

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**  
**FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD**  
**ÚSTAV RADIOLOGICKÝCH METOD**

Natálie Maršálková

**Zobrazovací metody uropoetického systému**

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Lada Skácelová, MBA

Olomouc 2024

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jsem jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc ..... 2024

.....  
Podpis

Mé poděkování patří Mgr. Ladě Skácelové, MBA za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala.

# ANOTACE

**Typ závěrečné práce:** Bakalářská práce

**Téma práce:** Zobrazovací metody uropoetického systému

**Název práce:** Zobrazovací metody uropoetického systému

**Název práce v AJ:** Imaging methods of a urinary system

**Datum zadání:** 2023-11-30

**Datum odevzdání:** 2024-04-19

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Maršálková Natálie

**Vedoucí práce:** Mgr. Lada Skácelová, MBA

**Oponent práce:** MUDr. Jan Macek

## **Abstrakt v ČJ:**

Předložená přehledová bakalářská práce pojednává o zobrazovacích metodách, jež se využívají při zobrazení orgánů vylučovací soustavy. Část bakalářské práce je věnována samotné anatomii, fyziologii a vybrané patologii ledvin a vývodných cest močových. Dále se práce zabývá jednotlivými zobrazovacími metodami. Konkrétně se jedná o ultrasonografii, skiografii, výpočetní tomografii, magnetickou rezonanci a scintigrafii. Cílem práce je poskytnout ucelený přehled informací o uropoetickém systému a zobrazovacích metodách, které slouží k jeho vyšetření. Bakalářská práce je napsána na základě informací z internetových databází a odborných knih. Tato bakalářská práce může najít své uplatnění u studentů oboru radiologické asistence jako výukový materiál.

## **Abstrakt v AJ:**

This overview bachelor's thesis discusses the imaging methods that are used in the imaging of the organs of the excretory system. A part of the bachelor's thesis is dedicated to the anatomy, physiology and selected pathology of the kidneys and urinary tract. Furthermore, the thesis deals with individual imaging methods. Specifically, these are ultrasonography, skiagraphy, computed tomography, magnetic resonance and scintigraphy. The aim of the work is to provide a comprehensive overview of information about the uropoietic system and the imaging methods used to examine it. The

bachelor's thesis is written on the basis of information from internet databases and specialized books. This bachelor's thesis can be used by students in the field of radiological assistance as a teaching material.

**Klíčová slova v ČJ:** uropoetický systém, ultrasonografie, skiografie, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, scintigrafie

**Klíčová slova v AJ:** urinary system, ultrasonography, skiagraphy, computed tomography, magnetic resonance, scintigraphy

**Rozsah:** 50 stran, 13 příloh

# Obsah

|   |    |
|---|----|
| Úvod.....   | 6  |
| 1. Popis rešeršní činnosti .....                            | 8  |
| 2. Anatomie uropoetického systému.....                      | 9  |
| 3. Fyziologie vylučování .....                              | 12 |
| 4. Vybraná patologie uropoetického systému.....             | 13 |
| 5. Ultrasonografie .....                                    | 18 |
| 5.1. Ultrasonografie ledvin a močového měchýře.....         | 19 |
| 5.2. Ultrasonografie prostaty .....                         | 19 |
| 5.3. Ultrasonografický screening uropoetického systému..... | 20 |
| 6. RTG vyšetření.....                                       | 21 |
| 6.1. Nativní nefrogram .....                                | 22 |
| 6.2. Intravenózní vylučovací urografie.....                 | 23 |
| 6.3. Mikční cystouretrografie .....                         | 23 |
| 6.4. Nefrostomogram.....                                    | 24 |
| 7. Výpočetní tomografie .....                               | 25 |
| 7.1. Nativní CT uropoetického systému .....                 | 27 |
| 7.2. Kontrastní CT uropoetického systému .....              | 27 |
| 7.3. CT urografie .....                                     | 27 |
| 8. Magnetická rezonance .....                               | 28 |
| 8.1. Magnetická rezonance urografie .....                   | 31 |
| 8.2. Magnetická rezonance prostaty .....                    | 31 |
| 9. Scintigrafie.....  | 32 |
| 9.1. Statická scintigrafie ledvin .....                     | 32 |
| 9.2. Dynamická scintigrafie ledvin.....                     | 33 |
| Závěr .....   | 34 |
| Referenční seznam .....                                     | 35 |
| Seznam zkratk .....   | 37 |
| Seznam příloh .....   | 38 |
| Přílohy .....   | 39 |

# Úvod

Uropoetický systém zahrnující ledviny, močovody, močový měchýř a močovou trubici hraje významnou roli v udržování homeostázy a odstraňování odpadních látek z těla. Pro diagnostiku, léčbu a sledování mnoha onemocnění ledvin a vývodných cest močových jsou stále významnější zobrazovací metody. Tyto metody umožňují neinvazivní zobrazení orgánů a detekci patologických změn. V této práci se věnuji především radiodiagnostickým postupům, jež jsou vzhledem k zvolenému tématu stěžejní. Jedná se konkrétně o ultrasonografii, skiografii, výpočetní tomografii a magnetickou rezonanci. Bakalářská práce analyzuje a zároveň porovnává tyto jednotlivé zobrazovací postupy. Je zde rozebírán jejich princip, dostupnost, rychlost, radiační zátěž a využití. Jelikož by tato práce měla poskytnout ucelený přehled, je zde zmíněna i scintigrafie, jež se řadí mezi základní diagnostické metody a poskytuje funkční informaci.

Otázky k bakalářské práci?

1. Jaké jsou zobrazovací metody k vyšetření uropoetického systému?
2. Která zobrazovací metoda je využívána nejčastěji?

Hlavní cíle bakalářské práce:

1. Vytvořit ucelený přehled informací o anatomii, fyziologii a vybrané patologii uropoetického systému.
2. Vytvořit ucelený přehled informací o zobrazovacích metodách, jež slouží k vyšetření uropoetického systému.

## Vstupní literatura

K tvorbě této bakalářské práce byla využita následující vstupní literatura:

1. Čihák, R. (2013). *Anatomie 2* (3., uprav. a dopl. vyd). Grada Publishing.
2. Dohnalová, D. (2014). *Repetitorium patologie pro praktická cvičení*. Univerzita Palackého v Olomouci.
3. Dvořáček, J. (2000). *Urologie praktického lékaře*. ISV.
4. Mourek, J. (2012). *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů* (2., dopl. vyd.). Grada.
5. Koranda, P. (2014). *Nukleární medicína*. Univerzita Palackého v Olomouci.

6. Vomáčka, J., Nekula, J., & Kozák, J. (2023). *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty* (3., doplněné vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.



## **1. Popis rešeršní činnosti**

K vypracování této bakalářské práce byly využity odborné články a publikace získané standardním postupem rešeršní činnosti. V rámci rešeršní činnosti byly podklady vyhledávány prostřednictvím následujících databází: EBSCO, Medvik, PubMed, a to v českém i anglickém jazyce, v období od roku 2014 do roku 2024. Pro vyhledávání v českém jazyce byla použita klíčová slova: zobrazovací metody, ultrasonografie, skiografie, výpočetní tomografie, magnetická rezonance, scintigrafie, lidské tělo, uropoetický systém. V anglickém jazyce: imaging methods, ultrasonography, skiagraphy, computed tomography, magnetic resonance, scintigraphy, human body, urinary system. Dále byla rešerše doplněna o odbornou literaturu, jejímž zdrojem byla knihovna UP, popřípadě online knihovna Bookport. Celkem bylo použito 28 knižních i elektronických zdrojů, přičemž 24 odborných knih a 4 odborné články.

## 2. Anatomie uropoetického systému

Uropoetický systém je tvořen ledvinami, močovody, močovým měchýřem a močovou trubicí. Mezi funkce uropoetického systému řadíme vylučování zplodin metabolismu, udržování homeostázy, regulace krevního tlaku. (Pathan et al., 2022)

### Ledviny

Ledvina, ren (nefros), je párový orgán fazolovitého tvaru, uložený v horní části retroperitonea, po obou stranách bederní páteře. Ledvina je uložena v tukovém pouzdře (corpus adiposum pararenale), což zajišťuje její mechanickou ochranu. Tukové pouzdro (corpus adiposum pararenale) ledvin je obklopeno renální fascií (fascia renalis). Rozměry ledviny jsou průměrně 12 x 6 x 3 cm. Hmotnost ledviny se pohybuje kolem 150 g. Ledviny jsou červenohnědé barvy, mají tužší konzistenci a hladký povrch, který je kryt tenkým vazivovým pouzdrem (capsula fibrosa). (Dylevský et al., 2000; Čihák, 2013)

Na ledvině lze rozlišit vyklenutou přední plochu (facies anterior) a oploštělou zadní plochu (facies posterior). Tyto plochy přecházejí v laterální a mediální okraj. Laterální okraj (margo lateralis) ledviny je konvexního tvaru, zatímco mediální okraj (margo medialis) je tvaru konkávního. Uprostřed vnitřního okraje ledviny (margo medialis) se nachází hluboký zářez (hilum renis), kudy procházejí cévy a vystupují vývodné močové cesty. Vtažené místo uprostřed ledvinového hilu se nazývá sinus renalis. V sinus renalis je uložena ledvinová pánvička s kalichy, krevní a lymfatické cévy, nervy a tukové vazivo. Dále můžeme rozeznat horní a dolní pól ledviny (extremitas superior et inferior). Oba póly jsou zaobleny. (Dylevský et al., 2000; Čihák, 2013)

Na řezu ledvinou rozeznáváme světlejší kůru (cortex renalis) a tmavší dřev (medulla renalis). Kůra je silná 5-8 mm a vystupuje mezi ledvinové pyramidy jako columnae renales. Dřev vytváří 7-18 ledvinových pyramid (pyramides renales), které jsou bázi orientovány ke kůře a vrcholem směřovány k hilu ledviny. Mezi pyramidami se nachází vrstva vaziva, v níž procházejí cévy a nervy. Vrcholy pyramid vytváří ledvinové papily (papillae renales). Povrch ledvinové papily je dírkovaný (area cribrosa) a ústí sem otvůrky papil (foramina papillaria), v nichž končí vývodné kanálky ledvin. Vrcholky papil jsou obklopeny ledvinovými kalichy (calices renales). (Čihák, 2013; Dylevský et al., 2000; Hudák & Kachlík, 2013)

Základní stavební a funkční jednotkou ledvin je nefron. V každé ledvině je kolem 1-4 milionů nefronů. Nefron je tvořen z ledvinového (Malpighiho) tělíska (corpusculum renale), proximálního kanálku (tubulus contortus proximalis), Henleovy kličky (ansa nefrica)

a distálního kanálku (tubulus contortus distalis). Ledvinové (Malpighiho) tělíčko je složeno z kapilárních klíček (glomerulus) a Bowmanova pouzdra (capsula glomerularis). (Dylevský et al., 2000)

## **Močovod**

Močovod, ureter, je svalová trubice dlouhá 25-30 cm a široká 4-5 mm, která sestupuje v retroperitoneálním prostoru po zadní stěně břišní. Funkcí močovodu je odvádět moč z ledvinové pánvičky do močového měchýře pomocí peristaltických pohybů. Na močovodu rozlišujeme úsek břišní (pars abdominalis), úsek pánevní (pars pelvica) a úsek ve stěně močového měchýře (pars intramularis). Na močovodu jsou přirozeně 3 zúžení. První zúžení se nachází v místě odstupu močovodu z ledvinové pánvičky, druhé je patrné v místě, kde se kříží s vasa iliaca a třetí zúžení představuje celá pars intramuralis. Stěnu močovodu vytváří sliznice (tunica mucosa), svalovina (tunica muscularis) a vazivová adventicie (tunica adventitia). (Čihák, 2013; Dylevský et al., 2000; Hudák & Kachlík, 2013)

## **Močový měchýř**

Močový měchýř, vasica urinaria, je dutý orgán uložený v malé pánvi za symfysou. Jeho hlavní funkcí je sběr moči před vyprázdněním. Tvar močového měchýře je podmíněn stupni naplně, stavu svalové vrstvy, pohlaví, věku a též poloze a náplni okolních orgánů. Prázdný měchýř je miskovitěho tvaru, zatímco plný měchýř je tvaru kulovitěho. Fyziologická kapacita měchýře se pohybuje kolem 200-300 ml. Na měchýři rozpoznáváme dno močového měchýře (fundus vesicae), tělo (corpus vesicae), hrot (apex vesicae) a krček (cervix vesicae), ze kterého vychází močová trubice. Stěna močového měchýře je tvořena 4 základními vrstvami – sliznicí (tunica mucosa), podslizničním vazivem (tunica submucosa), svalovinou měchýře (tunica muscularis) a serózní vrstvou (tunica serosa). (Naňka et al., 2009; Čihák, 2013; Dylevský et al., 2000)

## **Močová trubice**

Močová trubice se u mužů a žen anatomicky liší.

Mužská močová trubice, urethra masculina, představuje u muže jak vývodnou cestu močovou, tak i koncový úsek pohlavních cest. Je dlouhá 18-22 cm. Začíná ve dnu močového měchýře jako vnitřní ústí močové trubice (ostium urethrae internum) a vyúsťuje jako vnější ústí (ostium urethrae externum) na vrcholku glans penis. Na mužské močové trubici lze rozlišit

4 části. Část procházející stěnou močového měchýře (pars intramularis), část prostupující prostatou (pars prostatica), část pronikající skrze diaphragma urogenitale a část spongiózní (pars spongiosa), ve které močová trubice vstupuje do topořivého tělesa penisu.

Ženská močová trubice, urethra feminina, je poněkud kratší, než mužská močová trubice. Měří 3-4 cm a je široká 6-8 mm. Sestupuje ze dna močového měchýře k vnějšímu vyústění mezi malými stydkými pysky. Dle průběhu má ženská močová trubice 3 úseky. Úsek nacházející se ve stěně močového měchýře (pars intramuscularis), úsek pánevní (pars pelvica) a hrázový (pars perinealis). (Čihák, 2013; Dylevský et al., 2000)

## **Prostata**

Prostata, předstojná žláza, je pohlavní mužská žláza kuželovitého tvaru, umístěna těsně pod močovým měchýřem. Funkcí prostaty je produkce sekretu, jenž tvoří až 30 % objemu ejakulátu. Sekret, jehož pH se pohybuje přibližně kolem 6,4 je čirý a tekutý. Mimo jiné obsahuje sekret také spermin, jenž ovlivňuje jak pohyblivost spermií, tak i jejich schopnost oplození vajíčka. Vnější stavbu prostaty tvoří báze prostaty (basis prostatae), hrot prostaty (apex prostatae), úsek močové trubice prostupující prostatou (pars prostatica urethra), přední a zadní plocha (facies anterior et posterior) a levá a pravá boční plocha (facies inferolateralis dextra et sinistra). Povrch prostaty je tvořen vazivovým obalem (capsula prostatica). Na prostatě lze rozlišit 3 úseky, a to úseky postranní (lobus dexter et sinister) a prostřední (lobus medius). (Hudák & Kachlík, 2013; Čihák, 2013)

### 3. Fyziologie vylučování

Základní funkcí ledvin je vylučování. Odstraňují jak látky škodlivé, tak i látky přebytečné. Mezi látky škodlivé patří například kyselina močová, kreatinin, močovina a také léčiva. Naopak mezi látky potřebné, kterých je v těle přebytek, řadíme například vodu, ionty, draslík či sodík. Ledviny tyto látky vylučují do moči, která je močovými cestami odvádí ven z těla. Moč je čirá, zlatožlutá, typicky zapáchající tekutina. Vzniká 3 základními procesy – glomerulární filtrací, tubulární resorpcí, tubulární sekrecí. (Mourek, 2012; Rokyta, [2016])

Glomerulární filtrace probíhá v glomerulu, do něhož je pomocí vas afferens přiváděna krev. Jedná se o proces, při kterém vzniká primární moč. Primární moč je filtrát krevní plazmy neobsahující bílkoviny. Za jeden den se vytvoří až 180 litrů primární moči, z čehož se zhruba 99 % vstřebá. K největšímu vstřebání dochází v proximálním tubulu, kde se vstřebá voda, močovina, draslík, glukóza, aminokyseliny, hořčík, vápník či ionty sodíku a chloru. Dále se tekutina vstřebává postupně v Henleově kličce, distálním tubulu a sběracím kanálku, přičemž probíhají zbylé dva procesy - tubulární resorpce, tubulární sekrece. Ve sběrném kanálku poté dochází k úpravě moči, a vzniká tak moč definitivní. Za den se vytvoří zhruba 1,5 litru definitivní moče.

Definitivní moč se vylučuje na ledvinové papile ústící do ledvinové pánvičky. Z ledvinové pánvičky je moč přepravena močovody do močového měchýře a močovou trubicí z těla ven. (Rokyta, 2015; Mourek, 2012)

## 4. Vybraná patologie uropoetického systému

### Vrozené vady

Ageneze ledvin je vrozená vada související s jejich nevyvinutím. Ageneze může být jednostranná či oboustranná. Oboustranná ageneze se vyskytuje výjimečně a je neslučitelná se životem. Jednostranná ageneze se objevuje častěji, ovšem pokud je druhá ledvina plně funkční, neprojevuje se žádnými příznaky.

Hypoplazie ledvin je vývojová vada, kdy ledvina není dostatečně vyvinutá. Postižená ledvina je menší a často bývá objevena náhodně.

Podkovitá ledvina je anomálie, při které dochází ke srůstu dolních polů ledvin. (Hora, 2004; Dohnalová, 2014)

### Záněty

Pyelonefritida je zánět parenchymu ledviny a ledvinové pánvičky. Často bývá způsobena bakteriální infekcí. Jedná se buď o akutní, nebo chronickou formu zánětu. Akutní pyelonefritida ve většině případů vzniká při bakteriální infekci, která začíná v dolních močových cestách a postupuje do ledvin. Při akutním zánětu jsou ledviny znatelně oteklé a mohou se na nich vytvořit i abscesy. Chronická pyelonefritida se rozvíjí jak z infekcí močových cest, tak z dalších onemocnění ledvin. Mezi tato onemocnění patří například hypertenze či obstrukce močového traktu. Ledviny postižené chronickou pyelonefritidou jsou menší a jejich povrch je drsně zjizvený. (Nair & Peate, 2017)

Glomerulonefritida označuje poškození glomerulů. Jedná se o nehnisavé záněty ledvin, které jsou imunologického původu. Dle časového hlediska se rozlišuje akutní, rychle progredující a chronická glomerulonefritida. Akutní glomerulonefritida se vyvíjí po infekci horních cest dýchacích. V mnoha případech dochází k úplnému vyléčení. Méně často přechází do chronického stádia. Rychle progredující glomerulonefritida se vyskytuje zřídka. Projevuje se postupným zánikem glomerulů. Má velmi rychlý průběh, který vede k selhání ledvin. Naopak průběh chronické glomerulonefritidy je velmi pomalý, trvá několik let. Příznaky jsou mírné až nenápadné. (Dohnalová, 2014)

Cystitida je zánět močového měchýře. Častěji postihuje ženy v důsledku krátké močové trubice. Projevuje se bolestmi v podbřišku a častým močením. (Rokyta, 2015)

Prostatitida je zánět přídatné pohlavní žlázy muže, tedy prostaty. Nejčastěji se jedná o nebakteriální chronickou formu, jež se projevuje stejně jako chronická bakteriální forma

prostatitidy, a to pálivým a řezavým močením nebo také bolestmi zad. Dále lze rozlišit akutní bakteriální zánět, který často vzniká v souvislosti se zánětem zadní uretry. Akutní bakteriální zánět prostaty se projevuje bolestivým močením a horečkou. (Dohnalová, 2014)

## **Nádory**

Nádory rozlišujeme benigní a maligní.

Mezi benigní nádory ledvin řadíme například angiomyolipom a onkocytom. Angiomyolipom je nádor, který je zobrazovacími modalitami dobře rozeznatelný od dalších nádorů ledvin. Je tvořen tukovou, svalovou a cévní složkou. Na řezu má žlutavou barvu a jeho konzistence je křehká. Onkocytom je nádor, jenž je zobrazovacími modalitami téměř nerozeznatelný od karcinomu ledvin. Vychází z parenchymu ledvin. Mezi maligní nádory patří například světlobuněčný renální karcinom či nefroblastom. Světlobuněčný renální karcinom vychází z buněk proximálních tubulů. Nefroblastom je nádor, který je charakteristický pro děti kolem 3 let. Vzniká z buněk embryonální tkáně ledvin. (Hanuš & Macek, 2015; Dohnalová, 2014)

Benigním nádorem močového měchýře je papilom. Makroskopicky se na jeho sliznici ztvárňují keříčkovité útvary.

Nejčastějším typem maligního nádoru močového měchýře je uroteliální karcinom. Nádor často prorůstá do stěny močového měchýře či do okolních orgánů. Ve většině případů roste pomalu a metastazuje později.

Nejčastěji vyskytujícím se nádorem u mužů je karcinom prostaty, jenž je typický především pro muže po 60. roku života. Ke zvýšení diagnostikovaných případů napomáhá především screening karcinomu prostaty. Vyšetření je určeno pro muže nad 50 let a provádí se pravidelně každé 2 roky. Vyšetření spočívá ve stanovení hladiny PSA, tedy prostatického specifického antigenu, jež se zvyšuje mimo jiné i u nádorů prostaty. Jelikož se hladina PSA zvyšuje i ve chvíli trpí-li muž hyperplazií či zánětem prostaty, nebo také ve chvíli, je-li muž po pohlavním styku, je nezbytné provést při zvýšené hladině PSA podrobnější vyšetření. Podrobnější vyšetření zahrnuje pohmat, ultrasonografii a biopsii prostaty. (Dohnalová, 2014)

## **Traumata**

Poranění ledvin lze rozdělit na tupé a penetrující. Tupá poranění představují veškeré dopravní nehody, pády nebo také úrazy, které vzniknout v důsledku sportování. Penetrující traumata jsou zapříčiněna bodnými nebo střelnými ranami. Bývají často závažnější, než traumata tupá.

Poranění močovodu není tak časté. Příčinou poranění může být operační výkon, radioterapie, střelné poranění či autonehoda.

Poranění močového měchýře je často zapříčiněno úderem do podbříšku, pády, dopravní nehodou. Většina poranění souvisí se zlomeninou pánve. Poranění močového měchýře se dělí na intraperitoneální a extraperitoneální rupturu. Intraperitoneální ruptura je způsobena náhlým zvýšením tlaku v plném močovém měchýři. Následně se moč vylévá do břišní dutiny. Extraperitoneální ruptura obvykle souvisí se zlomeninami pánve, kdy je ruptura způsobená kostními úlomky.

Poranění močové trubice je ve většině případů zapříčiněno nástroji při katetrizaci. Dle místa poranění rozlišujeme přední a zadní poškození močové trubice. Přední poškození vzniká při kopnutí či úderem do rozkroku nebo také při pádu na hráz. Zadní poškození bývá způsobeno poraněním pánevní kosti. (Hanuš & Macek, 2015)

### **Urolitiáza**

Urolitiáza je onemocnění, při němž dochází k tvorbě močových kamenů. Podle toho, kde se krystalické částičky nachází, rozlišujeme pyelolitiázu – konkrementy v ledvinové pánvičce, ureterolitiázu – konkrementy v močovodu, cystolitiázu – konkrementy v močovém měchýři, uretrolitiázu – konkrementy v močové trubici. Kameny vznikají v močovém měchýři nebo v ledvinové pánvičce. Jejich velikost je různorodá, od několika milimetrů až po několik centimetrů. Dle chemického složení se mohou dělit na vápenaté, struvitové, urátové, oxalátové, fosfátové, karbonátové a cystinové kameny. Jednoznačná příčina tvorby močových kamenů není známá, uplatňuje se ovšem hned několik faktorů. Mezi predisponující faktory patří například změna pH moči, městnání moče, snížený příjem tekutin, zvýšené množství kamenotvorných látek, jako je oxalát, vápník či kyselina močová. Konkrementy procházející močovodem obvykle vyvolávají renální koliku, což je náhlá bolest, která má vlnovitý průběh. Je doprovázena nauzeou, zvracením nebo také průjmem či pocením. (Dohnalová, 2014; Nair & Peate, 2017; Hora, 2004)

### **Hydronefróza**

Hydronefróza označuje stav, kdy dochází k rozšíření ledvinové pánvičky a ledvinových kalichů. Toto rozšíření je způsobeno poruchou odtoku moči, což bývá často zapříčiněno mechanickou překážkou. Překážkou mohou být močové kameny, nádory nebo také stenóza močovodu. Méně častou příčinou je poranění bederní míchy. Rozlišujeme několik typů hydronefrózy - akutní, chronickou, jednostrannou či oboustrannou. (Dohnalová, 2014)



## **Infarkt ledviny**

Infarkt ledviny vyjadřuje její nekrózu, která je způsobena náhlým uzávěrem renální tepny. Postižená ledvina je světlé barvy a klínovitého tvaru. Po zahojení se v kůře ledviny vyskytuje hluboká jizva. (Dohnalová, 2014)

## **Renální insuficience**

Renální insuficience neboli selhání ledvin je onemocnění, při kterém dochází k poškození renální funkce. Selhání ledvin může být buď akutní, nebo chronické. Při akutní formě se jedná o náhlou nedostatečnost ledvin. Projevuje se zvýšenými hodnotami zplodin metabolismu v krvi a nízkým výdejem moči. Příčiny akutního selhání zahrnují veškerá prerenální, intrarenální či postrenální poškození. Mezi prerenální selhání patří například vysoký výdej objemu, jenž je způsoben těžkým průjmem, zvracením, popáleninami či krvácením, nebo také jaterní cirhóza či selhání srdce. Intrarenální selhání obsahuje onemocnění glomerulů, tubulů a cév. Postrenální selhání zaujímá veškeré nádory v pánvi, močové konkrementy nebo též zúžení močové trubice. Chronická forma se označuje jako dlouhodobé selhávání ledvin, jedná se o konečné stádium všech onemocnění, při němž dochází k zániku nefronů. Mezi tato onemocnění patří například chronické záněty ledvin. (Dohnalová, 2014; Nair & Peate, 2017)

## **Renální cysty**

Renální cysty neboli cysty ledvin označují váčky vyplněné tekutinou nebo dilatované nefrony. Rozlišujeme cysty vrozené, získané, jednostranné či oboustranné. Cysty dosahují až několika centimetrů. Některé se postupně zvětšují, jiné jsou neměnné. Cysty mohou utlačovat ledvinový parenchym či renální cévy, nebo omezit průtok moči ledvinovými kanálky. (Rokyta, 2015; Hanuš & Macek, 2015)

## **Vezikoureterální reflux**

Vezikoureterální reflux označuje stav, kdy se moč vrací zpět z močového měchýře do močovodu nebo až do ledvinové pánvičky. Způsobuje opakující se uroinfekty a chronickou intersticiální nefritidu, což je zánětlivé onemocnění, které postihuje ledvinový tubuly. Rozlišujeme vezikoureterální reflux primární a sekundární. Primární reflux je zapříčiněn vrozenou poruchou přechodu močovodu do močového měchýře. Sekundární reflux může být

způsoben buď infekcemi močových cest, traumaty, anebo infravezikální obstrukcí. (Hora, 2004; Dohnalová, 2014)

## 5. Ultrasonografie

Ultrasonografie představuje základní zobrazovací metodu, která je při vyšetření uropoetického systému využívána nejčastěji. Jedná se o neinvazivní, rychlé a dostupné zobrazovací vyšetření, při němž nedochází k radiační zátěži pacienta. (Hanuš & Macek, 2015; Vomáčka et al., 2023)

Jde o zobrazovací techniku, která k zobrazování tkání využívá ultrazvuk. Ultrazvuk je mechanické vlnění, jehož frekvence jsou vyšší než 20 kHz. Pro diagnostické účely se nejčastěji využívají frekvence v rozmezí 1-18 MHz. Mezi fyzikální vlastnosti ultrazvukového vlnění patří odraz, absorpce, rozptyl a lom. Odraz ultrazvuku je na rozhraní dvou prostředí s různou akustickou impedancí (hustotou) a platí, že čím větší je rozdíl v akustické impedanci, tím větší je odraz. Absorpce ultrazvuku nastává při průchodu vlnění hmotou, kdy postupně ztrácí svoji energii. Rozptyl ultrazvuku se projevuje na rozhraní struktur, jejichž velikost je menší, než vlnová délka vlnění. Lom ultrazvuku nastává při šikmém dopadu vlnění na rozhraní dvou prostředí. Zdrojem a zároveň i detektorem ultrazvukového vlnění jsou piezoelektrické krystaly, které jsou součástí každé vyšetřovací sondy. Piezoelektrický krystal transformuje elektrickou energii na mechanickou a obráceně, což popisuje piezoelektrický jev. (Vomáčka et al., 2023; Chmelová, 2006)

Rozeznáváme dvě základní ultrazvukové metody, a to zobrazování v reálném čase a dopplerovské zobrazování. V současné době se nejčastěji využívá dynamický B-mode, který umožňuje rychlé dvourozměrné zobrazení orgánů v reálném čase. Dopplerovská ultrasonografie využívá Dopplerův princip, který říká, že se frekvence vlnění při odrazu od pohybujícího se objektu mění. Prostřednictvím toho jsme schopni určit například rychlost a směr toku krve. Jelikož velikost erytrocytů je menší než vlnová délka ultrazvukového vlnění, neuplatňuje se u tvorby Dopplerova obrazu odraz, ale rozptyl (Rayleighův-Tyndallův). Dopplerův záznam je barevný, spektrální (grafická křivka) nebo akustický. (Vomáčka et al., 2023)

Echogenita neboli odrazivost popisuje schopnost dané struktury odrážet ultrazvuk. Rozlišujeme struktury hyperechogenní, hypoechogenní, anechogenní a izoechogenní. Hyperechoegenní struktury (kosti, kámen, cirhotická játra) mají vysokou odrazivost a na obraze se zobrazí světle. Hypoechogenní struktury (měkká tkáň) mají nižší odrazivost a na obraze se jeví tmavěji. Anechogenní struktury (moč, žluč, plodová voda) nevykazují žádnou odrazivost a na obraze se vyobrazují černě. Izoechogenní struktury vykazují stejnou odrazivost. (Heřman, 2021; Chmelová, 2006)

V ultrazvukové diagnostice rozlišujeme několik typů sond. Mezi základní typy patří sonda lineární, konvexní a sektorová. Lineární sonda má krystaly, které vysílají ultrazvukové vlny paralelně, uspořádané v jedné linii. Jelikož využívá vyšší frekvence (5-18 MHz), poskytuje obdélníkové zobrazení povrchových struktur s vysokou rozlišovací schopností. Konvexní sonda naopak slouží k vyšetření orgánů uložených ve větší hloubce, proto využívá nižší frekvence (1-6 MHz). S nižší frekvencí a větší hloubkou se však snižuje rozlišovací schopnost. U konvexní sondy jsou krystaly uspořádány obloukovitě, což umožní větší zobrazovací pole. Poskytuje obrazový záznam ve tvaru mezikruží. Sektorová sonda vytváří vějířovitý obraz, jenž se s odstupem od sondy rozšiřuje. Slouží k vyšetření orgánů s omezeným přístupem, například v kardiologii.

Při ultrazvukovém vyšetření je důležité aplikovat mezi sondu a vyšetřovanou oblast pacienta kontaktní gel. Vrstva gelu zabezpečuje přenos ultrazvukové energie do vyšetřované oblasti a zvyšuje kvalitu zobrazení. (Vomáčka et al., 2023; Heřman, 2021; Chmelová, 2006)

## **5.1. Ultrasonografie ledvin a močového měchýře**

Ultrasonografie ledvin a močového měchýře se nejčastěji provádí konvexní sondou s frekvencí 1-6 MHz, a to transabdominální metodou. Příprava pacienta k vyšetření spočívá v lačnění a dostatečné hydrataci.

Ultrasonografií ledvin lze zhodnotit tvar a velikost ledvin, jejich uložení, nebo také tloušťka ledvinového parenchymu. Mezi indikace tohoto vyšetření patří například cysty, nádory nebo také močové kameny nacházející se v ledvinách. Ultrasonografií ledvin lze též posoudit stupeň dilatace kalichopánvičkového systému nebo zobrazit abscesy či hematomy způsobené traumatem. Vyšetření se nejčastěji provádí v poloze, kdy pacient leží na boku. Při vyšetření pravé ledviny leží pacient na levém boku, při vyšetření levé ledviny na boku pravém. Posuzují se vždy obě ledviny.

Ultrasonografií močového měchýře můžeme zobrazit polypy, nádory, konkrementy nebo také zesílení stěny močového měchýře. Další častou indikací k tomuto vyšetření je určení velikosti postmikčního rezidua. V průběhu vyšetření je pacient vleže na zádech. (Dvořáček, 2000; Vomáčka et al., 2023; Chmelová, 2006)

## **5.2. Ultrasonografie prostaty**

Ultrasonografie prostaty je vyšetření, jež je možné provést transabdominálně, nebo také transrektálně. Transabdominální vyšetření umožňuje posoudit velikost prostaty, avšak na

diagnostiku zánětlivých onemocnění či tumorů není dostačující. Přestože je transrektální vyšetření pro pacienta náročnější, poskytuje přesnější zobrazení jak anatomie, tak i případných anomálií prostaty. Při podezření na karcinom prostaty je za pomoci transrektální ultrasonografie prováděna její biopsie. Zobrazovací modalita je využívána k navigaci bioptické jehly. Vlastnímu transabdominálnímu vyšetření předchází příprava pacienta v podobě dostatečné hydratace. Zatímco v případě transabdominálního vyšetření je pacient vleže na zádech, v průběhu transrektálního vyšetření je pacient vleže na boku s pokrčenými koleny. (Dvořáček, 2000; Vomáčka et al., 2023; Chmelová, 2006)

### **5.3. Ultrasonografický screening uropoetického systému**

Screeningové vyšetření uropoetického systému představuje nepovinné, přesto doporučené vyšetření u novorozenců. Jedná se o ultrasonografické vyšetření, jež se provádí před propuštěním z porodnice. Podmínkou vlastního vyšetření je dostatečná hydratace novorozence, což v tomto případě znamená přírůstek na váze novorozence. Zatímco u donošených novorozenců je ultrasonografický screening proveden čtvrtý den jejich života, u nezralých novorozenců je vyšetření provedeno až po jednom týdnu jejich života.

## 6. RTG vyšetření

Ačkoli je klasické rentgenové vyšetření do značné míry nahrazeno moderními zobrazovacími postupy, v praxi se stále řadí mezi základní zobrazovací metody uropeoetického systému. Jedná se o dostupné a rychlé vyšetření.

Jde o zobrazovací metodu, která k vyobrazení struktur využívá rentgenové záření. Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění, jehož vlnová délka se pohybuje v rozmezí  $10^{-8}$ -  $10^{-12}$  m. V praxi se nejčastěji využívá o vlnové délce  $10^{-9}$ - $10^{-11}$  m. Jedná se o neviditelné záření, které se šíří přímočaře rychlostí světla. Při průniku hmotou se částečně absorbuje, rozptýlí a částečně vyvolává excitaci a ionizaci atomů. Mezi další vlastnosti rentgenového záření patří luminiscenční efekt, fotochemický efekt a biologické účinky. Umělým zdrojem rentgenového záření využívaného v diagnostice a terapii je rentgenka. Rentgenka je vakuovaná dioda se dvěma elektrodami – katodou a anodou. Součástí katody jsou wolframová vlákna, která jsou uložena ve fokusační misce. Wolframová vlákna jsou žhavicím proudem (7-10 A) zahřívána na více než 2000 °C, což způsobí uvolnění elektronů. Uvolněné elektrony vytváří kolem katody takzvaný elektronový mrak. Po zapojení anodového napětí (17-150 kV) elektrony dopadají na termické ohnisko anody, kde vzniká rentgenové záření. Energie elektronů je z 99 % přeměněna na teplo a pouze 1 % tvoří rentgenové záření, jehož svazek vycházejících paprsků se nazývá optické ohnisko. Velikost optického ohniska se pohybuje v rozmezí 0,2×0,2 mm až 1,2×1,2 mm. Platí, že čím je ohnisko menší, tím větší je jeho ostrost. Celá rentgenka je ukryta v pouzdře z lehkého kovu, obvykle hliníku, které je zevnitř pokryto olovem. Mezi pouzdrem a samotnou rentgenkou se nachází olej, jenž rentgenku ochlazuje.

Záření vzniklé v rentgence vychází výstupním okýnkem a prochází přes primární clony, které vymezují primární svazek záření, čímž snižují ozáření pacienta na možné minimum. Dochází zde k absorpci nízkoenergetických fotonů, které nepřispívají k tvorbě obrazu, pouze zvyšují radiační zátěž pacienta. Mezi primární clony patří hloubkové clony a tubusy. Hloubkové clony jsou připevněny k výstupnímu okénku pouzdra rentgenky a mají tvar krychle. Obsahují dva páry olověných lamel, které jsou na sebe kolmé. Olověné lamely jsou umístěny pod sebou ve 3-4 vrstvách. Součástí hloubkových clon je také světelné zařízení, prostřednictvím něj vidíme velikost ozařovaného pole. Tubusy jsou vyrobeny z plechu, jehož vnitřní část je pokryta olovem. Mají tvar kužele či hranolu a jejich vzdálenost ohnisko-kůže je stejně jako velikost ozařovaného pole neměnitelná. Vzdálenost ohniska-kůže u tubusů je často menší než 100 cm. Centrální paprsek musí být souosý se stěnami tubusu. Tubusy se používaly spíše dříve, nyní jsou ve většině případů nahrazeny. Využívaly se například v mamografii, kde jsou

zastoupeny kompresní deskou. Záření, které prošlo přes primární clony, následně pokračuje přes vyšetřovanou oblast. Ve vyšetřované oblasti dochází k diferencované absorpci záření a také k jeho rozptylu. Rozptylem vzniká sekundární záření, jež zvyšuje nejen radiační zátěž pacienta, ale také negativně ovlivňuje kvalitu obrazu. Jelikož se jedná o záření, jehož směr je jiný než směr primárního záření, způsobuje neostrost a významně zhoršuje kontrast. Množství vzniklého sekundárního záření souvisí s tloušťkou pacienta. Čím je pacient objemnější, tím větší množství sekundárního záření vznikne. Pro zlepšení kvality obrazu se využívají sekundární clony, které pohltí sekundární záření. Sekundární clony jsou uloženy mezi objektem a filmem či detektorem. Sekundární clony jsou tvořeny velkým počtem olovených lamel, které jsou fokusovány. Skrze lamely měřujících do ohniska, lze umožnit projití velkého množství primárního záření a zároveň pohlcení sekundárního záření. Pro správnou funkci sekundárních clon je potřeba dodržet vzdálenost ohnisko-clona. Jelikož lamely zachytí i část primárního záření, a tím sníží množství záření, je nutné zvýšit expoziční hodnoty. Mezi sekundární clony patří Buckyho-Potterova, Lysholmova a Smithova clona. Jednotlivé clony se od sebe liší například počtem lamel na 1 cm či formátem. Po průchodu záření sekundárními clonami dopadá záření na film či detektor, kde vytváří obraz. (Vomáčka et al., 2023)

Ke vzniku rentgenového obrazu se využívá schopnosti rentgenového záření se diferencovaně absorbovat v jednotlivých tkáních s různým složením. Struktury s vysokou absorpcí se zobrazují na snímku světle, zatímco struktury s nízkou absorpcí se zobrazují tmavě. Rentgenové vyšetření poskytuje dvourozměrný obraz trojrozměrného objektu. Z tohoto důvodu dochází k sumaci jednotlivých anatomických struktur. K posouzení prostorového poměru se provádí snímky v kolmých projekcích nebo je vyšetření nahrazeno jinými zobrazovacími metodami, například CT vyšetřením.

U rentgenového vyšetření rozlišujeme skiagrafii a skiaskopii. Zatímco skiografie poskytuje statické zobrazení struktur, skiaskopie umožňuje sledování dynamických dějů v těle pacienta v reálném čase. Skiaskopie již nevyužívá kontinuální režim, ale režim pulzní, který zajistí nižší radiační zátěž pacienta. (Vomáčka et al., 2023; Ferda et al., [2015])

## **6.1. Nativní nefrogram**

Nativní nefrogram neboli prostý snímek ledvin a vývodných cest močových patří mezi základní a nejjednodušší vyšetření v uroradiologii. Využívá se především k detekci a lokalizaci kamenů nacházejících se v močových cestách. Dále lze tímto vyšetřením hodnotit tvar, velikost a uložení ledvin. Nativní nefrogram se provádí v předozadní projekci vleže na zádech v rozmezí

od horního pólu ledvin až po sponu stydkou. Pokud se kvůli výšce pacienta nepodaří zachytit celá požadovaná oblast, zhotoví se snímek malé pánve zvlášť. Vlastní vyšetření nevyžaduje žádnou speciální přípravu pacienta, výhodou však je prázdný močový měchýř. (Pulcer, 2016; Hanuš & Macek, 2015; Vomáčka et al., 2023)

## **6.2. Intravenózní vylučovací urografie**

Intravenózní vylučovací urografie je rentgenové vyšetření, jehož součástí je podání kontrastní látky. Kontrastní látka je aplikována nitrožilně a vylučuje se ledvinami. Před samotnou aplikací se vždy provádí nativní nefrogram. Po aplikaci kontrastní látky se standardně zhotovují snímky v časových intervalech 7, 14 a 21 minut od aplikace. V rámci protražované urografie, o které rozhoduje lékař, se snímky zhotovují za 30 minut až 48 hodin. Snímky, jež umožňují zobrazit kalichopánvičkový systém, močovody, nebo také močový měchýř, jsou prováděny v předozadních a šikmých projekcích. V případě pomalého vylučování se intravenózně aplikuje furosemid. Furosemid poukazuje na významnou obstrukci, která způsobuje dilataci kalichopánvičkového systému, nebo vývodných cest močových. Při podezření na bloudivou ledvinu se provádí snímek vstoje. Vylučovací urografií lze hodnotit polohu, tvar, asymetrii či funkci ledvin nebo také defekty v náplni. Dále poskytuje informace o úniku kontrastní látky mimo lumen močových cest, což může být způsobeno například poraněním močovodu. Donedávna příprava pacienta spočívala v dietě s bezezbytkovou stravou, v klyzmatu a ve vymočení. Bezezbytkovou dietu pacient dodržoval alespoň 48 hodin před vyšetřením. Očistné klyzma bylo doporučeno provést 2-3 hodiny před vyšetřením, přičemž k samotnému vyšetření pacient přišel vymočen. Dle nových směrnic není nutná speciální příprava pacienta. (Pulcer, 2016; Hanuš & Macek, 2015; Vomáčka et al., 2023)

## **6.3. Mikční cystouretrografie**

Mikční cystouretrografie je rentgenové vyšetření močové měchýře a močové trubice, při němž se aplikuje kontrastní látka. Kontrastní látka se aplikuje přes zavedený katetr do močového měchýře. Mikční cystouretrografie se nejčastěji provádí u dětských pacientů, u nichž je podezření na vezikoureterální reflux, nebo také u pacientů po úrazu močové trubice. Mezi další indikace patří například stenóza či vrozené vývojové vady uretry. Průběh samotného vyšetření spočívá v již zmíněné katetrizaci a v aplikaci kontrastní látky o objemu 300-500 ml v poměru 1:4 s fyziologickým roztokem. Po naplnění močového měchýře kontrastní látkou se zhotoví snímek v předozadní projekci vleže na zádech a následně snímek v šikmé projekci při



mikci, případně po vymočení. (Malíková, 2022; Vomáčka et al., 2023; Lambert & Burgetová, [2020])

#### **6.4. Nefrostomogram**

Nefrostomogram je rentgenové kontrastní vyšetření, které se provádí u pacientů s nefrostomií, tedy s umělým vyústěním ledviny. Drén, který zajišťuje odtok moči do sběrného sáčku, je veden z ledvinové pánvičky, přes parenchym a břišní stěnu. Při samotném vyšetření dochází k nástřiku tohoto nefrostomického drénu kontrastní látkou, což slouží k zobrazení kalichopánvičkového systému a ureteru. Nefrostomogram se provádí především k posouzení ledvin před perkutánní extrakcí konkrémentu a po ní nebo také za účelem kontroly správného uložení nefrostomického drénu. (Lambert & Burgetová, [2020]; Hanuš & Macek, 2015; Kawaciuk, c2009)

## 7. Výpočetní tomografie

CT neboli výpočetní tomografie se řadí mezi základní zobrazovací metody využívající schopnost rentgenového záření se diferencovaně absorbovat ve tkáních s odlišným složením. Zeslabené záření dopadá na detektory, kde se zaznamená a následně převede na elektrický signál, který je zaslán ke zpracování do počítače. Jedná se o velmi rychlou, nyní již standardně dostupnou, zobrazovací modalitu, při níž dochází k vyšší radiační zátěži pacienta. (Vomáčka et al., 2023)

Z hlediska způsobu skenování lze CT přístroje rozdělit do čtyř generací, přičemž první z nich je již spíše historická. Přístroje první generace obsahovaly pouze jeden detektor. Pro náběr dat se zde využíval rotačně-translační pohyb. Ke vzniku jednotlivých projekcí docházelo následovně. Nejprve se rentgenka umístěná na společném rámu s detektorem přesunula pomocí translace přes vyšetřovaný objekt. Následně došlo k otočení rentgenky a detektoru o určitý úhel a byla vytvořena další projekce. Tento postup se opakoval, dokud nebyly zhotoveny veškeré projekce vyšetřovaného objektu. Jelikož tento postup vykazoval vysokou radiační zátěž pacienta a byl časově náročný, vznikla druhá generace CT přístrojů. Zatímco rotačně-translační systém pohybu byl u druhé generace přístrojů ponechán, počet detektorů se zvýšil, čímž se celý proces urychlil. Následující třetí generace přístrojů obsahuje soustavu detektorů. Detektory jsou uspořádány do kruhové výseče, jež je umístěna naproti rentgence na společné rotační ose. Systém rentgenka-detektory se otáčí kolem vyšetřovaného objektu současně, a to o 360°. Tyto přístroje jsou velmi rozšířené a patří mezi nejpoužívanější. Na rozdíl od třetí generace se čtvrtá generace přístrojů v praxi příliš nerozšířila. I když byly tyto přístroje opatřeny prstencem detektorů po celém obvodu gantry a rotovala zde kolem pacienta pouze rentgenka, docházelo ke zkreslujícím výsledkům a potřebné korekci. Zkreslení výsledků bylo způsobeno tím, že ve chvíli, kdy svazek záření nemířil proti detektoru izocentricky, na tento detektor dopadal oslabený zešíkmený paprsek. (Válek & Eliáš, 1998)

Dle typu snímání rozlišujeme 2 kategorie CT, a to konvenční a spirální. Princip získání jednotlivých vrstev u konvenčního CT vyšetření je následující. Během jedné otáčky systému rentgenka-detektory dojde k naskenování jedné vrstvy, poté se stůl s pacientem posune o zvolenou vzdálenost a následuje zhotovení další vrstvy. Tento proces pokračuje, dokud nejsou zhotoveny všechny vrstvy vyšetřované oblasti. Dalším typem snímání je spirální CT vyšetření. Během toho vyšetření dochází ke kontinuální rotaci systému rentgenka-detektory a současnému posunu stolu s pacientem do otvoru gantry. Výhodou spirálního CT je především rychlejší akvizice dat.

Princip samotné rekonstrukce obrazu výpočetní tomografie spočívá v matematickém vyjádření intenzity absorpce rentgenového záření v hodnotách denzity, jež je vyjádřena v Hounsfieldových jednotkách v rozmezí od  $-1000$  do  $+3096$ . Hodnota  $-1000$  odpovídá absorpci vzduchu, hodnota  $0$  odpovídá absorpci vody a hodnota  $+3096$  odpovídá absorpci kovu. Jelikož jsou denzity na CT obrazu kódovány do stupňů šedi a lidské oko rozpozná pouze 16 odstínů šedi, je potřeba využít určitou část denzní škály, tedy takzvané okno, které má určitou šířku a střed. Pro každou vyšetřovanou oblast se používá jiné okno. V praxi se využívá například okno mozkové, plicní, kostní, mediastinální nebo také břišní.

Součástí samotného pracoviště výpočetní tomografie je CT přístroj, jehož součástí je vyšetřovací stůl, akviziční stanice a především gantry, v němž je uložena rentgenka a protilehlá soustava detektorů. Pro aplikaci kontrastní látky je využíván tlakový injektor. (Vomáčka et al., 2023)

Vlastnímu vyšetření předchází standardní příprava pacienta, která se může u jednotlivých vyšetření lišit. Záleží na typu vyšetření, zda se vyšetření provádí nativně, nebo s kontrastní látkou, dále záleží na věku pacienta, nebo také na jeho alergologické anamnéze. U vyšetření, kdy se aplikuje kontrastní látka intravenózně, je potřeba, aby byl pacient alespoň 6 hodin nalačno. Také je u těchto pacientů nutné zajistit nitrožilní přístup pomocí kanyly a poté připojit přetlakový injektor. U pacientů, u nichž je prokázána pozitivní alergologická anamnéza, je nutné během vyšetření přítomnost anesteziologa. Anesteziolog je též potřeba u dětských pacientů, kteří mají často strach a spolupráce s nimi je často složitější. Tato vyšetření se často vykonávají v analgosedaci, nebo v celkové anestezii. Součástí přípravy pacienta je také vždy informovaný souhlas, který je pacient povinen před samotným vyšetřením vyplnit a podepsat.

Základem vlastního vyšetření je uložení pacienta na posuvný stůl a zafixování vyšetřované oblasti. Fixace je důležitá především u vyšetření hlavy a mozku. Veškerá vyšetření jsou zahájena zhotovením topogramu vyšetřované oblasti. Jedná se o planární snímek, při jehož tvorbě systém rentgenka-detektory nerotuje. Prostřednictvím tohoto plánovacího skenu, lze určit rozsah a oblast skenování. Topogram se nejčastěji provádí v předozadní a boční projekci. Po určení rozsahu vyšetření lze nastavit několik akvizičních dat, mezi něž patří například rychlost posunu stolu, kolimace nebo také expozice. Poté následuje náběr hrubých dat v axiální rovině, z nichž lze vytvářet dvojrozměrné či trojrozměrné rekonstrukce v libovolných rovinách. Po zpracování akvizičních dat jsou výsledné obrazy odeslány do Pacsu. Mezi často prováděné rekonstrukce obrazu patří multiplanární rekonstrukce, maximum intensity projection, minimum intensity projection, volume rendering technique, nebo také virtuální kolonoskopie. Součástí

vyšetřovacích protokolů uropoetického systému jsou multiplánární rekonstrukce, a to ve většině případů v koronární rovině. (Vomáčka et al., 2023)

### **7.1. Nativní CT uropoetického systému**

Nativní CT vyšetření uropoetického systému se provádí bez podání kontrastní látky v rozsahu od bránice po symfýzu. Jedná se o vyšetření, které se využívá k diagnostice renální koliky, urolitiázy nebo dalších abnormalit v břišní dutině. Tomuto vyšetření nepředchází žádná speciální příprava pacienta. Pro odlišení ureterolitiázy a cystolitiázy se nejčastěji vyšetření provádí vleže na břiše. (Čtvrtlík et al., 2016; Hanuš & Macek, 2015)

### **7.2. Kontrastní CT uropoetického systému**

Kontrastní CT vyšetření uropoetického systému je indikováno u hematurie, tumorů, abscesů nebo také u traumat. Jelikož nezbytnou součástí tohoto vyšetření je aplikace kontrastní látky, je důležitá příprava pacienta v podobě lačnění, a to alespoň po dobu 6 hodin před vyšetřením. Pacientovi je odebrána alergologická anamnéza a zavedena kanyla pro podání kontrastní látky. Kontrastní látka, nejčastěji o objemu 80-120 ml, je aplikována pomocí tlakového injektoru rychlostí 2 ml/s. Ve většině případů se jedná o CT sken břicha v rozsahu od bránice po symfýzu či CT sken pánve v rozsahu od horního okraje kosti kyčelní po dolní okraj stydké kosti, popřípadě CT sken břicha a pánve. (Válek & Eliáš, 1998; Hanuš & Macek, 2015)

### **7.3. CT urografie**

CT urografie je kontrastní vyšetření, které se provádí po intravenózní, nebo také po perorální aplikaci kontrastní látky. Jelikož se jedná o kontrastní vyšetření, vyžaduje se u pacienta lačnění. Samotné vyšetření se využívá mimo jiné i k diagnostice hematurie či tumorů. Jedná se o vyšetření, které je rozděleno do několika fází, přičemž náběr dat probíhá i během vylučovací fáze. První fází je nativní CT, provádí se tedy před aplikací kontrastní látky. Druhá fáze – arteriální, nastává po nitrožilní aplikaci kontrastní látky, kdy umožňuje definovat cévní prokrvení. Třetí fáze nastává během 90-180 vteřin od aplikace kontrastní látky a napomáhá charakterizovat ledvinový parenchym. Poslední čtvrtá fáze je takzvanou fází vylučovací, která poskytuje zobrazení i distální části močových cest. Snímání čtvrté fáze se provádí přibližně 3-5 minut po aplikaci kontrastní látky. Je-li potřeba zobrazit distální část močových cest, doba před samotným snímáním se prodlouží. (Hanus & Macek, 2015)

## 8. Magnetická rezonance

Magnetická rezonance představuje moderní zobrazovací modalitu umožňující detailní zobrazení měkkých tkání bez využití ionizujícího záření. Jedná se o neinvazivní tomografické vyšetření, při němž lze získat řez v libovolné rovině. Standardně je však vyšetření prováděno ve třech na sebe kolmých rovinách, a to v rovině transverzální, koronární a sagitální. Ve srovnání s ostatními zobrazovacími metodami poskytuje zobrazení tkání s vysokým kontrastem. Nevýhodou magnetické rezonance je horší dostupnost, delší doba vyšetření a vyšší cena, což je důvodem, proč je magnetická rezonance indikována po dostupnějších, levnějších, rychlejších a jednodušších zobrazovacích metodách. (Vomáčka et al., 2023; Malíková, 2022; Ferda et al., [2015]; Rouvière et al., 2020)

Jedná se o zobrazovací metodu, při níž se využívá fyzikální princip, kdy jádra atomů s lichým počtem protonů vykazují magnetický moment. Velmi významným zástupcem těchto atomů je vodík, jehož jádro je tvořeno pouze jedním protonem. Jelikož je vodík v lidském těle hojně zastoupen a jeho magnetický moment lze dobře změřit, využívá se při zobrazení magnetickou rezonancí. V lidském těle jsou magnetické momenty protonů nahodilé, proto dochází k vzájemnému rušení. Pokud ovšem umístíme protony do silného magnetického pole, dochází k usměrnění jejich magnetických momentů, přičemž jsou protony uspořádány rovnoběžně. Velká část z nich je uspořádána paralelně, menší část je v antiparalelním postavení, což znamená, že je tato část protonů otočena o  $180^\circ$ . Statické magnetické pole dále způsobuje takzvanou precesi, což je rotační pohyb protonu kolem své osy o dané frekvenci, jež závisí na velikosti magnetického pole. Frekvence precesního pohybu je vyjádřena Larmorovou rovnicí, jejíž součástí je gyromagnetická konstanta, která udává frekvenci jádra při velikosti magnetického pole 1 Tesla. Larmorova rovnice je  $\omega = B_0 \cdot \gamma$ , přičemž  $\omega$  označuje rychlost otáčení takzvanou Larmorovu frekvenci a  $\gamma$ , označuje gyromagnetickou konstantu, která se u jednotlivých prvků liší. Jestliže je protonům dodána energie pomocí vysokofrekvenčního elektromagnetického impulzu, a to o frekvenci odpovídající Larmorově frekvenci, dochází k vychýlení magnetického momentu o určitý úhel, čímž jej lze detekovat. Protony získající větší energii vychýlí se buď o  $90^\circ$ , nebo také o  $180^\circ$ . Jedná se o takzvanou excitaci protonů. Po vypnutí radiofrekvenčního impulzu dochází k relaxaci, což je jev, při kterém se excitovaný proton vrací zpět do své polohy. Doba relaxace je často delší než doba excitace. Čas, za který nastane relaxace, se nazývá relaxační čas. Dle typu rozlišujeme relaxační čas T1 a T2. Tyto časy označují dobu, za kterou se magnetizace, která byla při excitaci utlumena, vrátí zpět do normálu. Čas T1 vyjadřuje dobu, při níž magnetizace dosáhne 63 % původní hodnoty, naopak druhý čas

vyjadřuje dobu, při které magnetizace dosáhne 37 % původní hodnoty. Dle struktury tkání může být relaxační čas jak dlouhý, tak i krátký. Dlouhý relaxační čas mají obecně struktury s vyšším obsahem vody, zatímco v tukové tkáni je relaxační čas krátký.

Přístroje magnetické rezonance pracují v takzvaných sekvencích. Sekvence je označení pro sérii radiofrekvenčních impulzů, které jsou potřeba k získání měřitelného signálu. Základní sekvencí je spin-echo sekvence nebo také sekvence gradientního echa. Nejvyžívanějšími vyšetřovacími postupy při magnetické rezonanci je zjišťování T1 a T2 relaxačních časů. Jelikož se relaxační časy u jednotlivých tkání liší, liší se i intenzita signálu, která se na obrazovce projevuje v několika odstínech šedi. Tkáně bez signálu se vyznačují na obrazovce černě a jedná se o tkáně asignální. Tmavší struktury jsou struktury hyposignální, zatímco světlé struktury jsou hypersignální. Obrazy získané magnetickou rezonancí se nazývají T1 a T2 vážené obrazy. Na T1 vážených obrazech je tekutina hyposignální, tuk hypersignální a mozek hypersignální, kdežto na T2 vážených obrazech se tekutina projevuje hypersignálně, tuk hyposignálně a mozek hyposignálně. Kalcifikace či proudící krev se v obou případech zobrazuje asignálně. (Heřman, 2014; Vomáčka et al., 2023; Malíková, 2022)

Jelikož se jedná o neionizující vyšetření, měla by být magnetická rezonance upřednostňována především u dětí a mladistvých. Obecně se magnetická rezonance využívá v neuroradiologii, angiografii, urografii nebo také při vyšetření muskuloskeletálního systému. Dále lze pomocí magnetické rezonance vyšetřit játra, žlučové cesty, srdce, malou pánev, trávicí trubici, ledviny, slinivku břišní či slezinu. V neuroradiologii tato vyšetřovací metoda slouží k diagnostice roztroušené mozkomíšní sklerózy nebo také k diagnostice drobných cévních malformací, což umožňuje časnou detekci ischemie mozku. Ve srovnání s výpočetní tomografií magnetická rezonance nevyžaduje při zobrazení mozkových tepen podání kontrastní látky. Obecně magnetická rezonance poskytuje možnost zobrazení cév bez aplikace kontrastní látky. Mezi nejčastěji vyšetřované orgány v neuroradiologii řadíme páteř, páteřní kanál, míchu. Magnetická rezonance se také uplatňuje při zobrazení muskuloskeletálního systému, a to především při vyšetření chrupavek, vazů, menisků či svalů. Při magnetické rezonanci srdce lze posoudit stav chlopní nebo také viabilitu myokardu. V oblasti malé pánve lze zobrazit dělohu, vaječníky, prostatu či rektum.

Kontraindikace magnetické rezonance se dělí na absolutní a relativní. Mezi absolutní kontraindikace řadíme kardiostimulátor, jehož zničení může způsobit pacientovu smrt, kovové předměty v oku, jako jsou například kovové špony, jejichž přítomnost může zcela poškodit pacientův zrak, nebo také cévní svorky z feromagnetického či neznámého materiálu. Dále sem patří elektronicky řízené implantáty, jejichž zničení neohrožuje pacienta na životě, ale

způsobují pacientovi finanční škodu. Mezi relativní kontraindikace řadíme totální endoprotézu či svorky, u nichž se doporučuje vyšetření provést až 6 týdnů po implantaci. Dále sem patří klaustrofobie, u níž je možné provést vyšetření v analgosedaci, nebo celkové anestezii, první trimestr gravidity nebo také kovové předměty v podobě implantátů. I když jsou již implantáty tvořeny z kompatibilních materiálů k magnetické rezonanci, způsobují při vyšetření artefakty.

Součástí samotného MR pracoviště je především gantry, tedy tunel, jehož nedílnou částí je silný stacionární magnet s napájecím a chladičím zařízením. Rozlišujeme 3 typy magnetů, a to magnety rezistivní, permanentní a supravodivé. Čím silnější magnetické pole je, tím vyšší je signál a kvalita získaného obrazu. V prostoru stacionárního magnetu se nacházejí 3 gradientní cívky, které umožňují výběr vrstvy a tloušťky vyšetření a také napomáhají k tvorbě rychlých sekvencí. Gradientní cívky jsou také zdrojem hluku, jenž se vyskytuje během každého vyšetření. Nezbytnou součástí MR přístroje je posuvný vyšetřovací stůl a radiofrekvenční cívky. Radiofrekvenční cívky se dělí na permanentní, povrchové, univerzální flexibilní a vícesegmentové. Zatímco permanentní cívky jsou trvale zabudovány v gantry, povrchové, univerzální flexibilní i vícesegmentové cívky se k vyšetřované oblasti přikládají. Dle vyšetřované oblasti rozlišujeme například cívku hlavovou, kolenní, ramenní, zápěstní, páteřní, nebo také prsní. Obecně radiofrekvenční cívky fungují jako vysílače či přijímače, popřípadě jako vysílači i přijímače radiofrekvenčního signálu. Přístroj magnetické rezonance obsahuje taktéž vysokofrekvenční magnetické stínění. Stínění chrání jak okolí před radiofrekvenčními vlnami a magnetickým polem, jež je tvořeno MR přístrojem, tak přístroj před radiofrekvenčním a magnetickým šumem z okolí. Ke zpracování signálu, rekonstrukci a archivaci obrazu slouží počítačový systém, který taktéž patří k základnímu vybavení MR přístroje. (Vomáčka et al., 2023; Malíková, 2022)

Vlastnímu vyšetření předchází příprava pacienta v podobě vyplnění dotazníku, který vyvrátí případné kontraindikace. Před magnetickou rezonancí je stejně jako před každým vyšetřením nutné, aby pacient podepsal informovaný souhlas. Aby se zabránilo nežádoucím reakcím, je vhodná opakovaná kontrola žádanky, informovaného souhlasu a vyplněného dotazníku. Před vstupem do vyšetřovny by měl být pacient dle nutnosti opětovně dotázán. Jelikož se jedná o velmi hlučné vyšetření, je důležité, aby byla pacientovi poskytnuta sluchátka, v případě vyšetření lebky či krku textilní ucpávky do uší. Dle vyšetřované oblasti je pacient uložen na posuvný stůl. Vyšetřovaná oblast taktéž určí typ radiofrekvenční cívky, která bude během vyšetření použita. Během vyšetření je pacient umístěn do gantry, tedy do silného statického magnetického pole, přičemž platí, že čím silnější magnetické pole je, tím vyšší je signál a kvalita získaného obrazu. V praxi se můžeme setkat s přístroji, jejichž síla statického

magnetického pole je velmi nízká (do 0,2 T), nízká (do 0,3 T), střední (0,5-1,0 T), nebo také vyšší (1,5-7,0 T). Nyní se nejčastěji využívají přístroje, jejichž síla magnetického pole je buď 1,5 T, popřípadě 3,0 T. (Vomáčka et al., 2023)

### **8.1. Magnetická rezonance urografie**

Magnetická rezonance urografie je vyšetření, jež se provádí při diagnostice obstrukční uropatie, cystických lézí, rovněž při diagnostice tumorů. Mezi další indikace k tomuto vyšetření jsou vrozené vývojové vady ledvin a vývodných cest močových nebo také posttraumatické stavy. Magnetická rezonance urografie slouží k potvrzení či upřesnění patologického nálezu zjištěného při ultrasonografii. V rámci přípravy pacienta je nutný jeho zvýšený příjem tekutin, a to přibližně hodinu před vyšetřením. Před uložením pacienta do přístroje, je důležité, aby se šel vymočit. Během vyšetření je pacient vleže na zádech, přičemž je využita povrchová multikanálová cívka. Rozsah vyšetření je doporučen od bránice pod úroveň symfýzy. (Žižka et al., [2015])

### **8.2. Magnetická rezonance prostaty**

Magnetická rezonance prostaty je vyšetření, jež poskytuje velmi detailní zobrazení umožňující posoudit pooperační změny či zánět prostaty. Magnetická rezonance prostaty umožňuje také velmi významné doplňující vyšetření jak v rámci stagingu, tak i v rámci primární diagnostiky karcinomu prostaty. Vlastní vyšetření se provádí vleže na zádech. Jelikož se jedná o delší vyšetření, doporučuje se nevyšetřovat pacienta s plným močovým měchýřem. Naopak po vyprázdnění močového měchýře dochází ke zhoršení přehlednosti nálezu ve spodní části měchýře, z toho důvodu je vhodné provést vyšetření s částečně naplněným měchýřem. Vyšetření se provádí v celé oblasti malé pánve. (Žižka et al., [2015])



## 9. Scintigrafie

Scintigrafie představuje základní diagnostické vyšetření v nukleární medicíně, jež umožňuje pomocí scintilační kamery zobrazit distribuci radiofarmaka v těle pacienta. Jedná se o vyšetření, které neposkytuje anatomickou informaci, ale poskytuje informaci o funkci vyšetřovaného systému. Scintigrafii lze rozdělit na planární scintigrafii a tomografii. Planární scintigrafie umožňuje provádět statická či dynamická vyšetření a výsledný obraz je dvourozměrný. Tomografie může být buď jednofotonová (SPECT), při níž se využívají radionuklidy vyzařující jeden foton, nebo také pozitronová (PET), při níž se využívají pozitronové zářiče. Tomografie poskytuje trojrozměrné zobrazení vyšetřovaného objemu. (Kupka et al., 2015)

Při scintigrafickém vyšetření je zdrojem ionizujícího záření takzvané radiofarmakum. Jedná se o léčivý přípravek, který obsahuje radionuklid a aplikuje se do těla pacienta. Dle formy podání rozlišujeme parenetrální přípravky, perorální přípravky a přípravky inhalační. Zatímco absolutní kontraindikace nemají radiofarmaka žádné, za relativní kontraindikaci lze považovat graviditu či laktaci. Při vlastním vyšetření tedy vychází ionizující záření z těla pacienta, přičemž je následně registrováno scintilačními detektory. (Kupka et al., 2015; Koranda, 2014)

### 9.1. Statická scintigrafie ledvin

Statická scintigrafie ledvin představuje vyšetření, které umožňuje kvalitní zobrazení funkčního parenchymu ledvinné kůry. Využívá se k diagnostice tvarových anomálií ledvin, pyelonefritidy, jizev po prodělané nemoci, nebo také k diagnostice abnormálního uložení ledviny. Dále lze pomocí toho vyšetření stanovit poměr funkce pravé a levé ledviny či jednotlivých segmentů ledviny, popřípadě její afunkci. Statická scintigrafie se nejčastěji provádí po nitrožilní aplikaci  $^{99m}\text{Tc}$ -DMSA, což je radiofarmakum, jenž se vychytává v buňkách proximálních ledvinových tubulů. Vlastnímu vyšetření předchází příprava pacienta v podobě zvýšeného příjmu tekutin a následného vymočení. Scintigrafický záznam se tedy provádí po přípravě pacienta v poloze vleže na zádech, a to až za 2-3 hodiny od aplikace radiofarmaka. Během vyšetření se zhotovují statické planární obrazy, a to v zadní a v zadních šikmých projekcích. V případě přesného stanovení poměru funkce ledvin, či tvarových anomálií, je vyšetření potřeba doplnit o statické scintigramy v přední projekci. (Koranda, 2014)

Fyziologickým nálezem jsou ledviny, jejichž kontury jsou hladké a plynulé. Ledviny vykazují homogenní akumulaci radiofarmaka s menším či větším kontrastem mezi vnitřním

a vnějším okrajem. Za fyziologický nález lze také považovat zploštělý horní pól levé ledviny, jež je způsobeno vlivem sleziny nebo také polohové odchylky.

Za patologický nález je považována snížená akumulace radiofarmaka, což indikuje ztrátu funkce ledviny. Pokud je na scintigramu viditelná nepravidelná kontura, je velmi pravděpodobné, že se jedná o zjizvení ledviny. (Kupka et al., 2015)

## **9.2. Dynamická scintigrafie ledvin**

Dynamická scintigrafie ledvin je vyšetření, které poskytuje informace o funkčnosti ledvinového parenchymu a o drenáži vývodných cest. Mezi nejčastější indikace k dynamické scintigrafii řadíme obstrukce močových cest, onemocnění ledvin, dilatace kalichů a pánečky zjištěná ultrasonografií, úrazy ledvin, popřípadě hodnocení funkce transplantované ledviny. Vyšetření se nejčastěji provádí po nitrožilní aplikaci radiofarmaka  $^{99m}\text{Tc}$ -MAG3, nebo také po nitrožilní aplikaci radiofarmaka  $^{99m}\text{Tc}$ -DPTA. Vlastní vyšetření je zahájeno současně s intravenózní aplikací radiofarmaka. Dynamická scintigrafii vyžaduje stejnou přípravu pacienta jako statická scintigrafie, a to zvýšení příjmu tekutin a následného vymočení před vyšetřením. Scintigrafický záznam se provádí nejčastěji po přípravě pacienta vleže na zádech, méně často vsedě. Celková doba snímání je 25-45 minut, přičemž jsou snímány série desetivteřinových obrazů. K vyhodnocení dynamiky se využívají jak scintigramy, tak i nefrografické křivky. (Seidl, 2012)

## **Závěr**

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit ucelený přehled základních informací o uropoetickém systému a zobrazovacích metod využívaných k jeho vyšetření.

Na úvod této bakalářské práce byla popsána anatomie ledvin a vývodných cest močových, jejich funkce a vybraná patologie, v níž jsou například zmíněna traumata, nádory nebo také zánětlivá onemocnění. Další část byla zaměřena na jednotlivé zobrazovací modalitty, u nichž byl popsán jejich princip a využití. Jednalo se především o ultrasonografii, skiografii, výpočetní tomografii, magnetickou rezonanci a scintigrafii. U vlastních vyšetření byly poté zmíněny indikace, popřípadě kontraindikace, příprava pacienta nebo také samotný průběh vyšetření.

Z předložených informací vyplývá, že nejčastěji využívanou zobrazovací metodou v urologii je ultrasonografie. Ve většině případů se jedná o metodu první volby. Jedná se o rychlou, dostupnou a finančně méně nákladnou metodu, u níž není pacient vystaven ionizujícímu záření.

V úvodu práce byly stanoveny otázky a cíle. Pomocí dohledatelných zdrojů byly v této bakalářské práci veškeré otázky zodpovězeny a cíle naplněny.

Závěrem lze konstatovat, že radiologické zobrazovací metody jsou nezbytnou součástí v diagnostice urologických onemocnění.

## Referenční seznam

- Čihák, R. (2013). *Anatomie 2* (3., uprav. a dopl. vyd). Grada Publishing.
- Čtvrtlík, F., Tüdös, Z., Sedláčková, Z., & Král, M. (2016). The use of imaging techniques in urolithiasis. *Urologie pro praxi*, 17(4), 155-158. <https://doi.org/10.36290/uro.2016.040>
- Dohnalová, D. (2014). *Repetitorium patologie pro praktická cvičení*. Univerzita Palackého v Olomouci.
- Dvořáček, J. (2000). *Urologie praktického lékaře*. ISV.
- Dylevský, I., Druga, R., & Mrázková, O. (2000). *Funkční anatomie člověka*. Grada.
- Ferda, J., Mírka, H., Baxa, J., & Malán, A. ([2015]). *Základy zobrazovacích metod*. Galén.
- Hanuš, T., & Macek, P. (2015). *Urologie pro mediky*. Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum.
- Heřman, M. (2014). *Základy radiologie*. Univerzita Palackého.
- Heřman, M. (2021). *Basics of radiology* (přeložil Martin ŠTĚRBA, přeložil Simon GILL). Palacký University.
- Hora, M. (2004). *Urologie pro studenty všeobecného lékařství*. Karolinum.
- Hudák, R., & Kachlík, D. (2013). *Memorix anatomie* (2. vydání). Triton.
- Chmelová, J. (2006). *Základy ultrasonografie pro radiologické asistenty*. Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta.
- Kawaciuk, I. (c2009). *Urologie*. Galén.
- Kupka, K., Kubinyi, J., & Šámal, M. (2015). *Nukleární medicína* (6. vydání, 2. vydání v Nakladatelství P3K). P3K.
- Lambert, L., & Burgetová, A. ([2020]). *Uroradiologie*. Maxdorf.
- Malíková, H. (2022). *Principles of imaging methods for medical students*. Charles University, Karolinum Press.
- Mourek, J. (2012). *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů* (2., dopl. vydání). Grada.
- Nair, M., & Peate, I. (2017). *Patofyziologie pro zdravotnické obory* (přeložila Hana POSPÍŠILOVÁ). Grada Publishing.
- Naňka, O., Elišková, M., & Eliška, O. (c2009). *Přehled anatomie* (2., dopl. a přeprac. vydání). Galén.

Pathan, S. J. K., Tiwaskar, S., & Pathade, A. (2022). Anthropotomy: The Study Of Human Body (Human Anatomy). *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13, 165-171. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.S08.25>

Pulcer, J. (2016). DECT, magnetická rezonance. *Urologie pro praxi*, 17(5), 214-216. <https://doi.org/10.36290/uro.2016.055>

Rokyta, R. ([2016]). *Fyziologie* (3., přeprac. Vydání, 1. vydání v nakladatelství Galén). Galén

Rokyta, R. (2015). *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Grada Publishing.

Rouvière, O., Cornelis, F., Brunelle, S., Roy, C., André, M., Bellin, M. F., Boulay, I., Eiss, D., Girouin, N., Grenier, N., Hélénon, O., Lapray, J. F., Lefèvre, A., Matillon, X., Ménager, J. M., Millet, I., Ronze, S., Sanzalone, T., Tourniaire, J., et al. (2020). Imaging protocols for renal multiparametric MRI and MR urography: results of a consensus conference from the French Society of Genitourinary Imaging. *European radiology*, 30(4), 2103-2114. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06530-z>

Seidl, Z. (2012). *Radiologie pro studium i praxi*. Grada

Válek, V., & Eliáš, P. (1998). *Moderní diagnostické metody*. Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.

Vomáčka, J., Nekula, J., & Kozák, J. (2023). *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty* (3., dopl. vydání). Univerzita Palackého v Olomouci.

Žižka, J., Tintěra, J., & Mechl, M. ([2015]). *Protokoly MR zobrazování: pokročilé techniky*. Galén.

## Seznam zkratek

MR – magnetická rezonance

RTG – rentgenové vyšetření

CT – výpočetní tomografie

DMSA – dimerkaptojantarová kyselina

DTPA – diethylentriaminpentaacetát

MAG3 – merkaptoacetyltriglycin

Tc – technecium

SPECT – jednofotonová emisní tomografie

PET – pozitronová emisní tomografie

ml/s – mililitr za sekundu

ml – mililitr

mm – milimetr

cm – centimetr

m – metr

g – gram

T – tesla

A – ampér

kV – kilovolt

kHz – kilohertz

MHz – megahertz

## Seznam příloh

Obrázek 1 – Ultrasonografie ledvin

Obrázek 2 – CT urografie v koronární rovině

Obrázek 3 – Magnetická rezonance prostaty v koronární rovině

Obrázek 4 – Magnetická rezonance prostaty v sagitální rovině

Obrázek 5 – Nefrostomogram

Obrázek 6 – IVU0 – intravenózní vylučovací urografie před aplikací kontrastní látky, nativní nefrogram

Obrázek 7 – IVU10 – intravenózní vylučovací urografie 10 minut po aplikaci kontrastní látky

Obrázek 8 – IVU5 – intravenózní vylučovací urografie 5 minut po aplikaci furosemidu

Obrázek 9 – IVU20 – intravenózní vylučovací urografie 20 minut po aplikaci furosemidu

Obrázek 10 – Mikční cystoureterografie – náplň močového měchýře kontrastní látkou

Obrázek 11 – Mikční cystoureterografie – při mikci

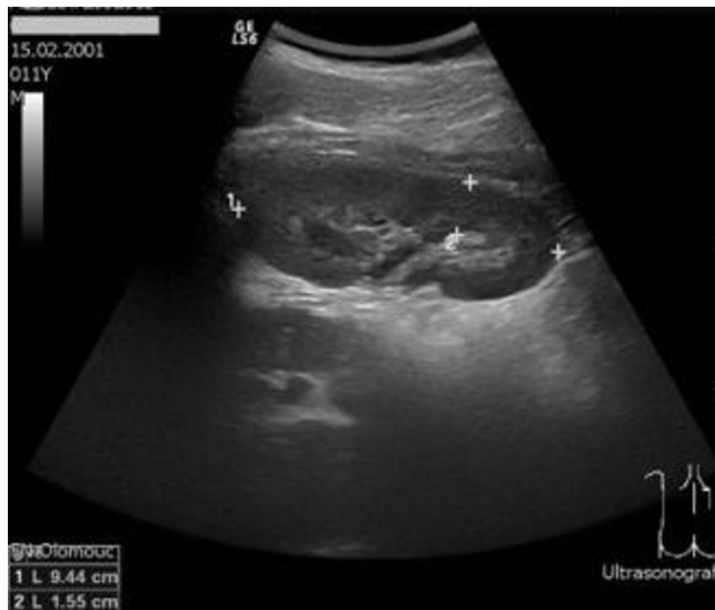
Obrázek 12 – Mikční cystoureterografie – po mikci

Obrázek 13 – Mikční cystoureterografie – průkaz vezikoureterálního refluxu

## Přílohy

### Obrázek 1

*Ultrasonografie ledvin*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

### Obrázek 2

*CT urografie v koronární rovině*

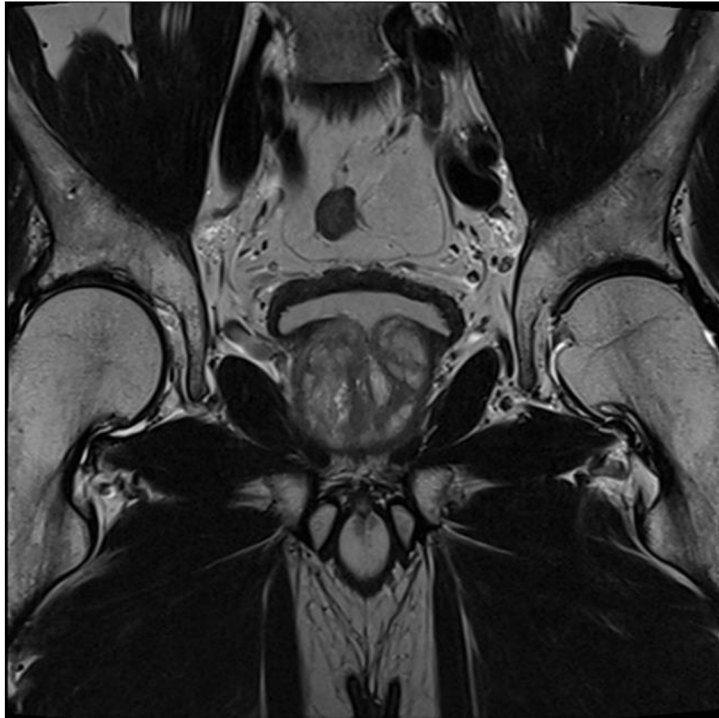


Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL



**Obrázek 3**

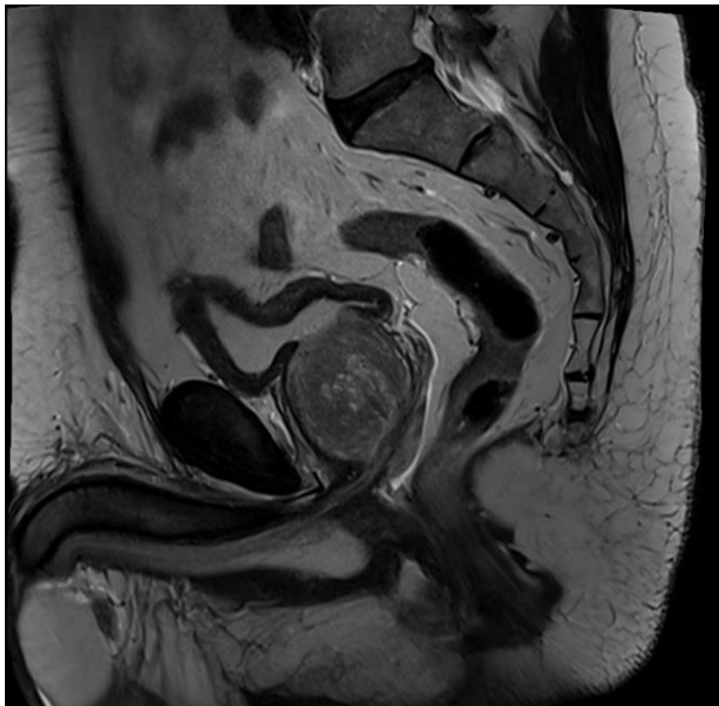
*Magnetická rezonance prostaty v koronární rovině*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

**Obrázek 4**

*Magnetická rezonance prostaty v sagitální rovině*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

**Obrázek 5**  
*Nefrostomogram*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

**Obrázek 6**

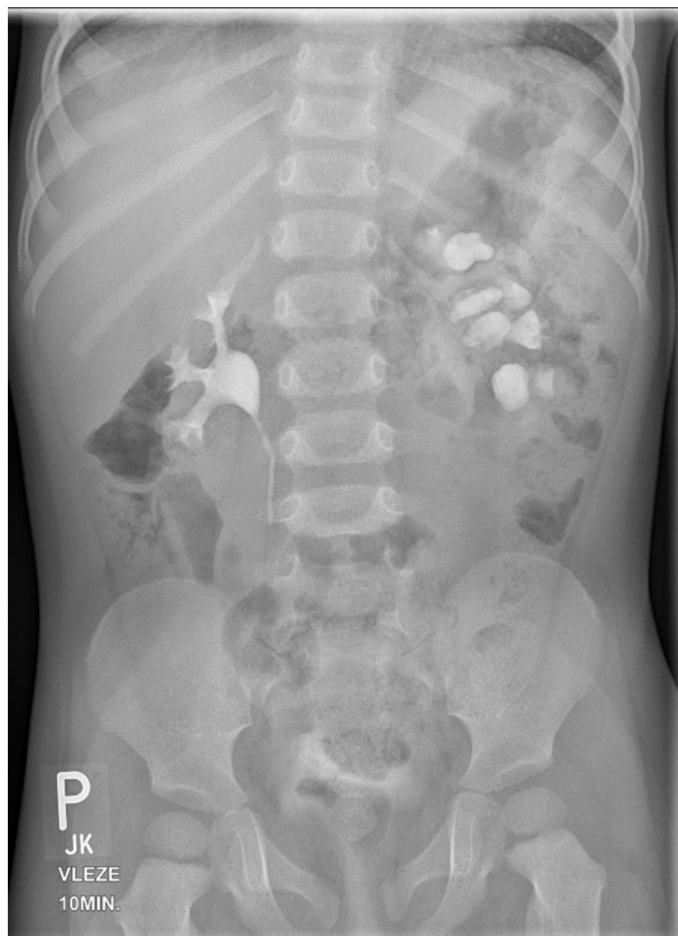
*IVU – intravenózní vylučovací urografie před aplikací kontrastní látky – nativní nefrogram*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

**Obrázek 7**

*IVUI – Intravenózní vylučovací urografie 10 minut po aplikaci kontrastní látky*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

## Obrázek 8

*IVU5 – intravenózní vyliučovací urografie 5 minut po aplikaci furosemidu*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

**Obrázek 9**

*IVU20 – Intravenózní vylučovací urografie 20 minut po aplikaci furosemidu*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

**Obrázek 10**

*Mikční cystoureterografie – náplň močového měchýře kontrastní látkou*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

**Obrázek 11**

*Mikční cystoureterografie – při mikci*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL



**Obrázek 12**

*Mikční cystoureterografie – po mikci*



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL

**Obrázek 13**

Mikční cystoureterografie – průkaz vezikoureterálního refluxu



Zdroj: archiv Radiologické kliniky FNOL