z Bowmanova pouzdra a svazku kapilárních klíček. Bowmanova pouzdro je počátkem renálního tubulu, po něm následuje proximální tubulus složený ze stočené a rovné části, přecházející v Henleovu klíčku, která se dělí na tenké sestupné a vzestupné raménko a končí tlustým vzestupným raménkem. Následuje distální stočený tubulus, spojovací tubulus a korový nebo dřeňový sběrací kanálek. V ledvinách existují dva druhy nefronů: korové, kterých je zhruba 85 % a jejich glomeruly jsou uloženy v kůře ledvin těsně pod povrchem a jejich Henleovy klíčky mají dosah pouze do zevní zóny dřeně ledvin. Druhé jsou juxtamedulární nefrony, uložené na rozhraní kůry a dřeně ledvin a jejich Henleovy klíčky zasahují hluboko do dřeně ledvin. Tyto nefrony hrají důležitou úlohu v systému, kterým ledviny koncentrují moč (obr. 3).

Cévní zásobení ledvin, jak již bylo zmíněno, zajišťují větve aa. renales, které se dále větví až na úroveň kapilár. Krev v ledvinách protéká dvěma kapilárními řečišti řazenými za sebou. Venózní část cévního řečiště vzniká spojením peritubulárních kapilár a opouští ledvinu v jejím hilu. Průtok krve ledvinami představuje 25 % klidového srdečního výdeje, tzn. přibližně 1,2 litru/min, to je 1700 litrů krve za den. Tento vysoký průtok sice přesahuje energetickou potřebu ledvin, ale je nutný k udržení optimální vodní a elektrolytové rovnováhy. Průtok krve ledvinami je stabilní v rozmezí tlaku krve 80-180 mm Hg. Tato stabilita je zajištěna vasomotorickou reakcí vas afferens a vas efferens, a také působením sympatiku – autoregulace průtoku krve.

Nefron je základní funkční součástí ledviny, jeho nedílnou součástí je glomerulus, v němž vzniká z krevní plazmy filtračním tlakem tzv. glomerulární filtrát neboli primární moč, které je až 180 litrů za 24 hodin. Primární moč odtéká do tubulů, stává se tak tubulární tekutinou a podléhá dalšímu zpracování. Některé látky se vylučují jen glomerulární filtrací (kreatinin), jiné glomerulární filtrací a tubulární sekrecí. Amoniak se vylučuje pouze tubulární sekrecí. Kombinací glomerulární filtrace a tubulární reabsorpce se vylučuje močovina a glukóza. Zpětná isoosmotická resorpce primární moči probíhá v proximálním tubulu, zpět se jí resorbuje 75-80 %. Kromě vody

se vstřebávají také ionty (sodíku, chloru, vápníku, draslíku, hořčíku), močovina, fosfáty, glukóza, bikarbonáty a aminokyseliny. Do Henleovy kličky odchází isoosmotická tekutina, z ní pak do distálního tubulu odchází hypotonická tekutina. Je zde aktivní vstřebávání závislé na hydrataci organismu, voda se resorbuje na 1 % původního objemu primární moči. Dále se tubulární tekutina upravuje na definitivní moč ve sběracích kanálcích, ty se také aktivně podílejí na pH moči, a to souvisí s udržováním homeostázy organismu.

Hypotalamus řídí díky vasopresinu (ADH – antidiuretický hormon) příjem vody, zajišťuje vstřebávání vody v distálním tubulu a sběracím kanálku. Druhým hormonem, který se tentokrát nepřímo podílí na vstřebávání vody, je aldosteron.

Ledviny mají několik funkcí:

- Vylučovací – do moči se vylučují látky, kterých je v těle nadbytek (voda, vápenaté ionty, fosfáty, sodík, draslík, zplodiny metabolismu – močovina, kyselina močová, kreatinin).
- Endokrinní – renin jako odpověď na snížené prokrvení ledvin nebo sníženou koncentraci sodíku a chloru. Erythropoetin, který vzniká z 90 – 95 % v ledvinách a reguluje tvorbu erytrocytů. Vitamín D se v ledvinách přeměňuje na aktivní kalcitriol. Funkcí vitamínu D je podporovat vstřebávání vápníku a fosfátů ve střevě a v ledvinách a také podílet se na řízení metabolismu vápníku v kostech.
- Řízení objemu krve a krevního tlaku
- Udržování acidobazické rovnováhy – do primární moči je vylučováno množství bikarbonátových iontů a do tubulů zase iontů vodíkových. Při acidóze se vyloučí více vodíkových iontů, a tím se snižuje kyselost extracelulární tekutiny, při alkalóze je to naopak.

1.2 Diagnostika renálních onemocnění

1.2.1 Celkové vyšetření

Do základního vyšetřovacího algoritmu patří anamnéza, především rodinná (hypertenze, časná úmrtí nebo onemocnění ledvin) a osobní (hypertenze, diabetes mellitus, dna, systémová onemocnění, úrazy a operace v oblasti břicha, beder, malé pánve, porody, potraty, dlouhodobě užívané léky apod.) a podrobné interní vyšetření. To je nutné především z toho důvodu, že onemocnění ledvin nemusí být primární. Naopak sekundární postižení ledvin je poměrně časté u metabolicky nebo imunologicky podmíněných systémových onemocnění. Nejčastěji přicházejí nemocní s určitými obtížemi, ale nelze ještě přesně určit, že se jedná o renální onemocnění. Nejčastěji se objevují otoky, bolesti v bederní krajině, změny barvy a objemu moči, pálení či řezání při močení, celková únava a slabost.

Cílem nefrologicky zaměřeného vyšetření je:

- Zjištění rozsahu postižení renálních funkcí – především základní biochemická vyšetření (urea, kreatinin, glomerulární filtrace, Na, K, Ca, P, kyselina močová, acidobazická rovnováha)
- Posouzení změn velikosti a struktury ledvin (UTZ, CT, rtg vyšetření)
- Posouzení postižení dalších orgánů
- Stanovení diagnózy – odeslání na specializované pracoviště k upřesnění diagnózy a následné léčbě

Při fyzikálním vyšetření hodnotíme zejména hydrataci, otoky na DKK, při vyšetření břicha můžeme zjistit ascites, hepatomegalii apod.

1.2.2 Neinvazivní diagnostika a intervenční metody

- Ultrasonografie (USG) - je nejčastěji indikována jako screeningové vyšetření ledvin díky své neinvazivitě, snadné dostupnosti a relativně nízké ceně. Vyšetřuje se pomocí sond různých typů, nejčastěji s frekvenčním rozsahem 3 – 5 MHz. Vyšetřujeme zpravidla u lačných, zavodněných pacientů. V akutních případech můžeme vyšetření provést bez zvláštní přípravy. U ledvin hodnotíme tvar, velikost a uložení, šíři, echogenitu a homogenitu parenchymu, náplň pánvičky a kalichů. USG umožňuje hodnotit difúzní i ložiskové změny. U změn difúzních lze s relativně vysokou přesností určit, zda se jedná o proces akutní, chronický či subakutní. Ultrasonografie je také často využívána při zaměření ledviny při biopsii.
- Vylučovací urografie (IVU) - metoda dosud považovaná za jednu z nenahraditelných metod v zobrazení vývodných močových cest, zejména u neobturujících intraluminárních procesů nebo změn kalichů a papil. K tomuto vyšetření je nutná aplikace jodové kontrastní látky (k. l.), dnes se používají stále častěji neionické, nízkomolární k. l., které mají výrazně méně nežádoucích účinků a jsou lépe snášeny. Díky aplikaci k. l. je nutná příprava pacienta k vyšetření: šestihodinové lačnění, ale dostatečná hydratace, podání antihistaminik kvůli případným alergickým reakcím, event. podání laxativ či antiflatulencií pro snížení obsahu vzduchu v celé trávicí trubici a solidního obsahu tračníku. Vyšetření se provádí dle zvyklostí rtg pracovišť, nejčastěji se zhotoví nativní snímek břicha, následuje aplikace k. l., bezprostředně po ní další snímek, tzv. nefrogram – hodnocení parenchymu díky maximální koncentraci k. l. v proximálních tubulech, následují snímky za 7, 14 a 21 minut po aplikaci k. l. Je možné provést další snímek vleže na břicho, případně snímek s kompresí. Ten nesmí být použit u dětí, pacientů s expanzivními procesy v dutině břišní, časně po břišních operacích. Pokud je to nutné provádějí se odložené snímky, např. za 2, 6 příp. 24 hodin.

- Počítačová tomografie (CT) - k vyšetření pomocí CT jsou ledviny vhodným orgánem také proto, že dobře vylučují kontrastní látku, ale i bez jejího podání lze kvalitně diagnostikovat např. urolitiázu, obstrukci vývodných močových cest nebo traumatické změny. K CT vyšetření jsou tak indikováni především pacienti s podezřením nebo stanovenou diagnózou cyst, benigních či maligních tumorů, traumatických a pooperačních změn, případně postižení renálních tepen. Při postižení funkce ledvin je toto vyšetření nespecifické. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1.1, jsou ledviny tvořeny kůrou a dřeví. Při aplikaci kontrastní látky je kůra silně sycena asi 30 sekund od této aplikace, dřeví je sycena po 80 sekundách a po 120 sekundách začíná vylučování, dutý systém je naplněn asi za 5 minut.
- Magnetická rezonance (MR) – je dnes již rutinní zobrazovací metodou, ale stále velmi drahou. Využívá se zejména k vyšetřování ložiskových procesů v parenchymu ledvin a k vyšetřování renálních tepen, ale jen v omezeném měřítku, díky nižšímu geometrickému rozlišení.
- Angiografie – jako diagnostická metoda je téměř nahrazena CTA (CT angiografie) nebo MRA (MR angiografie), její velký význam je však v případě, že je zároveň proveden terapeutický katetrizační výkon. Díky perkutánní transluminární angioplastice renální tepny (PTRA) je zlepšení renální hypertenze, v závislosti na typu postižení, od 20 do 90 %.
- Perkutánní nefrostomie (PN) – indikací k PN jsou obstrukce vývodných cest močových, popř. stenózy močovodů. Nefrostomie odstraňuje obstrukci a zároveň obnovuje funkci ledvin.

1.2.3 Funkční vyšetření

Jednou z nejdůležitějších funkcí ledvin je filtrovat krev a zpětně vstřebávat látky, které jsou důležité pro organismus, a vylučovat z něj nepotřebné metabolity. Proto jsou tato, především biochemická vyšetření, pro diagnostiku tak důležitá.

Umožňují posoudit, o jak těžké poškození funkce ledvin se jedná a na podkladě výsledků zhodnotit, zda postačí terapie konzervativní nebo je-li nutné zahájit dialyzační léčbu. Některá onemocnění jsou již charakterizována makroskopicko-anatomickými změnami, k diagnostikování těchto onemocnění je nutné využít zobrazovacích metod jako např. UTZ, CT, MR, RTG a některá scintigrafická vyšetření. Zobrazovací metody však nejsou dostatečně přesné, jde-li o rychle progradující renální onemocnění. Některá, především onemocnění tubulů, nelze diagnostikovat morfologicky a je nutná funkční diagnostika. Jednou z nich je vyšetření koncentrační schopnosti ledvin. Pro posouzení množství funkčního parenchymu má v současné době největší přínos vyšetření glomerulární filtrace (GFR). GFR lze zjistit několika způsoby. Ne všechny jsou zcela přesné, ale všechny jsou používány. Zjištění GFR na podkladě sérové hladiny kreatininu S_{kr} vychází z toho, že jejich vzájemná závislost je hyperbolická. S klesající GFR stoupá S_{kr} . Další možností zjištění GFR je výpočet renální clearance kreatininu C_{kr} , který se určuje na základě měření močového vylučování kreatininu. Pro stanovení této veličiny je nutný přesný sběr moči – při nepřesném sběru dochází k chybám v posouzení C_{kr} .

$$C_{kr} = U_{kr}V / S_{kr}$$

kde U_{kr} – močová koncentrace kreatininu, V – objem moči vytvořený za sledované časové období, zpravidla 24 hodin, C_{kr} – renální clearance kreatininu, S_{kr} – sérová hladina kreatininu. Některé metody, byť v praxi hojně využívány, např. metoda predikce C_{kr} dle Cockcrofta a Gaulta nebo stanovení sérové koncentrace cystatinu C , jsou stále studovány. Přesnější stanovení GFR je pomocí radioizotopových metod (podrobněji v kapitole 1.2.4), výhodou těchto metod je také to, že lze stanovit GFR separovaně pro pravou i levou ledvinu.

1.2.4 Radionuklidová vyšetření

Radionuklidová vyšetření mají nezastupitelné místo v hodnocení perfuze, funkce ledvin a odtoku moči močovými cestami. K tomu lze využít jak metod in vitro

(laboratorní metody využívající radionuklidy) tak metodu in vivo (scintigrafická vyšetření). Pro každou z těchto metodik je nutné použít jiné radiofarmakum, pro in vitro vyšetření se používají ^{123}I - nebo ^{131}I -OIH (ortojodhippuran) vylučující se tubulární sekrecí i glomerulární filtrací a dále ^{51}Cr -EDTA (etylendiaminotetraacetát), který je vylučován glomerulární filtrací. Při dynamických scintigrafiích se používají především dvě radiofarmaka, a to $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA (diethylentriaminopentaoctová kyselina), je to chelátová sloučenina vylučovaná pouze glomerulární filtrací. Druhým radiofarmakem je $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3 (merkaptocetyltriglycin), které má vysokou vazbu na plazmatické proteiny – až 90 %. Převažuje tubulární sekrece a jen velmi malá část je vylučována glomerulární filtrací. Zavedením $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG3 došlo ke zvýšení kvality zobrazení ledvin a ke zdokonalení dynamické scintigrafie. Po i. v. aplikaci je rychle vylučován, při normální funkci ledvin je do 30 minut vyloučeno 70 % a do 3 hodin je vyloučeno 95 % radiofarmaka. Jak uvádí Vižďa (2002, s. 7) místem maximální sekrece je proximální tubulus, jen malá část se vylučuje v oblasti přechodu proximálního a distálního tubulu. Lékové interakce nebyly popsány, ale tubulární sekreci může ovlivnit předchozí aplikace RTG kontrastní látky a pravděpodobně některých antibiotik.

Dynamická scintigrafie ledvin jak uvádí Vižďa (2002, s. 9) je funkční vyšetření, podávající informaci o intrarenální kinetice intravenózně podaného radiofarmaka a jeho transportu vývodnými močovými cestami. Toto vyšetření nemá kontraindikace (nepatří k vyšetřením z vitální indikace, a také u kojících je nutné zvážit přínos vyšetření z důvodu sekrece radiofarmaka do mateřského mléka). Pacient je vyšetřován zpravidla vleže, řidčeji vsedě, po předchozí přípravě k vyšetření. Příprava spočívá v zavodnění organismu nejméně ½ litrem tekutin minimálně 30 minut před vyšetřením. U pacientů s výraznou odchylkou hmotnosti od průměru (což je 70 kg) je nutno objem tekutin stanovit tak, aby pacient vypil 7 ml/kg tělesné hmotnosti. Nutné je také vymočení těsně před samotnou scintigrafií, protože distenze močového měchýře může zpomalit nebo dokonce úplně zastavit průběh drenáže ledvin. Naopak není nutné lačnění ani premedikace antihistaminiky jako je tomu u vyšetření pomocí kontrastních látek. U pacientů nespolupracujících lze zvážit i. v. hydrataci, případně zavedení močového katetru.

Pacienti jsou vyšetřováni vleže, detektor gamakamery je v zadní projekci. Zorné pole gamakamery je zaměřeno nejen na ledviny, ale také na srdeční bazi. Záznam je zahajován v okamžiku i. v. podání radiofarmaka ($^{99m}\text{Tc-MAG3}$ o doporučené aktivitě 75 – 200 MBq, DRL 250 MBq nebo $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ o aktivitě 100 – 200 MBq, DRL 250 MBq). Studie je nahrávána do počítače gamakamery s frekvencí 1 snímek za 10 – 20 sekund s celkovou dobou snímání 20 – 45 minut dle typu studie. V případě potřeby hodnocení perfuze je nezbytné v úvodní fázi nahrávat 1 snímek za 1 sekundu po dobu nejméně 1 minuty. Scintigrafický obraz je rozložení četnosti impulzů nad vyšetřovanou oblastí těla pacienta. V tomto případě jde o digitalizaci analogového obrazu, což je převedení hodnot v jednotlivých bodech snímku a souřadnic jejich výskytu na číselné údaje. Jak uvádí Kupka (2007, s. 43) digitální obraz je tvořen maticí (uspořádaným polem) čísel, kterým jsou při zobrazení, zviditelnění obrazu např. na obrazovce podle dohodnutého klíče přiřazeny odstíny šedi nebo různé barvy. Digitální snímek se ovšem neskládá z „bodů“, ale z obrazových prvků (pixelů – podle anglického picture element), které se obvykle zobrazují jako malé čtverečky. Čím jsou obrazové prvky menší a čím přesněji jsou vyjádřeny hodnoty obrazu v každém prvku, tím více se digitální obraz blíží obrazu analogovému. Digitální obraz lze elektronicky přenášet, archivovat, lze v něm měřit, měnit různé parametry (jako jsou zvětšení, kontrast), upravovat různá zkruslení, provádět výpočetní operace. Užívá se matice 64x64, případně 128x128, nastavení okna analyzátoru na 140 keV, volba šíře okna se provádí v souladu s doporučením výrobce přístroje, s použitím kolimátoru LEAP.

Transport radiofarmaka je posuzován jak vizuálně, tak pomocí nefrografických křivek. Ty znázorňují časový průběh množství radiofarmaka vychytaného a vylučovaného ledvinami. Poruchy funkce ledvin se projevují snížením strmosti parenchymové části křivky. Exkreční fáze může být ovlivněna např. při zánětech či nekrózách ledvin nebo v důsledku obstrukce či dilatace kalicho-pánvičkového systému. Pro hodnocení dynamické scintigrafie ledvin je důležité co nejpřesnější zakreslení ROI (vymezení oblasti zájmu – pravá i levá ledvina včetně dutého systému i extrarenálně uložených pánviček a pozadí), při chabé funkci ledvin se ROI zakreslují ze sumačních snímků pozdějších fází. Křivky z ROI (nefrografické křivky) parenchymu a pánviček

pomáhají odlišit poruchu transportu radiofarmaka na úrovni dutého systému a pánvičky. Při hodnocení se používá řada parametrů, přičemž výběr závisí na možnostech a zvyklostech pracoviště. Základní informace o funkci podává tvar křivky, T_{\max} . (čas dosažení vrcholu křivky) a $T_{1/2}$ (interval od dosažení maxima po 50 % jeho hodnoty). Při obstrukčním typu křivky nelze hodnotit žádný parametr, pomocí kterého kvantifikujeme funkci ledviny, proto je třeba vypočítat hodnotu MTT – střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou. Kvantitativní funkční parametry je třeba hodnotit spolu s kvalitativním posouzením obrazů. Podíl pravé a levé ledviny na celkové funkci je nutné počítat v závislosti na typu použitého radiofarmaka mezi 1. -3. minutou (radiofarmakum ještě není v dutém systému ledviny).

Vizuální hodnocení dynamické funkce ledvin: intenzita prokrvení ledvin by měla být stejná nebo vyšší než sleziny, obraz má být homogenní. Ložiskové defekty svědčí pro cysty nebo málo prokrvené tumory, zvýšená perfuze je u vaskularizovaných tumorů. První minuty po i. v. aplikaci radiofarmaka dávají orientační informace o velikosti, funkci, tvarových a polohových anomáliích, hrubších poruchách v distribuci radiofarmaka a lze vypočítat separovaný funkční podíl. Snížená nebo chybějící akumulace v parenchymové fázi může být známkou např. zánětlivých procesů. Funkční parenchym se nezobrazí při afunkci, agenezi nebo nefrotomii. Opožděné zobrazení parenchymu nastává při paravenózní aplikaci radiofarmaka. Ve 3. – 4. minutě je radiofarmakum již v dutém systému a je postupně vylučováno do močového měchýře, tím klesá sytost zobrazení parenchymu. Patologicky zpomalený transport je možné zaznamenat u akutní nekrózy, stenózy a renalis, dehydratace a polékového poškození ledvin. U pacientů vysokého věku není zpomalený transport patologický. Při výrazném snížení funkce a značně dilatovaném dutém systému se aktivita v dutém systému ledviny nemusí vůbec zobrazit.

2. Cíl práce a hypotéza

2.1 Cíle práce

- A. Pomocí dekonvoluční analýzy stanovit normální hodnoty MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou) u renálních jednotek s fyziologickou funkcí.
- B. Stanovení hodnot MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou) u renálních jednotek vykazujících obstrukci.
- C. Srovnání MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou) u těchto skupin renálních jednotek.

Důvodem pro stanovení hodnot MTT (střední doby průchodu radiofarmaka ledvinou) je fakt, že u renálních jednotek s obstrukčním typem křivky nelze funkci ledvin kvantifikovat pomocí T_{max} a $T_{1/2}$. Abychom mohli posoudit, zda hodnota MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou) u obstrukční křivky odpovídá normálu či nikoliv, je nutné stanovit nejprve tuto hodnotu u fyziologicky fungujících renálních jednotek. Pak lze hodnoty MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou) u obou skupin renálních jednotek srovnávat.

2.2 Stanovení skupiny pacientů

Z pacientů přicházejících na naši kliniku k dynamické scintigrafii ledvin bylo po předchozím zpracování nahraných dat náhodně vybráno 41 pacientů různého věku (4 – 90 let). Pro účely této bakalářské práce bylo použito 81, tzv. renálních jednotek (u jednoho z pacientů se po celou dobu snímání jedna ledvina nezobrazila), každá ledvina byla hodnocena samostatně. Tito pacienti přicházeli s různými diagnózami a subjektivními potížemi. Diagnózy nebyly pro výběr směrodatné, protože některé diagnózy uvedené na průvodních listech byly diagnózou základní. A jak již bylo řečeno, ne každé onemocnění ledvin je primární. U mnoha pacientů je dynamická scintigrafie

ledvin doplňkovým vyšetřením. Všichni pacienti přicházející v průběhu 3 měsíců na toto vyšetření byli dotázáni, zda souhlasí s použitím části nálezu pro tuto bakalářskou práci. V práci nejsou použity jejich nacionály, pouze pohlaví a věk pro statistiku. Poměr mužů a žen v této skupině je 24:17. Důvody obstrukce mohou být různé, např. nefro-nebo ureterolitiáza, stenóza ureteru, hydronefróza, polékové poškození ledvin, aj. Nezavodnění pacienta, a to z různých důvodů (pacient nemá pocit žízně a i přes upozornění, dané množství tekutin nepřijme, pacient není schopen tekutiny přijímat ústy a není dostatečně zavodněn infuzní terapií může vést k závažným změnám tvaru renografických křivek. Všichni pacienti byli vyšetřeni dle dosavadních SOP (standardních operačních postupů) vytvořených pro podmínky KNM FN Brno.

Základní podmínkou k vyšetření je řádné zavodnění, tzn. 500ml tekutin, minimálně půl hodiny před vyšetřením. U pacientů s výraznou odchylkou hmotnosti lze potřebný objem tekutin vypočítat tak, aby pacient vypil 7ml/kg hmotnosti. Nutností je také ověření osobních a zdravotních dat na žadance o vyšetření. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření, na které přichází a získání jeho souhlasu s vyšetřením. Zjištění anamnézy zaměřené na event. dočasnou nevhodnost vyšetření (např. aplikace jodové kontrastní látky v uplynulých 10 – 14 dnech), na onemocnění, pro které se vyšetřuje. Dle váhy pacienta je nachystána potřebná aktivita radiofarmaka, 75 – 200 MBq MAG3. Pacient je uložen do polohy vleže na zádech, případně vsedě (méně často) a je provedeno orientační nastavení snímané oblasti do zorného pole gamakamery. Nastavení se provádí pomocí „značenky“, orientačními body jsou processus xiphoideus a symfýza. V zorném poli by kromě ledvin měla být srdeční baze. Dalším krokem je i. v. aplikace radiofarmaka ve formě bolu. Bezprostředně po aplikaci je spuštěna akvizice. Délka záznamu je standardně 20 minut s frekvencí 1 scintigram za 20 sekund. Na gamakameře MB 9200 není dostatečně velké zorné pole, proto je močový měchýř nahráván po skončení dvacetiminutové akvizice samostatně, poté je ležící pacient na dobu 5 minut (1 scintigram/20 sekund) vertikalizován, aby byl zjištěn případný pokles ledvin (lze tak diagnostikovat ren migrans). Pokud jsou po vizuálním i počítačovém hodnocení obrazů renografické křivky fyziologické (obr. 4) je vyšetření ukončeno. Pokud je alespoň jedna křivka obstrukční (obr. 5) a $T_{1/2}$ je více než 15 minut je žádoucí

podat vyšetřovanému Furosemid. Je používán vzorec F+20 (diuretikum je aplikováno po skončení dynamické scintigrafie ledvin a po jejím zhodnocení). Intravenózně aplikujeme 40 mg Furosemidu, u dětí je aplikován 1 mg/kg hmotnosti, ale to není předmětem této bakalářské práce.

2.3 Zpracování obrazu a hodnocení studie

Digitalizovaný obraz je nutné zpracovat pomocí výpočetní techniky. Čím více impulzů v daném obrazu bude, tím více klesá relativní chyba. V praxi právě toto bývá velkým problémem díky nízké aktivitě radiofarmaka, kterou lze pacientovi naaplikovat bez rizika ohrožení jeho zdraví vlivem ozáření. Možný je vznik stochastických účinků ionizujícího záření. To jsou takové účinky, kdy s dávkou roste pravděpodobnost poškození organismu ionizujícím zářením – příkladem je vznik zhoubných nádorů. Obrazy lze snímat jen krátkou dobu, po kterou vydrží pacient ležet pod detektorem gamakamery bez pohybu. Tyto běžné vady lze částečně odstranit filtrací, např. průměrováním hodnot, tzn., že původní hodnota v každém pixelu je nahrazena váženým průměrem. Kupka (2007, s. 45) udává, že různé filtry se liší vahami, kterými k nové hodnotě v pixelu přispívají hodnoty okolních pixelů. Vhodnou volbou vah lze dosáhnout i opačného efektu: potlačení neostrosti, zdůraznění detailů a hran. Při tomto způsobu filtrace ovšem dochází také k zesílení šumu. Optimální filtrace je proto vždy kompromisem mezi potlačením neostrosti a šumu, mezi zaostřením a vyhlazením obrazu. Další velmi častou vadou je malý kontrast digitálního obrazu. Kontrast lze zvýšit použitím vhodného zobrazovacího „okna“, to je vymezeno dolním a horním prahem, což jsou čísla, ke kterým je přiřazena určitá barva – k dolnímu prahu bývá obvykle přiřazena barva černá a k hornímu barva bílá. Toto „okno“ je možné nastavovat dle potřeby lékařů hodnotících danou studii. Je ovšem také důležité, aby nedošlo k nevhodnému nastavení „okna“, protože by mohly být z obrazu odstraněny diagnosticky důležité struktury nebo naopak vytvořeny falešně pozitivní nálezy díky náhodnému shluku impulzů.

Díky tomu, že scintilační detektor gamakamery je větší než vyšetřovaná oblast těla pacienta, a my chceme měřit četnost impulsů jen v části tohoto obrazu, vyznačíme si oblast zájmu – ROI (z angl. region of interest), ta mívá nepravidelný tvar, podle tvaru orgánu či jeho části, ale může mít i tvar geometrický (trojúhelník, kruh). Díky počítačovému zpracování dojde k součtu počtu impulsů ve zvolené oblasti. Zvolenou oblast je možné přenést do jiných obrazů a vytvořit tak např. křivku časového vývoje počtu impulsů ve zvolené oblasti zájmu. Škálu fyziologických funkcí lze popsat matematickým vyjádřením časových průběhů koncentrací radiofarmak přítomných v těle pacienta po dobu vyšetřování na Klinice nukleární medicíny. Toto nazýváme matematickým modelem. Tento model je možné využít pro studium funkčních stavů a pro diagnostiku poruch funkce. Scintigrafické techniky jsou vhodným a mnohdy i jediným možným zdrojem dat pro modelování a kvantitativní vyšetřování fyziologických funkcí in vivo. Protože radiofarmakum není pouze ve snímaném orgánu, ale i jinde mimo tento orgán, např. v extracelulární tekutině, používáme různé výpočetní operace, kdy jak uvádí Kupka (2007, s. 47) dva obrazy se sečtou (odečtou) tak, že se sečtou (odečtou) hodnoty v navzájem si odpovídajících obrazových prvcích. Výsledkem je obraz stejné velikosti. Ve scintigrafii se nejčastěji provádí tzv. odečítání pozadí snímku. Cílem těchto korekcí je zvýšení kontrastu obrazu a zobrazení jen těch impulsů, které se účastní tvorby obrazu vyšetřovaného orgánu bez tkáňového či radiačního pozadí. S nasnímanými obrazy lze provádět také operace, jejichž výsledkem není zkvalitnění obrazu, ale zobrazení parametrů nějaké funkce – funkční nebo parametrické zobrazení.

Jak na svých webových stránkách uvádí Ullmann (www.astronuklfyzika.cz) dynamická scintigrafie ledvin tedy slouží ke kvalitativnímu a kvantitativnímu hodnocení funkční schopnosti ledvin, jejich perfuze a kinetiky horních močových cest. Komplexní matematické vyhodnocování této dynamické studie zahrnuje následující hlavní body:

- Vizuální hodnocení obrazů distribuce radioaktivity v ledvinách v různých fázích pasáže indikátoru uropoetickým systémem.

- Kvantitativní zpracování křivek prvního průtoku radioindikátoru a stanovení parametrů perfuze.
- Hodnocení a kvantitativní zpracování nefrografických křivek.
- Stanovení funkce ledvin jednak globální, jednak separované pro každou ledvinu. Lze použít pro stanovení glomerulární filtrace (značený DTPA) i pro stanovení tubulární funkce TER resp. efektivního průtoku plasmy ERPF (značený hippuran a MAG3).
- Konstrukce tranzitních funkcí (křivek) a stanovení tranzitních časů průchodu radioindikátoru ledvinami a jejich částmi (kůrou a dutým systémem).
- Vytištění komplexního závěrečného protokolu obsahující všechny potřebné údaje, obrazy význačných fází, křivky, kvantitativní parametry a verbální interpretace včetně výstižně formulovaného závěru.

Nejprve se na obrazovce vytvoří série vhodně nasumovaných snímků (spolu s hodnotami příslušných časových intervalů), zachycujících distribuci a průběh hromadění radioindikátoru v ledvinách a jeho postupné vylučování do močového měchýře. Aby tato sekvence obrazů svou modulací objektivně odrážela dynamiku koncentrace radioindikátoru, můžeme nastavit normování jednotlivých snímků ke společnému maximu (většinou se volí maximum ze snímku ve 3. - 5. min). Po vizuálním hodnocení dynamické scintigrafie ledvin následuje vybrání zájmových oblastí, v našem případě jsou to ROI pravé a levé ledviny a ROI pozadí těla. Z těchto oblastí zájmu jsou po matematickém zpracování vytvořeny nefrografické křivky a je automaticky vytvořen bod maxima T_{max} . a poločas exkrece $T_{1/2}$. Dále lze vypočítat separovanou funkci pravé a levé ledviny (relativní podíl jednotlivých ledvin na celkové funkci). Pro objektivní posouzení drenáže ledvin může být analýza samotných nefrografických křivek někdy zavádějící. Tvar nefrografické křivky je totiž neustále ovlivňován vzájemnou „balancí“ funkce (akumulace) ledviny a její drenáže (exkrece). Zvláště když je zhoršená funkce ledvin a celkově plochá nefrografická křivka, je obtížné posoudit míru obstrukce vývodných cest. Do

určité míry v tom může pomoci dekonvoluční tranzitní analýza (www.astronuklfyzika.cz). Kvalitativní a většina kvantitativních parametrů funkce ledvin se stanovuje matematickou analýzou nefrografických křivek. Z matematického hlediska tedy nefrografická křivka vzniká složením tzv. konvolucí, vlastní tranzitní funkce ledviny a průběhu radioaktivity v krevním řečišti. Z tranzitních funkcí můžeme odečítat tři význačné časové okamžiky, charakteristické pro dynamiku pasáže radioindikátoru ledvinou: Minimální tranzitní čas (začátek poklesu tranzitní funkce), střední tranzitní čas (v místě poklesu tranzitní funkce na polovinu) a maximální tranzitní čas (bod, kde tranzitní funkce klesne prakticky k nule) (www.astronuklfyzika.cz).

2.4 Stanovení číselných hodnot $T_{max.}$, $T_{1/2}$ a MTT

Vyhodnocovacím systémem DIAG, který je používán na Klinice nukleární medicíny FN Brno je možné hodnotit $T_{max.}$, $T_{1/2}$ a separovaný podíl funkce pravé a levé ledviny na celkové funkci. Systém umožňuje i využití dekonvoluční analýzy a tím stanovit hodnoty MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou). Toto však není na naší klinice standardně využíváno, proto bylo vybráno toto téma pro bakalářskou práci. Pro dekonvoluční analýzu jsou použity ROI, které jsou zakresleny pro standardní hodnocení $T_{max.}$ a $T_{1/2}$. Při nepřesném zakreslení oblasti zájmu, tzv. ROI může dojít k nepřesnému vyhodnocení parametru $T_{max.}$ a $T_{1/2}$ i u pacientů s obstrukčním typem křivky. S těmito parametry ale nelze počítat jako se směrodatnými při celkovém hodnocení dynamické scintigrafie ledvin. To mě vedlo k výběru tohoto tématu. Pokud vím, existuje ještě vyhodnocovací program Ostnukline, který je používán na KNM FN Ostrava. Viz. obr. 6.

2.5 Hypotéza

U pacientů s obstrukčním typem křivky nelze stanovit číselné hodnoty T_{max} . a $T_{1/2}$, proto je třeba vypočítat parametr, který popíše funkci ledviny (MTT – střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou).

3. Metodika

3.1 Soubor pacientů

V období od začátku ledna do konce března 2009 bylo na Klinice nukleární medicíny FN Brno vyšetřeno 587 pacientů přicházejících s průvodním listem na vyšetření dynamické scintigrafie ledvin. Z toho počtu bylo náhodně vybráno 41 pacientů. Část pacientů přicházela se základní diagnózou – onemocnění ledvin, např. ledvinová kolika, hydronefroza, akutní či chronická pyelonefritida, nefrolitiáza, tumor ledviny. U části pacientů byla dynamická scintigrafie ledvin jen součástí vyšetřování či došetřování u jiné diagnózy.

Každý z 587 pacientů nebo jejich zákonných zástupců byl seznámen a dotázán zda souhlasí s publikováním části nálezu pro účely této bakalářské práce. Souhlasy spolu s informovaným souhlasem pacienta s vyšetřením a pokyny pro pacienty vyšetřované radiofarmaky (hygienický režim) jsou uloženy v ambulantních kartách pacientů. Po příchodu na KNM FN Brno, kontrole osobních a zdravotních dat na průvodním listu k vyšetření a ověření identity je pacient odeslán do čekárny kde vyčkává na vyzvání příslušného zdravotnického personálu. Nelékařským zdravotnickým pracovníkem je dotázán, zda je dostatečně zavodněn a odeslán na toaletu, aby se vymočil, to je důležitá součást přípravy k vyšetření, protože jak uvádí Kupka (2007, s. 108) velmi důležité je vymočení pacienta před dynamickou scintigrafií, protože roztažení močového měchýře může výrazně zpomalit nebo dokonce zastavit odtok moči z kalichopánvičkového systému ledvin. Poté přichází pacient na vyšetřovnu kde je, nejčastěji lékařem, informován a poučen o průběhu vyšetření, přínosu i možných rizicích vyplývajících z aplikace radioaktivní látky. Po dokončení administrativních záležitostí a zjištění jeho váhy, je nachystána do injekční stříkačky aplikovaná aktivita daného radiofarmaka, v tomto případě MAG3 (merkaptocetyltriglycin). Aplikovaná aktivita je v rozmezí 75 – 200 MBq, v případě velmi vysoké hmotnosti pacienta lze

aplikovat až 250 MBq. Aplikovanou aktivitu u dětí je nutné přepočítat dle tabulek EANM s ohledem na hmotnost dítěte.

3.2 Dynamická scintigrafie ledvin

Vyšetření provádíme na jednohlavé gamakameře MB 9200 s kolimátorem LEAP a vyhodnocovacím zařízením DIAG. Okénko analyzátoru je nastaveno na 140 keV, matice 128x128, příp. 64x64. Pacient je požádán, aby se uložil na vyšetřovací lůžko na záda. Pomocí „značenky“ je oblast ledvin nastavena do zorného pole detektoru. Orientačními body pro nastavení jsou processus xiphoideus a symfýza. U dětí bývá použit zoom. Je vhodné, aby v zorném poli byla baze srdeční a pokud možno i močový měchýř. Radiofarmakum aplikujeme formou bolu nejčastěji do kubitální žíly. Současně s aplikací je spuštěna akvizice. Je nahráván 1 scintigram za 20 sekund po dobu 20 minut. Po ukončení 20-minutové studie je po dobu jedné minuty nahráván samostatně močový měchýř, protože zorné pole gamakamery není dostatečně velké aby byla zachycena celá oblast břicha i pánve. Dále je pacient na dobu 5 minut vertikalizován pro vyloučení patologického poklesu ledvin či ledviny. Veškerá data jsou uložena v počítači a je na lékaři, aby data zhodnotil. Nejprve je nutné vybrat oblast zájmu - ROI, v našem případě pravou a levou ledvinu a pozadí těla pacienta. ROI tělového pozadí je na naší klinice zakreslována v oblasti nad ledvinami nad aortou. Z oblastí zájmu jsou matematickou analýzou vypočítány nefrografické křivky. Dekonvoluční analýzou, se stanovují tranzitní časy průchodu radiofarmaka parenchymem ledviny a čas potřebný na jeho průchod celou ledvinou včetně dutého systému. Jak uvádí Kupka (2007, s. 109) výsledkem této analýzy je křivka, která má profil, jaký by měla ledvinná křivka v případě, kdyby bylo radiofarmakum podáno jednorázově přímo do renální arterie a toto radiofarmakon by již do ledvin nepřitékalo znovu v důsledku systémové recirkulace. U všech pacientů je hodnoceno $T_{max.}$, $T_{1/2}$, separovaná funkce ledvin a pro účely této práce je stanoven i MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou).

4. Výsledky

4.1 Výběrový vzorek pacientů

Bylo vybráno 41 pacientů, u kterých byly hodnoceny, na naší klinice, standardně používané parametry, tj. $T_{max.}$, $T_{1/2}$ a separovaný podíl funkce jednotlivých ledvin na jejich funkci celkové. Zvlášť byla hodnocena levá a pravá ledvina. Pro účely této práce byl stanoven pro každou ledvinu MTT. Věkové rozložení celého souboru 81 renální jednotky je od 4 do 90 let, což je dobrý předpoklad pro hodnocení uvedených parametrů ($T_{max.}$, $T_{1/2}$ a MTT), neboť funkce ledvin je na věku závislá.

Tabulka 1: Výběrový vzorek

	Věk	Levá ledvina			Pravá ledvina			Dg.
		$T_{max.}$	$T_{1/2}$	MTT	$T_{max.}$	$T_{1/2}$	MTT	
1	26	0	0	7,6	3	7	1,32	N23
2	61	0	0	4,9	0	0	6	N133
3	5	12	11	6	16	0	8,6	N131
4	68	0	0	8,3	7	11	2,6	R31
5	31	5	6	1,2	0	0	6,6	N130
6	20	0	0	6,9	13	51	5,2	N390
7	71	13	0	5,3	7	14	2,9	N133
8	39	0	0	7,9	5	8	2,2	N23
9	26	0	200	7,1	0	0	8,1	N379
10	54	0	35	6,1	0	0	7,9	N288
11	75	10	14	4	14	0	3,7	N133
12	78	0	0	5,6	5	13	1,34	C61
13	73	8	38	2,9	0	0	5,2	N23
14	90	4	9	2	0	0	6	R31
15	80	4	31	1,19	0	0	4,8	N288
16	61	3	7	1,27	0	0	5,9	N133
17	47	5	15	2,1	0	0	7,7	N133
18	80	0	0	3,4	17	0	4,1	N399
19	20	0	0	7,1	0	0	6,1	N131
20	63	7	9	2,8	0	0	7,4	N288
21	48	0	0	5,4	0	0	6,8	N288
22	4	0	0	6,9	0	0	0	N330

23	12	0	0	6,1	15	778	2,9	Q524
24	72	5	6	2,4	0	0	7,4	N23
25	46	6	10	2,8	0	0	7,8	N132
26	4	7	48	6,4	2	7	0,53	N131
27	56	2	7	0,52	0	0	5,3	C679
28	60	0	0	6,6	7	13	3,5	Q613
29	78	0	0	7,4	15	163	6,8	N10
30	50	3	6	1,32	0	0	7,1	N133
31	31	0	0	7,3	3	10	1,31	N201
32	79	13	0	3	0	0	4,21	N200
33	66	5	7	1,77	0	0	7,06	N23
34	64	0	0	7,01	4	7	1,51	N23
35	43	11	8	3,96	0	0	6,57	C65
36	58	4	7	1,42	0	0	6,53	N200
37	58	0	0	6,19	0	0	6,19	N133
38	75	10	44	3,85	8	63	3,2	N10
39	41	3	7	1,11	0	0	7,67	N23
40	51	0	0	7,17	7	4	2,78	N23
41	15	0	0	6	0	0	1,17	N131

V tabulce 1 jsou použity hodnoty tak, jak byly vyhodnoceny námi používaným vyhodnocovacím zařízením DIAG.

4.2 T-test – Studentův a párový

T-test je jedním z nejznámějších statistických testů významnosti, pomocí kterých ověřujeme, zda mezi proměnnými existuje skutečně významný vztah, který již není možné vysvětlovat působením náhody a patří mezi parametrické testy. U těchto testů se vyžaduje splnění některých přesně vymezených předpokladů. U Studentova testu se požaduje, aby

1. základní soubor splňoval požadavek normálního rozdělení,
2. byl dodržen požadavek homogenity rozptylu v obou skupinách,
3. měření bylo provedeno na úrovni intervalového nebo poměrového měření,

4. měření byla vzájemně nezávislá.

Párový test lze použít tam, kde jsme opakovaně měřili u skupiny osob určitou vlastnost (proměnnou) a chceme rozhodnout, zda mezi výsledky těchto měření jsou významné rozdíly. (Chráska, 1998, s. 208, s. 214).

T-test byl použit pouze v závěrečném statistickém hodnocení, které porovnává věk, T_{max}. a MTT.

4.3 F – test

F – test je statistický test významnosti, který řeší otázku, zda rozptyl výsledků ve dvou skupinách dat je přibližně stejný či významně rozdílný. Pomocí testového kritéria F se testuje nulová hypotéza, předpoklad, že mezi proměnnými není žádný vztah a že získané výsledky lze vysvětlit na základě působení náhody (Chráska, 1998, s. 160), o rovnosti rozdílů v obou skupinách.

4.4 Posouzení hodnot získaných měřením

Z těchto 41 pacientů, tedy 81 renální jednotky (u jednoho z pacientů se během celého snímání jedna z ledvin nezobrazila) a parametrů získaných vyhodnocením dynamické scintigrafie ledvin byly vybrány ty renální jednotky, jejichž parametry odpovídaly zcela fyziologické funkci ledvin. Dále pak ty, které měly prodloužený T_{max}. – od 6 do 15 minut, poslední skupina je tvořena renálními jednotkami, u nichž nebylo možné stanovit T_{max}. a T_{1/2}, protože exkrece vykazovala známky obstrukce. Pro účely této práce byl dekonvoluční analýzou hodnocen MTT.

4.4.1 Skupina renálních jednotek s normální funkcí ledvin

Tabulka 2: Normální funkce ledvin

T max. do 5 minut					
Věk	Pohlaví	Tmax.	MTT	T1/2	
31	M	5	1,2	6	
90	Ž	4	2	9	
80	Ž	4	1,19	31	
61	M	3	1,27	7	
47	M	5	2,1	15	
72	Ž	5	2,4	6	
56	M	2	0,52	7	
50	Ž	3	1,32	6	
26	M	3	1,32	7	
39	M	5	2,2	8	
78	M	5	1,34	13	
4	M	2	0,54	7	
66	M	5	1,77	7	
58	Ž	4	1,42	7	
41	M	3	1,11	7	
31	M	3	1,31	10	
64	M	4	1,51	7	
53	M=12	3,82	1,44	9,41	průměr
21,62	Ž=5	1,01	0,5	5,91	sm. odch.

Skupinu s normální renální funkcí tvoří 17 renálních jednotek, z toho 12 je u mužů a 5 u žen a s průměrným věkem 53 let. Hodnoty Tmax. u fyziologické funkce ledvin jsou udávány v rozmezí 2 – 5 minut. Tento soubor má průměrnou hodnotu Tmax. $3,82 \pm 1,01$ minuty. T1/2 je udávána 5 – 15 minut, u našeho souboru byla zjištěna průměrná hodnota $9,41 \pm 5,91$ minuty. Průměrný MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou) byl v této skupině renálních jednotek naměřen $1,44 \pm 0,50$ minuty.

4.4.2 Skupina renálních jednotek s hodnotou T_{max.} od 6 do 15 minut

Tabulka 3: T_{max.} od 6 do 15 minut

T _{max.} 6 - 15 minut					
Věk	Pohlaví	T _{max.}	MTT	T1/2	
75	Ž	10	4	14	
73	Ž	8	2,9	38	
73	M	7	2,8	9	
46	Ž	6	2,8	10	
4	M	7	6,4	48	
68	M	7	2,6	11	
71	M	7	2,9	14	
60	Ž	7	3,5	13	
5	M	12	6	11	
71	M	13	5,3	0	
20	M	13	5,2	51	
75	Ž	13	3,7	0	
12	Ž	15	2,9	778	
78	Ž	15	6,8	163	
79	M	13	3	0	
43	M	11	3,96	8	
75	Ž	10	3,85	44	
75	Ž	8	3,2	63	
51	M	7	2,78	4	
55	M=10	9,95	3,93	67,32	průměr
25,62	Ž=9	3	1,31	171,54	sm. odch.

Skupinu renálních jednotek s T_{max.} delším než je udávané rozmezí pro fyziologickou funkci ledvin (literatura udává T_{max.} pro fyziologickou funkci ledvin 2 – 5 minut) tvoří 19 renálních jednotek, z toho 10 u mužů a 9 u žen a průměrného věku 55 let. Průměrná hodnota T_{max.} u této skupiny byla naměřena 9,95 ± 3,00 minuty. Dále byl hodnocen T1/2, který byl naměřen 67,32 ± 171,54 minuty. U MTT našeho souboru renálních jednotek byla naměřena průměrná hodnota 3,93 ± 1,31 minuty.

4.4.3 Skupina renálních jednotek s obstrukčním typem křivky

Tabulka 4: Obstrukční typ křivky – vzestupné seřazení dle hodnot MTT (střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou)

T max od 16 minut seřazeno dle MTT			
Věk	Pohlaví	MTT	T1/2
15	Ž	1,2	0
80	Ž	4,1	0
79	M	4,2	0
80	Ž	4,8	0
61	Ž	4,9	0
73	Ž	5,2	0
56	M	5,3	0
48	Ž	5,4	0
78	M	5,6	0
61	M	5,9	0
61	Ž	6	0
90	Ž	6	0
15	Ž	6	0
54	Ž	6,1	0
12	Ž	6,1	0
20	M	6,1	0
58	M	6,2	0
58	M	6,2	0
58	Ž	6,5	0
60	Ž	6,6	0
31	M	6,6	0
43	M	6,6	0
40	Ž	6,8	0
20	M	6,9	0
64	M	7	0
26	M	7,1	0
20	M	7,1	0
50	Ž	7,1	0
66	M	7,1	0
51	M	7,2	0
31	M	7,3	0

78	Ž	7,4	0	
63	M	7,4	0	
72	Ž	7,4	0	
26	M	7,6	0	
41	M	7,7	0	
41	M	7,7	0	
46	Ž	7,8	0	
39	M	7,9	0	
54	Ž	7,9	0	
26	M	8,1	0	
68	M	8,3	0	
5	M	8,6	0	
49	M=24	6,49	0	průměr
21,56	Ž=19	1,34	0	sm. odch.

Poslední skupinu tvoří 43 renální jednotky, 24 u mužů a 19 u žen a průměrného věku 49 let. U této skupiny nelze vyjádřit T_{max} ani $T_{1/2}$, lze pouze pomocí dekonvoluční analýzy spočítat MTT. U uvedené skupiny byla naměřena průměrná hodnota MTT $6,49 \pm 1,34$ minuty.

Po vzestupném seřazení hodnot MTT jak udává tabulka 4, pouze u 3 renálních jednotek, z celkového počtu 43, i přesto, že vykazovaly obstrukci, fungoval parenchym zcela normálně. U 15 renálních jednotek byla funkce parenchymu snižena a u zbývajících 25 renálních jednotek byla funkce parenchymu patologická. Toto rozdělení bylo stanoveno podle námi vypočtených hodnot MTT pro skupinu renálních jednotek s T_{max} 2 -5 minut, pro skupinu renálních jednotek s T_{max} 6 -15 minut a pro skupinu renálních jednotek s T_{max} nevyjádřeným.

4.4.4 MTT celé ledviny vs. MTT parenchymu ledviny

Pro hodnocení dynamické scintigrafie ledvin je na naší klinice standardně vybírána ROI celé ledviny. Pro účely této práce byly dynamické scintigrafie ledvin zpracovány podle námi používaných SOP (standardní operační postupy). Pro

hodnocení MTT pomocí dekonvoluční analýzy byly vytvořeny 2 soubory. Jeden kdy jako ROI byla vybrána celá ledvina i s ledvinou pánvičkou a druhý, kdy byl jako ROI vybrán pouze parenchym ledviny. Tyto dvě skupiny jsme porovnávali. ROI tělového pozadí byl zakreslen v lokalizaci obvyklé pro naši kliniku, tj. nad ledvinami nad aortou.

Tabulka 5: srovnání hodnot MTT celé ledviny a MTT parenchymu

	MTT ledviny	MTT parenchymu
1	7,6	3,42
2	4,9	3,8
3	6	2,2
4	8,6	9,43
5	1,2	0,92
6	6,9	2,6
7	5,3	5,47
8	7,9	2,12
9	7,1	7,05
10	6,1	6,52
11	4	1,62
12	5,6	3,38
13	2,9	9,83
14	2	1,22
15	1,19	1,42
16	1,27	1,09
17	2,1	1,89
18	3,4	0
19	7,1	6,63
20	2,8	1,03
21	5,4	3,45
22	6,9	2,16
23	6,1	6,35
24	2,4	1,36
25	2,8	1,02
26	6,4	1,26
27	0,52	0,76
28	6,6	4,9

29	7,4	4,7
30	1,32	1,13
31	1,32	1,19
32	6	3,82
33	8,6	6,71
34	2,6	2,84
35	6,6	0,18
36	5,2	1,49
37	2,9	2,02
38	2,2	1,17
39	8,1	9,83
40	7,9	6,77
41	3,7	1,95
42	1,34	1,01
43	5,2	9,13
44	6	5,85
45	4,8	3,19
46	5,9	3,24
47	7,7	3,69
48	4,1	3,1
49	6,1	1,27
50	7,4	2,16
51	6,8	9,83
52	2,9	3,05
53	7,4	2,12
54	7,8	4,63
55	0,53	0,82
56	5,3	5,04
57	3,5	1,89
58	6,8	4,44
59	7,1	4,04
60	7,3	7,35
61	3	2,96
62	1,77	1,5
63	7,01	4,14
64	3,96	3,52
65	1,42	1,28
66	6,19	6
67	3,85	3,81
68	1,11	0,95
69	7,17	7,1

70	6	5,39
71	1,31	1,26
72	4,21	2,34
73	7,06	6,78
74	1,51	1,1
75	6,57	6,03
76	6,53	5,86
77	6,19	4,8
78	3,52	2,9
79	7,67	7,08
80	2,78	2,57
81	1,17	1,69
	4,8	3,6
	2,36	2,51

průměr
sm. odch.

Jak lze odvodit z webových stránek RNDr. Ullmanna (www.astronuklfyzika.cz), viz obr. 6, je v některých případech rozdíl mezi MTT celé ledviny a MTT parenchymu větší (mezi 2 a 3 minutami), ale ve většině případů je tento rozdíl minimální. V šesti případech je rozdíl mezi MTT celé ledviny a MTT parenchymu větší než 4 minuty, tento jev může být způsoben nedostatkem zkušeností se zakreslováním ROI. Průměrná hodnota MTT, kdy byla jako oblast zájmu vybrána celá ledvina byl naměřen $4,80 \pm 2,36$ minuty a průměrná hodnota MTT v případě, kdy byl vybrán jen parenchym byl naměřen $3,60 \pm 2,51$ minuty.

4.4.5 Statistické posouzení jednotlivých skupin

Pro statistické zpracování takto upravených tabulkových hodnot jsme si stanovili hladinu významnosti 1 %. Byl porovnáván Tmax. a MTT ve skupině renálních jednotek s normální funkcí ledvin a s prodlouženým Tmax. (Tmax. od 6 do 15 minut).

Tabulka 6: Normální vs. prodloužená hodnota Tmax.

	Tmax.	MTT
	N vs 6-15	N vs 6-15
F - test	0,00011	0,00039
t - test	3,19E-08	1,16E-07

V případě Tmax. i MTT je statisticky významný rozdíl na 1 % hladině významnosti.

Další možností bylo porovnání MTT u skupiny renálních jednotek s normální funkcí a obstrukčním typem křivky. U těchto skupin nelze hodnotit Tmax., neboť i přes to, že vyhodnocovací systém číselně vyhodnotil tento parametr, nebylo možné ho použít k hodnocení funkce.

Tabulka 7: Normální funkce vs. obstrukční typ křivky

	MTT
	6-15 vs obstrukce
F - test	0,981
t - test	5,35E-08

Při porovnání skupiny renálních jednotek s fyziologickou funkcí a skupiny renálních jednotek s obstrukcí je u MTT statisticky významný rozdíl na 1 % hladině významnosti.

Poslední skupinou, která byla porovnáována, byla skupina renálních jednotek s prodlouženým Tmax. a skupina renálních jednotek s obstrukcí. I zde bylo možné posuzovat statistickou významnost opět jen u MTT.

Tabulka 8: Prodloužená hodnota Tmax. vs. obstrukční typ křivky

	MTT
	N vs obstrukce
F - test	1,50E-04
t - test	1,24E-28

Stejně jako u předešlých dvou skupin renálních jednotek, kde byl F – testem a t – testem hodnocen MTT, byl u vypočtených hodnot shledán statisticky významný rozdíl na 1 % hladině významnosti.

Statisticky bylo nutné posoudit námi vytvořené soubory renálních jednotek, u kterých byl MTT vypočítán z celé ledviny a také pouze z jejího parenchymu.

Tabulka 9: statistické srovnání MTT parenchymu vs MTT celé ledviny

	MTT ledviny vs. MTT parenchymu
F - test	0,5769
t - test	0,0021

Uvedený parametr jsme testovali na 1 % hladině významnosti. Bylo zjištěno, že na této hladině významnosti není statisticky významný rozdíl.

5. Diskuze

Při studiu mnou použité odborné literatury s tematikou nefrologie a nukleární medicíny jsem podobné hodnocení našla pouze na webových stránkách RNDr. Ullmanna (www.astronuklfyzika.cz). Ten se však zabývá hodnocením nejen střední doby průchodu radiofarmaka ledvinou, ale hodnotí minimální, střední i maximální dobu průchodu radiofarmaka ledvinou. Ullmann uvádí, že z tranzitních funkcí můžeme odečítat tři význačné časové okamžiky, charakteristické pro dynamiku pasáže radioindikátoru ledvinou: Minimální tranzitní čas (začátek poklesu tranzitní funkce) udává, že radioindikátor již prošel ledvinou (či parenchymem) a začíná odcházet. Střední tranzitní čas (v místě poklesu tranzitní funkce na polovinu) udává dobu, za niž ledvinou (či parenchymem) prošla polovina vstupního množství radioindikátoru. Maximální tranzitní čas (bod, kde tranzitní funkce klesne prakticky k nule) udává dobu, za niž již všechen vstupní radioindikátor prošel ledvinou nebo její danou částí. Tranzitní funkce a časy je užitečné počítat jak pro celou ledvinu, tak pro parenchym a pánvičku obou ledvin. Umožňuje to posoudit, zda případné prodloužení tranzitu radioindikátoru ledvinou je již na úrovni glomerulární a tubulární, nebo je způsobeno dilatací pánvičky či obstrukcí vývodných močových cest. Můžeme rozlišit zhruba čtyři případy vyjmenované vždy nad svislou dvojicí tranzitních funkcí: obr. 7

1. Normálně fungující ledviny s rychlým tranzitem, kdy tranzitní funkce celé ledviny končí kolem 200 sec. a u parenchymu je ještě o něco kratší (tranzit nedilatovanou pánvičkou představuje jen několik sekund - většinou 5 - 20 sec.).
2. Při snížené funkci parenchymu se projevuje znatelné prodloužení tranzitního času jak pro parenchym, tak následně pro celou ledvinu.
3. Jestliže tranzitní časy pro celou ledvinu jsou prodloužené, avšak parenchym vykazuje normální tranzit (max. tranzitní čas zhruba do 300 sec.), svědčí to pro dilataci pánvičky, přes kterou průtok trvá delší dobu.

4. Dojde-li k obstrukci vývodných močových cest, je výsledkem prodloužený tranzit (a to většinou velmi výrazně) jak celou ledvinou, tak i parenchymem, který filtruje proti tlaku a odporu.

Při hodnocení MTT bylo použito dekonvoluční analýzy, což je matematická analýza, jejímž výsledkem je křivka, která má takový profil, jakoby radiofarmakum bylo aplikováno přímo do a. renalis, a tím by se zabránilo přítoku radiofarmaka do ledvin v důsledku systémové recirkulace. U fyziologicky fungujících ledvin byla zjištěna průměrná hodnota MTT celé ledviny $1,44 \pm 0,50$ minuty. U ledvin, které měly prodloužený T_{max.} na 6 – 15 minut byla průměrná hodnota MTT celé ledviny $3,93 \pm 1,31$ minuty a u ledvin vykazujících obstrukci (T_{max.} nebylo vyjádřeno) byla průměrná hodnota MTT celé ledviny $6,49 \pm 1,34$ minuty.

Při posouzení všech 81 renálních jednotek byla zjištěna průměrná hodnota MTT celé ledviny $4,80 \pm 2,36$ minuty a průměrná hodnota MTT parenchymu ledviny byla $3,60 \pm 2,51$ minuty. Dle provedeného statistického porovnání obou skupin (celá ledvina vs. parenchym ledviny) není mezi nimi statisticky významný rozdíl.

Při výběru ROI parenchymu záleží na hodnotícím pracovníkovi, na jeho zkušenostech a odborných znalostech. Pokud je použita celá ledvina jako oblast zájmu, má hodnotící pracovník usnadněnu práci a rozdíl mezi těmito hodnotami není statisticky významný. Lze tedy říci, že pokud pro hodnocení dynamické scintigrafie ledvin použijeme pro výpočet MTT ROI celé ledviny, bude výsledek odpovídat aktuální funkci ledvinného parenchymu.

6. Závěr

S přibývajícím počtem pacientů s postižením funkce ledvin přibývají i požadavky kliniků na dynamickou scintigrafii ledvin. Naše klinika ročně vyšetří cca 1800 pacientů s různými diagnózami. Standardně je u dynamické scintigrafie ledvin na KNM FN Brno hodnocen $T_{max.}$, $T_{1/2}$ a separovaný podíl funkce na celkové funkci ledvin. Přibývá i specifických požadavků ze strany zejména urologů, zda i přes nedostatečnou či žádnou exkreci moči z ledviny je její parenchym funkční a do jaké míry.

V této práci jsme se možností zjištění funkce parenchymu zabývali. Protože u takto postižených pacientů není možné vyjádřit $T_{max.}$ a $T_{1/2}$, bylo nutné stanovit skupinu renálních jednotek, které mají fyziologickou funkci a pomocí dekonvoluční analýzy vyjádřit MTT (střední dobu průchodu radiofarmaka ledvinou). U naší skupiny jsme zjistili průměrnou hodnotu MTT $1,44 \pm 0,50$ minuty u fyziologicky fungujících ledvin. Renální jednotky s $T_{max.}$ 6 – 15 minut měly MTT o průměrné hodnotě $3,93 \pm 1,31$ minuty. Ovšem u renálních jednotek s obstrukcí už to bylo $6,49 \pm 1,34$ minuty. U námi stanoveného souboru renálních jednotek s obstrukcí byla jen 1 s fyziologickou funkcí parenchymu, dalších 5 z nich mělo sníženou funkci parenchymu a u 37 renálních jednotek je funkce parenchymu patologická.

Hodnoty MTT byly testovány pomocí statistických testů významnosti – F – testem a t – testem. Uvedené hodnoty jsme testovali na 1 % hladině významnosti. Statisticky významný je MTT, který byl srovnáván u skupin renálních jednotek s fyziologickou funkcí vs. $T_{max.}$ 6 – 15 minut, u skupin s fyziologickou funkcí vs. s obstrukcí, tedy s $T_{max.}$ nevyjádřeným a jako poslední byly srovnávány skupiny s $T_{max.}$ 6 – 15 minut a skupina renálních jednotek s obstrukcí a $T_{max.}$, který bylo možné srovnávat pouze u skupin renálních jednotek s $T_{max.}$ 2 – 5 minut (funkce fyziologická) a s $T_{max.}$ 6 – 15 minut. Jednou ze statisticky nevýznamných veličin, která však nebyla hodnocena matematicky, je diagnóza, se kterou pacienti přicházeli na naši kliniku.

V této práci jsme také posuzovali zda je statisticky významný rozdíl mezi MTT celé ledviny a MTT parenchymu ledviny. Průměrná hodnota MTT celé ledviny byla $4,80 \pm 2,36$ minuty a MTT parenchymu bylo $3,60 \pm 2,51$ minuty. Při testování hodnot na 1 % hladině významnosti bylo zjištěno, že mezi těmito hodnotami není statisticky významný rozdíl.

U pacientů s obstrukčním typem křivky nelze stanovit číselné hodnoty T_{max} . a $T_{1/2}$ tak, proto je třeba stanovit parametr který popíše funkci ledviny (MTT – střední doba průchodu radiofarmaka ledvinou). Podle našich výsledků je zřejmé, že hodnoty MTT lze použít pro hodnocení funkce ledviny u obstrukčních typů křivek.

Pro potřeby kliniků bude jako součást hodnocení dynamické scintigrafie ledvin zavedeno hodnocení MTT pomocí dekonvoluční analýzy. Dále pak bude tato práce použita k vytvoření nových SOP pro dynamickou scintigrafii ledvin na KNM FN Brno a výsledky práce budou publikovány a prezentovány odborné veřejnosti na seminářích a kongresech.

7. Klíčová slova

Funkce

Ledviny

Radiofarmakum

Scintigrafie

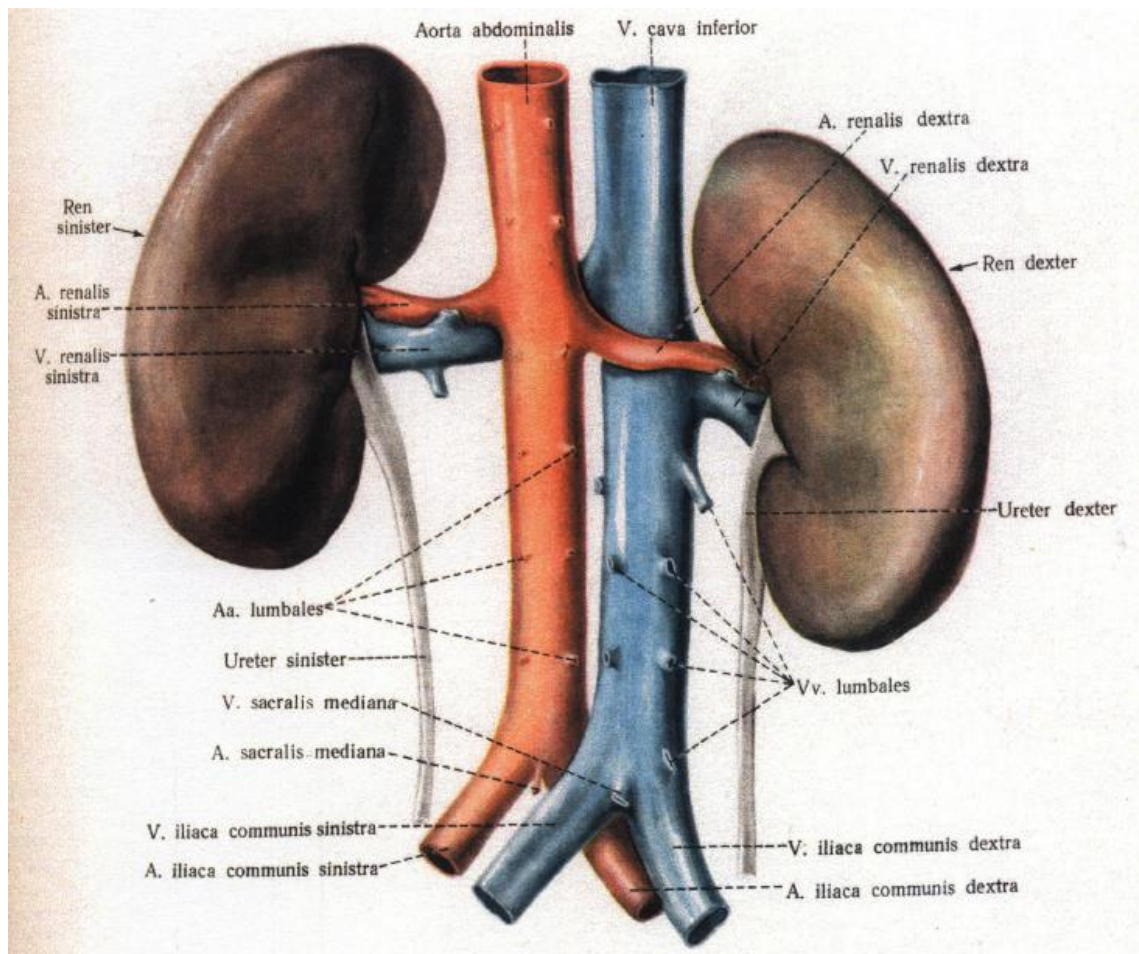
8. Seznam použitých zdrojů

- 1) BAKOS, K., HUŠÁK, V., Nukleární medicína, 1. vydání, Praha, Avicenum, 1985, s. 296, ISBN 08-031-85
- 2) BLAŽEK, O., Radiologie a nukleární medicína: učebnice pro LF, 1. vydání, Praha, Avicenum, 1989, s. 424
- 3) DATZ, F. L., Handbook of Nuclear Medicine, 2nd Edition, St. Louis, Mosby, 1993, s. 145 - 185, ISBN 0-8016-7700-9
- 4) DIENSTBIER, Z., Nukleární medicína, 1. vydání, Praha, SPN, 1978, s. 71-75, ISBN 70-053-78
- 5) ELL, P. J., GAMBHIR, S. S., Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment II., 3. vydání, USA, Philadelphia, Churchill Livingstone, 2004, ISBN 0-443-07312-0
- 6) FENEIS, H., Anatomický obrazový slovník, 2. Vydání, Praha, Grada Publishing spol. s r. o., 1996, s. 464, ISBN 80-7169-197-6
- 7) <http://astronuklfyzika/rendyn>
- 8) HUPKA, Š., Jadrové žiarenie v medicíne a farmácii, 1. vydání, Martin, Osveta, 1971, s. 285-293, ISBN 70-063-71
- 9) CHRÁSKA, M., Základy výzkumu v pedagogice, 2. vydání, Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998, s. 52-63, 208-216, ISBN 80-7067-798-8
- 10) KOHLÍČEK, J., Ledviny ve zdraví a nemoci, 3. vydání, Praha, Avicenum, 1988, s. 138

- 11) KUNA, P.,NAVRÁTIL, L., a kol., Klinická radiobiologie, 1. Vydání, Praha, MANUS, 2005, s. 222, ISBN 80-86571-09-2
- 12) KUPKA, K., KUBINYI, J., ŠÁMAL, M., a kol., Nukleární medicína, 1. vydání, Příbram, P3K, 2007, s. 185, ISBN 978-80-903584-9-2
- 13) MYSLIVEČEK, M., Nukleární medicína 1. díl, 1. vydání, Olomouc, Univerzita Palackého, 2007, s. 131, ISBN 978-80-244-1723-3 (brož. vydání)
- 14)NAVRÁTIL, L., Vnitřní lékařství pro nelékařské zdravotnické obory, 1. vydání, Praha, Grada Publishing a.s., 2008, s. 121-150, ISBN 978-80-247-2319-8
- 15) ROKYTA, R., Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech, 1. vydání, Praha, ISV nakladatelství, 2000, s. 172-184, ISBN 80-85866-45-5
- 16) SINĚLNIKOV, R. D., Atlas anatomie člověka II. díl, 3. přepracované a doplněné vydání, Praha, Avicenum, 1980, s. 171-176, ISBN 80-040-80
- 17) SOP dynamické scintigrafie ledvin pro KNM Fakultní nemocnice Brno
- 18) TEPLAN, V., Praktická nefrologie, 1. vydání, Praha, Grada, 2006, s. 524 + 12 barevná příloha, ISBN 80-247-1122-2
- 19) URBÁNEK, J., Nukleární medicína, 4. upravené a doplnění vydání, Jilemnice, Gentiana, 2002, s. 152, ISBN 80-86527-05-0
- 20) VIŽDA, J., LEPEJ, J., KŘÍŽOVÁ, H., URBANOVÁ, E., Atlas scintigrafie ledvin, 1. vydání, Praha, Agentura Pankrác spol. s r. o., 2002, s. 72, ISBN 80-902873-6-0

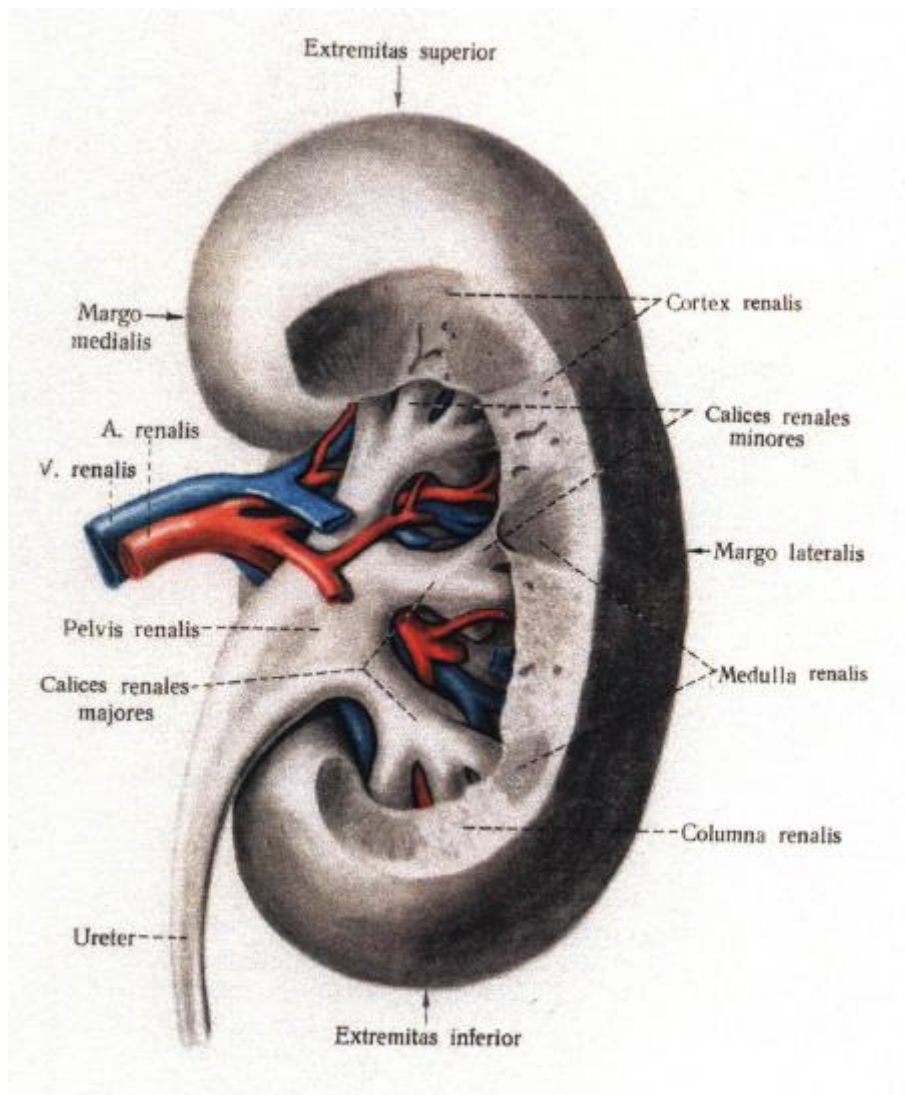
9. Přílohy

Obr. 1



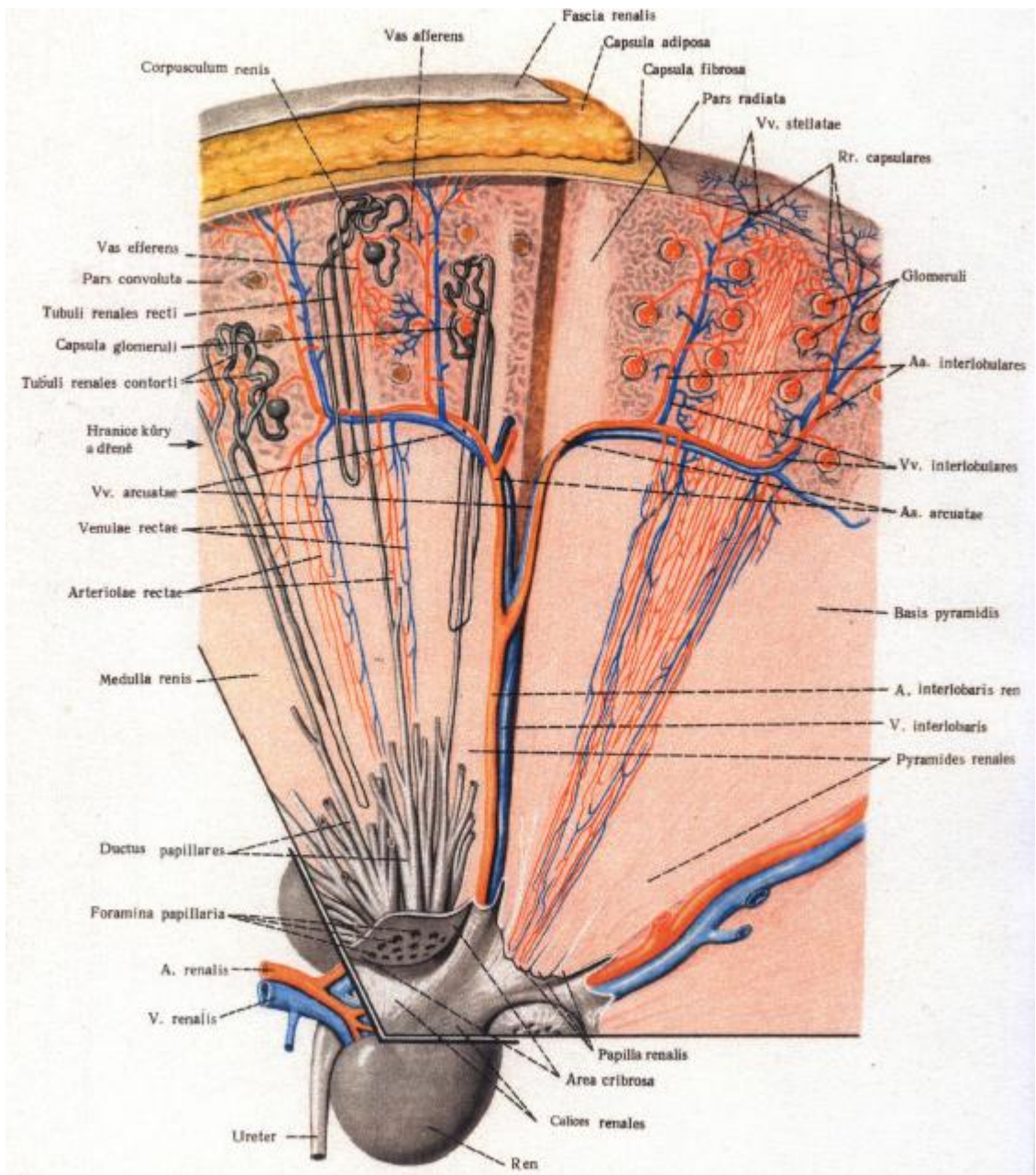
Ledviny; pohled zezadu (3/4)

Obr. 2



Pravá ledvina; pohled zezadu (4/5). (Uložení kalichů, pánvičky a cév v sinus realis; část ledvinového parenchymu odstraněna.)

Obr. 3



Průběh močových kanálů a cév v ledvině; schéma

Obr. 4

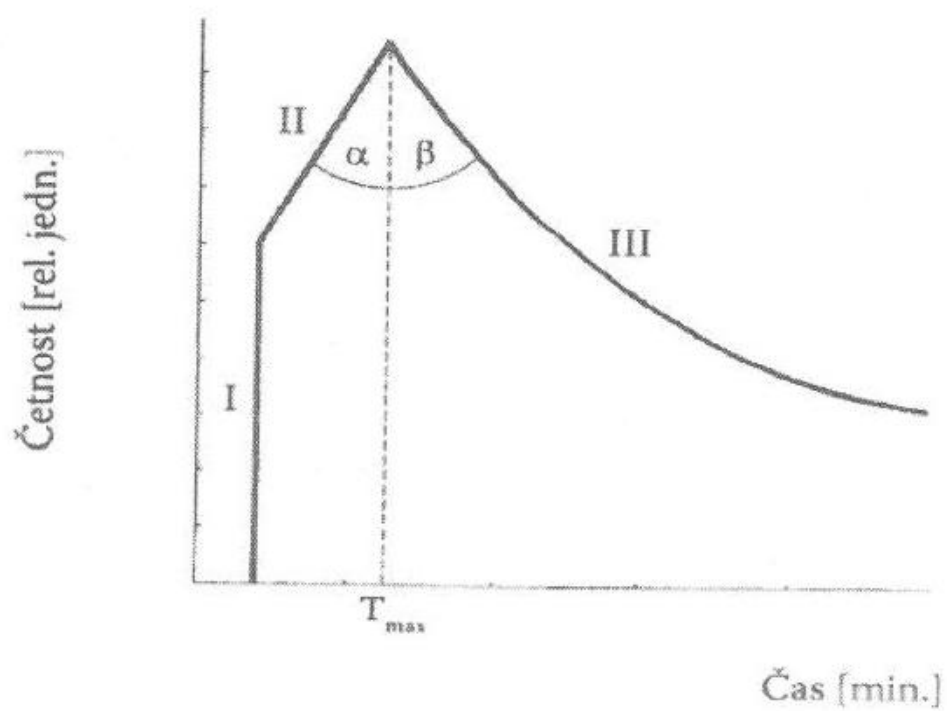
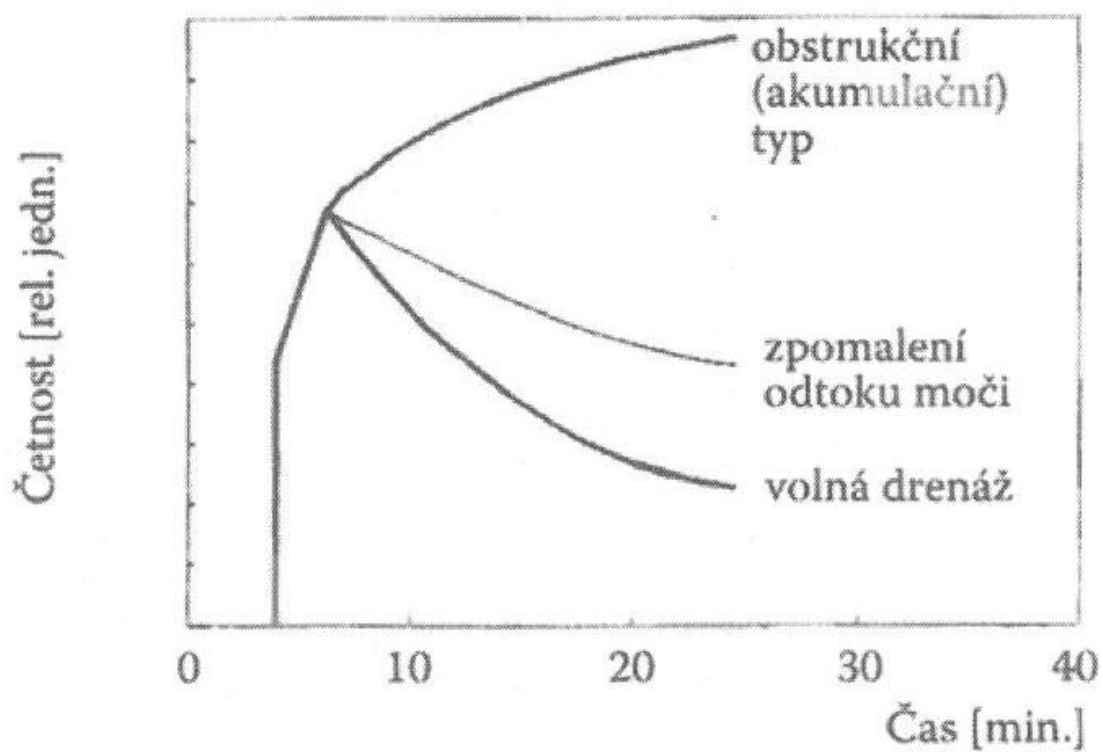


Schéma normální nefrologické křivky a jejích jednotlivých fází

Obr. 5



Nefrologické křivky při různé míře zpomalení odtoku radiofarmaka z ledvin.

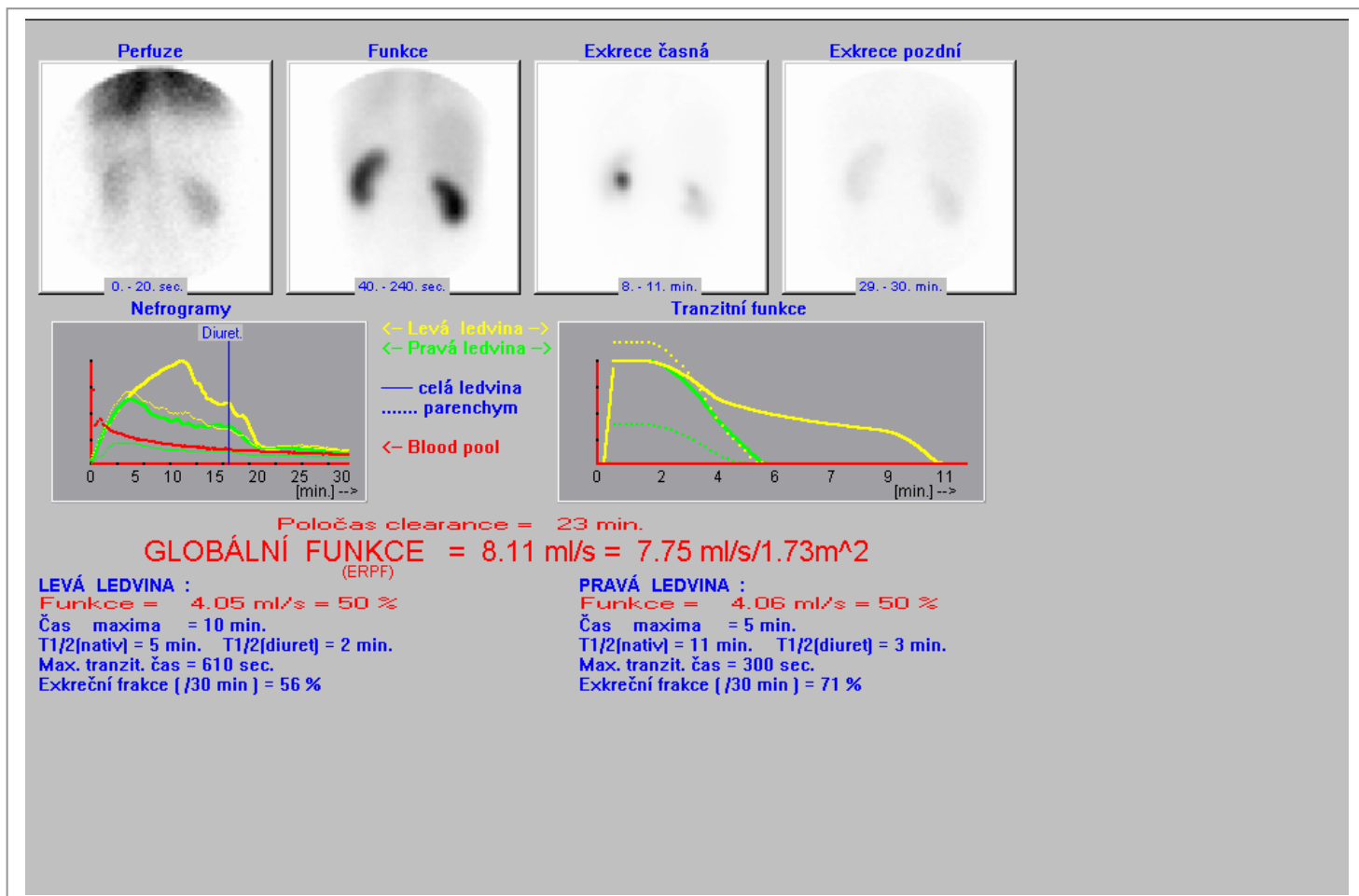
Obr. 6

VÝSLEDNÝ PROTOKOL DSL HODNOCENÉ PROGRAMEM OSTNUCLINE
(převzato z dokumentace KNF FN Ostrava)



Pacient : XxxxYyyyyy , FSL81600

Matematická analýza a komplexní vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy



Vizuální hodnocení :

Po intravenózní aplikaci radioindikátoru se zobrazují ledviny normálního tvaru, velikosti i uložení, bez ložiskových změn.

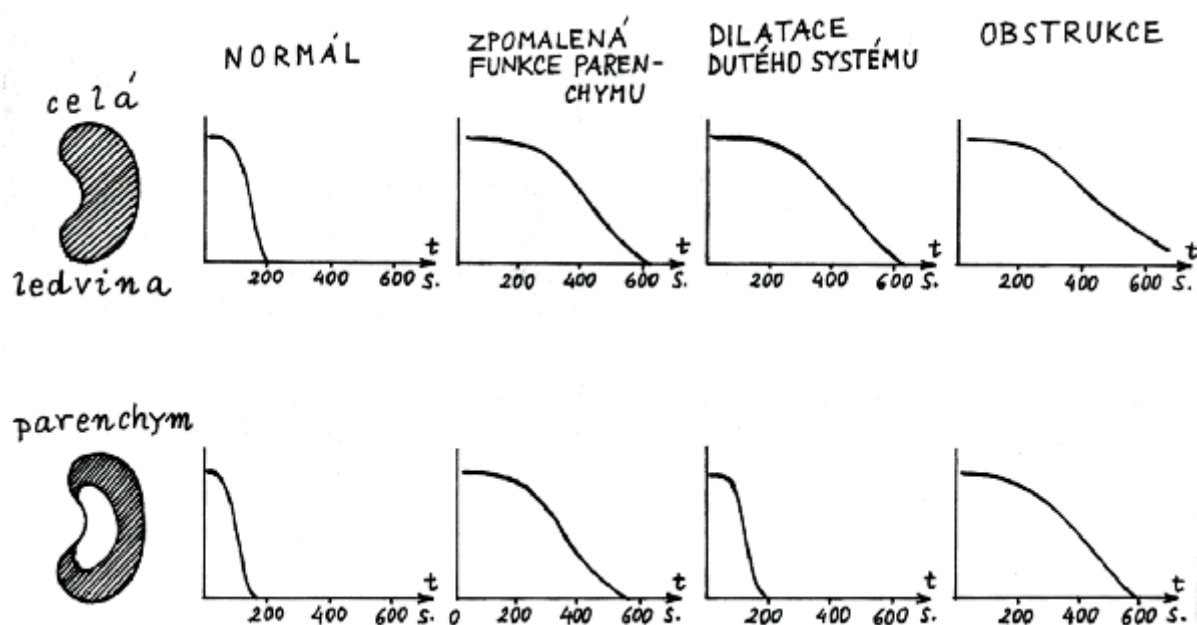
Nefrografické křivky ledvin mají normální strmost vzestupu, vpravo vrchol časný, vlevo výrazně opožděn. Parenchymové křivky jsou však normální. Pozorujeme zpomalení drenáže a dočasnou retenci radioindikátoru v dutém systému levé ledviny.

Z á v ě r :

Vizuální hodnocení sekvenčních scintigramů i kvantitativní analýza nefrografických křivek svědčí pro dobrou a symetrickou funkci (ERPF v mezích normy) ledvin, rychlý tranzit parenchymem a zpomalenou drenáž dutého systému levé ledviny dilatačního typu.

Podpis: MUDr. L. Mrhač

Obr. 7



Typické tvary tranzitních funkcí celé ledviny (nahore) a parenchymu (dole) pro různé typy nefropatií (převzato z www.astronuklfyzika.cz)