



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Porovnání konvenčních technik  
zobrazování a CT zobrazovacích metod  
při vyšetření ledvin a urotraktu**

**Comparison of Conventional Imaging  
Techniques and CT Imaging Methods  
for Kidney and Urinary Tract Examination**

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor bakalářské práce: Naděžda Březinová

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Jiří Vrána, Ph.D.

---

Kladno 2023

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Březinová** Jméno: **Naděžda** Osobní číslo: **487491**  
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**  
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**  
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Porovnání konvenčních technik zobrazování a CT zobrazovacích metod při vyšetření ledvin a urotraktu**

Název bakalářské práce anglicky:

**Comparison of Conventional Imaging Techniques and CT Imaging Methods in Examination of Kidney and Urinary Tract**

Pokyny pro vypracování:

Tato bakalářská práce bude zaměřena na porovnání vybraných v současné době využívaných metod pro vyšetřování ledvin a urotraktu. Konkrétně se zaměří na porovnání nativního nefrogramu s nativním CT vyšetřením břicha, dále na porovnání klasické intravenózní vylučovací urografie (IVU) s CT IVU, a to z hlediska jejich provedení, radiační zátěže a případně diagnostické výtěžnosti. V teoretické části práce budou popsána nejčastější onemocnění ledvin a urotraktu a diagnostické postupy, na jejichž porovnání je práce zaměřena. V rámci popisu jednotlivých postupů budou pojednány rovněž úloha radiologického asistenta při vyšetření, jeho úloha při provádění optimalizace zobrazovacího procesu a související postupy dozimetrie pacientů a způsob odhadu jejich dávek. V praktické části bude provedeno porovnání popisovaných metod, a to zejména z hlediska jejich radiační zátěže. K této analýze bude použito několika případových studií prezentujících používané postupy. V práci budou použita data pacientů ÚVN Praha.

Seznam doporučené literatury:

- [1] MALÍKOVÁ, Hana, Základy radiologie a zobrazovacích metod, Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolínium, 2019, ISBN 978-80-246-4036-5
- [2] SÚKUPOVÁ, Lucie, Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi, ed., Praha: Grada Publishing, 2018, ISBN 978-80-271-0709-4
- [3] Lambert, Lukáš, Burgetová, Andrea, a kol., Uroradiologie, ed. 1. vydání, Praha: Maxdorf, 2020, 310 stran s., ISBN 978-80-7345-671-9

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

**MUDr. Jiří Vrána, Ph.D.**

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

**Ing. Simona Borovičková, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **14.02.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2024**

doc. Mgr. Zdeněk Hon, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA  
děkan

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Porovnání konvenčních technik zobrazování a CT zobrazovacích metod při vyšetření ledvin a urotraktu vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů. Vykonával-li některou činnost zdravotnický pracovník z klinického pracoviště, je to v textu uvedeno.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 15.05.2023

Naděžda Březinová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé práce MUDr. Jiřímu Vránovi, Ph.D., konzultantovi Ing. Simoně Borovičkové, Ph.D. a RNDr. Liboru Judasovi, Ph.D. za jejich spolupráci, cenné připomínky a rady, kterých se mi od nich dostalo. Poděkování patří také Radiodiagnostickému oddělení Ústřední vojenské nemocnice Praha, které mi umožnilo realizovat praktickou část mé práce.

## **ABSTRAKT**

Konvenční skiografické a CT zobrazovací metody jsou základními metodami diagnostiky onemocnění ledvin a urotraktu. Spolu s rozvojem techniky a snadnější dostupností vyšetření pomocí výpočetní tomografie můžeme pozorovat posun ve významu jednotlivých vyšetřovacích metod. Na vybraném radiodiagnostickém pracovišti bylo na základě zkoumaného vzorku pacientů provedeno porovnání vyšetření realizovaných pomocí nativního nefrogramu, intravenózní vylučovací urografie, nativního CT vyšetření a CT vylučovací urografie. Práce přibližuje aktuální stav využívání sledovaných metod a přináší rovněž informace o výsledcích porovnání těchto metod z hlediska jejich radiační zátěže. Pro sledovaná vyšetření byla stanovena průměrná efektivní dávka pro porovnatelné skupiny pacientů. Průměrná hodnota efektivní dávky E na jedno vyšetření pro nefrogram činí 0,57 mSv, na jedno nativní CT vyšetření činí 6,3 mSv, na jedno vyšetření IVU činí 3,2 mSv, na jedno vyšetření CT IVU při provedení 3 kontrastních fází vyšetření činí bez započtení fáze nativní 19,1 mSv.

### **Klíčová slova**

onemocnění ledvin a urotraktu; nefrogram; výpočetní tomografie; intravenózní vylučovací urografie; radiační zátěž, diagnostické referenční úrovně

## **ABSTRACT**

Conventional X-ray scanning and CT imaging are the basic methods of diagnosis of kidney and urinary tract diseases. Along with the development of technology and easier availability of computed tomography, we can observe a shift in the importance of various examination methods. A comparison of examinations performed by native nephrogram, intravenous urography, native CT scan and CT urography was performed at a selected radiological department based on the sample of patients studied. The paper presents the current state of the use of the methods under study and also provides information on the results of comparison of these methods in terms of their radiation burden. For the investigated examinations, the average effective dose values for comparable groups of patients were determined. The average values of the effective dose E per examination for the nephrogram, the native CT examination, the IVU examination, and the IVU CT examination excluding the native phase are 0.57 mSv, 6.3 mSv, 3.2 mSv and 19.1 mSv, respectively.

## **Keywords**

kidney and urinary tract diseases; nephrogram; computed tomography; intravenous urography; radiation burden; diagnostic reference levels

## Obsah

1	Úvod.....	12
2	Cíle práce.....	13
3	Přehled současného stavu.....	14
3.1	Metody zobrazování ledvin a urotraktu .....	14
3.1.1	Ultrasonografie .....	14
3.1.2	Skiagrafická rentgenová vyšetření.....	14
3.1.3	Skiaskopická rentgenová vyšetření .....	15
3.1.4	Výpočetní tomografie .....	16
3.1.5	Angiografie, digitální subtrakční angiografie (DSA) .....	17
3.1.6	Magnetická rezonance .....	18
3.1.7	Nukleární medicína .....	18
3.2	Anatomie ledvin a urotraktu .....	19
3.2.1	Ledviny .....	19
3.2.2	Uretery .....	20
3.2.3	Močový měchýř .....	20
3.2.4	Prostata .....	21
3.2.5	Ženská močová trubice.....	22
3.2.6	Mužská močová trubice .....	22
3.3	Patologie ledvin a urotraktu a metody jejich zobrazování.....	22
3.3.1	Vrozené vývojové vady.....	22
3.3.2	Záněty ledvin a vývodných cest močových .....	23
3.3.3	Akutní renální selhání .....	23
3.3.4	Chronické onemocnění ledvin .....	24

3.3.5	Nefrokalcinóza.....	24
3.3.6	Cystické útvary ledvin.....	24
3.3.7	Benigní nádory ledvin.....	24
3.3.8	Maligní nádory ledvin.....	25
3.3.9	Cévní onemocnění ledvin .....	25
3.3.10	Poranění ledvin.....	26
3.3.11	Obstrukce urotraktu .....	26
3.3.12	Urolitiáza .....	27
3.3.13	Hematurie .....	29
3.3.14	Traumata vývodných cest močových.....	29
3.3.15	Nádory vývodných cest močových .....	30
3.3.16	Benigní hyperplazie prostaty .....	31
3.3.17	Karcinom prostaty.....	31
3.3.18	Patologie skrota a varlete.....	31
3.3.19	Patologie penisu.....	32
3.3.20	Přehled metod používaných pro diagnostiku patologií.....	33
3.4	Postupy provedení vybraných vyšetření .....	35
3.4.1	Nativní nefrogram.....	35
3.4.1.1	Indikace vyšetření .....	35
3.4.1.2	Postup vyšetření.....	35
3.4.2	Intravenózní vylučovací urografie.....	36
3.4.2.1	Indikace vyšetření .....	36
3.4.2.2	Postup vyšetření.....	37
3.4.3	Nativní CT břicha.....	38



3.4.3.1	Indikace vyšetření .....	38
3.4.3.2	Postup vyšetření .....	39
3.4.4	CT vylučovací urografie .....	40
3.4.4.1	Indikace vyšetření .....	40
3.4.4.2	Postup vyšetření .....	40
3.5	Radiační zátěž pacienta .....	41
3.5.1	Možnosti ovlivnění dávky pacienta .....	42
3.5.2	Postupy dozimetrie pacientů .....	45
3.5.2.1	Fyzikální veličiny používané v radiodiagnostice .....	46
3.5.2.2	Veličiny používané pro vyjádření rizika .....	49
3.5.2.3	Postupy stanovení odhadu dávek .....	50
3.5.2.4	Hodnocení dávek .....	51
4	Metodika .....	53
4.1	Vstupní data .....	53
4.2	Použité metody .....	55
5	Výsledky .....	56
5.1	Parametry porovnávaných vyšetření .....	56
5.1.1	Soubor pacientů vyšetřených pomocí nefrogramu .....	56
5.1.2	Soubor pacientů vyšetřených pomocí IVU .....	59
5.1.3	Soubor pacientů vyšetřených pomocí nativního CT .....	62
5.1.4	Soubor pacientů vyšetřených pomocí CT IVU .....	66
5.2	Porovnání vyšetření v přímo měřitelné dávkové veličině .....	69
5.2.1	Porovnání nefrogramu a IVU ve veličině $P_{KA}$ .....	69
5.2.2	Porovnání CT nativ a CT IVU ve veličině $P_{KL, CT}$ .....	71

5.3	Porovnání vyšetření jednotlivých pacientů s DRÚ .....	74
5.3.1	Diagnostické referenční úrovně pro porovnávaná vyšetření .....	74
5.3.2	Nativní nefrogram.....	74
5.3.3	IVU .....	75
5.3.4	CT nativní vyšetření břicha .....	76
5.3.5	Vyšetření CT IVU .....	77
5.4	Porovnání vyšetření ve veličině efektivní dávka .....	78
5.4.1	Porovnání nativního nefrogramu a CT nativ.....	79
5.4.2	Porovnání IVU a CT IVU .....	80
5.5	Porovnání počtu vyšetření indikovanou metodou v závislosti na diagnóze .....	81
5.5.1	Soubor pacientů vyšetřených nefrogramem .....	81
5.5.2	Soubor pacientů vyšetřených pomocí IVU.....	83
5.5.3	Soubor pacientů vyšetřených pomocí CT nativ.....	84
5.5.4	Soubor pacientů vyšetřených pomocí CT IVU .....	85
5.6	Celkový přehled diagnóz a porovnání sledu indikovaných vyšetřovacích metod.....	86
5.6.1	Nefrogram jako primárně indikovaná metoda.....	91
5.6.2	CT nativ jako primárně indikovaná metoda .....	91
5.6.3	Porovnání diagnóz u primární indikace nefrogramu a CT nativ	92
5.6.4	IVU jako primárně indikovaná metoda .....	93
5.6.5	CT IVU jako primárně indikovaná metoda.....	93
5.6.6	Porovnání diagnóz u primární indikace IVU a CT IVU.....	94
5.6.7	Kazuistiky.....	96

5.6.7.1	Kazuistika I – Kámen ledviny – Muž, 66 let, BMI 25,47 .....	96
5.6.7.2	Kazuistika II – Kámen močovodu – Žena, 23 let, BMI 23,34... ..	97
5.6.7.3	Kazuistika III – Zhoubný novotvar ledviny – Muž, 40 let, BMI 21,8 .....	98
6	Diskuze .....	100
7	Závěr .....	105
8	Seznam použitých zkratk.....	106
9	Seznam použité literatury .....	109
10	Seznam použitých obrázků .....	112
11	Seznam použitých tabulek.....	113

# 1 ÚVOD

Radiologické zobrazovací metody mají pro diagnostiku onemocnění ledvin a urotraktu zásadní význam. Ačkoliv primární metodou vyšetření vylučovacího systému je pro její rychlou dostupnost a nulovou radiační zátěž ultrasonografie, za základní metodu zobrazování při následném zpřesňování diagnóz v urologii je stále považován nativní nefrogram, vylučovací urografie (IVU) a CT vyšetření, u kterých je třeba řešit i otázku radiační zátěže. V teoretické části práce kromě vlastních postupů vyšetření vybranými metodami a úlohy radiologického asistenta v tomto procesu budu hledat i odpověď na otázku, jakými způsoby může radiologický asistent radiační zátěž pacienta z vyšetření ovlivnit. V praktické části mé práce se pak zaměřím na zjištění aktuální informace o vybraných metodách z hlediska jejich radiační zátěže, diagnóz, u kterých jsou indikovány a četnosti jejich indikace. Přínosem mé práce by mohly být výsledky porovnání sledovaných skutečností, zejména pak výsledky porovnání radiační zátěže z vybraných metod vyšetření u typických pacientů pracoviště.

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce bylo na vzorku pacientů zmapovat aktuální stav využívání standardních konvenčních skiagrafičkových a CT vyšetřovacích metod používaných na vybraném pracovišti pro diagnostiku patologií ledvin a urotraktu a provést jejich porovnání. Základním hlediskem pro porovnání byl aspekt radiační zátěže. Pro získání komplexní informace o aktuálního stavu využívání vybraných metod bylo třeba se dále zaměřit také na porovnání počtu vyšetření provedených sledovanými metodami a porovnání diagnóz pacientů, kterým jsou tato vyšetření indikována.

V rámci práce byly vytyčeny následující výzkumné otázky:

- Kolik vyšetření jednotlivými metodami bylo ve sledovaném období indikováno?
- Jaké diagnózy mají pacienti, kterým jsou indikovány vybrané metody vyšetření?
- S jakou radiační zátěží se vybrané metody pojí?
- Odpovídají zjištěné hodnoty dávkových veličin stanoveným diagnostickým referenčním úrovním?
- Jaké jsou rozdíly v radiační zátěži pacienta při porovnání jednotlivých metod? (při zohlednění informační výtěžnosti metody)
- Jaké diagnózy jsou danou sledovanou metodou nejčastěji vyšetřovány?
- Pro jaké diagnózy jsou vybrané metody indikovány jako primární?
- Jaký byl sled jednotlivých sledovaných vyšetřovacích metod v našem souboru pacientů?

## **3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU**

### **3.1 Metody zobrazování ledvin a urotraktu**

#### **3.1.1 Ultrasonografie**

Vyšetření ultrazvukem je vzhledem k jeho snadné dostupnosti a schopnosti poskytnout rychlou informaci o poloze, velikosti a případných anomáliích při vyšetřování ledvin a močového systému využíváno jako primární zobrazovací metoda, od níž se pak odvíjejí další diagnostické postupy. Kromě transabdominální ultrasonografie je možné vyšetřovat také transrektálně, transvaginálně, případně při jiných endoskopických metodách (esofagogastroduodenoskopie). Při vyšetřování komplikovaných cyst a solidních nádorů lze použít metodu kontrastní ultrasonografie (CEUS), kdy se jako kontrast nitrožilně podá látka s obsahem mikrobublinek plynu o velikosti 1-10  $\mu\text{m}$ . Ultrazvuk je rovněž používán jako navigační metoda při provádění punkčních biopsií. Použití ultrazvuku je problematické při vyšetření obézních pacientů. (1; 2)

#### **3.1.2 Skiagrafická rentgenová vyšetření**

Nativní skiagrafické předozaďní zobrazení oblasti ledvin, ureterů, močového měchýře a uretry je používáno pro získání informace o výskytu kalcifikací v močovém systému. Problémem tohoto zobrazení je sumace močových cest s konturami a obsahem dalších anatomických struktur. Urolitiáza tak může být zaměňena například za flebolity vyskytující se v orgánech mimo vylučovací systém. Nativní nefrogram rovněž neumožňuje zobrazení nekontrastních litiáz, tedy těch, které vůbec neobsahují soli kalcia, anebo obsahují pouze jejich velmi nízký podíl. S výhodou se nativní nefrogram používá pro sledování vývoje kontrastní litiázy během její léčby. (2)

Intravenózní vylučovací urografie (IVU – intravenous urography) je skiagrafickým vyšetřením vývodných močových cest s nitrožilním podáním kontrastní látky, která po vyloučení ledvinami umožňuje zobrazit lumen vývodných cest močových a odhalit například obstrukce v oblasti kalichopánvičkového systému a ureterů a dilataci dutého systému. Podáním diuretik v případě podezření na obstrukci lze z vyšetření usoudit na původ obstrukce. V současnosti je namísto IVU často indikována CT urografie. (2)

Na rentgenových zařízeních, která jsou vybavena tomografickou funkcí, je možné provést rovněž vyšetření klasickou rentgenovou tomografií. Tato metoda umožňuje zobrazit v pacientovi vybranou koronální vrstvu v úrovni ledvin při potlačení sumace jejich struktur s okolními střevními kličkami. Toho lze využít například při vyšetření vylučovací urografie, metoda je však dnes již minimálně používaná a nahrazena CT. (2)

### **3.1.3 Skioskopická rentgenová vyšetření**

Skioskopická vyšetření jsou používána pro dynamické zobrazování náplně vývodných močových cest po podání kontrastní látky do vyšetřovaného úseku urotraktu, případně i intravenózně. (1)

Pro posouzení defektů v oblasti ureteru a pro posouzení afunkce ledviny je využívána ascendentní pyelografie. Jedná se o invazivní vyšetření prováděné v anestezii, kdy je kanylováno ureterální ústí a proveden nástřík ureteru a kalichopánvičkového systému. S vyšetřením se pojí riziko retrográdního zanesení infekce z močového měchýře a rovněž riziko způsobení edému ureteru. Vzhledem k lokálnímu podání jódové kontrastní látky, a tedy nižšímu riziku alergické reakce než při podání nitrožilním, může být toto vyšetření alternativou k intravenózní vylučovací urografii u alergických pacientů. (2)

V případě zavedené nefrostomie lze provést přímou pyelografií nástřikem kalichopánvičkového systému neboli nefrostomogram. Tato zobrazovací metoda je využívána pro provedení perkutánní extrakce konkrementu, kdy je posuzována reziduální litiáza a dutý systém močových cest. Vyšetření se provádí rovněž za účelem kontroly uložení založené nefrostomie. (2)

Pro vyšetření močového měchýře při podezření na píštěl, rupturu nebo vesikoureterální reflux je používána skiaskopická cystografie, případně cystouretrografie. Močový měchýř se vleže pomocí zavedeného močového katetru dostatečně naplní jódovou kontrastní látkou a následně se po odstranění katetru provádí zobrazování pacienta ve vertikální poloze v předozadní a v šikmých projekcích. Pro zobrazení náplně uretry pacienta během mikce a pro hodnocení dynamiky mikce se provádí mikční cystouretrografie. Toto vyšetření umožňuje hodnotit šíři lumen močové trubice a odhalit tak její případné stenózy, dilatace či divertikly. (2)

#### **3.1.4 Výpočetní tomografie**

Výpočetní tomografie umožňuje volbu široké škály vyšetřovacích metod dle charakteru diagnostikovaného problému vývodných cest močových. Jako základní diagnostická zobrazovací metoda je volena u pacientů, u nichž nelze provést prvotní diagnostické vyšetření ledvin a močového systému pomocí ultrazvuku. Jedná se zejména o obézní pacienty anebo o pacienty trpící meteorismem. Dále je CT vyšetření voleno při nejednoznačném nálezu vyšetření ultrazvukem. Důležitou roli má při stagingu malignit. (2; 3)

Pro diagnostiku urolitiázy se používá nativní CT nefrogram. Tato vyšetřovací metoda je při průkazu litiázy citlivější než klasický skiagrafický nefrogram. (2)

Pro vyšetření anomálií močových cest a rychlé získání podrobné diagnostické informace o místě patologie se provádí CT vylučovací urografie s nitrožilním



podáním kontrastní látky a vícefázovým zobrazováním jejího vylučování ledvinami do moči. Obdobně se kontrastní CT vyšetření provádí při podezření na poranění ledviny (1)

Výpočetní tomografie je nosnou metodou pro diagnostiku nádorů ledvin a vývodných cest močových. Toto vyšetření se standardně provádí ve čtyřech fázích tak, aby bylo dosaženo zobrazení nádoru nezávisle na rychlosti jeho sycení. Jelikož vícefázové vyšetření znamená vyšší radiační zátěž pacienta, jsou někdy používány speciální vyšetřovací protokoly, kdy je množství podávané kontrastní látky rozděleno na více částí aplikovaných s časovým odstupem odpovídajícím nástupu jednotlivých fází. Ve více fázích se pomocí výpočetní tomografie provádí rovněž CT angiografie renálních tepen. (2)

Z hlediska podání kontrastní látky se liší vyšetření CT cystografie, kdy se k průkazu úniku moči kromě intravenózního podání kontrastní látky ještě sterilně pomocí katetru aplikuje do močového měchýře roztok jodové kontrastní látky naředěné fyziologickým roztokem v poměru 1 : 10 – 1 : 20. (2)

### **3.1.5 Angiografie, digitální subtrakční angiografie (DSA)**

Digitální subtrakční angiografie je invazivní vyšetřovací metoda, jejíž výhodou je možnost současně během vyšetření provést i terapeutický zákrok na cévách. Nevýhodou této metody je kromě rizika komplikací plynoucích z invazivního charakteru vyšetření rovněž vyšší radiační zátěž a použití jodové kontrastní látky. Tato metoda je standardním postupem v případě podezření na stenózu ledvinných tepen. V případě, že se nepředpokládá během vyšetření terapeutický výkon, je možné metodu nahradit neinvasivní CT nebo MR angiografií. (3)

### **3.1.6 Magnetická rezonance**

Magnetická rezonance je senzitivní metodou pro detekci počátečních stádií karcinomu prostaty a rovněž je metodou důležitou pro staging karcinomu močového měchýře. U ostatních typů patologií ledvin a urotraktu je vzhledem k menší dostupnosti a vyšší časové náročnosti v porovnání s CT vhodnější pro diagnostiku volit kombinaci CT a ultrasonografie. Velkou výhodou magnetické rezonance je, že umožňuje nativně vyšetřit vývodný močový systém metodou MR hydrografie. Představuje tak alternativu intravenózní vylučovací urografie (IVU) nebo CT urografie pro případ pacientů s alergií na jódové kontrastní látky. Další možností alternativy IVU a CT urografie je provedení MR urografie s podáním gadolinia. (1)

### **3.1.7 Nukleární medicína**

Metody nukleární medicíny umožňují posouzení funkce ledvin. Nukleární medicína k zobrazování využívá planární scintilační gamakamery a zejména zařízení pracující na principu emisní tomografie. Jedná se o jednofotonovou emisní tomografii (SPECT) a pozitronovou (dvoufotonovou) emisní tomografii (PET). Často jsou tato zařízení vybavena CT zobrazovacím systémem. Tyto hybridní systémy pak umožňují získat najednou informaci o funkci i morfologii orgánu. Zařízení PET je nejčastěji konstruováno jako hybridní systém s doplňující zobrazovací modalitou CT nebo magnetickou rezonancí. (3)

Při vyšetření dynamické scintigrafie lze po nitrožilní aplikaci radiofarmaka získat informaci o sycení parenchymu ledviny, následném vylučování v kalichopánvičkovém systému a funkci vývodných močových cest. Podáním diuretik v případě podezření na obstrukci lze z vyšetření usoudit na původ obstrukce. Metoda rovněž umožňuje porovnání funkce obou ledvin a posouzení funkčnosti zavedených drenáží. (3)

Vyšetření statickou scintigrafií ledvin se provádí k posouzení funkčnosti parenchymu ledviny. Tato metoda se uplatňuje v případě úrazů a podezření na poškození ledvin různého původu a rovněž k posouzení funkčnosti tkáně ledvin po prodělaných infekčních zánětech. (3)

## **3.2 Anatomie ledvin a urotraktu**

### **3.2.1 Ledviny**

Ledviny jsou parenchymatózní orgán fazolovitého tvaru uložený oboustranně podél páteře v retroperitoneálním prostoru. Pravá ledvina je zpravidla umístěna níže než ledvina levá. Ledviny z části naléhají na bránici a z části na svaly zadní břišní stěny. Při dýchání se pohybují nahoru a dolů, jejich posun v rámci tohoto pohybu může být až 2 cm. (2)

Délka ledviny je asi 9 až 14 cm, přičemž levá ledvina bývá delší. Z hlediska popisu na ledvině rozlišujeme horní a dolní pól a ventrální a dorzální plochu. Ledvina je rozdělena na pět segmentů, přičemž každý z nich má vlastní cévní zásobení. Ve vkleslině na mediální straně do ledviny vstupují cévy a nervy. Je to rovněž místo, kudy z ledviny vystupuje její dutý systém. Toto místo nazýváme renální hilus. Na hilus navazuje prostor, ve kterém je uložen dutý systém ledviny. Tento prostor nazýváme renální sinus. (2)

Parenchym ledviny je po obvodu tvořen kůrou (cortex renalis) a uvnitř dření (medulla renalis). Dřeň tvoří pyramidy směřující svými vrcholy do renálního sinu, do oblasti zakončené papilami. Do prostor mezi pyramidami zasahuje kůra, která zde vytváří sloupce. Renální papily ústí do sedmi párů ledvinných kalichů, které se následně spojují do dvou až tří velkých kalichů, které pak ústí do ledvinové pánvičky. Uspořádání dutého systému ledviny je velice variabilní. (2)

Povrch ledviny je tvořen vazivovým obalem (capsula renalis), na němž leží vrstva perirenálního tuku pokrytá předním a zadním listem renální fascie. Listy

této fascie se napojují na vnitřní fascie břišních svalů. Na vnější stranu renální fascie nasedá ještě vrstva pararenálního tuku, která obstarává izolaci ledviny od ostatních orgánů. Takto jsou ledviny odděleny od nadledvin, které na ně nasedají v místě horního pólu i od ostatních orgánů uložených v jejich blízkosti, tj. od pravého laloku jater, duodena, sleziny, ocasu slinivky, žaludku a obou flexur tlustého střeva. (2)

Ledviny jsou zásobeny renálními tepnami odstupujícími z abdominální aorty v úrovni prvního a druhého bederního obratle. Podél cév krevního systému probíhá systém lymfatických cév. (2)

### **3.2.2 Uretery**

Odvod vytvořené moči z ledvin do močového měchýře zajišťují močovody (uretery). Močovod má průměr asi 3 mm, je dlouhý asi 25 až 30 cm a rozlišujeme u něj tři části. Jeho abdominální část prochází retroperitoneem, pánevní část prochází přes ilický svazek do malé pánve a intramurální část probíhá ve stěně močového měchýře. V místě odstupu ureteru z pánvičky, v oblasti přechodu ilickým svazkem a ve stěně močového měchýře je průměr močovodu zúžen. (2)

Uretery mají bohaté cévní zásobení anastomózami kolem probíhajících tepen, ale přesto ureterům například vlivem operačních zákroků prováděných v oblasti malé pánve hrozí ischemizace a následné striktury. (2)

### **3.2.3 Močový měchýř**

Močový měchýř je uložen v malé pánvi. Tento svalový orgán má ve vyprázdněném stavu pyramidový tvar. Na dorzální straně do močového měchýře vstupují uretery, kaudálně z něj v místě zvaném krček odstupuje močová trubice. Na močovém měchýři rozeznáváme bazi tvořenou dorzální stěnou a oblast apexu, která je místem střetnutí horní stěny se stěnami inferolaterálními. Tato oblast se nachází ventrálně za symfýzou. (2)

Od symfýzy jsou močový měchýř a močová trubice odděleny retropubickým tukovým prostorem obsahujícím žilní pleteně, nervy a lymfatický systém. Kaudálně leží močový měchýř na musculus levator ani, kraniálně na močovém měchýři leží kličky tenkého střeva nebo sigmoidea. Tyto orgány od močového měchýře odděluje peritoneum. U žen dorzálně na horní stěnu močového měchýře naléhá děloha. U mužů se dorzálně na horní stěně močového měchýře nacházejí semenné vajíčky. Krček močového měchýře u žen naléhá na pelvickou fascii, u mužů na něj navazuje prostata. (2)

Uvnitř močového měchýře se v oblasti mezi ústím obou ureterů a ústím uretry nachází trojúhelníková oblast vytvářející útvar trigonum vesicae, který se na rozdíl od trámčité sliznice v jiných částech vnitřní stěny močového měchýře vyznačuje sliznicí hladkou. (2)

Při plnění se močový měchýř zvedá směrem do dutiny břišní a mění svůj tvar na ovoidní. Poloha baze a krčku se ale příliš nemění. Močový měchýř je zásoben z větví ilické vnitřní tepny, žilní odtok zajišťuje povodí ilické vnitřní žíly. Podél tohoto cévního systému probíhá systém lymfatický, v prostoru povodí vnitřní ilické tepny jsou v malé pánvi uloženy spádové lymfatické uzliny. (2)

#### **3.2.4 Prostata**

U mužů navazuje na krček močového měchýře prostata neboli předstojná žláza. Za normálních okolností svou velikostí připomíná kaštan. Tato žláza nemá vlastní pouzdro, je však uložena v bohatě cévně zásobené vazivové tkáni, ze které ventrálně vystupují ligamenta, které prostatu uchycují. V dospělé žláze rozlišujeme dva laterální a jeden mediální lalok. Z klinického hlediska se prostata dělí na čtyři zóny – periferní, centrální, tranzitorní a přední fibromuskulární stroma. Tyto zóny mají relativně odlišnou histologickou strukturu, což se projevuje odlišnou náchylností k výskytu nádorové tkáně. Většina nádorů, což je až 70 %, vzniká v zóně periferní. Naopak v centrální zóně

se nádory vyskytují vzácně. Centrální a tranzitorní zóna nejsou pomocí zobrazovacích metod odlišitelné. (2)

### **3.2.5 Ženská močová trubice**

Ženská močová trubice začíná ve vnitřním uretrálním sfinkteru krčku močového měchýře a směřuje podél přední vaginální stěny přes diafragma urogenitale do ostium uretrae externum. Toto ústí močové trubice se nachází mezi malými pysky. Délka ženské močové trubice je asi 4 cm. (2)

### **3.2.6 Mužská močová trubice**

Mužskou močovou trubici, která začíná v krčku močového měchýře a prochází prostatou, diafragmou a penisem, dělíme na zadní a přední část. V zadní části se nachází uretra prostatická a membranózní, v přední části pak uretra spongiózní. V mužské uretře nalezneme dva sfinktery. Horní sfinkter je situován v hrdle močového měchýře, dolní sfinkter nalezneme pod prostatou. Tento sfinkter reguluje mikci. (2)

## **3.3 Patologie ledvin a urotraktu a metody jejich zobrazování**

### **3.3.1 Vrozené vývojové vady**

Ledviny a močové cesty patří z hlediska četnosti výskytu vrozených vývojových vad k nejčastěji postiženým systémům. Škála jejich postižení je velmi široká. Závažné stavy ohrožující na životě jsou často diagnostikovány již v období prenatálního vývoje. Méně závažné stavy a anomálie mohou mít obraz asymptomatických variant, které často bývají diagnostikovány až v dospělosti. Z hlediska výskytu anatomických odchylek je močový systém považován za jeden z nejvariabilnějších systémů v těle. Jedná se o varianty počtu a tvaru ledviny, pánvičky či ureterů a varianty renálních cév. Ke klinicky závažným vrozeným vývojovým vadám řadíme agenezi ledviny, dysplazii ledviny a geneticky podmíněnou polycystickou chorobu ledvin. (2)

Při jejich diagnostice se používají především ultrazvuk a magnetická rezonance, u závažných vad diagnostika probíhá už v prenatálním období. Jako předoperační vyšetření se provádí vyšetření výpočetní tomografií. (2)

### **3.3.2 Záněty ledvin a vývodných cest močových**

Častým zánětlivým onemocněním ledvin je akutní pyelonefritida. Vzniká na infekčním podkladě ascendentní cestou. Obecně jsou u zánětlivých onemocnění zobrazovací metody voleny zejména pro vyloučení jiných příčin obtíží a vyloučení městnání v dutém systému ledviny nebo abscesu. Indikováno je vyšetření ultrazvukem, nativní nefrogram nebo nativní CT vyšetření. Negativní výsledek ultrasonografie ale musí být doplněn nativním nefrogramem nebo nativním CT vyšetřením pro posouzení výskytu nefrolitiázy. CT vyšetření přitom umožňuje mnohem lepší zobrazení zánětem postižených oblastí parenchymu ledviny. (2; 3)

Záněty vývodných cest močových (především cystitidy) jsou vyšetřovány pomocí zobrazovacích metod pouze výjimečně. Diagnostické zobrazovací metody ale přicházejí ke slovu v případech, kdy po prodělané uretritidě dojde ke vzniku abscesů nebo striktur a dalších změn ve stěně močové trubice. V případě abscesu je prováděna mikční cystoureografie, v ostatních případech se provádí CT vyšetření nebo vyšetření magnetickou rezonancí. (2)

### **3.3.3 Akutní renální selhání**

Při tomto onemocnění dochází ke snížení až ztrátě renálních funkcí. Základní zobrazovací metodou při diagnostice akutního renálního selhání je sonografie případně doplněná biopsií pod sonografickou kontrolou. Pouze v případě podezření na postrenální příčinu akutního renálního selhání je indikováno CT vyšetření k průkazu urolitiázy. (2)

### **3.3.4 Chronické onemocnění ledvin**

Při tomto onemocnění charakterizovaném abnormalitami funkce nebo struktury ledvin po dobu delší než tři měsíce se na diagnostice ze zobrazovacích metod podílí zejména ultrasonografie, která umožňuje sledovat změny morfologie ledvin a také stav jejich cévního zásobení. Nativní CT vyšetření je prováděno pouze v případě podezření na kalcifikace. Při podezření na výskyt cyst a nádorů ledviny je možné provést i kontrastní CT vyšetření, pokud diagnostický přínos vyšetření pro nemocného převyšuje rizika spojená s možným poškozením jeho zbylých ledvinných funkcí. (2)

### **3.3.5 Nefrokalcinóza**

Kalcifikace neboli vytváření krystalků vápenatých solí, rozlišujeme podle místa jejich výskytu v ledvinách. Kalcifikace vznikající v dutém systému nazýváme nefrolitiáza, kalcifikace vznikající v parenchymu nazýváme nefrokalcinóza. Pokud vznikají ve stěně tepen, hovoříme o ateroskleróze nebo mediokalcinóze. Pro jejich diagnostiku se využívá zobrazování pomocí ultrazvuku, nativního nefrogramu či nativního CT. (2)

### **3.3.6 Cystické útvary ledvin**

U cystických útvarů ledvin rozlišujeme, zda se jedná o prosté cysty, komplikované cysty nebo o cystické maligní nádory. Primární metodou zobrazování při jejich diagnostice je ultrazvuk, který by měl určit, zda se jedná o nekomplikovaný útvar, nebo zda cysta vyžaduje další vyšetření. Komplikované cysty jsou vyšetřované pomocí CT nebo magnetické rezonance. (2)

### **3.3.7 Beningní nádory ledvin**

Nejčastějšími nádory ledvin jsou angiomyolipom a onkocytom. U těchto benigních nádorů je před operačním zákrokem preferováno jejich dlouhodobé sledování, přičemž obvykle postačí vyšetření ultrazvukem, které je



při nejasnostech doplněno CT vyšetřením, případně vyšetřením magnetickou rezonancí. Metodou volby pro doplňující vyšetření je i kontrastní sonografie. (2)

### **3.3.8 Maligní nádory ledvin**

Nejčastějším typem maligního nádoru ledvin dospělých je karcinom ledviny, v dětském věku se u pacientů nejčastěji vyskytuje Wilmsův tumor (nefroblastom). Tyto nádory často metastázuji, a to především v uzlinách, játrech, plicích, mozku a kostech. Sekundárními nádory, se kterými se setkáme v oblasti ledvin, jsou bronchogenní karcinom, karcinom prsu, non-hodgkinský lymfom a karcinom tlustého střeva. (3)

Pro vyšetření maligních nádorů ledvin je voleno vícefázové CT vyšetření, které podává kompletní informaci o cévním zásobení nádoru, o postižení lymfatických uzlin i o výskytu vzdálených metastáz. Toto vyšetření se pro zpřesnění stagingu doplňuje magnetickou rezonancí a vyšetřením PET/CT. (2)

Pro sporadicky se vyskytující nádor ledvinné pánvičky, který se zobrazuje jako defekt v její náplni, bylo dříve tradičně indikováno vyšetření vylučovací urografií, doplněné retrográdní pyelografií nebo ultrazvukem. Roli tohoto vyšetření ale v současné době také nahrazuje vícefázové CT vyšetření, které umožňuje poskytnout lepší informaci pro staging onemocnění. (2)

### **3.3.9 Cévní onemocnění ledvin**

Mezi onemocnění renálních tepen řadíme vaskulitidy, akutní uzávěry, stenózy, aneuryzmata, arteriovenózní píštěle a malformace. U renálních žil rozlišujeme jejich postižení stenózou nebo trombózou. Pro diagnostiku těchto onemocnění je možné použít neinvazivní CT nebo MR angiografii, které poskytnou průkaz patologie, nicméně standardně se v těchto případech indikuje vyšetření pomocí DSA, kde na diagnostiku patologie přímo navazuje provedení

terapeutického výkonu. U dětí a mladších pacientů je jako primární metoda pro posouzení hemodynamiky voleno duplexní ultrazvukové vyšetření. (2)

### **3.3.10 Poranění ledvin**

K poranění ledvin dochází zejména vlivem tupých zranění břicha při autonehodách nebo pádech z výšky. Penetrující poranění břicha jsou méně častá. K poranění může dojít i iatrogenní cestou při terapeutických či diagnostických výkonech. K diagnostice těchto stavů je jako metoda primární volby prováděno CT vyšetření s trauma protokolem zahrnujícím postkontrastní arteriální a portovenózní fázi. V případě nutnosti provést embolizaci akutního krvácení je volbou provedení DSA. Pro kontrolní vyšetření stavu renálních hematomů je výhodné použití ultrazvuku. (2)

### **3.3.11 Obstrukce urotraktu**

Obstrukcí nazýváme stav, kdy je narušen průchod moči močovými cestami. Obstrukce se může projevit jako akutní záchvat koliky či zadržování moči vyžadující okamžité vyšetření a akutní léčbu, v jiných případech ale nastává pozvolna a může tak i díky nevýrazným příznakům způsobit nenávratné poškození močového systému. Příčiny vzniku obstrukce jsou různorodé. Patří sem jednak vývojové vady urotraktu jako hydronefróza, megaureter, divertikly kalichů a různé anomálie průběhu močovodu, a dále vady získané, kam řadíme obstrukce vlivem překážky v lumen urotraktu, typicky vlivem urolitiázy nebo nádorovým útvarem, dále striktury v důsledku jizvení po traumatech, operačních výkonech či ozáření, divertikly a obstrukce vzniklé vlivem extraluminálních procesů, typicky vlivem nádorů dutiny břišní, benigní hyperplazie prostaty nebo karcinomu prostaty. (2)

Při vyšetřování hydronefróz způsobených vrozenou vývojovou vadou je obvykle volena kombinace vyšetření ultrazvukem a dynamické scintigrafie

ledvin. U hydronefróz ze získaných příčin se provádí CT urografie, případně magnetická rezonance ledvin a ascendentní pyelografie. (2)

U obstrukcí proximálního a distálního úseku ureteru a močového měchýře je pro vyšetření obtíží metodou první volby použití ultrazvuku. K vyšetření střední části ureterů je z důvodu jejich překrytí střevními kličkami výhodnější použití nativního nefrogramu, nativního CT nefrogramu nebo CT urografie. V současnosti je již považována za základní metodu pro vyšetření obstrukce urotraktu výpočetní tomografie, pro obstrukci, jejíž příčinou je urolitiáza, postačí i nativní CT nefrogram. Pokud však není vyšetřením urolitiáza diagnostikována, je díky doplnění CT kontrastního vyšetření s vylučovací fází možno lépe odhalit obstrukce způsobené strukturami měkkých tkání. (2)

Při obstrukci ureteru nebo jiné subrenální obstrukci se provádí formou operačního výkonu retrogradní nebo antegradní ureteropyelografie. Pro vyšetření obstrukce dolního urotraktu je prováděna cystografie či cystouretrografie následovaná mikční uretrografií. (2)

### **3.3.12 Urolitiáza**

Urolitiáza patří mezi nejčastější urologické diagnózy. Na vzniku urolitiázy, která se vyznačuje vytvářením krystalů a konkrémentů v oblasti urotraktu, se podílí celá řada příčin od nedostatečného příjmu tekutin, přes infekce až po vrozené či získané anatomické a funkční abnormality močového systému. Vznikající konkrémenty mohou být různého chemického složení. Urolitiáza se často projevuje jako renální kolika, kdy konkrément migruje ureterem a působí kolikovitě bolesti doprovázené neschopností se vymočit, může ale být diagnostikována i náhodně při vyšetření z jiných příčin. (2)

Primární zobrazovací metodou je ultrazvuk, který zachytí konkrémenty větší než 3 mm, metoda ale má omezení pro oblast střední části ureterů z důvodu jejich

překrytí střevními kličkami, problematické je rovněž vyšetření obézních pacientů. (2)

Jako navazující vyšetření byla až do nedávna volena technika nativního nefrogramu. Tato skiagrafická zobrazovací metoda má však několik nevýhod. Urátové konkrementy nejsou rentgen kontrastní, problematická je sumace konkrementů se střevním obsahem a okolními kostními strukturami a rovněž možná záměna konkrementů s flebolity. Nadále je však nativní nefrogram vhodnou volbou pro posouzení efektu léčby litotrypse extrakorporální rázovou vlnou (LERV). V rámci primární diagnostiky však nativní nefrogram ustupuje nativnímu CT nefrogramu, který pro diagnostiku urolitiázy vykazuje vysokou senzitivitu i specifitu a umožňuje i posouzení dalších příznaků urolitiázy jako je zvětšená ledvina, edém a související snížení denzity parenchymu nebo rozšíření močovodu nad místem obstrukce. Nativní CT nefrogram se provádí s použitím nízkodávkového vyšetřovacího protokolu. Pokud musí být vyšetření doplněno o detailnější zobrazení vývodných močových cest, provádí se intravenózní vylučovací urografie nebo CT urografie, jejíž využití dnes převažuje. (2)

CT vyšetření je rovněž zásadní pro plánování strategie léčby urolitiázy, protože umožňuje získat nejen přesnou informaci o velikosti konkrémentu, jeho umístění a okolních strukturách, ale rovněž poskytně na základě stanovení denzity konkrémentu informace o jeho chemickém složení. (2)

Magnetická rezonance není pro diagnostiku urolitiázy využívána. Pouze u pacientů s alergií na jódovou kontrastní látku je výhodné pro vyšetření vývodných močových cest provést nativní MR hydrografii, nebo vylučovací MR urografii s podáním gadolinia. (2)

### **3.3.13 Hematurie**

Příčinou přítomnosti červených krvinek v moči mohou být glomerulární onemocnění, infekční onemocnění, zejména cystitida, přítomnost konkrementu v močových cestách, karcinomy nebo benigní onemocnění prostaty, prodělané trauma, méně často pak AV malformace, vředy nebo endometrióza. (2)

Především u mladších pacientů, u kterých je nejčastější příčinou hematurie přítomnost konkrementu v močových cestách, je metodou první volby nativní nefrogram. V současné době je však spíše nahrazován ultrazvukovým nebo nativním CT vyšetřením. Toto vyšetření je doplňováno CT vyšetřením ve vylučovací fázi (CT urografií), které je v současné době preferováno před intravenózní vylučovací urografií (IVU), která má v porovnání s CT urografií nižší senzitivitu pro diagnostiku malých lézí ledvin. Rovněž problematická je u IVU diagnostika nádorů ureteru, které se při IVU zobrazují jen jako zesílení jeho stěny. Na potvrzení nálezu nádoru se provádí rovněž invazivní výkon retrográdní pyelografie a další endoskopické metody. (2)

### **3.3.14 Traumata vývodných cest močových**

Nejčastější příčinou poranění močovodů je iatrogenní trauma, kdy následkem operačního nebo endoskopického výkonu může dojít k laceraci močovodu, jeho podvázání nebo perforaci. Rovněž se můžeme setkat s výskytem ureterovaginálních píštělí. Traumata způsobená zevními příčinami jsou vzácná. Hlavní diagnostickou metodou je kontrastní CT vyšetření provedené včetně vylučovací fáze, kdy se sleduje možný únik moči z močových cest. K detekci volné tekutiny v dutině břišní se používá vyšetření ultrazvukem. (2)

K poranění močové trubice dochází častěji u mužů, a to zejména při autonehodách a pádech. Vyskytují se i iatrogenní poranění, zejména jako následek nevhodných či dlouhodobých katetrizací. Základní vyšetřovací metodou je retrográdní uretrografie. (2)

### 3.3.15 Nádory vývodných cest močových

Benigní nádory se v močových cestách vyskytují vzácně. Nejvíce se setkáme s papilomy, a to převážně jen v močovém měchýři. Zejména u mladých mužů se pak také můžeme setkat s fibroepiteliálními polypy v proximální část ureteru. (2)

Nejčastějším maligním nádorem močového traktu je uroteliální karcinom, který se vyskytuje zejména u starších mužů. Často se vyskytuje vícečetně, obvykle současně v ledvinné pánvičce i v močovém měchýři. S tímto typem nádoru se pojí vysoké riziko recidiv. V oblasti ureterů se také často setkáváme se sekundárními nádory, které se sem obvykle rozšiřují přímým šířením z blízké primární lokalizace v hrdle děložním nebo prostatě. (3; 2)

V současné době je základní vyšetřovací metodou určenou pro diagnostiku a staging nádorů v horním močovém traktu CT vyšetření a CT urografie. Tyto metody pro jejich větší senzitivitu vytlačují dříve standardně používanou intravenózní vylučovací urografii. V rámci cystoskopie a ureteroskopie pro odběr cytologického materiálu je prováděna invazivní retrogradní pyelografie. Při CT vyšetření se nádor postkontrastně zobrazuje méně nasyceně než parenchym ledviny i renální karcinom. Nález svědčící o nádoru při vyšetření CT urografie a pyelografie se zobrazuje jako defekt v kontrastní náplni močových cest. (2)

U nádorů močového měchýře je diagnostická výtěžnost CT vyšetření nižší. Pro staging se proto používá vyšetření magnetickou rezonancí. Pro zjišťování zasažených lymfatických uzlin a vzdálených metastáz je zásadní vyšetření PET/CT. (2)

Karcinom uretry se vyšetřuje pomocí retrogradní uretrografie nebo mikční cystouretrografie. V případě nemožnosti provést náplň kontrastní látkou

retrográdně se pro diagnostiku využívá intravenózní vylučovací urografie. Rozsah lokálního nádoru se stanovuje pomocí magnetické rezonance. (2)

### **3.3.16 Benigní hyperplazie prostaty**

Vlivem působení zvětšené prostaty na stěnu močového měchýře, může docházet k obstrukcím, močové retenci, vyššímu riziku infekce a vzniku litiázy v močovém měchýři. Vlivem obstrukce a s ní souvisejícího vyššího tlaku v močovém měchýři se rovněž mohou dilatovat uretery a kalichopánvičkový systém. Tyto stavy, kdy už nestačí farmakologická léčba, jsou řešeny aplikací permanentního močového katetru a případně provedením transuretrální resekce prostaty (TURP). Ze zobrazovacích metod je zde používána transrektální ultrasonografie (TRUS), cystourethrografe, výpočetní tomografie a magnetická rezonance. (2)

### **3.3.17 Karcinom prostaty**

Nejčastěji se vyskytujícím zhoubným nádorem prostaty je adenokarcinom. Nevhodnější metodou pro jeho diagnostiku je magnetická rezonance, kterou vzhledem k tomu, že se tento nádor šíří lokálně, lymfatickou i krevní cestou, doplňujeme o CT vyšetření pro diagnostiku postižení lymfatických uzlin a vzdálených metastáz. Z hlediska stagingu je důležité rovněž vyšetření PET/CT nebo případně celotělová magnetická rezonance. Pro kontrolu provádění biopsie prostaty se používá transrektální ultrasonografie. Diagnostika rekurencí po radikální prostatektomii nebo po radioterapii je prováděna pomocí magnetické rezonance. (2)

### **3.3.18 Patologie skrota a varlete**

Jednoznačně nejvíce využívanou zobrazovací metodou pro diagnostiku patologií skrota a varlat je ultrasonografie, která v případě potřeby doplnění nálezu může být doplněna vyšetřením magnetickou rezonancí, případně

výpočetní tomografií. Pro hodnocení elasticity tkání při vyšetření skrota a varlete je využívána speciální modalita ultrasonografie nazývaná sonoelastografie. (2)

### **3.3.19 Patologie penisu**

Při vyšetřování patologií penisu je v hojné míře využívána ultrasonografie a pro diagnostiku různých zatvrdnutí také sonoelastografie. (2)



### 3.3.20 Přehled metod používaných pro diagnostiku patologií

Tabulka 1 - Přehled metod používaných pro diagnostiku patologií ledvin a urotraktu

Patologie	Indikovaná diagnostická vyšetřovací metoda										
	UZ	CEUS	SG	IVU	CT nativ	CECT	SS	DSA	MR	SPECT/CT	PET/CT /MR
Vrozené a vývojové vady	*					*			*	*	
Záněty	*	.	*		*						.
Akutní renální selhání	*				(*)						
Chronické onemocnění ledvin	*				(*)				(*)		
Nefrokalcinóza	*		*		*						
Cystické útvary	*					*			*		
Benigní nádory ledvin	*	(*)				(*)			(*)		
Nádory ledvin						*			*		*
Karcinom ledvinné pánvičky	(*)			(*)			(*)		*		*
Cévní onemocnění ledvin	*					*		*	*		
Poranění ledvin	(*)	(*)				*		(*)			
Uretritida						*	*		*		
Obstrukce urotraktu	*		*		*	*	*				
Hydronefróza	*					*	*		*	*	
Urolitiáza	*		*	*	*	*			(*)		

Indikovaná diagnostická vyšetřovací metoda											
Patologie	UZ	CEUS	SG	IVU	CT nativ	CECT	SS	DSA	MR	SPECT/ CT	PET/ CT /MR
Hematurie	*		*	*	*	*	*		(*)		
Trauma močových močovodů	*					*					
Trauma močové trubice							*				
Nádory horního močového traktu	(*)		(*)	(*)		*	*				
Nádory močového měchýře	(*)		(*)	(*)		*			*		*
Nádory uretry	*						*		*		
Benigní hyperplazie prostaty	*					*	*				
Karcinom prostaty	*					*			*		*
Patologie skrota a varlete, penisu	*					*			*		

**Vysvětlivky k tabulce:**

\* Indikovaná metoda

(\*) Metoda indikovaná s omezením

**Použité zkratky:**

UZ-Ultrazvukové vyšetření

CEUS-Kontrastní ultrazvukové vyšetření

TRUS-Transrektální ultrazvukové vyšetření

SG-skiagrafické vyšetření

IVU-Intravenózní vylučovací urografie

CT-Vyšetření pomocí výpočetní tomografie

CECT-Kontrastní vyšetření pomocí výpočetní tomografie

SS-Skiaskopické vyšetření

DSA-Angiografické vyšetření s využitím funkce DSA

MR-Vyšetření pomocí magnetické rezonance

SPECT/CT-Hybridní vyšetření pomocí jednofotonové emisní tomografie a výpočetní tomografie

PET/CT-Hybridní vyšetření pomocí pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie

PET/MR-Hybridní vyšetření pomocí pozitronové emisní tomografie a magnetické rezonance

## 3.4 Postupy provedení vybraných vyšetření

### 3.4.1 Nativní nefrogram

#### 3.4.1.1 Indikace vyšetření

Použití nativního nefrogramu je voleno v případě podezření na výskyt rentgen kontrastních konkrementů v močových cestách, ke zjišťování kalcifikací v souvislosti s podezřením na nefrokalcinózu, tuberkulózu, sarkoidózu či tumory, ke zjišťování zastření kontur ledvin a psoatů při podezření na retroperitoneální procesy, anebo při kontrolním vyšetření před vylučovací urografií. (3)

Podle indikačních kritérií uvedených v Národním radiologickém standardu pro skiografii vydaném ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR č. 3/2019 je indikací k provedení tohoto vyšetření podezření na močové kameny, a to zejména při sledování rtg kontrastních konkrementů, které již dříve byly prokázány. Při akutní atace ledvinové koliky je však toto vyšetření přijatelné provést, jen pokud na pracovišti není k dispozici CT zařízení. V tomto případě je třeba vyšetření provést v kombinaci s vyšetřením pomocí ultrazvuku. (4)

Aplikujícím odborníkem s klinickou odpovědností za provedení tohoto skiografického vyšetření je radiologický asistent, který tak provádí i posouzení vhodnosti indikace. V případě, že indikaci schválí, vyšetření provede. V případě, že má o důvodech indikace pochybnosti, postoupí posouzení jejího odůvodnění lékaři radiologovi. Praktickou část vyšetření v takovém případě provádí, pouze pokud dojde ke schválení indikace radiologem. (5)

#### 3.4.1.2 Postup vyšetření

Pro zhotovení nativního nefrogramu se provádí zobrazení břicha v poloze vleže na zádech v předozadní (AP) projekci vertikálním paprskem, a to na stacionárním skiografickém rentgenovém zařízení vybaveném expoziční automatikou a protirozptylovou mřížkou. Centrální paprsek musí být směřován

ve střední rovině na úrovni spojnice hran lopat kyčelních. Na zobrazeném snímku musí být zachyceno břicho od bránice až po stydkou sponu. (5; 3)

Radiologický asistent jako aplikující odborník s klinickou odpovědností za provedení praktické části tohoto vyšetření odpovídá za kontrolu identifikace pacienta a poučení o prováděném vyšetření. Rovněž pacienta vyzve k odložení oděvu a případných kovových předmětů, které by pacient měl v oblasti zobrazení. Žena v reprodukčním věku musí být dotázána na možnost gravidity. Po uložení pacienta na vyšetřovací stůl, provedení centrace paprsku a vymezení zobrazované oblasti pomocí clon radiologický asistent provede snímkování v nádechu. (5)

Zhotovený snímek je radiologickým asistentem zhodnocen z hlediska kvality jeho provedení a postoupen lékaři radiologovi ke klinickému hodnocení. (5)

### **3.4.2 Intravenózní vylučovací urografie**

#### **3.4.2.1 Indikace vyšetření**

Tato zobrazovací metoda je metodou volby v případě podezření na renální koliku, hematurii, rekurentní infekce uropoetického traktu, při problémech s mikcí nebo při tupém úrazu traktu urogenitálního. Rovněž je volena u pacientů před provedením litotrypsy nebo perkutánní extrakce konkrémentů. Vyšetření je možné provést pouze u pacientů se zachovanou funkcí ledvin. (3)

Podle indikačních kritérií uvedených v Národním radiologickém standardu pro skiografii vydaném ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR č. 3/2019 však spadá mezi vyšetření, která nejsou indikována rutinně, a lepší diagnostickou informací je možné u těchto klinických problémů získat pomocí CT urografie nebo MR urografie. (5)

Indikaci k provedení tohoto výkonu musí vzhledem k i. v. podání kontrastní látky schválit lékař radiolog. Při posuzování indikace je třeba, aby měl lékař k dispozici všechny informace včetně pacientovy alergické anamnézy. Zvláštní pozornost musí být věnována pacientům s alergií na jód, předchozími alergickými reakcemi na kontrastní látku a také pacientům s renální insuficiencí. Postupy pro vyšetřování těchto pacientů musí být popsány v místních radiologických standardech. (5; 3)

#### 3.4.2.2 Postup vyšetření

Vyšetření metodou intravenózní vylučovací urografie vyžaduje přípravu. Pacient několik dní před vyšetřením jí pouze lehkou a nenadýmavou stravu, což by mělo zajistit, aby byl dostatečně vyprázdněn. Čtyři hodiny před vyšetřením pak musí lačnit. Z důvodu předcházení komplikací, které mohou nastat po i. v. podání jódové kontrastní látky, je důležité, aby byl pacient dostatečně hydratován. (3)

Cílem vyšetření je zobrazit ledviny a urotrakt ve všech fázích vylučování. Vyšetření provádí radiologický asistent podle pokynů lékaře radiologa a v součinnosti s ním. Před vyšetřením je nutné kromě provedení identifikace se pacienta také dotázat na případný výskyt alergické reakce při předchozích vyšetřeních a zajistit jeho písemný informovaný souhlas. Ženy v reprodukčním věku musí být dotázány na možnost gravidity. (5)

Po odložení oděvu včetně kovových předmětů v oblasti zobrazení je pacient v poloze vleže na zádech uložen na vyšetřovací stůl. Radiologický asistent pacienta poučí o průběhu vyšetření a je mu do žíly zavedena kanyla, kterou radiologický asistent napojí na infúzi. (5)

Při vyšetření je zobrazována oblast od bránice až pod stydkou sponu. Centrální paprsek by měl být nasměrován na střed spojnice hran kostí kyčelních. (5)

Nejprve je třeba provést prostý snímek ledvin a močového měchýře. Následně je pacientovi aplikována jodová kontrastní látka o koncentraci minimálně 300 mg/l v množství dle jeho hmotnosti a doporučení stanoveného v místním radiologickém standardu pracoviště. (5)

Za sedm minut po podání kontrastu radiologický asistent pořídí snímek zobrazující ledviny, uretery i močový měchýř. Následně se na úrovni spojnice lopat kyčelních kostí provede komprese ureterů. Po sedmi minutách od prvního kontrastního snímku se provede snímek cílený na ledviny a proximální uretery. Pokud by nebylo možné například pro podezření na konkrementy v močových cestách provést kompresi ureterů, musí i druhý snímek zobrazovat celou vyšetřovanou oblast od ledvin přes močovody až po močový měchýř. (5)

Za dalších sedm minut se pak provede snímek v rozsahu ledvin a močových cest, přičemž asi minutu předem je sundána komprese. V případě, že ledviny vylučují opožděně, se provádějí další odložené snímky dle pokynů lékaře. (5)

Cílené snímky na močový měchýř v AP a v obou šikmých projekcích se provádějí obvykle za třicet minut, a to před vymočením a po vymočení. Vyšetření je ukončeno klinickým hodnocením. (3)

### **3.4.3 Nativní CT břicha**

#### **3.4.3.1 Indikace vyšetření**

Nativní CT vyšetření břicha umožňuje pro účely posouzení urolitiázy zobrazit i velmi malé konkrementy a rovněž rentgen nekontrastní litiázu, jejímuž

zobrazení na nativním skiagrafickém snímku brání denzita ostatních sumovaných struktur. (1)

Podle platných indikačních kritérií pro zobrazovací metody je provedení CT vyšetření doporučeno v případě ledvinové koliky a bolestí v bederní krajině, a to zejména u pacientů s kontraindikacemi ke kontrastním látkám. (4)

Aplikujícím odborníkem posuzujícím indikaci je v případě tohoto vyšetření lékař radiolog, který odpovídá také za získání informací o předchozích lékařských ozářeních pacienta a za jeho informování o vyšetření. V případě schválení indikace rozhoduje o přístroji, na kterém bude vyšetření provedeno a rovněž určuje radiologického asistenta, který jako aplikující odborník s klinickou odpovědností za praktickou část lékařského ozáření vyšetření podle jeho pokynů provede. (6)

#### 3.4.3.2 Postup vyšetření

Cílem vyšetření je zobrazit celou oblast břicha od horních pólů ledvin až po hrboly sedacích kostí. Pro jeho provedení je doporučeno použití nízkodávkového režimu, obvyklá tloušťka řezu je 3-5 mm. Pro analýzu složení konkrémentů je přínosné, pokud je dostupné CT zařízení s duální energií záření. (6)

Před vyšetřením je pacientovi jako izodenzní kontrastní látka podáno 0,5 litru vody p.o., kterou by měl přibližně půl hodiny popíjet. Pro vyšetření je rovněž třeba, aby močový měchýř pacienta byl naplněn. (6)

Po provedení identifikace pacienta a získání jeho písemného informovaného souhlasu, který u žen v reprodukčním věku zahrnuje i dotaz na případnou graviditu, je pacient požádán o odložení kovových předmětů v oblasti trupu a následně uložen na vyšetřovací stůl v poloze na zádech s pažemi za hlavou.

Vyšetření se provádí v nádechu, pacient se na povel podle instrukcí radiologického asistenta v průběhu vyšetření nadechne a zadrží dech. (6)

Pro provedení topogramu radiologický asistent volí pouze vyšetřovanou oblast a její nejbližší okolí. Při vyšetření radiologický asistent používá standardizovaný vyšetřovací protokol. Po naskenování pacienta se podle zvyklostí pracoviště provádějí rekonstrukce zobrazení, standardem jsou multiplanární rekonstrukce v koronální a sagitální rovině. (6)

### **3.4.4 CT vylučovací urografie**

#### **3.4.4.1 Indikace vyšetření**

Vyšetření je alternativou 2D intravenózní vylučovací urografie při podezření na obstrukci ledvin a vývodných cest močových, která poskytuje díky 3D zobrazení přesnější diagnostickou informaci. Důležitou roli má u již diagnostikovaných pacientů pro posouzení možností volby postupu terapeutického zákroku. Volba fází vyšetření závisí na specifikách obtíží konkrétního pacienta. (2)

#### **3.4.4.2 Postup vyšetření**

CT vylučovací urografii (CT IVU) provádíme s i.v. podáním jódové kontrastní látky. Příprava a rozsah plánování vyšetření je stejný jako u nativního CT nefrogramu. Kromě provedení identifikace pacienta a získání jeho písemného informovaného souhlasu je třeba ověřit rovněž jeho alergickou anamnézu a případné reakce na předchozí podání jódové kontrastní látky. Ženy v reprodukčním věku musí být dotázány na možnost gravidity. (6; 2)

Praktickou část vyšetření provádí radiologický asistent podle pokynů vyšetřujícího lékaře radiologa. Vyšetření se provádí v nádechu. Pro hodnocení sycení a kalcifikací je nejdříve proveden nativní sken. Kortikomedulární, neboli



pozdní arteriální fáze nastává ve 30. až 40. sekundě po podání kontrastní látky nebo v 10. až 20. sekundě po dosažení startovací úrovně při použití bolus tracking. V této fázi se hodnotí zobrazené renální cévy a časné syčení nádoru. Fáze nefrografická nastává v 80. až 120. sekundě po aplikaci kontrastní látky, tato fáze je vhodná pro hodnocení menších nádorů s denzitou nižší než parenchym ledvin. Vylučovací fáze vhodná pro posouzení stavu dutého kalichopánvičkového systému ledvin a vývodných cest začíná přibližně tři minuty po podání kontrastní látky, ale vždy je třeba přihlídnout ke specifickým vyšetřovaného pacienta, protože rychlost plnění systému se u pacientů liší. Obvykle se skenuje po osmi až deseti minutách od podání kontrastní látky. Odloženou fázi pro zobrazení náplně močového měchýře je vhodné provádět přibližně ve dvacáté minutě. (2)

V současné době je při tomto vyšetření možné použít speciální protokol kumulující vyšetřovací fáze díky technice „split bolus“, kdy je podání kontrastní látky rozděleno do několika dílčích podání bolusu v časech modifikovaných tak, aby bylo možné docílit dřívějšího zobrazení vylučovací fáze a dále také současného zobrazení fáze kortikomedulární a nefrografické. Snížení počtu skenovaných fází tak znamená snížení radiační zátěže z vyšetření. (2)

### **3.5 Radiační zátěž pacienta**

Vyšetření pomocí ionizujícího záření je vždy spojeno s radiační zátěží. Jednotlivé zobrazovací modalitty využívající generátory rentgenového záření se liší množstvím záření, které musí být vyprodukováno pro provedení zobrazení. Z hlediska energie potřebné na provedení zobrazení pacienta při vyšetření je nejnáročnější zobrazovací modalitou výpočetní tomografie, a to díky náběru dat z mnoha úhlů. Rozdíly mezi modalitami jsou rovněž v homogenitě distribuce dávky v ozařovaném objemu. Zatímco u skiografie a skiaskopie je dávka na vstupu do pacienta nejvyšší a na výstupu nejnižší,

v případě výpočetní tomografie je díky rotaci rentgenky kolem těla pacienta dávková distribuce v ozářeném objemu téměř homogenní. (7)

### 3.5.1 Možnosti ovlivnění dávky pacienta

Současná rentgenová zobrazovací zařízení jsou vybavena technologiemi a systémy na řízení expozice, které umožňují kontrolu nad použitím nadbytečného množství záření a napomáhají tak spolu s dodržováním pravidel správné vyšetřovací techniky ke snížení dávek obdržených při vyšetření. (7)

**Skiagrafické zobrazovací systémy** jsou vybaveny orgánovou předvolbou pro volbu zobrazované oblasti a konstituce pacienta a rovněž automatickým řízením expozice (AEC). Velikost dávky lze ovlivnit rovněž velikostí rentgenového pole, velký význam proto má použití clon k vymezení vyšetřované oblasti, protože tak jednak omezujeme velikost prozařovaného objemu, ale také množství rozptýleného záření, které se zmenšujícím se polem klesá. (7)

**Skiaskopické a angiografické systémy** umožňují použití předvolby zobrazované oblasti a při vyšetření používají automatické řízení dávkového příkonu (ADRC), které volí nastavení parametrů expozice podle velikosti prozařovaného objemu. Toto zařízení zajišťuje, aby na detektor na výstupu z pacienta vždy dopadalo dostatečné množství záření, což znamená, že u více objemného pacienta je volen na vstupu vyšší dávkový příkon. Aby vyšší dávkové příkony na vstupu do pacienta nezpůsobily poškození jeho kůže, je v těchto případech používána přídatná filtrace zpravidla o tloušťce 0,1 mm Cu, díky které získáme rtg svazek o vyšších energiích, který je pronikavější, a jehož použití díky tomu omezuje riziko vyšší dávky na kůži pacienta. Riziko vyšší dávky pro pacienta znamenají kvůli většímu prozařovanému objemu také šikmé projekce, které by měly být používány co nejméně. Při náročných angiografických výkonech je vhodné omezovat dávku na kůži pacienta rovněž vhodným rozložením projekcí na vyšetřovanou oblast z více úhlů. (7)

Obecně by při skiaskopickém zobrazování měl být přednostně používán nízkodávkový režim v pulzním módu, u angiografických zařízení toto platí rovněž i pro mód akviziční, používaný pro sledování průběhu syčení vyšetřované oblasti kontrastní látkou. K volbě režimů s vyšší dávkou by měl vyšetřující lékař přistoupit pouze, pokud nízkodávkové zobrazení není klinicky dostatečné. Dávku ovlivňuje i nastavené množství pulzů, resp. obrazů za sekundu, měl by proto být volen co možná nejnižší počet pulzů, resp. obrazů za sekundu, který umožní získat z pořízeného zobrazení dostatečnou diagnostickou informaci. Vyšetřující lékař by měl také zvažovat nutnost použití zoom, při kterém dochází k navyšování dávky pacientovi. (7)

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím dávku pacientovi je vzdálenost pacienta od ohniska rentgenky a detektoru (receptoru obrazu). Z hlediska zajištění optimálního zobrazení je třeba vyšetření realizovat při nastavení co největší vzdálenosti mezi ohniskem rentgenky a pacientem při současně co nejmenší vzdálenosti pacienta a receptoru obrazu. Větší vzdálenost pacienta od ohniska omezuje geometrickou neostrost způsobenou nenulovou velikostí ohniska. Co nejmenší vzdálenost mezi pacientem a receptorem obrazu zaručuje kvalitnější obraz vlivem využití většiny záření vystupujícího z pacienta. (7)

Šetření dávky umožňují rovněž funkce „last image hold“ ponechávající na displeji naposledy zobrazovanou scénu a technika virtuální kolimace umožňující měnit umístění nebo velikost zobrazovaného pole bez nutnosti použití záření při jeho nastavení. Používání clonění umožňuje omezení velikosti prozařovaného objemu a snížení množství rozptýleného záření, což přispívá nejen k nižší dávce pacientovi, ale také k vyšší kvalitě obrazu. Na druhou stranu však snížení množství rozptýleného záření dopadajícího na receptor obrazu vede ke zvýšení dávkového příkonu na vstupu do pacienta. (7)

Při zobrazování pomocí **výpočetní tomografie** je pro získání požadované diagnostické informace z vyšetřované oblasti nutné zvažovat i hledisko radiační zátěže a volit tomu odpovídající vyšetřovací protokol. Na radiační zátěž má vliv doba rotace rentgenky, použitý proud rentgenky, nastavený pitch faktor, tloušťka rekonstruovaného řezu a použité napětí rentgenky. Použití menší tloušťky řezu nebo nízkého napětí není doporučeno u obézních pacientů, protože oba tyto parametry přispívají k jejich výrazně vyšší dávce. Naopak u dětských a menších dospělých pacientů může použití nižšího napětí umožnit získání kontrastnějšího zobrazení při obdržení nižší dávky. (7)

Současná CT zařízení jsou vybavena automatickou modulací proudu (ATCM). Tato technologie automaticky zvyšuje proud při prozařování většího objemu, a to buď na základě pořízeného lokalizačního zobrazení (topogramu) nebo on line na základě profilu zeslabení při předchozí půlrotaci rentgenky, a zajišťuje ukončení expozice při ozáření detektoru dostatečným množstvím fotonů. Pro každý vyšetřovací protokol a každou vyšetřovanou oblast je u tohoto systému stanovena referenční kvalita zobrazení, ze kterého pak expoziční automatika vychází. V případě velmi obézních pacientů, kdy systém naráží na omezené možnosti rentgenky při zvyšování proudu, je třeba zvolit delší dobu rotace rentgenky, a tím snížit její zatížení. Systém automatické modulace proudu umožňuje významné snížení dávek pacientům bez dopadu na kvalitu zobrazení. (7)

Variantou automatické modulace proudu je orgánová modulace proudu (organ-based ATCM), která zajišťuje distribuci dávek v jednotlivých projekcích tak, aby zůstaly ušetřeny radiosenzitivní tkáně vyšetřované oblasti. Tato technologie pro úpravu distribuce dávky se používá při vyšetřování hrudníku. (7)

Některá CT zařízení umožňují rovněž použití automatické modulace napětí, kterou lze uplatnit u dětských a drobnějších dospělých pacientů. Cílem této technologie je snížit dávku pacientovi při získání optimalizované kvality obrazu. Jelikož u malých pacientů lze pro získání obrazu použít nižší energie fotonů, které přispívají k vyššímu zastoupení fotoefektu a tím k lepšímu kontrastu získaného zobrazení, lze díky tomu i snížit proud a tím ušetřit dávku pacientovi. (7)

Zásadním předpokladem pro využití výhod automatické modulace proudu je umístění pacienta do izocentra. Při nesprávné vertikální centraci pacienta ve směru k rentgence dochází k nárůstu dávky pacientovi, při nesprávné vertikální centraci pacienta ve směru od rentgenky dochází ke zhoršení kvality zobrazení. V případě nesprávné horizontální centrace pacienta obdrží jedna ze stran pacienta vyšší dávku než druhá. (7)

Další technologií, kterou jsou některá CT zařízení vybavena, a která umožňuje úsporu dávky pacientovi, je možnost použití aktivní kolimace, kdy lze při vyšetření pomocí dynamických kolimátorů ve svazku omezit ozáření těla pacienta mimo oblast zájmu v těsné blízkosti prvního a posledního řezu rekonstruované oblasti. Toto má význam zejména u dětských pacientů, u kterých hrozí, že se vzhledem ke krátkým vzdálenostem mezi jejich orgány do primárního svazku dostane i radiosenzitivní orgán, který není vyšetřován. (7)

### **3.5.2 Postupy dozimetrie pacientů**

Měření a stanovení dávek v radiodiagnostice je důležité nejen pro hodnocení účinků záření na organismus, ale také pro provádění optimalizace zobrazení u jednotlivých vyšetřovacích modalit. (7)

### 3.5.2.1 Fyzikální veličiny používané v radiodiagnostice

Absorpce ionizujícího záření, jehož nositelem je nenabitá částice foton, probíhá ve dvou fázích, z nichž každá je charakterizována jinou fyzikální veličinou. Pro popis přenosu energie z primárních rentgenových fotonů na vznikající sekundární nabitě částice je používána veličina kerma, která je rovna podílu součtu počátečních kinetických energií  $dE_k$  všech nabitých částic uvolněných nenabitými částicemi (fotony rentgenového záření) v elementu látky a hmotnosti  $dm$  tohoto elementu:

$$K = \frac{dE_k}{dm}$$

Jednotkou kermy v soustavě SI je gray [Gy]. (7)

Pro popis následného předání energie nabitých částic ve tkáni je používána veličina absorbovaná dávka, která je rovna podílu střední sdělené energie  $d\varepsilon$  předané ionizujícím zářením látce v malém objemu a hmotnosti  $dm$  této látky:

$$D = \frac{d\varepsilon}{dm}$$

Také jednotkou absorbované dávky je gray [Gy]. (7)

Protože však ani jedna z těchto fyzikálních veličin není v lidském těle přímo měřitelná, jsou pro dozimetrii pacientů v případě 2D zobrazovacích modalit používány následující přímo měřitelné veličiny, které lze s pomocí znalosti součinitelů přenosu energie a absorpce převést na absorbovanou dávku ve tkáni. (7)

Dopadající kerma ve vzduchu  $K_i$  je kerma ve vzduchu měřená na centrální ose svazku v místě jeho vstupu do pacienta. V případě této veličiny není započítáván zpětný rozptyl záření z pacienta. Jednotkou je gray [Gy]. (7)

Vstupní povrchová kerma ve vzduchu  $K_e$  je kerma ve vzduchu měřená na centrální ose svazku v místě jeho vstupu do pacienta, přičemž tato veličina zahrnuje zpětný rozptyl z pacienta. Také její jednotkou je gray [Gy]. Pro  $K_i$  a  $K_e$  platí vztah:

$$K_e = K_i \cdot B \quad [\text{Gy}],$$

kde  $B$  je koeficient zpětného rozptylu, který je pro různá napětí, filtrace a velikosti pole rtg svazku tabelován. (7)

Další používanou veličinou je součin kermy a plochy  $P_{KA}$ . Hodnota této veličiny je rovna integrálu kermy ve vzduchu přes plochu rtg svazku  $A$  v rovině kolmé na osu rtg svazku:

$$P_{KA} = \int_A K_i(x, y) dx dy \quad [\text{Gy} \cdot \text{m}^2] \quad (7)$$

Hodnota součinu kermy a plochy je při daném nastavení parametrů svazku prakticky nezávislá na vzdálenosti od zdroje. Pro měření hodnot  $P_{KA}$  z jednotlivých vyšetření využíváme KAP metry instalované v rentgenových zařízeních u výstupu z rentgenky. (7)

U výpočetní tomografie jsou pro dozimetrii pacientů zavedeny veličiny kermový index výpočetní tomografie  $C$ , resp. CTDI a součin kermy a délky pro CT  $P_{KL}$ , resp. DLP. (7)

Kermový index výpočetní tomografie je roven podílu integrálu kermu ve vzduchu podél specifikované délky (100 mm) a celkové kolimace skeneru  $N \cdot T$ , kde  $N$  je počet paralelně nabíraných řezů a  $T$  je tloušťka řezu:

$$C_{a,100} = \frac{1}{N \cdot T} \int_{-50}^{50} K(z) dz \quad [\text{Gy}] \quad (7)$$

Měření kermového indexu výpočetní tomografie se také provádí ve speciálním PMMA fantomu hlavy a trupu, a to ve středu fantomu  $C_{\text{PMMA},100,c}$  a na periferii fantomu  $C_{\text{PMMA},100,p}$ . Na základě tohoto měření se stanovuje vážený kermový index výpočetní tomografie  $C_W$ , resp.  $\text{CTDI}_W$ :

$$C_W = \frac{1}{3} (C_{\text{PMMA},100,c} + 2 \cdot C_{\text{PMMA},100,p}) \quad [\text{Gy}]. \quad (7)$$

Od této veličiny se odvozuje objemový kermový index výpočetní tomografie  $C_{\text{VOL}}$ , resp.  $\text{CTDI}_{\text{VOL}}$ , který navíc zohledňuje tzv. pitch faktor, což je poměr délky posunu stolu během jedné rotace a celkové kolimace svazku:

$$C_{\text{VOL}} = C_W \cdot \frac{N \cdot T}{l} \quad [\text{Gy}] \quad (7)$$

Tato veličina je indikována pro každý CT výkon na základě použitých expozičních parametrů a její hodnota je ukládána. Pro zohlednění skutečné velikosti pacienta je možné provést přepočít, tzv. SSDE (Size Specific Dose Estimate), na základě změření průřezu pacienta. (7)

Pro zohlednění délky vyšetřované oblasti je zavedena veličina součin kermu a délky pro CT  $P_{\text{KL,CT}}$ , resp. DLP, která představuje integrál kermu ve vzduchu  $K(l)$  podél specifikované délky  $L$ :

$$P_{\text{KL,CT}} = \int_L K(l) dl \quad [\text{Gy} \cdot \text{m}] \quad (7)$$



### 3.5.2.2 Veličiny používané pro vyjádření rizika

Střední absorbovanou dávkou v celém objemu orgánu vyjadřuje veličina orgánová dávka, kterou určíme jako podíl integrálu absorbované dávky v bodě  $D_T$  v daném orgánu T přes celý orgán a hmotnosti  $m_T$  tohoto orgánu:

$$D_T = \frac{1}{m_T} \int_{m_T} D_t dm \quad [\text{Gy}] \quad (7)$$

Pro vyjádření rizika se zohledněním různé kvality záření, které energii tkáni dodalo, se používá veličina ekvivalentní dávka  $H_T$ , která se rovná součinu radiačního váhového faktoru  $w_Q$  vyjadřujícího radiobiologickou účinnost použitého druhu záření a orgánové dávky  $D_T$ :

$$H_T = w_Q \cdot D_T \quad [\text{Sv}] \quad (7)$$

Jelikož je radiační váhový faktor  $w_Q$  v radiodiagnostice používaného fotonového záření přibližně roven 1, je pro fotonové záření hodnota orgánové dávky rovna hodnotě ekvivalentní dávky, avšak s tím rozdílem, že jednotkou ekvivalentní dávky je Sievert. Ekvivalentní dávka se používá pro vyjádření míry deterministických účinků, které mohou nastat při ozáření určitého orgánu. (7)

Pro vyjádření pravděpodobnosti výskytu stochastických účinků se používá veličina efektivní dávka E, u které je zohledněno, jaké orgány byly ozářeny a jak jsou tyto ozářené orgány radiosenzitivní. Efektivní dávka E je rovna sumě ekvivalentních dávek  $H_T$  vážených tkáňovým váhovým faktorem  $w_T$  přes všechny orgány:

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T \quad [\text{Sv}] \quad (7; 8)$$

Tkáňový váhový faktor  $w_T$  udává pro všechny orgány a tkáně míru, s jakou ozáření daného orgánu přispívá k poškození celého organismu. Pro tkáňový

váhový faktor platí, že  $\sum_T w_T = 1$ . Přehled senzitivních orgánů a tkání s příslušnými stanovenými hodnotami  $w_T$  je uveden v tabulce Tabulka 2. (8)

Tabulka 2 - Tkáňové váhové faktory  $w_T$  dle ICRP 103 (8)

Orgán/tkáň	Počet tkání	$w_T$	Celkový příspěvek
Plíce, žaludek, tračník, kostní dřev, prsa, zbytek*	6	0,12	0,72
Gonády	1	0,08	0,08
Štítná žláza, jícen, močový měchýř, játra	4	0,04	0,16
Kostní povrch, kůže, mozek, slinné žlázy	4	0,01	0,04
<b><math>\Sigma</math></b>			<b>1</b>

*\*) zbytkové orgány/tkáňe: nadledvinky, horní dýchací cesty, žlučník, srdce, ledviny, lymfatické uzliny, sval, ústní sliznice, slinivka, tenké střevo, slezina, brzlík, prostata/děloha*

Efektivní dávka umožňuje převést účinky ozáření určité části lidského těla na míru celotělového ozáření a může proto být používána pro porovnání míry ozáření u zobrazování pomocí různých modalit nebo u zobrazování různých částí těla. (7; 9)

V radiodiagnostice se obvykle efektivní dávka stanovuje pro referenčního pacienta, zatímco orgánové dávky, které se v radiodiagnostice používají pro odhad rizika deterministických účinků způsobených konkrétním ozářením, se stanovují u konkrétního pacienta. (7)

### 3.5.2.3 Postupy stanovení odhadu dávek

Orgánové a efektivní dávky mohou být stanovovány pomocí dedikovaného výpočetního software, který po zadání parametrů pacienta a parametrů a geometrie ozáření provede simulaci a určí orgánové dávky i efektivní dávku pro posuzovaný rentgenový výkon. Další možností je výpočet pomocí

konverzních koeficientů pro převod hodnot některé z přímo naměřených dávkových veličin na orgánové dávky a efektivní dávku. Orgánové dávky lze rovněž přímo měřit na PMMA nebo antropomorfních fantomech, a to pomocí ionizačních komor nebo polovodičových detektorů anebo pomocí termoluminiscenčních dozimetrů a gafchromických filmů. (7)

#### 3.5.2.4 Hodnocení dávek

V klinické praxi se vychází z legislativní povinnosti zdravotnických pracovišť patientské dávky pravidelně hodnotit. Na každém pracovišti provádějícím lékařské ozáření proto musí být nastaven management dávek, který obnáší zaznamenávání a uchovávání údajů o každém provedeném ozáření, pravidelný sběr dat o provedených ozářeních a výpočet místních diagnostických referenčních úrovní (MDRÚ) pro standardně prováděná vyšetření a výkony, čímž se rozumí výpočet průměrných hodnot z typických dávek z jednotlivých vyšetření a přístrojů, na kterých se daný typ vyšetření provádí. Hodnoty místních diagnostických referenčních úrovní musí být pravidelně revidovány a aktualizovány klinickým radiologickým fyzikem. Pokud je pro daný typ vyšetření v příloze vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje stanovena národní diagnostická referenční úroveň (NDRÚ), musí být navíc stanovena hodnoty MDRÚ s hodnotou NDRÚ porovnávána, přičemž se předpokládá, že MDRÚ nebude NDRÚ převyšovat. Pokud taková situace nastane, klinický radiologický fyzik zjišťuje příčiny a navrhuje provedení optimalizace klinického nastavení a postupů klinické praxe. Nicméně může nastat i situace, kdy se šetřením prokáže, že ačkoliv MDRÚ převyšuje NDRÚ, je praxe na tomto pracovišti optimalizována a dávky více snížit nelze. V takovém případě Národní radiologické standardy pro radiologickou fyziku požadují, aby pracoviště tuto praxi a vyšší hodnotu MDRÚ odůvodnilo. (7; 10)

V odůvodněných případech pro posouzení rizika nežádoucích účinků u pacienta klinický radiologický fyzik stanovuje odhad orgánové dávky. Typickým příkladem takové situace je potřeba akutního vyšetření těhotné pacientky v oblasti břicha a pánve, kdy se stanovuje odhad dávky na plod, který je následně porovnáván s tolerančními hodnotami. (7)

Při této činnosti je důležitá i role radiologického asistenta, který se významně podílí nejen na managementu dávek, kdy odpovídá zejména za zaznamenávání a uchovávání parametrů prováděných ozáření, ale společně s klinickým radiologickým fyzikem a lékařem radiologem se podílí také na provádění optimalizace postupů. Tato optimalizace obnáší zavádění režimových opatření na zajištění zvýšení radiační ochrany a dohled nad jejich dodržováním. Dále se radiologický asistent podílí na provádění některých zkoušek provozní stálosti rentgenových zařízení i dalších částí zobrazovacího řetězce, nastavování optimálních parametrů a správné techniky vyšetření pacienta, které umožní získat ze zobrazení potřebné diagnostické informace při co nejnižším dávkovém zatížení pacienta. Radiologický asistent se rovněž podílí na tvorbě i revizích místních radiologických standardů pracoviště a v případě, že je mu udělena zvláštní odborná způsobilost ve věcech zvláště důležitých z hlediska radiační ochrany, může na pracovišti vykonávat soustavný dohled nad radiační ochranou. (11)

## 4 METODIKA

### 4.1 Vstupní data

K porovnání sledovaných vyšetření byla použita data získaná na pracovištích Radiodiagnostického oddělení Ústřední vojenské nemocnice Praha (ÚVN), které zajišťuje diagnostiku pomocí zobrazovacích metod nejen pro ambulantní a hospitalizované pacienty ÚVN, ale i pro pacienty odesílané sem z jiných zdravotnických zařízení.

Radiodiagnostické oddělení ÚVN vede záznamy o provedených výkonech v elektronické i listinné formě. Základními zdroji pro čerpání informací o provedených vyšetřeních byla elektronická data uložená v nemocničním informačním systému a dávkové reporty (RDSR) uložené v archivačním obrazovém systému PACS. V několika případech bylo třeba některé parametry provedených vyšetření dohledat na žádankách v listinné podobě uložených v kartotéce oddělení. Sběr dat a jejich následné zpracování probíhalo v období únor až duben 2023.

Sledovaná vyšetření byla provedena na diagnostických zobrazovacích zařízeních uvedených v tabulce Tabulka 3.

*Tabulka 3 - Přehled použitých diagnostických zařízení*

Typ vyšetření	Název přístroje	Typ přístroje	Rok výroby	Označení přístroje
IVU	GMM Opera Swing	Skiagraficko-skiaskopické zařízení	2018	3
CT IVU	Aquillion One	CT zařízení	2020	CT 1
	Aquillion One	CT zařízení	2018	CT 2

Typ vyšetření	Název přístroje	Typ přístroje	Rok výroby	Označení přístroje
Nefrogram	Canon CXDI	Skiagrafické zařízení s přímou digitalizací	2009	1
	Canon CXDI	Skiagrafické zařízení s přímou digitalizací	2021	5
	Aquillion One	CT zařízení	2020	CT 1
CT nativ	Aquillion One	CT zařízení	2018	CT 2
	Aquillion Prime SP	CT zařízení	2021	CT 3

S ohledem na snahu získat aktuální přehled o prováděných vyšetřovacích metodách byl jako základní časové období pro sběr dat zvolen rok 2022. Počty vyšetření provedených v ÚVN v roce 2022 jsou uvedeny v tabulce Tabulka 4.

*Tabulka 4 - Počet vyšetření sledovanými metodami za rok 2022*

Typ vyšetření	Počet vyšetření provedených v roce 2022
IVU	20
CT IVU	324
Nefrogram	916
CT nativ	500

Výchozím vzorkem byl soubor dvaceti pacientů vyšetřených v roce 2022 metodou IVU. Pro porovnání všech typů vyšetření bylo třeba získat srovnatelný vzorek pacientů odpovídajících věkem, pohlavím, výškou a hmotností pro každou vyšetřovací metodu. U každého z vyšetřených pacientů zahrnutých do vzorku pro porovnávanou metodu byly zjišťovány parametry vyšetření. Pro jednotlivé typy vyšetření byly shromážděny údaje o věku, pohlaví, výšce a hmotnosti. Současně byl sledován celý průběh vyšetřování pacienta se zaměřením na sled použitých vyšetřovacích metod, které jsou spojeny

s radiační zátěží. Výčet dat potřebných pro stanovení dávkových veličin byl konzultován s klinickým radiologickým fyzikem pracoviště.

## 4.2 Použité metody

Sběr dat byl proveden formou manuálního vypisování údajů důležitých pro provedení zamýšlených analýz.

Po sestavení vzorku pacientů pro každou vyšetřovací metodu a získání všech dat o porovnávaných vyšetřeních byl klinickým radiologickým fyzikem na základě tohoto sebraného souboru dat proveden výpočet efektivní dávky E. Pro vyšetření nefrogramem a IVU byl pro výpočet efektivní dávky použit program PCXMC. (12)

Odhad efektivní dávky pro CT vyšetření byl proveden s pomocí výpočetního programu CT-Expo. (13)

Pro porovnání radiační zátěže z jednotlivých vyšetřovacích metod byla zvolena buď přímo měřitelná veličina nebo veličina efektivní dávka. Porovnávány byly střední hodnoty (aritmetické průměry) těchto veličin, které reprezentují tzv. „referenčního pacienta“.

K posouzení statisticky významných rozdílů porovnávaných vyšetření byl použit t-test v prostředí MS Excel.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Parametry porovnávaných vyšetření

V této kapitole jsou pro každou porovnávanou metodu vyšetření v tabulkách popsány soubory dat použité pro stanovení a porovnání radiační zátěže vybraného vzorku pacientů. Vedle parametrů vyšetření a hodnot přímo měřitelných veličin, které byly pro jednotlivá vyšetření ručně získány z nemocničního informačního systému a ze strukturovaných dávkových reportů uložených v PACS, jsou v tabulkách uvedeny rovněž hodnoty efektivní dávky  $E$ , které na základě shromážděných údajů o jednotlivých vyšetřeních stanovil klinický radiologický fyzik pracoviště. Dále jsou v tabulkách uvedeny střední hodnoty dávkových veličin (aritmetické průměry), které byly dále použity pro porovnání radiační zátěže z vyšetření, a rovněž přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů včetně počtu jejich vyšetření danou metodou.

#### 5.1.1 Soubor pacientů vyšetřených pomocí nefrogramu

Tabulka 5 - Nefrogram – Stanovení radiační zátěže na jedno vyšetření

Přístroj	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	Počet expozič	U [kV]	$P_{KA}$ [mGy·cm <sup>2</sup> ]	E [mSv]
1	48	M	180	80	1	80	3 640	0,98
5	28	M	180	88	1	80	952	0,25
5	47	F	168	60	1	85	709	0,18
5	46	F	172	64	1	80	1 130	0,26
5	23	F	163	62	1	85	824	0,22
5	66	M	175	78	1	80	4 560	1,29
1	40	M	182	98	2	80	2 060	0,52
5	45	F	162	64	1	85	1 106	0,29
5	42	M	186	76	2	85	802	0,23
5	74	F	170	73	1	85	858	0,20
5	33	M	176	85	2	85	1 433	0,24



Přístroj	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	Počet expozič	U [kV]	P <sub>KA</sub> [mGy·cm <sup>2</sup> ]	E [mSv]
5	39	F	170	70	1	85	844	0,21
5	63	F	167	84	3	85	4 145	0,92
1	66	M	175	78	2	85	4 551	1,34
5	73	F	161	70	1	85	1 256	0,32
1	66	M	192	77	2	80	6 020	1,56
5	62	M	188	110	2	85	7 990	1,92
5	57	M	185	79	2	80/90	3 170	0,91
5	54	M	170	82	1	85	1 571	0,46
5	46	M	178	93	1	85	1 678	0,45
5	34	F	170	65	1	85	750	0,19
5	34	F	178	61	2	85	803	0,20
1	31	M	179	85	1	85	1 477	0,42
5	26	M	183	60	1	85	522	0,13
<b>Střední hodnota* na 1 vyšetření</b>							<b>2 202</b>	<b>0,57</b>

\*) Střední hodnotou je myšlen aritmetický průměr

Tabulka 6 - Nefrogram – Stanovení BMI a radiční zátěže na pacienta

Pacient	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Počet vyšetření	P <sub>KA</sub> [mGy·cm <sup>2</sup> ]	E [mSv]
1	48	M	180	80	24,69	2	8 293	0,98
2	28	M	180	88	27,16	3	10 412	0,25
3	47	F	168	60	21,26	2	1 339	0,18
4	46	F	172	64	21,63	1	1 130	0,26
5	23	F	163	62	23,34	1	824	0,22
6	66	M	175	78	25,47	2	7 140	1,29
7	40	M	182	98	29,59	1	2 060	0,52
8	45	F	162	64	24,39	2	1 794	0,29
9	42	M	186	76	21,97	6	802	0,23
10	74	F	170	73	25,26	1	858	0,20

Pacient	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Počet vyšetření	P <sub>KA</sub> [mGy·cm <sup>2</sup> ]	E [mSv]
11	33	M	176	85	27,44	3	2 676	0,24
12	39	F	170	70	24,22	1	9 232	0,21
13	63	F	167	84	30,12	1	4 145	0,92
14	66	M	175	78	25,47	3	9 024	1,34
15	73	F	161	70	27,01	3	2 768	0,32
16	66	M	192	77	20,89	2	7 657	1,56
17	62	M	188	110	31,12	1	7 990	1,92
18	57	M	185	79	23,08	2	6 983	0,91
19	54	M	170	82	28,37	2	9 087	0,46
20	46	M	178	93	29,35	2	1 678	0,45
21	34	F	170	65	22,49	4	750	0,19
22	34	F	178	61	19,25	1	803	0,20
23	31	M	179	85	26,53	3	1 477	0,42
24	26	M	183	60	17,92	1	522	0,13
<b>Střední hodnota* na pacienta</b>					<b>24,9</b>	<b>2,08</b>	<b>4 144</b>	<b>1,10</b>

\*) Střední hodnotou je myšlen aritmetický průměr

Tabulka 7 - Nefrogram – Přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů

Pacient	Počet vyšetření	MKN	Diagnóza
1	2	N201	Kámen močovodu
2	3	N23	Neurčená renální kolika
3	2	N201	Kámen močovodu
4	1	C678	Zhoubný novotvar – léze přesahující močový měchýř
5	1	N201	Kámen močovodu
6	2	N202	Kámen ledviny s kamenem močovodu
7	1	N23	Neurčená renální kolika
8	2	N200	Kámen ledviny

Pacient	Počet vyšetření	MKN	Diagnóza
9	6	N200	Kámen ledviny
10	1	N289	Onemocnění ledvin a močovodu
11	3	N151	Ledvinný a perinefrický absces
12	1	N201	Kámen močovodu
13	1	D410	Novotvar ledvina
14	3	N202	Kámen ledviny s kamenem močovodu
15	3	N23	Neurčená renální kolika
16	2	N201	Kámen močovodu
17	1	N201	Kámen močovodu
18	2	N201	Kámen močovodu
19	2	N23	Neurčená renální kolika
20	2	N23	Neurčená renální kolika
21	4	N200	Kámen ledviny
22	1	N23	Neurčená renální kolika
23	3	N201	Kámen močovodu
24	1	N200	Kámen ledviny

### 5.1.2 Soubor pacientů vyšetřených pomocí IVU

Tabulka 8 - IVU – Stanovení radiační zátěže na jedno vyšetření

Přístroj	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	Počet expozič	Použití fluoro	P <sub>KA</sub> celkem [mGy·cm <sup>2</sup> ]	E [mSv]
3	48	M	180	80	5	+F	11 814	2,9
3	28	M	180	88	5	+F	3 465	0,82
3	46	F	164	54	5	+F	2 111	0,91
3	31	F	170	68	5		4 602	1,64

Přístroj	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	Počet expozic	Použití fluoro	P <sub>KA celkem</sub> [mGy·cm <sup>2</sup> ]	E [mSv]
3	71	F	153	80	9	+F	28 106	8,65
3	86	M	162	70	4	+F	11 170	3,1
3	43	F	165	50	7	+F	12 476	5,43
3	78	M	163	90	5	+F	19 554	4,54
3	23	F	163	62	4	+F	5 919	2,16
3	79	M	162	77	4	+F	10 653	2,77
3	66	M	175	78	7	+F	21 933	5,58
3	40	M	182	98	4	+F	9 159	1,95
3	45	F	162	64	7	+F	6 999	2,57
3	69	M	180	80	6	+F	11 376	2,87
3	45	M	190	75	7	+F	8 782	2,26
3	74	F	170	73	4	+F	4 125	1,34
3	64	M	176	90	7	+F	19 224	4,46
3	65	F	158	81	6		15 360	4,50
3	32	M	177	75	6	+F	7 347	1,92
3	56	M	176	85	4		12 660	3,02
<b>Střední hodnota* na 1 vyšetření</b>							<b>11 342</b>	<b>3,2</b>

\*) Střední hodnotou je myšlen aritmetický průměr

Tabulka 9 - IVU – Stanovení BMI a radiční zátěže na pacienta

Pacient	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	BMI	Počet vyšetření	P <sub>KA celkem</sub> [mGy·cm <sup>2</sup> ]	E [mSv]
1	48	M	180	80	24,69	1	11 814	2,9
2	28	M	180	88	27,16	1	3 465	0,82
3	46	F	164	54	20,08	1	2 111	0,91
4	31	F	170	68	23,53	1	4 602	1,64
5	71	F	153	80	34,17	1	28 106	8,65
6	86	M	162	70	26,67	1	11 170	3,1

Pacient	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	BMI	Počet vyšetření	P <sub>KA</sub> celkem [mGy·cm <sup>2</sup> ]	E [mSv]
7	43	F	165	50	18,37	1	12 476	5,43
8	78	M	163	90	33,87	1	19 554	4,54
9	23	F	163	62	23,34	1	5 919	2,16
10	79	M	162	77	29,34	1	10 653	2,77
11	66	M	175	78	25,47	1	21 933	5,58
12	40	M	182	98	29,59	1	9 159	1,95
13	45	F	162	64	24,39	1	6 999	2,57
14	69	M	180	80	24,69	1	11 376	2,87
15	45	M	190	75	20,78	1	8 782	2,26
16	74	F	170	73	25,26	1	4 125	1,34
17	64	M	176	90	29,05	1	19 224	4,46
18	65	F	158	81	32,45	1	15 360	4,50
19	32	M	177	75	23,94	1	7 347	1,92
20	56	M	176	85	27,44	1	12 660	3,02
<b>Střední hodnota* na pacienta</b>					<b>26,21</b>	<b>1</b>	<b>11 342</b>	<b>3,2</b>

\*) Střední hodnotou je myšlen aritmetický průměr

Tabulka 10 - IVU – Přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů

Pacient	Počet vyšetření	MKN	Diagnóza
1	1	N201	Kámen močového
2	1	N23	Neurčená renální kolika
3	1	N201	Kámen močového
4	1	N200	Kámen ledviny
5	1	N393	Stresová inkontinence
6	1	R31	Neurčená hematurie
7	1	N23	Neurčená renální kolika

Pacient	Počet vyšetření	MKN	Diagnóza
8	1	N40	Zbytnění prostaty
9	1	N201	Kámen močovodu
10	1	N40	Zbytnění prostaty
11	1	N202	Kámen ledviny s kamenem močovodu
12	1	N23	Neurčená renální kolika
13	1	N200	Kámen ledviny
14	1	N201	Kámen močovodu
15	1	N23	Neurčená renální kolika
16	1	N289	Onemocnění ledvin a močovodu
17	1	N201	Kámen močovodu
18	1	N200	Kámen ledviny
19	1	D301	Nezhoubný novotvar ledvinná pánvička
20	1	N40	Zbytnění prostaty

### 5.1.3 Soubor pacientů vyšetřených pomocí nativního CT

Tabulka 11 - CT nativ – Stanovení radiální zátěže na jedno vyšetření

Přístroj	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	U [kV]	C <sub>vol</sub> [mGy]	P <sub>KL, CT</sub> [mGy·cm]	E* [mSv]
CT2	48	M	180	80	120	14,3	741	10,2
CT1	28	M	180	88	120	6,4	381,39	4,9
CT3	46	F	164	54	120	3,2	181,36	3,2
CT3	43	F	165	50	120	3,6	198,36	3,7
CT2	23	F	163	62	120	7,2	342,6	6,2
CT3	66	M	175	78	120	8,8	451,17	6,1
CT2	49	M	180	93	120	14,1	791	10,9
CT1	45	F	162	64	120	5,9	305,7	5,7
CT1	45	M	190	75	120	5,7	339,5	4,6

Přístroj	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	U [kV]	C <sub>vol</sub> [mGy]	P <sub>KL, CT</sub> [mGy·cm]	E* [mSv]
CT1	81	F	170	75	120	9,1	481,8	8,8
CT1	33	M	183	90	120	9,2	486,8	6,7
CT1	39	F	170	70	120	6,2	322,3	6,0
CT1	56	F	164	80	120	8	458,9	8,4
CT2	66	M	178	82	120	9	447,6	6,0
CT1	62	F	175	80	120	6,4	392,5	6,7
CT3	66	M	192	77	120	3,5	211,65	2,8
CT1	62	M	188	110	120	20,8	1 037,14	14,0
CT3	57	M	185	79	120	3,9	223,15	3,1
CT1	54	M	170	82	120	6,4	392,5	5,3
CT1	46	M	178	93	120	8,6	506,7	6,9
CT1	34	F	170	65	120	7,6	405,6	7,6
CT2	34	F	178	61	120	6,2	313,7	5,9
CT1	31	M	179	85	120	6,1	336,6	4,6
CT1	26	M	183	60	120	5,1	252,95	3,4
<b>Střední hodnota** na 1 vyšetření</b>						<b>7,7</b>	<b>417</b>	<b>6,3</b>

\*) Při stanovení efektivní dávky u CT vyšetření nebyla zohledněna výška a hmotnost konkrétního pacienta. Efektivní dávka u tohoto vyšetření byla stanovena pouze jako nástroj pro porovnání radiální zátěže z jednotlivých modalit pro vzorek srovnatelných pacientů. Stanovené hodnoty efektivní dávky u jednotlivých pacientů tedy nelze považovat přímo za jejich osobní dávku a nebyly proto ani v případě, že pacient byl vyšetřen metodou CT nativ několikrát, z těchto vyšetření sčítány.

\*\*) Střední hodnotou je myšlen aritmetický průměr

Tabulka 12 - CT nativ – Stanovení BMI a počet absolvovaných vyšetření na pacienta

Pacient	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Počet vyšetření
1	48	M	180	80	24,69	2
2	28	M	180	88	27,16	1
3	46	F	164	54	20,08	1

Pacient	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Počet vyšetření
4	43	F	165	50	18,37	1
5	23	F	163	62	23,34	2
6	66	M	175	78	25,47	2
7	49	M	180	93	28,7	1
8	45	F	162	64	24,39	1
9	45	M	190	75	20,78	1
10	81	F	170	75	25,95	1
11	33	M	183	90	26,87	1
12	39	F	170	70	24,22	1
13	56	F	164	80	29,74	2
14	66	M	178	82	25,88	1
15	62	F	175	80	26,12	1
16	66	M	192	77	20,89	1
17	62	M	188	110	31,12	2
18	57	M	185	79	23,08	1
19	54	M	170	82	28,37	1
20	46	M	178	93	29,35	1
21	34	F	170	65	22,49	4
22	34	F	178	61	19,25	1
23	31	M	179	85	26,53	3
24	26	M	183	60	17,92	1
<b>Střední hodnota* na pacienta</b>					<b>24,6</b>	<b>1,4</b>

*\*) Střední hodnotou je myšlen aritmetický průměr*



Tabulka 13 - CT nativ – Přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů

Pacient	Počet vyšetření	MKN	Diagnóza
1	2	N201	Kámen močovodu
2	1	N23	Neurčená renální kolika
3	1	N201	Kámen močovodu
4	1	N23	Neurčená renální kolika
5	2	N201	Kámen močovodu
6	2	N202	Kámen ledviny s kamenem močovodu
7	1	N23	Neurčená renální kolika
8	1	N23	Neurčená renální kolika
9	1	N23	Neurčená renální kolika
10	1	R104, N201	Jiná a neurčená břišní bolest
11	1	N201	Kámen močovodu
12	1	N201	Kámen močovodu
13	2	N202	Kámen ledviny s kamenem močovodu
14	1	N200	Kámen ledviny
15	1	N200	Kámen ledviny
16	1	N201	Kámen močovodu
17	2	N201	Kámen močovodu
18	1	N23	Neurčená renální kolika
19	1	N23	Neurčená renální kolika
20	1	N23	Neurčená renální kolika
21	4	N200	Kámen ledviny
22	1	N23	Neurčená renální kolika
23	3	N201	Kámen močovodu
24	1	N200	Kámen ledviny

### 5.1.4 Soubor pacientů vyšetřených pomocí CT IVU

Tabulka 14 - CT IVU – Stanovení radiační zátěže na jedno vyšetření\*

Přístroj	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	Počet fází	CVOL [mGy]	P <sub>KL, CT celkem</sub> [mGy·cm]	P <sub>KL, CT 1 fáze</sub> [mGy·cm]	E [mSv] KL fáze*
CT2	48	M	180	80	3	8,3	1 286,2	428,7	17,5
CT1	33	M	176	85	3	6,1	1 023,57	341,2	14,1
CT1	49	F	160	57	1+3	5,4	902,82	300,9	13,8
CT1	39	F	170	70	4	6,1	1 360,46	340,1	22,1
CT1	63	F	167	84	1+3	9,1	1 440,37	480,1	22,7
CT1	80	M	168	72	1+3	7,1	1 028,61	342,9	13,5
CT1	49	M	170	58	1+3	5,2	834,21	278,1	11,5
CT1	82	M	171	90	1+3	16,8	2 159,98	720,0	27,6
CT1	32	M	173	62	1+3	5,4	918,07	306,0	12,3
CT1	83	M	173	80	3	8,6	1 468,77	489,6	20,2
CT1	66	M	175	78	2	12,6	1 379,55	689,8	18,5
CT2	50	M	181	95	1+3	16,9	3 280,6	1 093,5	42,2
CT1	43	F	173	67	3	5,8	913,29	304,4	14,6
CT1	66	M	178	82	3	8,6	1 596,97	532,3	20,8
CT1	40	M	183	73	3	6,1	1 004,17	334,7	13,8
CT1	62	F	175	80	3	9	1 295,32	431,8	22,2
CT1	71	M	173	85	3	10,4	1 624,94	541,6	22,0
CT1	67	F	160	80	1+3	8,2	1 181,6	393,9	19,7
CT1	40	M	183	73	1+3	5,9	1 007,87	336,0	13,8
CT1	53	M	185	85	1+3	8,3	1 529,66	509,9	20,0
<b>Střední hodnota** na všechny KL fáze / na 1 KL</b>						<b>8,5</b>	<b>1 361,85</b>	<b>459,8</b>	<b>19,1</b>

\*) Hodnoty efektivní dávky u CT IVU byly spočteny pro provedený počet kontrastních fází, tzn. bez započtení nativní fáze, a to z toho důvodu, že v klinické praxi se takto CT IVU často provádí. Této praxi odpovídá i skladba vyšetření CT IVU v našem vzorku pacientů, kdy bez nativní fáze bylo provedeno 50 % vyšetření.

Při stanovení efektivní dávky u CT vyšetření nebyla zohledněna výška a hmotnost konkrétního pacienta. Efektivní dávka u tohoto vyšetření byla stanovena pouze jako nástroj pro porovnání radiační zátěže z jednotlivých modalit pro vzorek srovnatelných

pacientů. Stanovené hodnoty efektivní dávky u jednotlivých pacientů tedy nelze považovat přímo za jejich osobní dávku a nebyly proto ani v případě, že pacient byl vyšetřen metodou CT IVU několikrát, z těchto vyšetření sčítány.

**\*\*)** Střední hodnotou je myšlen aritmetický průměr

Tabulka 15 - CT IVU – Stanovení BMI a počet absolvovaných vyšetření na pacienta

Pacient	Věk	Pohlaví	Výška	Váha	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Počet vyšetření
1	48	M	180	80	24,69	1
2	33	M	176	85	27,44	3
3	49	F	160	57	22,27	1
4	39	F	170	70	24,22	2
5	63	F	167	84	30,12	1
6	80	M	168	72	25,51	1
7	49	M	170	58	20,07	1
8	82	M	171	90	30,78	2
9	32	M	173	62	20,72	1
10	83	M	173	80	26,73	1
11	66	M	175	78	25,47	1
12	50	M	181	95	29	1
13	43	F	173	67	22,39	1
14	66	M	178	82	25,88	1
15	40	M	183	73	21,8	2
16	62	F	175	80	26,12	2
17	71	M	173	85	28,4	1
18	67	F	160	80	31,25	1
19	40	M	183	73	21,8	1
20	53	M	185	85	24,84	2
<b>Střední hodnota* na pacienta</b>					<b>25,5</b>	<b>1,4</b>

**\*)** Střední hodnotou je myšlen aritmetický průměr

Tabulka 16 - CT IVU – Přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů

Pacient	Počet vyšetření	MKN	Diagnóza
1	1	N40	Zbytnění prostaty
2	3	N151	Ledvinný a perinefrický absces
3	1	R31	Neurčená hematurie
4	2	N201	Kámen močovodu
5	1	D410	Novotvar ledvina
6	1	C672	Zhoubný novotvar – boční stěna moč. měchýře
7	1	N200	Kámen ledviny
8	2	R31	Neurčená hematurie
9	1	N10	Akutní tubulo-intersticiální nefritida
10	1	C66	Zhoubný novotvar močovodu
11	1	N202	Kámen ledviny s kamenem močovodu
12	1	Q610	Vrozená cysta ledviny
13	1	R31	Neurčená hematurie
14	1	N200	Kámen ledviny
15	2	C64	Zhoubný novotvar ledviny
16	2	N200	Kámen ledviny
17	1	R31	Neurčená hematurie
18	1	D410	Novotvar ledvina
19	1	C64	Zhoubný novotvar ledviny
20	2	C61	Zhoubný novotvar předstojná žláza

## 5.2 Porovnání vyšetření v přímo měřitelné dávkové veličině

### 5.2.1 Porovnání nefrogramu a IVU ve veličině $P_{KA}$

Vyšetření pomocí nefrogramu (NG) a intravenózní vylučovací urografie (IVU) jsou prováděna v obdobné ozařovací geometrii a při obdobných kvalitách rentgenového svazku (napětí rentgenky, polotloušťka). Pro vzájemné porovnání radiační zátěže z těchto dvou vyšetření je proto možné použít přímo měřitelnou veličinu, kterou je v obou případech součin kermy a plochy  $P_{KA}$ .

U každého pacienta známe počet jeho vyšetření a počet expozičních při každém z těchto vyšetření. Kromě celkové radiační zátěže pacientů tedy můžeme u provedených vyšetření porovnávat i radiační zátěž na jednotlivé vyšetření, případně na jednu expozici. Střední hodnoty těchto veličin (aritmetický průměr) a jejich směrodatné odchylky jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 17 - Charakteristiky souborů pacientů vyšetřených NG a IVU

Porovnávané údaje	Nefrogram	IVU
1. Počet pacientů	24	20
2. Počet vyšetření	43	20
3. Počet snímků	57	111
4. $P_{KA}$ [mGy·cm <sup>2</sup> ] na jednoho pacienta a všechna jeho vyšetření		
Střední hodnota (aritmetický průměr)	4 144	11 342
Směrodatná odchylka	3 536	6 739
Hodnota p *	2,8 · 10 <sup>-4</sup>	
5. $P_{KA}$ [mGy·cm <sup>2</sup> ] na jedno vyšetření		
Střední hodnota (aritmetický průměr)	2 202	11 342
Směrodatná odchylka	1 969	6 739
Hodnota p *	7,2·10 <sup>-6</sup>	

Porovnávané údaje	Nefrogram	IVU
<b>6. P<sub>KA</sub> [mGy·cm<sup>2</sup>] na jednu expozici</b>		
<b>Střední hodnota (aritmetický průměr)</b>	1 643	2 023
<i>Směrodatná odchylka</i>	1 067	986
<b>Hodnota p *</b>	0,011	
<b>7. Střední hodnota BMI [kg/m<sup>2</sup>] (aritmetický průměr)</b>	24,9	26,2

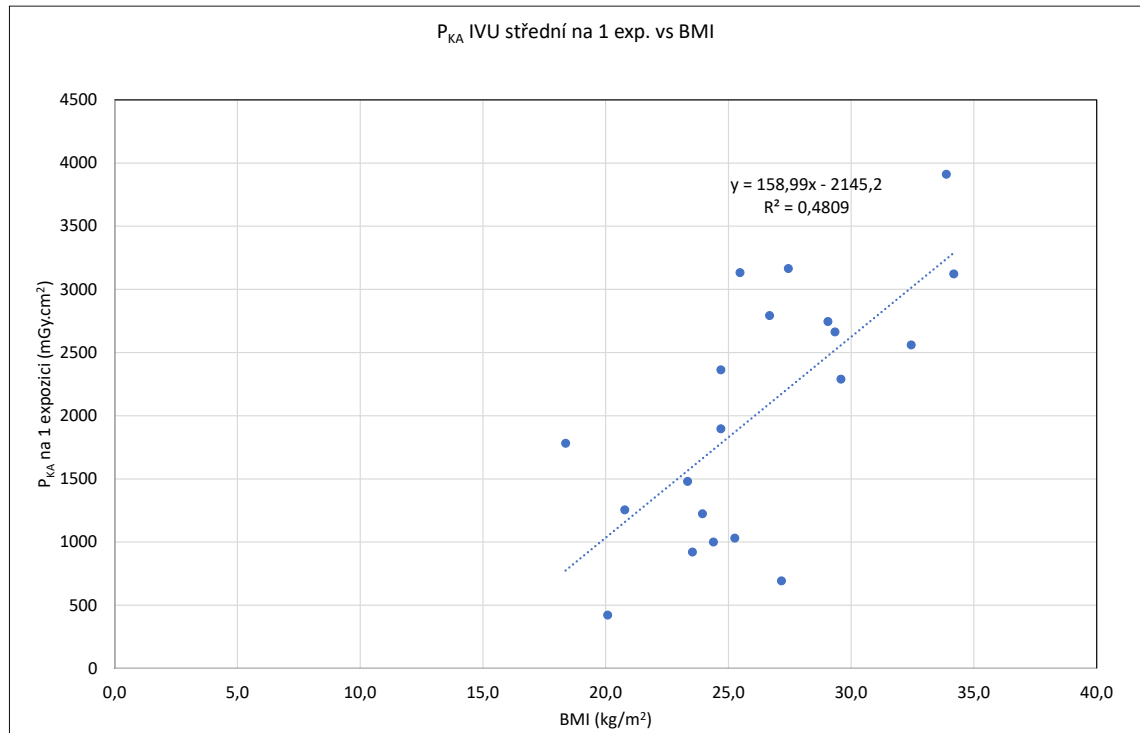
\*Pozn. Porovnání středních hodnot bylo provedeno dvouvýběrovým t-testem v prostředí MS Excel

Z výsledků porovnání uvedených v tabulce Tabulka 17 je zřejmé, že střední hodnota radiační zátěže pacienta na jedno vyšetření (řádek 5) je statisticky významně vyšší u vyšetření IVU (11 342 mGy·cm<sup>2</sup>) než u vyšetření NG (2 202 mGy·cm<sup>2</sup>). Spočteme-li ale střední hodnotu P<sub>KA</sub> na jednu expozici (řádek 6), určitý rozdíl hodnot zůstává, ale není již statisticky významný. Pozorovaný významný rozdíl v radiační zátěži na jedno vyšetření je tedy způsoben hlavně vyšším počtem provedených expozic u vyšetření IVU.

Zbytkový rozdíl, který pozorujeme po přepočtu hodnoty P<sub>KA</sub> na jednu expozici, může souviset s konstitucí vyšetřovaných pacientů. Z vlastností rentgenového záření a ze způsobu průchodu rentgenového záření tělem pacienta vyplývá, že množství záření potřebné pro vytvoření kvalitního snímku je ovlivněno tělesnou konstitucí pacienta. Se vzrůstající výškou a zejména hmotností pacienta roste potřebné množství záření.

Rozdíl hodnot P<sub>KA</sub> pro vyšetření NG a IVU na řádce 6 Tabulka 17 by tedy mohl souviset s mírně vyšší střední hodnotu BMI pro naši skupinu pacientů vyšetřených pomocí IVU (řádek 7 Tabulka 17). Pro ilustraci tohoto rozdílu například při výšce pacienta 180 cm odpovídají hodnoty BMI 24,9 a 26,2 hmotnostem 80,7 kg a 85,0 kg.

Pro lepší představu o vlivu konstituce pacienta na radiační zátěž při vyšetření můžeme pro naši skupinu IVU pacientů vytvořit graf, v němž na vodorovné ose bude hodnota BMI, na svislé ose pak střední hodnota  $P_{KA}$  na jednu expozici, a každý pacient bude v tomto grafu reprezentován jedním bodem.



Obrázek 1- Závislost střední hodnoty  $P_{KA}$  na jednu expozici na hodnotě BMI pro skupinu pacientů IVU

Z uvedeného grafu je zřejmé, že ve skupině IVU pacientů existuje vzájemný vztah mezi hodnotou BMI a velikostí radiační zátěže na jednu expozici. Proložíme-li přímkou lineárního trendu, pak hodnotám BMI 24,9 a 26,2 odpovídají očekávané hodnoty  $P_{KA}$  na jeden snímek 1 815 mGy·cm<sup>2</sup> a 2 026 mGy·cm<sup>2</sup>. Rozdíl v hodnotách uvedených v tabulce Tabulka 17 na řádku 6 je tedy možno částečně (přibližně z poloviny) vysvětlit rozdílem ve střední hodnotě BMI mezi skupinami pacientů NG a IVU.

### 5.2.2 Porovnání CT nativ a CT IVU ve veličině $P_{KL, CT}$

Oba druhy CT vyšetření, tedy CT nativ a CT IVU, můžeme také porovnat v přímo měřitelné veličině, obdobně jako jsme porovnávali vyšetření NG a IVU.

Pro CT vyšetření je přímo měřitelnou veličinou součin kermy a délky  $P_{KL, CT}$ . Pro porovnání radiační zátěže použijeme sumární hodnotu veličiny  $P_{KL, CT}$ , tak jak byla odečtena ze strukturovaného dávkového reportu o vyšetření (RDSR) v systému PACS. Pro zjednodušení budeme pro tuto veličinu používat označení  $P_{KL}$ .

Tabulka 18 - Charakteristiky souborů pacientů s vyšetřením CT nativ a CT IVU

Porovnávané údaje	Nativní CT	CT IVU
1. Počet pacientů	24	20
2. Počet vyšetření	24	20
3. $P_{KL}$ [mGy·cm] na jedno vyšetření		
Střední hodnota (aritmetický průměr)	417	1 362
Směrodatná odchylka	199	557
Hodnota p *	2,4·10 <sup>-7</sup>	
4. Počet fází na vyšetření	1	3
5. $P_{KL}$ [mGy·cm] na jednu fázi vyšetření		
Střední hodnota (aritmetický průměr)	417	460
Směrodatná odchylka	199	195
Hodnota p *	0,48	
6. Střední hodnota BMI [kg/m <sup>2</sup> ] (aritmetický průměr)	24,6	25,5

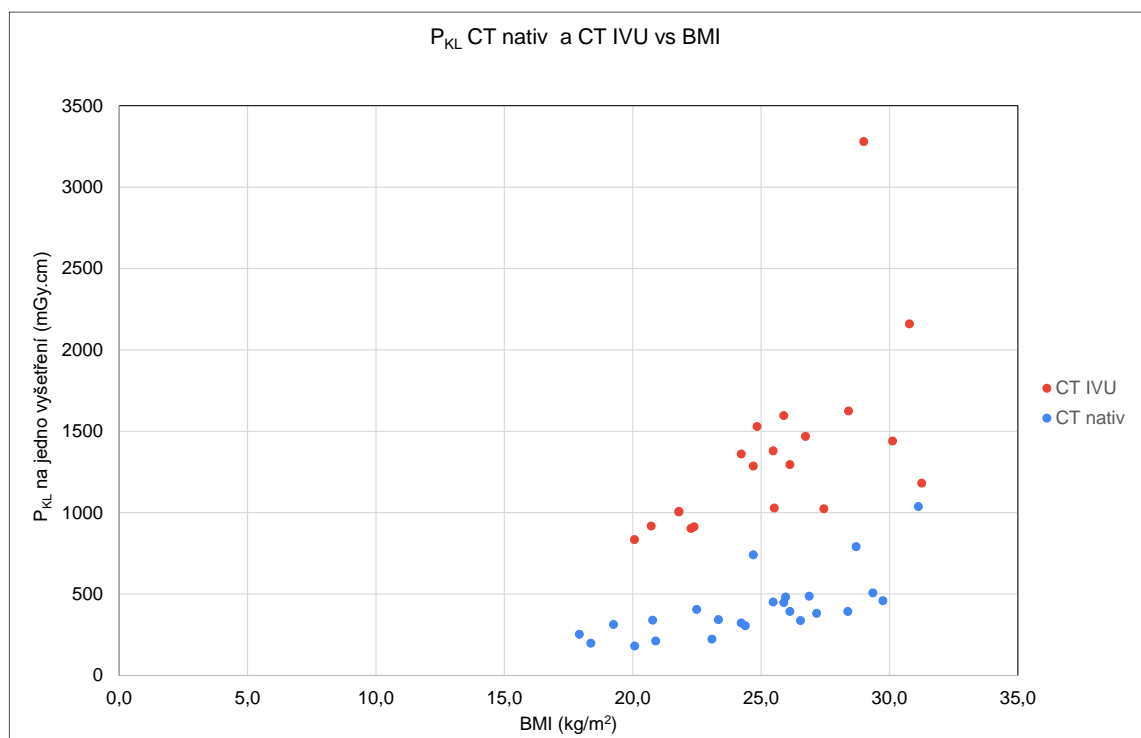
\*Pozn. Porovnání středních hodnot bylo provedeno dvoouvýběrovým t-testem v prostředí MS Excel

Z výsledků uvedených na řádce 3 v tabulce Tabulka 18 je zřejmé, že střední hodnota přímo měřitelné dávkové veličiny  $P_{KL}$  na jedno vyšetření je u vyšetření CT IVU statisticky významně vyšší (1 362 mGy·cm) oproti hodnotě u vyšetření CT nativ (417 mGy·cm), nicméně tento rozdíl vyplývá z toho, že u CT IVU je stejná oblast opakovaně vyšetřována v různých časových odstupech od podání KL, což je potvrzeno porovnáním střední hodnoty  $P_{KL}$  na jednu fázi vyšetření,



kde již není rozdíl mezi metodami statisticky významný (řádek 5 v tabulce Tabulka 18).

Obdobně jako na obrázku Obrázek 1 můžeme i pro CT vyšetření znázornit korelaci mezi hodnotou veličiny  $P_{KL}$  a pacientovou konstitucí vyjádřenou hodnotou BMI. V grafu jsou vyneseny tyto hodnoty pro obě skupiny pacientů, tedy pro CT nativ i pro vyšetření CT IVU. Je třeba opět zdůraznit, že hodnoty  $P_{KL}$  jsou v případě vyšetření CT IVU vyšší, protože toto vyšetření je prováděno ve více fázích.



Obrázek 2 – Závislost hodnoty  $P_{KL}$  při jednom vyšetření na hodnotě BMI pro skupiny pacientů vyšetřených CT nativ a CT IVU

Z tabulky Tabulka 18 a obrázku Obrázek 2 lze usuzovat, že ve sledovaném vzorku pacientů:

- pro oba druhy CT vyšetření pozorujeme silnou korelaci mezi hodnotou BMI a hodnotou dávkové veličiny  $P_{KL}$ ;
- vyšetření CT IVU je spojeno se statisticky významně vyšší radiační zátěží pacienta než nativní CT vyšetření.

## 5.3 Porovnání vyšetření jednotlivých pacientů s DRÚ

### 5.3.1 Diagnostické referenční úrovně pro porovnávaná vyšetření

Pro zjišťování, zda jsou hodnoty dávkových veličin vyšetření pacientů optimalizované, je možné použít nastavený systém místních a národních diagnostických referenčních úrovní. Národní diagnostické referenční úrovně pro standardní skupinu pacientů jsou stanoveny v příloze č. 22 vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Místní diagnostické referenční úrovně byly stanoveny klinickým radiologickým fyzikem pracoviště. Výčet hodnot stanovených diagnostických referenčních úrovní pro porovnávaná vyšetření je uveden v tabulce Tabulka 19. (14)

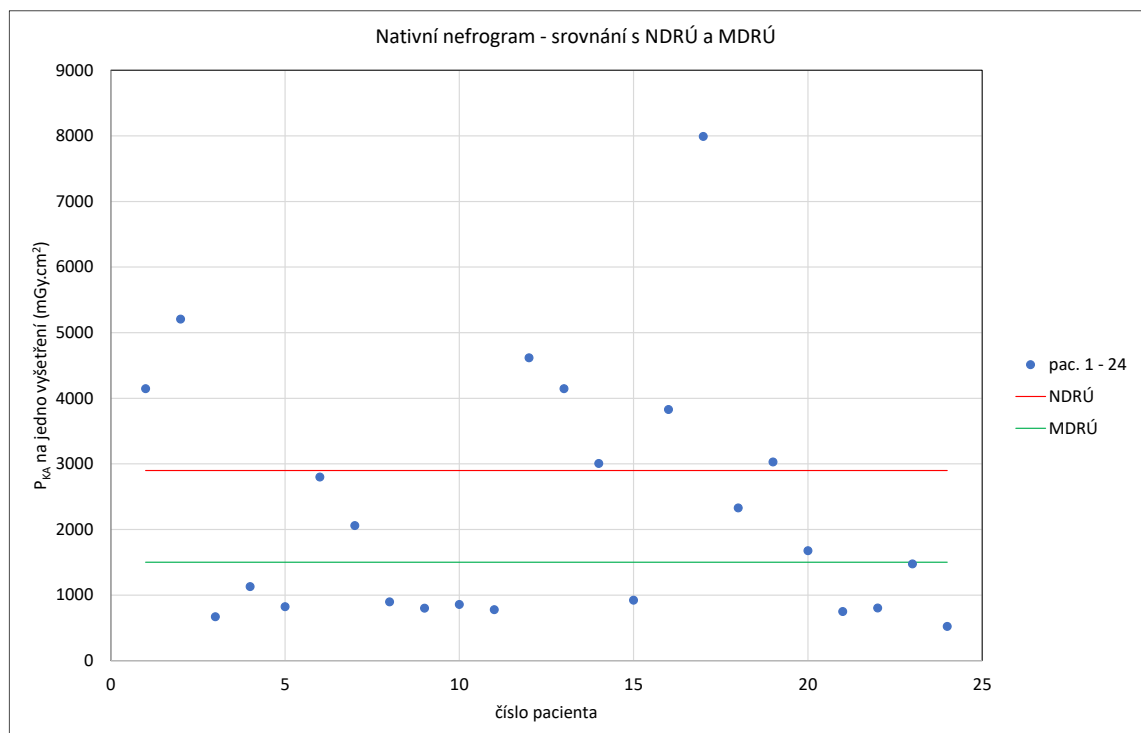
Tabulka 19 - Přehled MDRÚ a NDRÚ pro porovnávaná vyšetření

Porovnávané vyšetření Veličina	MDRÚ	NDRÚ
Nativní nefrogram (NG) $P_{KA}$ [mGy·cm <sup>2</sup> ]	1 500	2 900
Intravenózní vylučovací urografie (IVU) $P_{KA}$ [mGy·cm <sup>2</sup> ]	není stanovena	13 000
CT nativní vyšetření břicha (CT nativ) $P_{KL}$ [mGy·cm] $C_{VOL}$ [mGy]	430 10	750 19
CT kontrastní vyšetření břicha (CT IVU) $P_{KL}$ na jednu fázi [mGy·cm] $C_{VOL}$ na jednu fázi [mGy]	570 11	750 19

### 5.3.2 Nativní nefrogram

Pro nativní nefrogram je ve veličině  $P_{KA}$  stanovena národní diagnostická referenční úroveň 2 900 mGy·cm<sup>2</sup>. Na pracovišti stanovená místní diagnostická referenční úroveň pro toto vyšetření činí 1 500 mGy·cm<sup>2</sup>. Střední hodnota pro naši skupinu pacientů (viz řádek 5 Tabulka 17) je 2 202 mGy·cm<sup>2</sup>. Hodnoty  $P_{KA}$

u jednotlivých pacientů ukazuje následující graf Obrázek 3. Ze skupiny hodnot výrazně vybočuje hodnota 7 990 mGy.cm<sup>2</sup> u pacienta č. 17. Jedná se o pacienta s výškou 188 cm a hmotností 110 kg a znatelně vyšší hodnota veličiny P<sub>KA</sub> tedy jednoznačně souvisí s jeho tělesnou konstitucí. Ze zbývajících 23 pacientů mají tři pacienti hodnotu P<sub>KA</sub> na úrovni NDRÚ, 4 pacienti tuto hodnotu překračují a u 16 pacientů se hodnota pohybuje v rozmezí od 14 % do 80 % hodnoty NDRÚ. Hodnota MDRÚ je nižší než NDRÚ. Z tohoto pohledu lze tedy radiační ochranu pacientů na pracovištích, kde byla nativní skiagrafická vyšetření prováděna, považovat za optimalizovanou.

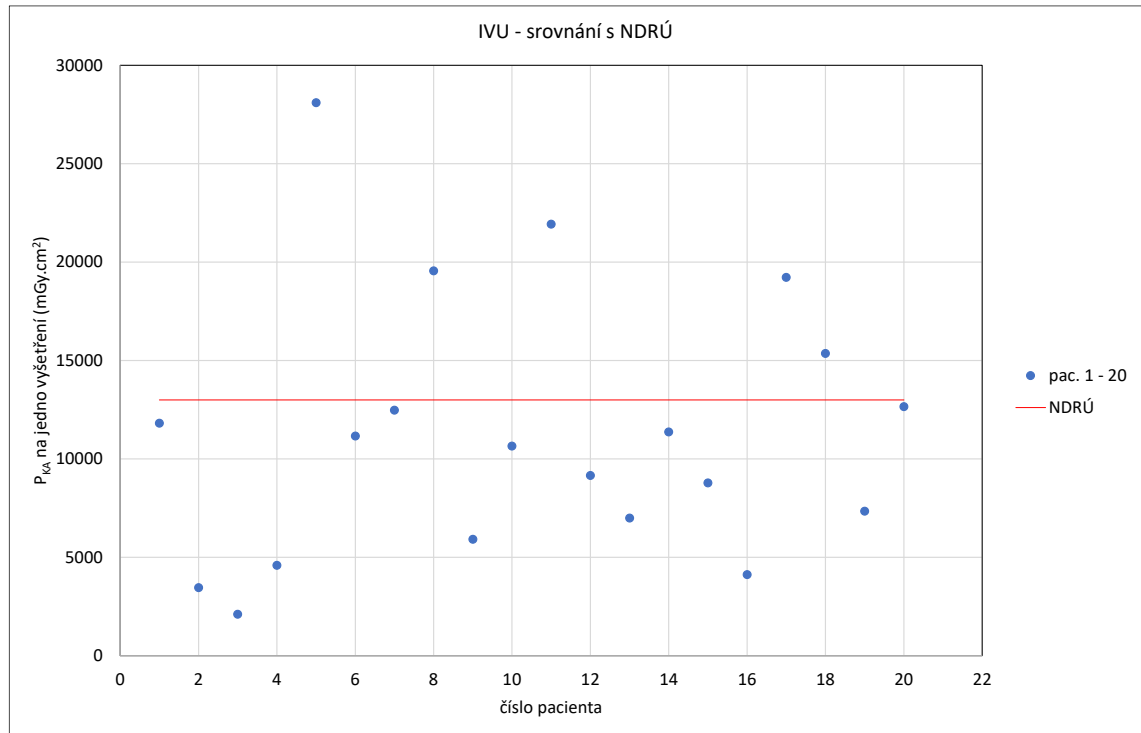


Obrázek 3 - Hodnoty P<sub>KA</sub> pro nativní nefrogram – Srovnání s MDRÚ a NDRÚ

### 5.3.3 IVU

Hodnota NDRÚ pro vyšetření IVU ve veličině P<sub>KA</sub> je 13 000 mGy.cm<sup>2</sup>. Hodnota MDRÚ není na pracovišti z důvodu nízkého počtu prováděných vyšetření stanovena. Hodnoty P<sub>KA</sub> jednotlivých pacientů ukazuje graf Obrázek 4. Ze skupiny pacientů výrazně vybočuje hodnota 28 106 mGy.cm<sup>2</sup> u pacienta č. 5. Jedná se o pacienta s vyšším BMI, u kterého bylo třeba v rámci vyšetření provést

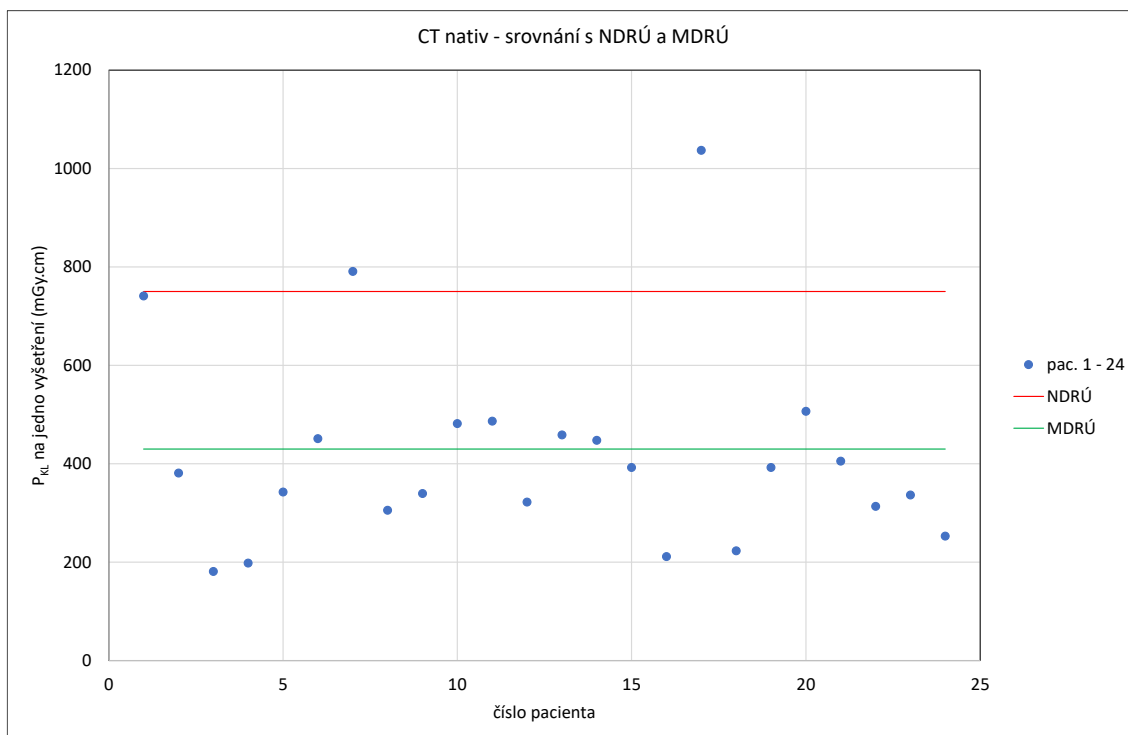
9 expozičních. Střední hodnota pro naši skupinu pacientů (viz řádek 5 Tabulka 17) je 11 342 mGy·cm<sup>2</sup>. Radiační ochranu pacientů na pracovišti, kde byla vyšetřena IVU, lze tedy i pro toto vyšetření stejně jako u nativního nefrogramu považovat za optimalizovanou.



Obrázek 4 - Hodnoty  $P_{KA}$  pro vyšetření IVU – Srovnání s NDRÚ

### 5.3.4 CT nativní vyšetření břicha

Hodnota NDRÚ pro CT vyšetření břicha ve veličině  $P_{KL}$  je 750 mGy·cm. Hodnota MDRÚ pro CT nativní vyšetření břicha je na pracovišti stanovena na 430 mGy·cm. Střední hodnota pro naši skupinu pacientů (viz řádek 3 Tabulka 18) je 417 mGy·cm. Hodnoty  $P_{KL}$  u jednotlivých pacientů ukazuje následující graf Obrázek 5.

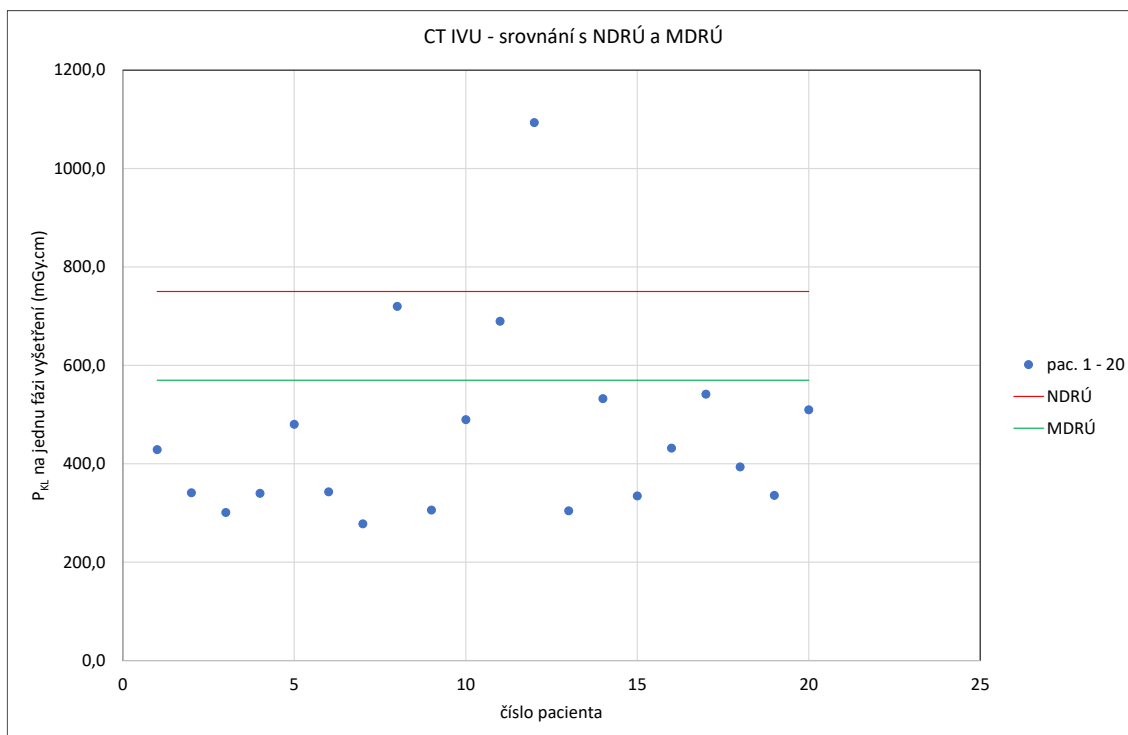


Obrázek 5 - Hodnoty  $P_{KL}$  pro vyšetření CT nativ– Srovnání s MDRÚ a NDRÚ

Z grafu vyplývá, že ze skupiny 24 pacientů je u 20 pacientů hodnota  $P_{KL}$  nižší než 2/3 hodnoty NDRÚ pro CT vyšetření břicha (750 mGy·cm) a pouze u dvou pacientů je tato hodnota překročena. Hodnota MDRÚ (430 mGy·cm) je výrazně překročena u tří pacientů mohutné konstituce. Většina hodnot  $P_{KL}$  u provedených vyšetření se pohybuje na úrovni MDRÚ. Radiační ochranu pacientů na pracovišti, kde byla nativní CT vyšetření břicha prováděna, lze tedy považovat za optimalizovanou.

### 5.3.5 Vyšetření CT IVU

Pro CT vyšetření oblasti břicha činí hodnota NDRÚ na jednu fázi stanovená ve veličině  $P_{KL}$  750 mGy·cm. MDRÚ pro toto vyšetření je na pracovišti stanovena pro jednu kontrastní fázi ve veličině  $P_{KL}$  na 570 mGy·cm. Střední hodnota pro naši skupinu pacientů (viz Tabulka 14) je 459,8 mGy·cm. Hodnoty  $P_{KL}$  u jednotlivých pacientů ukazuje následující graf Obrázek 6.



Obrázek 6 - Hodnoty  $P_{KL}$  na jednu KL fázi pro vyšetření CT IVU– Srovnání s MDRÚ a NDRÚ

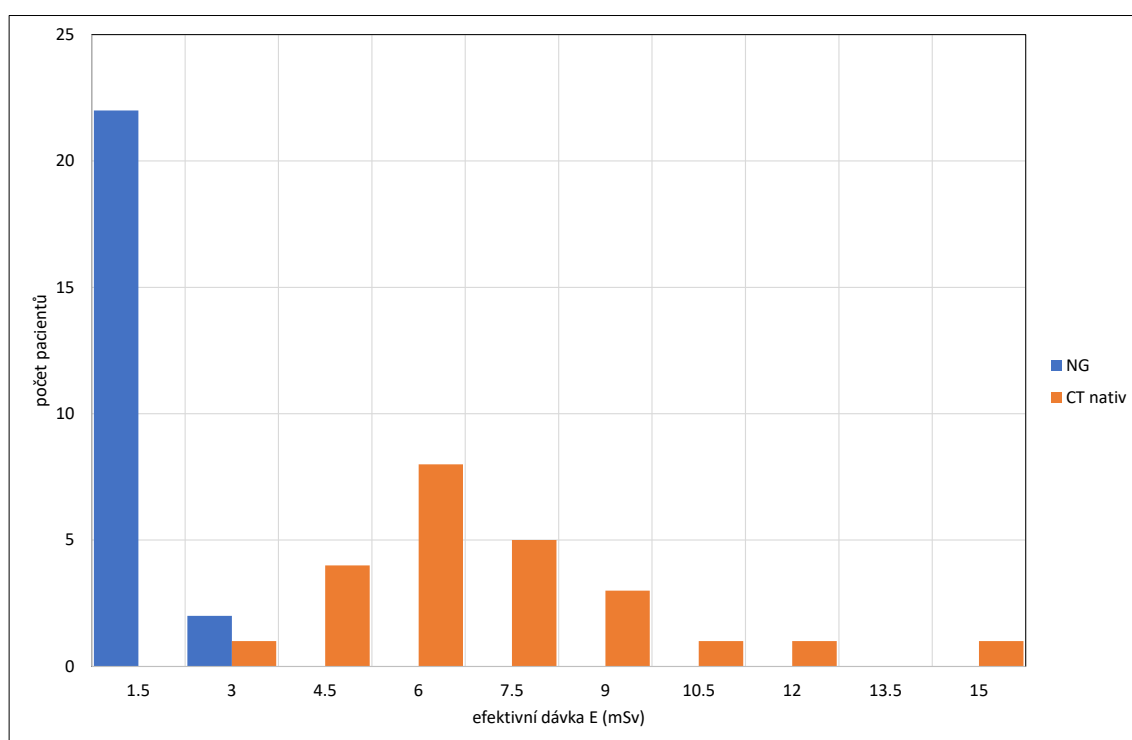
Z grafu vyplývá, že ze skupiny 20 pacientů je u 19 pacientů hodnota  $P_{KL}$  nižší než hodnoty NDRÚ pro CT vyšetření břicha (750 mGy·cm), pouze u jednoho pacienta je tato hodnota překročena. Hodnota MDRÚ (570 mGy·cm) je výrazně překročena u tří pacientů mohutné konstituce. Většina hodnot  $P_{KL}$  u provedených vyšetření se pohybuje na úrovni MDRÚ nebo se od úrovně MDRÚ lehce odchyluje. Radiační ochranu pacientů na pracovišti, kde byla CT IVU vyšetření prováděna, lze tedy považovat za optimalizovanou.

## 5.4 Porovnání vyšetření ve veličině efektivní dávka

Veličina efektivní dávka ( $E$ ) vyjadřuje míru rizika stochastických účinků spojených s ozářením jednotlivce. Umožňuje tak porovnat z hlediska rizika stochastických účinků radiační zátěž u vyšetřovacích modalit, u kterých neexistuje společná přímo měřitelná dávková veličina, tedy například porovnat radiační zátěž skiagrafického vyšetření a nativního vyšetření výpočetní tomografií, nebo porovnat z hlediska radiační zátěže vyšetření IVU a CT IVU.

### 5.4.1 Porovnání nativního nefrogramu a CT nativ

Hodnoty efektivní dávky E vypočtené pro jednotlivé pacienty jsou uvedeny v tabulkách v kapitole 5.1. Uvedené hodnoty se vždy vztahují na jedno vyšetření. Z výsledků uvedených v tabulkách je již na první pohled patrný téměř řádový rozdíl mezi hodnotami efektivní dávky pro vyšetření NG a vyšetření CT nativ. Rozložení hodnot efektivní dávky jednotlivých pacientů pro tato dvě vyšetření znázorňuje následující histogram.



Obrázek 7 - Histogram vypočtených hodnot E pro NG a CT nativ

Statisticky významný rozdíl je potvrzen i porovnáním těchto dvou skupin dat párovým t-testem.

Tabulka 20 - Porovnání hodnot E pro skupiny pacientů vyšetřených NG a CT nativ

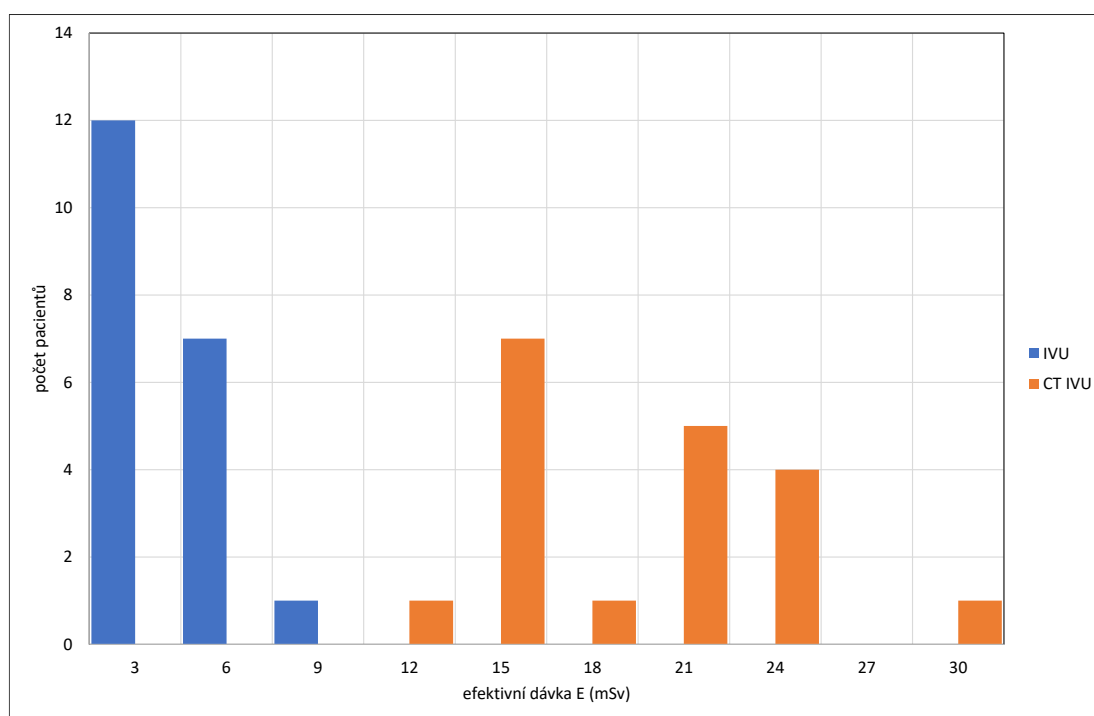
Porovnávané údaje	NG	CT nativ
1. Počet pacientů	24	24
2. Počet vyšetření	24	24

Porovnávané údaje	NG	CT nativ
<b>3. Efektivní dávka E [mSv] na jedno vyšetření</b>		
<b>Střední hodnota (aritmetický průměr)</b>	0,57	6,3
<i>Směrodatná odchylka</i>	0,51	2,7
<b>Hodnota p *</b>	$< 10^{-6}$	

\*Pozn. Porovnání středních hodnot bylo provedeno dvouvýběrovým t-testem v prostředí MS Excel

#### 5.4.2 Porovnání IVU a CT IVU

Hodnoty efektivní dávky E vypočtené pro jednotlivé pacienty jsou uvedeny v tabulkách v kapitole 5.1. Již na první pohled je pozorovatelný téměř řádový rozdíl mezi hodnotami efektivní dávky pro vyšetření IVU a vyšetření CT IVU znázorněný následujícím histogramem.



Obrázek 8 - Histogram vypočtených hodnot efektivní dávky E pro vyšetření IVU a CT IVU

Statisticky významný rozdíl je potvrzen i porovnáním těchto dvou skupin dat párovým t-testem.



Tabulka 21 - Porovnání hodnot E pro skupiny pacientů vyšetřených IVU a CT IVU

Porovnávané údaje	IVU	CT IVU
1. Počet pacientů	20	20
2. Počet vyšetření	20	20
3. Efektivní dávka E [mSv] na jedno vyšetření		
Střední hodnota (aritmetický průměr)	3,2	19,1
Směrodatná odchylka	1,9	7,0
Hodnota p *	< 10 <sup>-6</sup>	

\*Pozn. Porovnání středních hodnot bylo provedeno dvouvýběrovým t-testem v prostředí MS Excel

## 5.5 Porovnání počtu vyšetření indikovanou metodou v závislosti na diagnóze

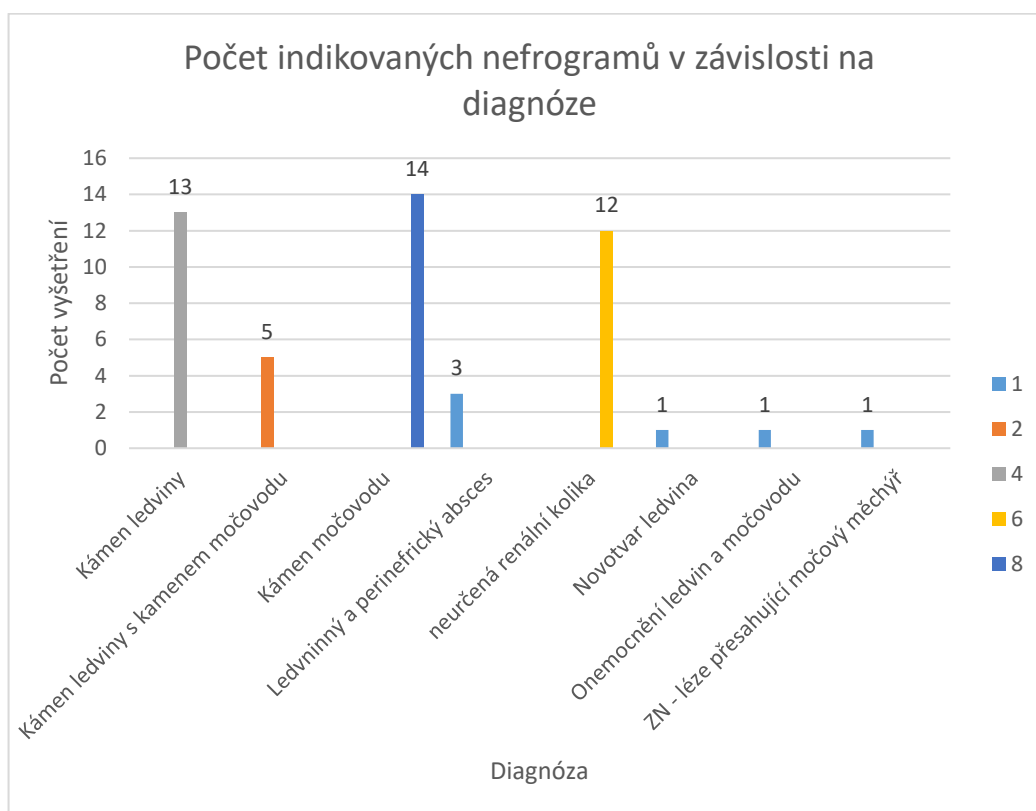
U pacientů ze souboru pro každou sledovanou metodu známe hlavní diagnózu a počet vyšetření touto metodou, která jim byla v rámci diagnostiky patologie indikována. Údaje o provedených vyšetřeních v členění dle diagnóz jsou uvedeny níže v tabulkách a grafech, kde je pro lepší názornost u počtu vyšetření různými barvami odlišen počet pacientů s indikovaným vyšetřením.

### 5.5.1 Soubor pacientů vyšetřených nefrogramem

Tabulka 22 - Indikace nefrogramu – Porovnání dle diagnóz

Diagnóza	Počet vyšetřených pacientů	Počet provedených vyšetření
Kámen ledviny	4	13
Kámen ledviny s kamenem močového	2	5
Kámen močového	8	14
Ledvinový a perinefrický absces	1	3
Neurčená renální kolika	6	12
Novotvar ledvina	1	1

Diagnóza	Počet vyšetřených pacientů	Počet provedených vyšetření
Onemocnění ledvin a močovodu	1	1
Zhoubný novotvar-léze přesahující močový měchýř	1	1



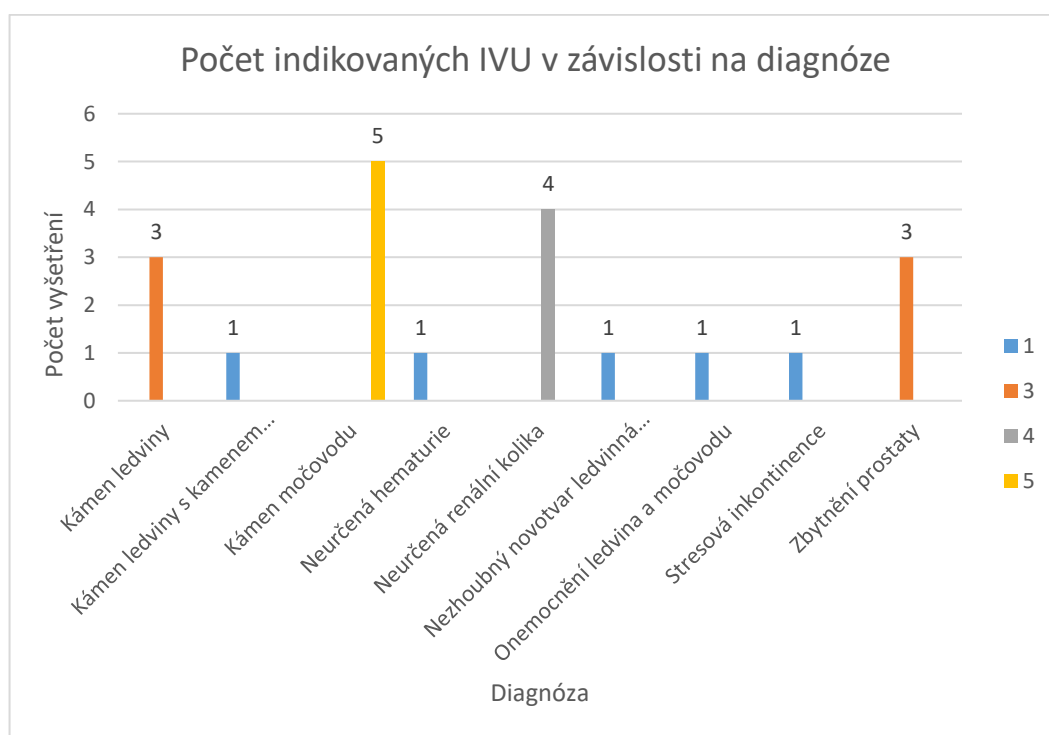
Obrázek 9 - Nefrogram – Přehled počtu indikovaných vyšetření v závislosti na diagnóze

Z tabulky a grafu je patrné, že v souboru pacientů vyšetřených nefrogramem byla většina těchto vyšetření indikována pro podezření na kámen ledvin nebo močovodu a pro podezření na renální koliku.

## 5.5.2 Soubor pacientů vyšetřených pomocí IVU

Tabulka 23 – Indikace IVU – Porovnání dle diagnóz

Diagnóza	Počet vyšetřených pacientů	Počet provedených vyšetření
Kámen močového	5	5
Neurčená renální kolika	4	4
Kámen ledviny	3	3
Stresová inkontinence	1	1
Neurčená hematurie	1	1
Zbytnění prostaty	3	3
Kámen ledviny s kamenem močového	1	1
Onemocnění ledvin a močového	1	1
Nezhoubný novotvar ledvinná pánvička	1	1



Obrázek 10 - IVU – Přehled počtu indikovaných vyšetření v závislosti na diagnóze

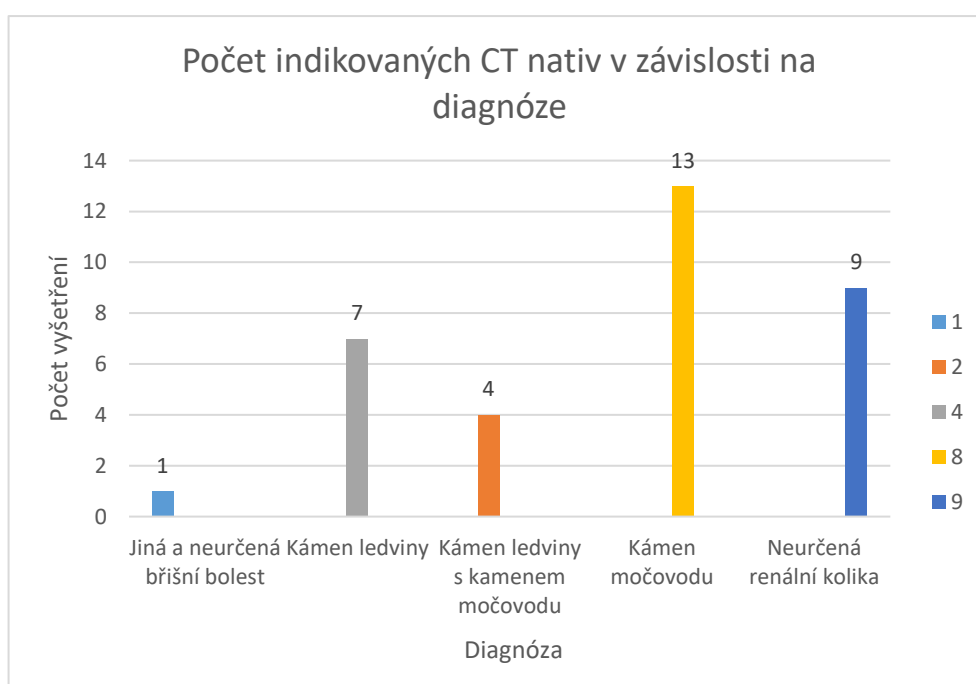
Z tabulky a grafu je patrné, že velkou skupinou pacientů vyšetřených IVU jsou pacienti s podezřením na kámen ledviny a močového, dále potom pacienti

s neurčenou renální kolikou a pacienti vyšetření pro podezření na zbytnění prostaty. U žádného z pacientů nebyla IVU indikována více než jednou.

### 5.5.3 Soubor pacientů vyšetřených pomocí CT nativ

Tabulka 24 - Indikace CT nativ – Porovnání dle diagnóz

Diagnóza	Počet vyšetřených pacientů	Počet provedených vyšetření
Kámen močového	8	13
Neurčená renální kolika	9	9
Kámen ledviny s kamenem močového	2	4
Jiná a neurčená břišní bolest	1	1
Kámen ledviny	4	7



Obrázek 11 – CT nativ – Přehled počtu indikovaných vyšetření v závislosti na diagnóze

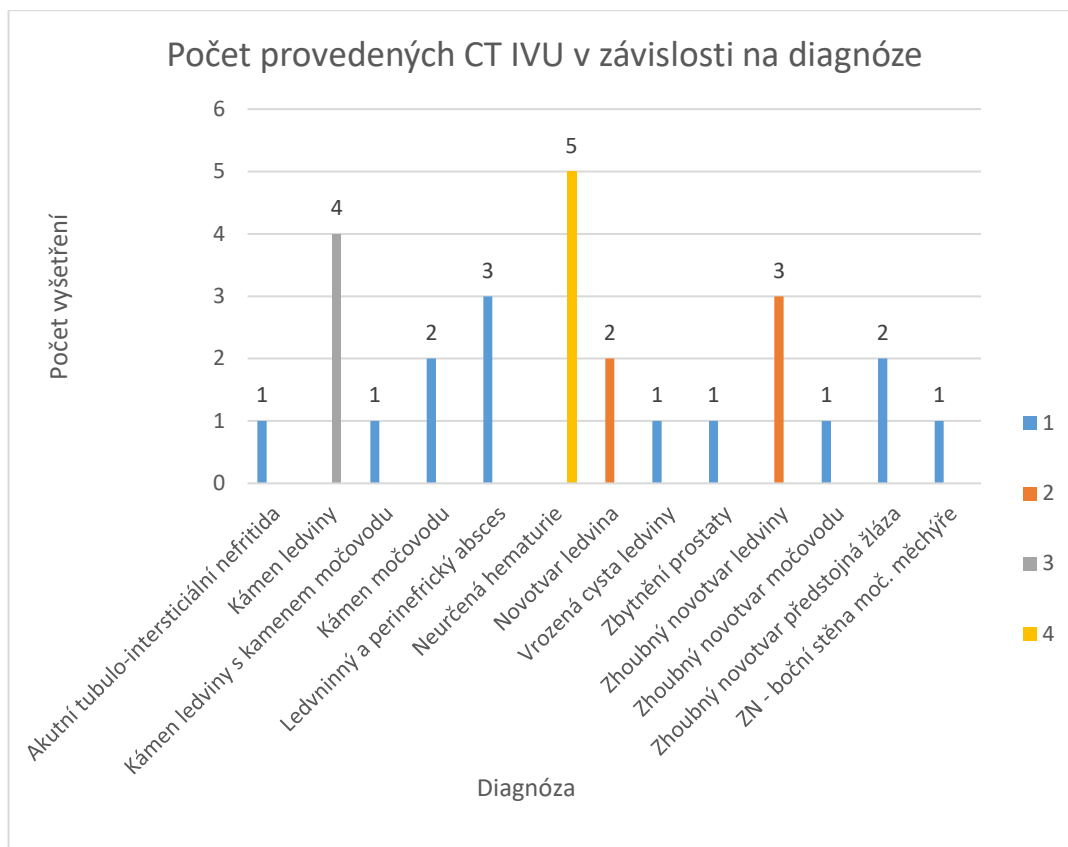
Z tabulky a grafu je patrné, že velkou skupinou pacientů vyšetřených pomocí nativního CT jsou zejména pacienti s podezřením na kámen ledviny nebo močového. Početná je i skupina pacientů s diagnózou neurčená renální kolika.

Na základě znázorněných dat by bylo možné usuzovat, že CT nativ je indikován až na výjimky pouze v případě podezření právě na tyto diagnózy.

#### 5.5.4 Soubor pacientů vyšetřených pomocí CT IVU

Tabulka 25 - Indikace CT IVU – Porovnání dle diagnóz

Diagnóza	Počet vyšetřených pacientů	Počet provedených vyšetření
Neurčená hematurie	4	5
Kámen ledviny	3	4
Ledvinný a perinefrický absces	1	3
Zhoubný novotvar ledviny	2	3
Kámen močového	1	2
Novotvar ledvina	2	2
Zhoubný novotvar předstojná žláza	1	2
Zbytnění prostaty	1	1
ZN - boční stěna moč. Měchýře	1	1
Akutní tubulo-intersticiální nefritida	1	1
Zhoubný novotvar močového	1	1
Kámen ledviny s kamenem močového	1	1
Vrozená cysta ledviny	1	1

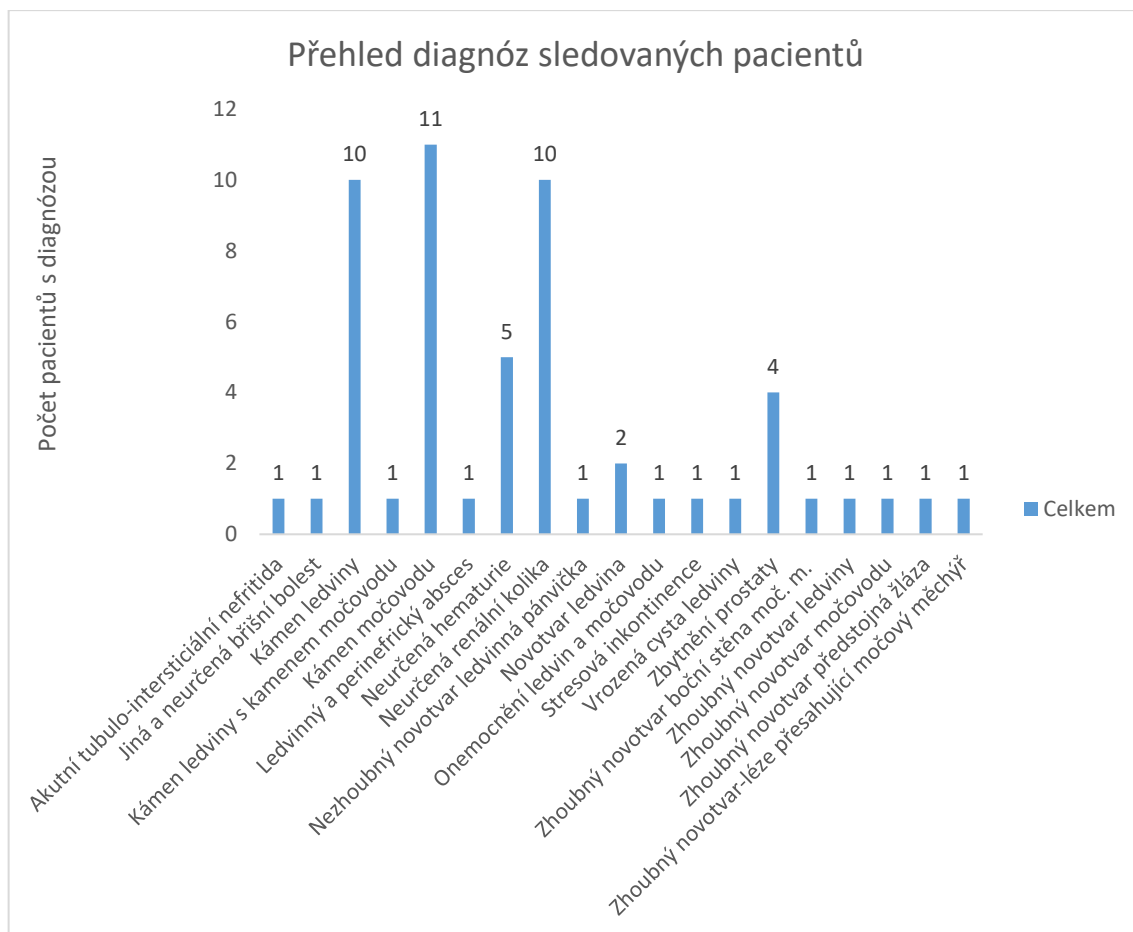


Obrázek 12 - CT IVU – Přehled počtu provedených vyšetření v závislosti na diagnóze

Z tabulky a grafu je patrné, že velkou skupinou pacientů vyšetřených CT IVU jsou pacienti s neurčenou hematurií, dále pacienti s podezřením na zhoubný novotvar ledviny nebo močového měchýře a pacienti s podezřením na kámen ledviny nebo močového. Na základě znázorněných dat by bylo možné usuzovat, že tato vyšetřovací metoda je oproti ostatním sledovaným metodám indikována pro širší rozpětí patologií.

## 5.6 Celkový přehled diagnóz a porovnání sledu indikovaných vyšetřovacích metod

Přehled zastoupení jednotlivých diagnóz u sledovaných pacientů je graficky znázorněn na obrázku Obrázek 13.



Obrázek 13 - Celkový přehled diagnóz

Pro lepší představu o chronologii indikací sledovaných metod při vyšetřování patologie ledvin a urotraktu u pacientů zahrnutých do sledovaného souboru je v tabulce Tabulka 26 provedeno jejich shrnutí.

Tabulka 26 - Porovnání sledu indikovaných vyšetřovacích metod u jednotlivých pacientů

MKN	Diagnóza	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N201	Kámen močového	CT nativ	IVU	NG	NG	NG				
N23	Neurčená renální kolika	CT nativ	NG	NG	NG	IVU				
N201	Kámen močového	CT nativ	IVU							
N200	Kámen ledviny	IVU								
N393	Stresová inkontinence	IVU								
R31	Neurčená hematurie	IVU								
N23	Neurčená renální kolika	CT nativ	IVU							
N40	Zbytnění prostaty	IVU								
N201	Kámen močového	CT nativ	IVU	CT nativ	NG					
N40	Zbytnění prostaty	IVU								
N200	Kámen ledviny	NG	NG	NG	NG	IVU	CT nativ	NG	CT nativ	CT IVU
N23	Neurčená renální kolika	NG	IVU							
N200	Kámen ledviny	NG	NG	IVU	CT nativ					
N201	Kámen močového	IVU								
N23	Neurčená renální kolika	CT nativ	IVU							
N289	Onemocnění ledvin a močového	NG	IVU							
N201	Kámen močového	IVU								
N200	Kámen ledviny	IVU								
D301	Nezhoubný novotvar ledvinná pánvička	IVU								
N40	Zbytnění prostaty	IVU								
N40	Zbytnění prostaty	CT IVU								



MKN	Diagnóza	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N151	Ledvinný a perinefrický absces	CT IVU	NG	CT IVU	CT IVU					
R31	Neurčená hematurie	CT IVU								
N201	Kámen močovodu	NG	CT nativ	CT IVU	CT IVU					
D410	Novotvar ledvina	NG	CT IVU							
C672	Zhoubný novotvar boční stěna moč. m.	CT IVU								
N200	Kámen ledviny	CT IVU								
R31	Neurčená hematurie	CT IVU	CT IVU							
N10	Akutní tubulo-intersticiální nefritida	CT IVU								
C66	Zhoubný novotvar močovodu	CT IVU								
Q610	Vrozená cysta ledviny	CT IVU								
R31	Neurčená hematurie	CT IVU								
N200	Kámen ledviny	CT nativ	CT IVU							
C64	Zhoubný novotvar ledviny	CT IVU	CT IVU	CT IVU						
N200	Kámen ledviny	CT nativ	CT IVU	CT IVU						
R31	Neurčená hematurie	CT IVU								
D410	Novotvar ledvina	CT IVU								
C61	Zhoubný novotvar předstojná žláza	CT IVU	CT IVU							
N10, N201	Kámen močovodu	CT nativ	NG	NG	CT nativ	CT IVU				
C678	Zhoubný novotvar- léze přesahující	NG								
N23	Neurčená renální kolika	NG	NG	NG	NG	CT nativ				
N200	Kámen ledviny	CT nativ	NG	NG						
R104, N201	Jiná a neurčená břišní bolest	CT nativ								

MKN	Diagnóza	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N201	Kámen močovodu	CT nativ								
N202	Kámen ledviny s kamenem močovodu	CT nativ	CT nativ	CT IVU	NG					
N23	Neurčená renální kolika	CT nativ	NG	NG	NG					
N201	Kámen močovodu	NG	CT nativ	NG						
N201	Kámen močovodu	CT nativ	NG	CT nativ						
N23	Neurčená renální kolika	CT nativ	NG	NG						
N23	Neurčená renální kolika	CT nativ	NG	NG						
N23	Neurčená renální kolika	NG	NG	CT nativ						
N200	Kámen ledviny	CT nativ	NG	NG	CT nativ	CT nativ	NG	NG	CT nativ	
N23	Neurčená renální kolika	NG	CT nativ							
N201	Kámen močovodu	NG	CT nativ	NG	CT nativ	NG	CT nativ			
N200	Kámen ledviny	CT nativ	NG							

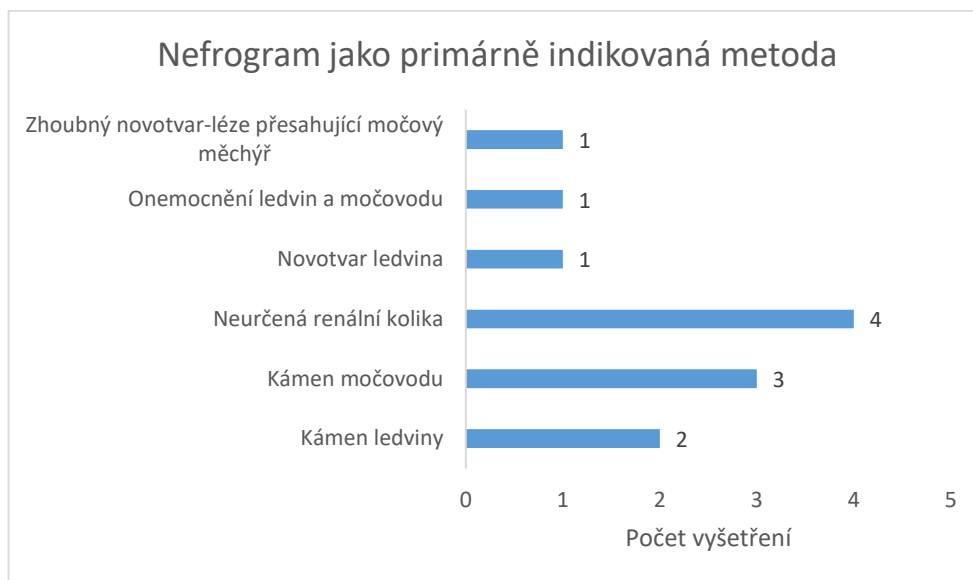
**Legenda:**

NG	Nefrogram
CT nativ	CT nativní vyšetření břicha
IVU	Intravenózní vylučovací urografie
CT IVU	CT IVU provedeno včetně nativní fáze
CT IVU	CT IVU provedeno bez nativní fáze, nativní fáze k dispozici z předchozího vyšetření
CT IVU	CT IVU provedeno bez nativní fáze

Na základě tohoto přehledu je možné jednotlivé metody porovnat z hlediska diagnózy, pro kterou byly sledované metody indikovány jako primární metoda vyšetření.

### 5.6.1 Nefrogram jako primárně indikovaná metoda

Ze sledovaného souboru pacientů byl nefrogram indikován jako primární diagnostická metoda u dvanácti pacientů. Výčet všech diagnóz, kdy byl indikován, je spolu s počtem případů uveden v grafu Obrázek 14.



Obrázek 14 - Nefrogram jako primárně indikovaná metoda

Z grafu pro nefrogram vyplývá, že hlavní diagnózy, pro které byl jako primární vyšetření indikován, jsou neurčená renální kolika, kámen močovodu a kámen ledviny.

### 5.6.2 CT nativ jako primárně indikovaná metoda

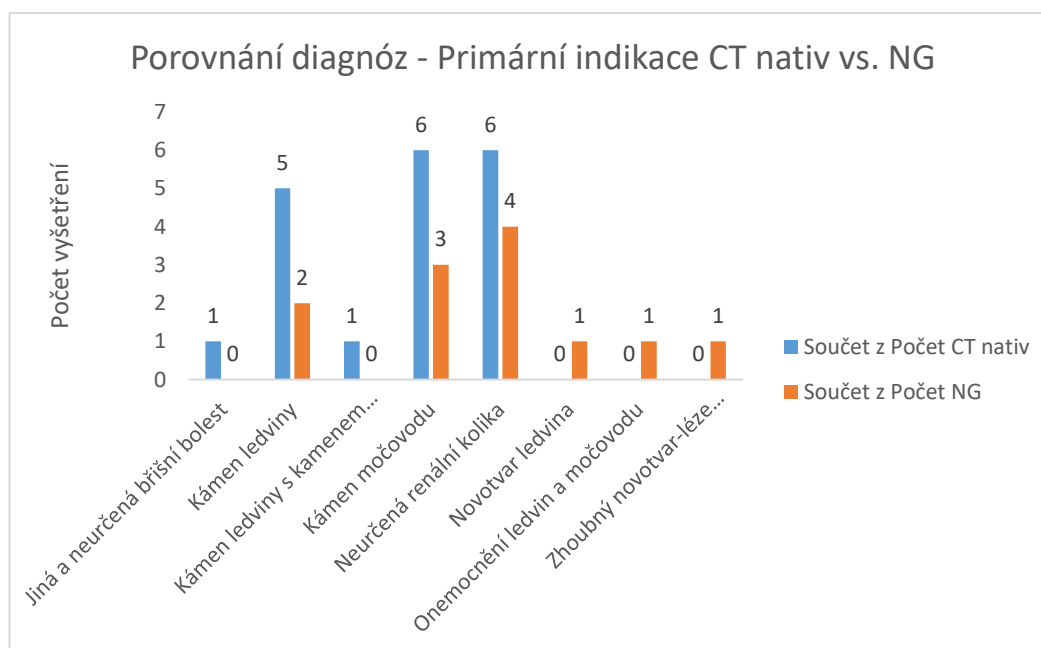
Ze sledovaného souboru pacientů byl CT nativ indikován jako primární diagnostická metoda u devatenácti pacientů. Výčet všech diagnóz, kdy byl indikován, je spolu s počtem případů uveden v grafu Obrázek 15.



Obrázek 15 - CT nativ jako primárně indikovaná metoda

Z grafu pro CT nativ vyplývá, že hlavní diagnózy, pro které byl jako primární vyšetření indikován jsou neurčená renální kolika, kámen močovodu a kámen ledviny.

### 5.6.3 Porovnání diagnóz u primární indikace nefrogramu a CT nativ



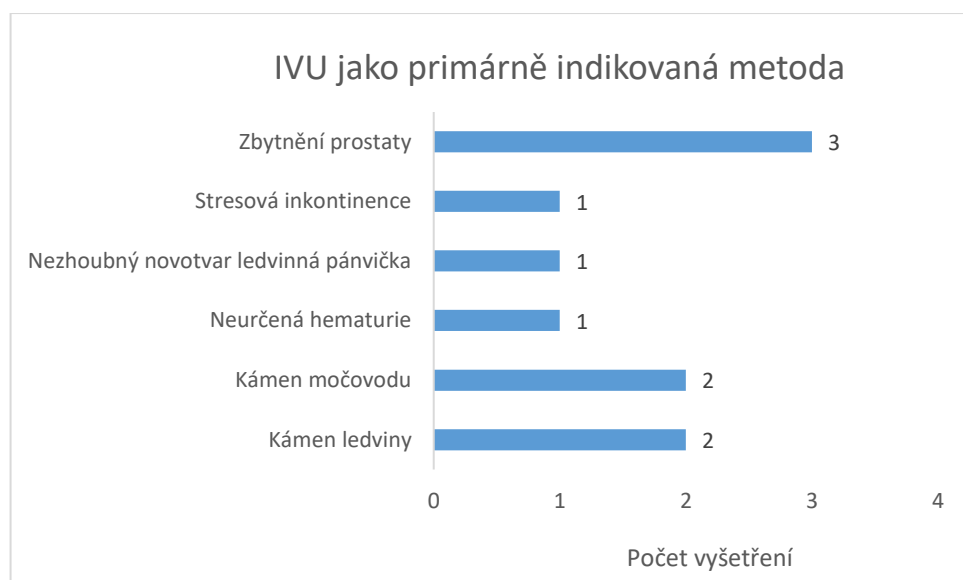
Obrázek 16 - Porovnání diagnóz – Primární indikace CT nativ vs. NG

Z porovnání diagnóz v grafu Obrázek 16 lze usuzovat, že nefrogram i CT nativ jsou primárně indikovány pro obdobnou skupinu diagnóz, i když co se týče počtu takto indikovaných případů, jasně dominuje indikace vyšetření CT nativ.

Současně lze na základě porovnání konstatovat, že zřejmě v případě nejasné diagnózy nebo kontrolního vyšetření má své opodstatnění jak indikace nefrogramu, tak i indikace vyšetření CT nativ dle konkrétního případu.

#### 5.6.4 IVU jako primárně indikovaná metoda

Ze sledovaného souboru pacientů byla IVU indikována jako primární diagnostická metoda u deseti pacientů. Výčet všech diagnóz, kdy byla IVU indikována, je spolu s počtem případů uveden v grafu Obrázek 17.

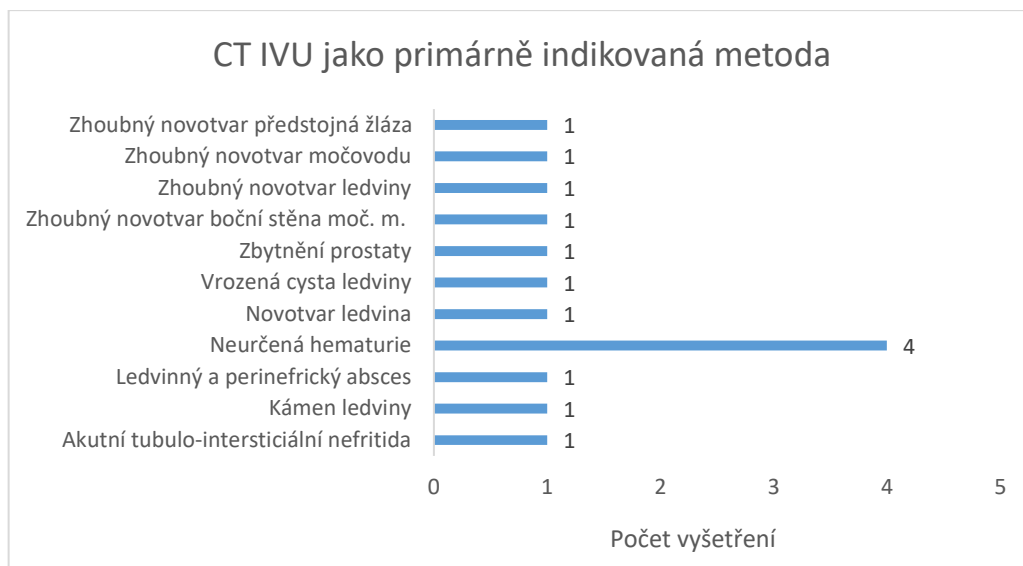


Obrázek 17 - IVU jako primárně indikovaná metoda

Z grafu pro IVU vyplývá, že hlavní diagnózy, pro které bylo jako primární vyšetření indikováno vyšetření IVU jsou zbytnění prostaty, kámen močovodu a kámen ledviny.

#### 5.6.5 CT IVU jako primárně indikovaná metoda

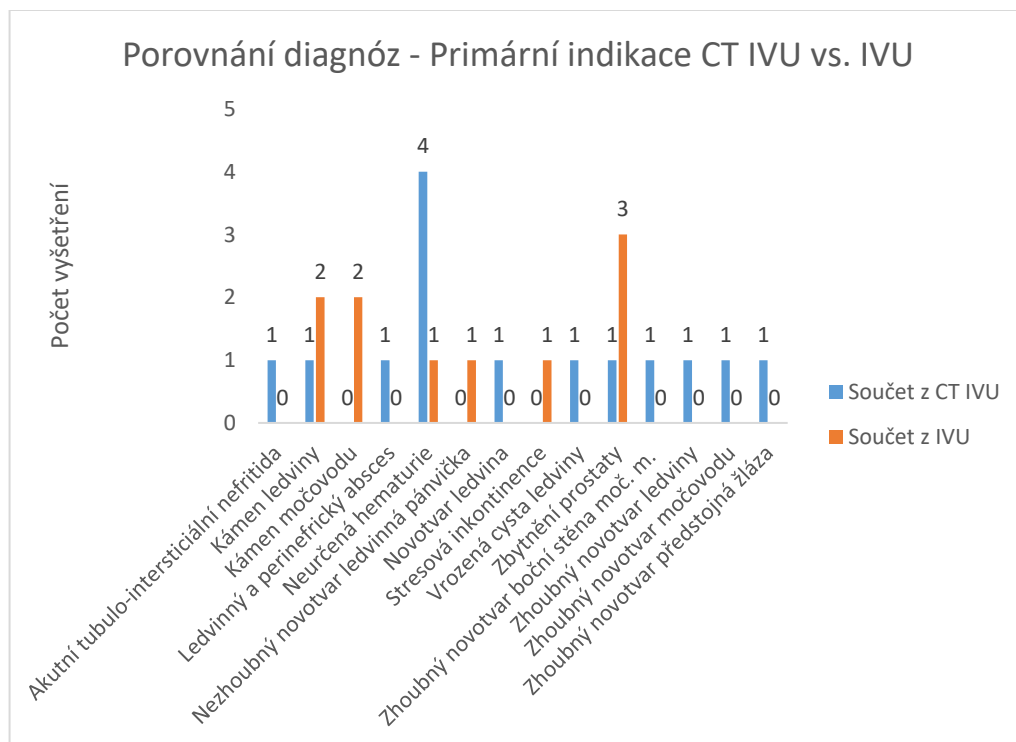
Ze sledovaného souboru pacientů byla CT IVU indikována jako primární diagnostická metoda u čtrnácti pacientů. Výčet všech diagnóz, kdy byla CT IVU indikována, je spolu s počtem případů uveden v grafu Obrázek 18 .



Obrázek 18 - CT IVU jako primární vyšetřovací metoda

Z grafu pro CT IVU vyplývá, že hlavní diagnózy, pro které bylo toto vyšetření indikováno jako primární, jsou neurčená hematurie a podezření na zhoubný novotvar různé lokalizace.

#### 5.6.6 Porovnání diagnóz u primární indikace IVU a CT IVU



Obrázek 19 - Porovnání diagnóz – Primární indikace CT IVU vs. IVU

Z porovnání diagnóz v grafu Obrázek 19 lze usuzovat, že i když jsou CT IVU i IVU primárně indikovány pro vyšetření neurčené hematurie, kamene ledviny a zbytnění prostaty, skupinu diagnóz, u kterých jsou indikovány, se poměrně liší. Jednoznačně lze na základě porovnání konstatovat, že v případě podezření na zhoubný novotvar, absces či nefritidu není volena IVU, a tedy, že CT IVU má pro potřeby diagnostiky širší využití.

## 5.6.7 Kazuistiky

### 5.6.7.1 Kazuistika I – Kámen ledviny – Muž, 66 let, BMI 25,47

Osobní anamnéza:

Pacient s ICHS (12/1995 - IM spodní stěny, 1/1996 - koronární arteriální bypass, 12/2004 – PCI RMS bez stentu, HLP), stav po HAV, cholecystolithiaza, cysta pravé ledviny, tumor sigmoidu (stav po resekci sigmoidu 2019), kuřák, alergie negativní 2022 – karcinom prostaty (02/2022 HT, následně RT)

Urologická anamnéza:

05/2021 – stav po inzerci DJ stentu levé ledviny a relokaci konkrementu do dolního kalichu

07/2021 – proveden LERV levé ledviny

09/2021 – proveden LERV – druhá vlna litotrypse levé ledviny pro reziduální nefrolit – po zákroku nevyočil ani písek, ani konkrement

02/2022 – provedena flexibilní ureterorenoskopie (URS) a extrakce reziduální litiázy, zaveden DJ stent

04/2022 – provedena extrakce stentu

05/2022 – přijat akutně s renální kolikou – provedena inzerce DJ stentu vlevo na podkladě obstrukce močovodu reziduální ureterolitiázou

06/2022 – provedena ureterorenoskopie s extrakcí konkrementu, opětovně zaveden DJ stent

09/2022 – provedena extrakce stentu

Sledovaná vyšetření:

N200	Kámen ledviny	NG	NG	NG	NG	IVU	CT nativ	NG	CT nativ	CT IVU
------	---------------	----	----	----	----	-----	-------------	----	-------------	-----------

10. 11. 2021 – nativní nefrogram

Závěr: Reziduální litiáza v dolní kalichové skupině vlevo. Stent vlevo ve správné poloze

12. 1. 2022 – nativní nefrogram

Závěr: Přetrvává opacita v dolní kalichové skupině vlevo, dnes méně sytá, naznačeně fragmentace. Stent vlevo ve správné poloze.

23. 2. 2022 – nativní nefrogram

Závěr: Stacionární fragmentovaná opacita v oblasti dolního pólu levé ledviny. Stacionární poloha ureterálního stentu vlevo.



10. 3. 2022 – nativní nefrogram

Závěr: Obraz je stejný jako při vyšetření 23. 2. 2022 - Stacionární opacita v oblasti dolního pólu levé ledviny. DJ stent in situ.

29. 4. 2022 – IVU

Závěr: Parenchym levé ledviny nasycen kontrastní látkou, KPS nekontrastní. Levá ledvina nevyklučuje ani po 60 minutách. Sonograficky ověřena přítomnost litiázy v kalichu a dilatace KPS.

2. 5. 2022 – CT nativ břicha a malé pánve – rozhodnuto o extrakci stentu vlevo

Závěr: Městnání v KPS vlevo III. stupně nejspíše s akutním podílem kalcifikace v průběhu pozánětlivě (po stentu) změněného levého ureteru. Nejspíše vícečetná drobná ureterolitiáza do 5x3 mm. V.s. reziduální sycení kortexu levé ledviny po KL podané 29. 4. 2022.

2. 5. 2022 – nativní nefrogram – stav po opakované URS, t. č. stent

Závěr: Přetrvává opacita v dolní kalichové skupině vlevo. Stent vlevo ve správné poloze.

9. 9. 2022 – CT nativ břicha

Závěr: Ureterální stent vlevo ve správné poloze. Dva drobné konkrementy v kalíšcích při dolním pólu levé ledviny, ureterolitiázu vlevo neprokazují. Nejspíše cysta pravé ledviny. Cholecystolitiáza. Bez známek cholecystitidy.

7. 2. 2023 – CT IVU – indikováno vzhledem k předchozím výkonům a UZ nálezu

Závěr: Levá ledvina městnání II. /III. stupně, dilatace pánvičky a ureteru (ureterolitiáza v úrovni těsně nad bifurkací břišní aorty)

5.6.7.2 Kazuistika II – Kámen močovodu – Žena, 23 let, BMI 23,34

Osobní anamnéza:

Pacientka s Leidenskou mutací, 2017 - trombóza levého lýtky při HAK, astma bez terapie

Urologická anamnéza:

02/2022 – akutně cestou EMERY – renální kolika levé ledviny na podkladě 4–5 mm ureterolitiázy v proximálním ureteru – megaureter

04/2022 – trvající obtíže – tentamen ureterorenoskopie (URS) – nezdařeno pro gracilitu intramurálního močovodu, provedena ascendentní

uretropyelografie zaveden stent, suspektně stenóza / striktura střední části ureteru

06/2022 – provedena flexibilní ureterorenoskopie (URS) a extrakce reziduálního konkrementu vlevo, zaveden DJ stent

07/2022 – provedena extrakce stentu

Sledovaná vyšetření:

N201	Kámen močovodu	CT nativ	IVU	CT nativ	NG
------	----------------	----------	-----	----------	----

25. 2. 2022 – CT nativ břicha – susp. renální kolika vlevo

Závěr: Konkrement 4 mm v proximální části levého ureteru s rozšířením močovodu a KPS nad konkrementem

1. 4. 2022 – IVU – pro přetrvávající obtíže

Závěr: Obstrukce ureteru vlevo, jistý rtg kontrastní konkrement nezobrazují

11. 5. 2022 – CT nativ břicha – stav po AUPG a stentingu

Závěr: DJ stent vlevo v obvyklé poloze, kalikolitiáza dolního pólu vlevo, v dif. dg. povysunutě reziduum původního konkrementu

13. 7. 2022 – nativní nefrogram – stav po flexibilní URS a stentingu

Závěr: Double pigtail zavedený vlevo v dobré poloze, levá ledvina v částečné sumaci se střevním obsahem a plynem, v tomto terénu ani paravertebrálně a v malé pánvi kontrastní reziduum konkrementu nediferencují

5.6.7.3 Kazuistika III – Zhoubný novotvar ledviny – Muž, 40 let, BMI 21,8

Osobní anamnéza:

Pacient s DM I. typu na inzulínu od 2008 – disp., hypertenze, ulcerózní kolitida od 2003, 2009 tubulointersticiální nefritida – disp., chronická renální insuficience (IgM + diabetická nefropatie, krea 130), 2020 arter. hypertenze

2022 - Novotvar pravé ledviny

Urologická anamnéza:

03/2022 – MR – ohraničený tumor dolního pólu pravé ledviny

05/2022 – operace daVinci resekce ledviny vpravo, po dvou dnech propuštěn do domácí péče, následně opět přijat pro teploty – ATB léčba s dobrou odpovědí, dle CT objemnější perirenální hematom

10/2022 – hematom bez rozvinutého obrazu abscesu, řešeno konzervativně

Sledovaná vyšetření:

C64	Zhoubný novotvar ledviny	CT IVU	CT IVU	CT IVU
-----	--------------------------	--------	--------	--------

25. 5. 2022 – CT IVU – stav po resekcí pravé ledviny

Závěr: Stav po resekcí tumoru dolního pólu pravé ledviny, s objemnějším perirenálním hematodem vpravo. Hematom obsahuje ojedinělé bubliny plynu, avšak v tuto chvíli bez rozvinutého obrazu abscesu.

29. 6. 2022 – CT IVU

Závěr: Ohraničený hematodem perirenálně vpravo u dolního pólu, v pravé ledvině vícečetné cysty korově, některé charakteru Bosniak IIF. Při dnešní kontrole bez prokazatelné generalizace či jednoznačných maligních ložisek v oblasti ledvin.

5. 10. 2022 – CT IVU

Závěr: Stav po resekcí ložiska dolního pólu pravé ledviny, v místě resekcí pravděpodobně reziduální hematodem, v regresi od minulé kontroly, bez známek lokální recidivy. Cysty jater.

## 6 DISKUZE

V roce 2022 bylo na pracovišti vybranými metodami provedeno celkem 1760 vyšetření ledvin a urotraktu. Převládajícími diagnózami ve zkoumaném souboru pacientů byly podezření na urolitiázu, neurčená renální kolika a zhoubné novotvary ledvin a urotraktu. Při srovnání celkového počtu vyšetření provedených konvenčními metodami s metodami výpočetní tomografie lze konstatovat, že v oblasti kontrastního vyšetření jednoznačně převládá metoda CT IVU s 324 provedenými vyšetřeními oproti 20 vyšetřením provedeným metodou IVU. Tento trend odpovídá doporučení Evropské urologické společnosti (EAU) pro urolitiázu, které považuje nekontrastní CT vyšetření za přesnější metodu hodnocení podezření na urolitiázu, než je metoda IVU a rovněž doporučení EAU pro uroteliální karcinom horních vývodných cest močových, které CT vylučovací urografii považuje pro diagnostiku tohoto karcinomu za metodu s nejvyšší diagnostickou přesností z dostupných diagnostických metod. (15; 16)

Z našeho souboru pacientů bylo celkem 12 pacientů s diagnózou urolitiázy a renální koliky vyšetřeno metodou IVU, přičemž primárním vyšetřením u šesti z nich bylo nativní CT. U tří pacientů naopak bylo po provedení IVU v průběhu léčby doplňováno ještě nativní CT vyšetření, a u jednoho z nich, s diagnózou kámen ledviny, bylo doplněno i CT kontrastní vyšetření. Z popsaného je zřejmé, že se zkoumané metody doplňují a kombinují dle potřeby u daného pacienta, někdy také podle momentální dostupnosti.

Co se týče nativních metod, bylo provedeno 916 nefrogramů a 500 nativních CT vyšetření, což prokazuje, že obě metody mají v diagnostice patologií ledvin a urotraktu svou důležitost, i když těžiště každé z nich je aktuálně v jiné fázi diagnostiky. Dle publikovaných trendů pro oblast vyšetřování litiáz nativní CT vyšetření v současnosti platí za zlatý standard, a to díky možnostem výrazně

preciznější diagnostiky, kdy výpočetní tomografie vykazuje pro vyšetření urolitiázy 95 % senzitivitu, což je výrazně více než u nefrogramu, u něhož se udává diagnostická výtěžnost 57 %. Nativní nefrogram má ale svou důležitost buď v samém počátku diagnostiky obtíží pacienta jako nejrychleji a nejdříve dostupná prvotní diagnostická metoda a více je využíván také pro posouzení stavu v průběhu léčby litiázy anebo pro hodnocení efektu léčby litotrypsí v případě diagnostikovaných rentgenkontrastních konkrementů, kdy provádíme opakovaná vyšetření a je výhodné použít metodu s nižší radiační zátěží. (17)

Těmto trendům odpovídá situace v našem vzorku pacientů, z něhož bylo celkem 32 pacientů vyšetřeno pro podezření na urolitiázu nebo renální koliku. Jako primární metoda při jejich vyšetřování byl jen v devíti případech indikován nativní nefrogram a v devatenácti případech nativní CT. Z popsaných kazuistik je zřejmé, že volba indikace u obou těchto metod probíhá na základě posouzení jejího přínosu pro vyšetřovaného pacienta.

V souboru pacientů vyšetřených nefrogramem byla většina těchto vyšetření indikována pro podezření na kámen ledvin nebo močovodu a pro podezření na renální koliku, tedy při akutní obstrukci vývodného systému. Velkou skupinou pacientů vyšetřených IVU jsou pacienti s podezřením na kámen ledviny a močovodu, dále potom pacienti s neurčenou renální kolikou, a navíc pacienti vyšetření v souvislosti se zbytněním prostaty. Hlavní diagnózy pacientů vyšetřených pomocí nativního CT jsou zejména podezření na kámen ledviny nebo močovodu. Početná je i skupina pacientů s diagnózou neurčená renální kolika, tedy opět akutní indikace. Na základě zpracovaných dat by bylo možné usuzovat, že CT nativ je indikován až na výjimky pouze v případě podezření právě na tyto diagnózy. Mezi pacienty vyšetřenými CT IVU převažují pacienti s neurčenou hematurií, dále pacienti s podezřením na zhoubný novotvar ledviny

nebo močového měchýře, tedy podezření na závažnější a chronická onemocnění, ale také pacienti s podezřením na kámen ledviny nebo močovodu v komplikovanějších případech. Na základě znázorněných dat je možné usuzovat, že CT IVU je oproti ostatním sledovaným metodám indikována pro širší rozpětí patologií, což odpovídá indikačním kritériím.

Nativní nefrogram i CT nativ jsou jako první metoda indikovány pro obdobnou skupinu diagnóz, i když, co se týče počtu takto indikovaných případů, jasně dominuje indikace vyšetření CT nativ v souladu s doporučeními. Současně lze na základě porovnání konstatovat, že v případě nejasné diagnózy nebo kontrolního vyšetření má své opodstatnění jak indikace nefrográmu, tak indikace vyšetření CT nativ dle konkrétního případu. Skupiny diagnóz, u kterých jsou indikovány CT IVU i IVU, se poměrně liší. Jednoznačně lze na základě porovnání konstatovat, že v případě podezření na zhoubný novotvar, absces či nefritidu není volena IVU, protože CT IVU má pro potřeby diagnostiky širší využití.

Jelikož všechny sledované metody vyšetření jsou spojeny s radiační zátěží pacienta, je důležitým hlediskem při rozhodování o metodě vyšetření také aspekt radiační ochrany. Neznamena to však, že metoda, která pacienta při diagnostice zatíží vyšší dávkou, by neměla být indikována. Indikující odborník musí zvažovat, zda pro pacienta bude použití dávkově náročnější diagnostické metody znamenat přínos například v podobě preciznější informace, která povede k úspěšné volbě vhodné léčby. Zvýšení kvality CT vyšetření a postupný vývoj operačních i neoperačních léčebných metod vyžadujících podrobné informace o pacientovi opodstatňují použití CT vyšetření i přes vyšší radiační zátěž pacienta. I nadále však je nutností sledovat dávky z vyšetření v měřitelných veličinách a optimalizovat vyšetřovací protokoly tak, aby poskytovaly dostatečnou diagnostickou výtěžnost při co nejnižší radiační zátěži pacienta.

V těchto postupech optimalizace má zcela nezastupitelnou úlohu radiologický asistent, který nejenže spolupracuje s lékařem radiologem a klinickým radiologickým fyzikem na úpravách vyšetřovacích protokolů, ale také jako aplikující odborník dodržováním správné vyšetřovací techniky a uplatňováním pravidel na snižování radiační zátěže do značné míry ovlivňuje úroveň radiační zátěže pacienta z konkrétního vyšetření a kvalitu jeho provedení.

Porovnáním hodnot přímo měřitelných dávkových veličin u všech sledovaných metod vyšetření v rámci našeho souboru pacientů s místními a národními diagnostickými úrovněmi bylo zjištěno, že hodnoty dávkových veličin vyšetření u všech sledovaných metod až na výjimky, kdy se jednalo o pacienty mohutné konstituce s vysokým BMI, odpovídají stanoveným diagnostickým referenčním úrovním a tedy, že radiační ochrana pacientů na sledovaném pracovišti je optimalizovaná. Výsledky těchto porovnání jsou pro každou metodu graficky zpracovány v kapitole 5.3.

Na základě výpočtu hodnot efektivní dávky, které pro soubor vybraných vyšetření stanovil klinický radiologický fyzik pracoviště, bylo možné rovněž porovnat radiační zátěže z jednotlivých metod porovnáním jejich středních hodnot ve veličině efektivní dávka. Výsledky těchto porovnání jsou uvedeny v tabulkách zpracovaných v kapitole 5.4. Z výsledků porovnání je patrný řádový rozdíl mezi hodnotami efektivní dávky z nefrogramu a z nativního CT a rovněž tak mezi hodnotami efektivní dávky z IVU a CT IVU, a to vždy ve prospěch konvenčních metod zobrazení. Můžeme tak tvrdit, že u CT nativního vyšetření je přibližně 11krát vyšší radiační zátěž než při vyšetření konvenčním nefrogramem. Současně lze říci, že vyšetření intravenózní vylučovací urografií znamená 6krát vyšší zátěž než vyšetření nefrogramem, ale přibližně 2krát nižší zátěž než při nativním CT vyšetření a 6krát nižší zátěž než při vyšetření CT IVU. Nicméně dle doporučení Evropské urologické společnosti význam IVU

v diagnostice již převzaly metody výpočetní tomografie, především kvůli výrazně vyšší diagnostické přesnosti a komplexnosti informací získaných pomocí CT metod. (15)



## 7 ZÁVĚR

V této práci bylo provedeno porovnání vybraných základních metod zobrazování patologií ledvin a urotraktu. Bylo prokázáno, že konvenční metody jsou spojeny s menší radiační zátěží než metody s použitím výpočetní tomografie. Dále také, že metody nekontrastní jsou spojeny s nižší radiační zátěží oproti metodám kontrastním kvůli opakování expozic v různých fázích vylučování kontrastní látky. Výsledkem práce je i potvrzení, že metody používané na pracovištích Radiodiagnostického oddělení ÚVN jsou dávkově optimalizované. Současně byla popsána úloha radiologického asistenta včetně jeho kompetencí. Dále byl podán přehled o postupech důležitých pro management dávek, na kterých se radiologický asistent podílí společně s lékařem a radiologickým fyzikem, a jejichž součástí je i optimalizace protokolů vyšetření.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AEC	Automatic Exposure Control
ADRC	Automatic Dose Rate Control
AP	anterioposteriorní, předozaďní
ATCM	Automatic Tube Current Modulation
BMI	index tělesné hmotnosti (Body Mass Index)
CECT	Kontrastní vyšetření pomocí výpočetní tomografie
CEUS	kontrastní ultrazvukové vyšetření (Contrast Enhanced Ultrasonography)
CT	výpočetní tomografie, vyšetření pomocí výpočetní tomografie
$C_{VOL}$	objemový kermový index výpočetní tomografie, fyzikální veličina
D	dávka, fyzikální veličina
DLP	součin dávky a délky (Dose Length Product), fyzikální veličina
DRÚ	diagnostická referenční úroveň
DSA	digitální subtrakční angiografie (Digital Subtraction Angiography)
E	efektivní dávka, fyzikální veličina
F	ženské pohlaví (Female)

Gy	gray, jednotka fyzikální veličiny dávka
Hr	ekvivalentní dávka, fyzikální veličina
i.v.	intravenózní, nitrožilní (podání)
IVU	intravenózní vylučovací urografie (Intravenous Urography)
K	kerma, fyzikální veličina
KL	kontrastní látka, v kontextu práce rovněž kontrastní fáze CT vyšetření
LERV	litotrypse extrakorporální rázovou vlnou
M	mužské pohlaví (Male)
NDRÚ	národní diagnostická referenční úroveň
NG	nefrogram
MDRÚ	místní diagnostická referenční úroveň
MR	magnetická rezonance
PET	pozitronová emisní tomografie
P <sub>KA</sub>	součin kermy a plochy (Product of Kerma and Area), fyzikální veličina
P <sub>KL</sub>	součin kermy a délky (Product of Kerma and Length), fyzikální veličina

p. o.	podání ústy
RDSR	strukturovaná zpráva o radiační dávce (Radiation Dose Structured Report)
rtg	rentgenový
SG	skiografie, skiografické rentgenové vyšetření
SPECT	jednofotonová emisní tomografie
SS	skiaskopie, skiaskopické rentgenové vyšetření
Sv	sievert, jednotka fyzikální veličiny ekvivalentní dávka
TRUS	transrektální sonografie, transrektální ultrazvukové vyšetření
UZ	ultrasonografie, sonografické, resp. ultrazvukové vyšetření
U	napětí
ÚVN	Ústřední vojenská nemocnice Praha

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) MALÍKOVÁ, Hana. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. 1. vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2019. ISBN 978-80-246-4036-5.
- (2) LAMBERT, Lukáš a Andrea BURGETOVÁ. *Uroradiologie*. 1. vydání. Praha 4: Maxdorf, 2020. ISBN 978-80-7345-671-9.
- (3) SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. 1. vydání. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
- (4) ČESKÁ REPUBLIKA. Indikační kritéria pro zobrazovací metody. In: *Věstník MZ 11/2003*. Praha: SEVT, 2003, ročník 2003, částka 11.
- (5) Národní radiologické standardy - skiografie, dospělí. In: *Věstník MZ 3/2019*. Praha: SEVT, 2019, ročník 2019, číslo 3.
- (6) Národní radiologické standardy - Výpočetní tomografie. In: *Věstník MZ 2/2016*. Praha: SEVT, 2016, ročník 2016, částka 2.
- (7) SÚKUPOVÁ, Lucie. *Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2018. ISBN 978-80-247-2842-1.
- (8) ICRP 103. *ICRP 103: Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007*. 1. vydání. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2009.

- (9) PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: Fyzika ionizujícího záření*. 1. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.
- (10) ČESKÁ REPUBLIKA. Národní radiologické standardy - Radiologická fyzika. In: *Věstník MZ 6/2015*. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, 2015, ročník 2015, částka 6, číslo 6.
- (11) KOLEKTIV AUTORŮ, Vladislav KLENER, ed. *Principy a praxe radiační ochrany*. 1. vydání. Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, 2000. ISBN 80-238-3703-6.
- (12) TAPIOVAARA, M., M. LAKKISTO a A. SERVOMAA. *PCXMC: A PC based Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations*. Helsinki: Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, 1997. ISBN 951-712-176-8. ISSN 0781-1705. STUK-A139.
- (13) STAMM, G. a H. NAGEL. CT-Expo - ein neuartiges Programm zur Dosisevaluierung in der CT. *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren* [online]. 2002, 174(12), 1570-1576 [cit. 2023-05-14]. ISSN 1438-9029. Dostupné z: doi:10.1055/s-2002-35937
- (14) ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 422 ze dne 14. prosince 2016, o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. In: *Sbírka zákonů*. Česko: ISSN 1211-1244, 2016, ročník 2016, částka 172, číslo 422.
- (15) SKOLARIKOS, A., H. JUNG, A. NEISIUS, A. PETŘÍK, B. SOMANI, T. TAILLY a G. GAMBARO. *EAU Guidelines on Urolithiasis: Edn. presented at*

*the EAU Annual Congress Milan 2023* [online]. Arnhem: EAU Guidelines Office, Arnhem, The Netherlands, 2023 [cit. 2023-05-16]. ISBN 978-94-92671-19-6. Dostupné z: <http://uroweb.org/guidelines/compilations-of-all-guidelines/>

- (16) ROUPRET, M., P. GONTERO, A. BIRTLE et al. *EAU Guidelines on Upper Urinary Tract Urothelial Carcinoma: Edn. presented at the EAU Annual Congress Milan 2023* [online]. Arnhem: EAU Guidelines Office, Arnhem, The Netherlands, 2023 [cit. 2023-05-11]. ISBN 978-94-92671-19-6. Dostupné z: <http://uroweb.org/guidelines/compilations-of-all-guidelines/>
- (17) KRÁL, Milan, Filip ČTVRTLÍK, Jaromír PTÁČEK, František HRUŠKA a Michaela MOTOLOVÁ. New trends in diagnostics and therapy of urinary stones - the role of CT examination. *Urologie pro praxi* [online]. 2020, **21**(2), 57-61 [cit. 2023-05-10]. ISSN 12131768. Dostupné z: [doi:10.36290/uro.2020.024](https://doi.org/10.36290/uro.2020.024)

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1- Závislost střední hodnoty PKA na jednu expozici na hodnotě BMI pro skupinu pacientů IVU.....	71
Obrázek 2 – Závislost hodnoty $P_{KL}$ při jednom vyšetření na hodnotě BMI pro skupiny pacientů vyšetřených CT nativ a CT IVU.....	73
Obrázek 4 - Hodnoty PKA pro nativní nefrogram – Srovnání s MDRÚ a NDRÚ	75
Obrázek 5 - Hodnoty $P_{KA}$ pro vyšetření IVU – Srovnání s NDRÚ.....	76
Obrázek 6 - Hodnoty $P_{KL}$ pro vyšetření CT nativ– Srovnání s MDRÚ a NDRÚ ...	77
Obrázek 7 - Hodnoty $P_{KL}$ na jednu KL fázi pro vyšetření CT IVU– Srovnání s MDRÚ a NDRÚ.....	78
Obrázek 8 - Histogram vypočtených hodnot E pro NG a CT nativ.....	79
Obrázek 9 - Histogram vypočtených hodnot efektivní dávky E pro vyšetření IVU a CT IVU .....	80
Obrázek 10 - Nefrogram – Přehled počtu indikovaných vyšetření v závislosti na diagnóze.....	82
Obrázek 11 - IVU – Přehled počtu indikovaných vyšetření v závislosti na diagnóze.....	83
Obrázek 12 – CT nativ – Přehled počtu indikovaných vyšetření v závislosti na diagnóze.....	84
Obrázek 13 - CT IVU – Přehled počtu provedených vyšetření v závislosti na diagnóze.....	86
Obrázek 14 - Celkový přehled diagnóz .....	87
Obrázek 15 - Nefrogram jako primárně indikovaná metoda .....	91
Obrázek 16 - CT nativ jako primárně indikovaná metoda .....	92
Obrázek 17 - Porovnání diagnóz – Primární indikace CT nativ vs. NG.....	92
Obrázek 18 - IVU jako primárně indikovaná metoda .....	93
Obrázek 19 - CT IVU jako primární vyšetřovací metoda.....	94
Obrázek 20 - Porovnání diagnóz – Primární indikace CT IVU vs. IVU.....	94



## 11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 - Přehled metod používaných pro diagnostiku patologií ledvin a urotraktu .....	33
Tabulka 2 - Tkáňové váhové faktory $w_T$ dle ICRP 103 (8) .....	50
Tabulka 3 - Přehled použitých diagnostických zařízení .....	53
Tabulka 4 - Počet vyšetření sledovanými metodami za rok 2022 .....	54
Tabulka 5 - Nefrogram – Stanovení radiační zátěže na jedno vyšetření.....	56
Tabulka 6 - Nefrogram – Stanovení BMI a radiační zátěže na pacienta .....	57
Tabulka 7 - Nefrogram – Přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů .....	58
Tabulka 8 - IVU – Stanovení radiační zátěže na jedno vyšetření .....	59
Tabulka 9 - IVU – Stanovení BMI a radiační zátěže na pacienta.....	60
Tabulka 10 - IVU – Přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů.....	61
Tabulka 11 - CT nativ – Stanovení radiační zátěže na jedno vyšetření .....	62
Tabulka 12 - CT nativ – Stanovení BMI a počet absolvovaných vyšetření na pacienta.....	63
Tabulka 13 - CT nativ – Přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů.....	65
Tabulka 14 - CT IVU – Stanovení radiační zátěže na jedno vyšetření* .....	66
Tabulka 15 - CT IVU – Stanovení BMI a počet absolvovaných vyšetření na pacienta.....	67
Tabulka 16 - CT IVU – Přehled diagnóz vyšetřovaných pacientů .....	68
Tabulka 17 - Charakteristiky souborů pacientů vyšetřených NG a IVU .....	69
Tabulka 18 - Charakteristiky souborů pacientů s vyšetřením CT nativ a CT IVU .....	72
Tabulka 19 - Přehled MDRÚ a NDRÚ pro porovnávaná vyšetření.....	74
Tabulka 20 - Porovnání hodnot E pro skupiny pacientů vyšetřených NG a CT nativ .....	79
Tabulka 21 - Porovnání hodnot E pro skupiny pacientů vyšetřených IVU a CT IVU .....	81

Tabulka 22 - Indikace nefrogramu – Porovnání dle diagnóz .....	81
Tabulka 23 – Indikace IVU – Porovnání dle diagnóz .....	83
Tabulka 24 - Indikace CT nativ – Porovnání dle diagnóz .....	84
Tabulka 25 - Indikace CT IVU – Porovnání dle diagnóz.....	85
Tabulka 26 - Porovnání sledu indikovaných vyšetřovacích metod u jednotlivých pacientů .....	88