

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Petr Choniawko



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství  
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**

**Radiační zátěž u dětských pacientů při léčbě nefroblastomu  
(Wilmsova nádoru)**

**Radiation load in children with nephroblastoma (Wilms tumor) during  
diagnostic and follow up procedures**

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Radiologický asistent

Autor práce: Petr Choniawko

Vedoucí práce: MUDr. Josef Mališ

---

**Kladno 2016**

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2015/2016

## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student: **Petr Choniawko**  
Obor: Radiologický asistent  
Téma: **Radiační zátěž u dětských pacientů při léčbě nefroblastomu (Wilmsova nádoru)**  
Téma anglicky: Radiation Load in Children with Nephroblastoma (Wilms Tumor) During Diagnostic and Follow Up Procedure

Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce bude analýza a zpracování dat, ze kterých bude možné porovnat radiační zátěž jednotlivých dětských pacientů v závislosti na zvolených léčebných postupech. V obecné části se bude pojednávat o současném léčebném postupu diagnózy dětských pacientů se započatou léčbou od roku 2006 do roku 2015, léčených na KDHO ve Fakultní nemocnici Motol. V praktické části se bude práce zabývat srovnáváním celkové dávky, kterou pacienti obdrželi v průběhu své léčby. V případě, že se budou dávky jednotlivých pacientů výrazně lišit, bude možné dohledat příčinu. Cílem práce je najít způsob, jak snížit výslednou radiační zátěž dětských pacientů během léčby.

Seznam odborné literatury:

- [1] ADAM, Zdeněk, Marta KREJČÍ a Jiří VORLÍČEK, Speciální onkologie: příznaky, diagnostika a léčba maligních chorob, Praha: Galén, 2010, 417 s., 1. vyd., ISBN 978-80-7262-648-9  
[2] ADAM, Zdeněk, Marta KREJČÍ a Jiří VORLÍČEK, Obecná onkologie, Praha: Galén, 2011, 394 s., 1. vyd., ISBN 9788072627158  
[3] , Nephroblastoma, JOSEF MALIŠ, KAREL ŠVOJGR, VLADIMÍRA JEŘÁBKOVÁ, SOŇA CYPROVÁ, MARKÉTA CHURÁČKOVÁ, VRATISLAV ŠMELHAUS, JIŘÍ RADVANSKÝ, MARIE ZÍTKOVÁ, ROMAN KODET, et al. , [-30-Years Period of its Treatment in the University Hospital Motol], Prague.Klinicka onkologie [online]. , [Citováno 2013, 26(5): 336-342 [cit. 2015-10-28]], Přístupné z: DOI: 10.14735/amko2013336

zadání platné do: 30.09.2017

Vedoucí: MUDr. Josef Mališ

.....  
vedoucí katedry / pracoviště

.....  
děkan

V Kladně dne 22.02.2016

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem

Radiační zátěž u dětských pacientů při léčbě nefroblastomu (Wilmsova nádoru)

vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

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).

V Kladně dne 20. 05. 2016

.....

Petr Choniawko

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce panu MUDr. Josefu Mališovi za cenné rady a připomínky k práci a paní Ing. Kateřině Daníčkové za konzultace problematiky v oblasti radiologické fyziky.

## **ABSTRAKT:**

Práce se zabývá problematikou radiační zátěže při léčbě nefroblastomu. Práce popisuje současný léčebný postup z pohledu radiologického asistenta. Metoda práce je založená na analýze léčebného protokolu, výpočtu současné radiační zátěže pacientů a následné diskuze nad možnostmi, které by mohly vést ke snížení celkové efektivní dávky při zachování účinnosti léčby.

## **KLÍČOVÁ SLOVA:**

radiační zátěž, nefroblastom, zobrazovací metody

## **ABSTRACT:**

This thesis deals with the radiation load in the treatment of nephroblastoma. The thesis aims to describe the current therapeutic approach from the perspective of radiology assistant. The working method is based on analysis of the treatment protocol, calculating the present radiation load of patients and the subsequent discussion of the possibilities, which could lead to a reduction in the total effective dose while maintaining the effectiveness of treatment.

## **KEY WORDS:**

Radiation load, nephroblastoma, imaging methods

# Obsah

1	Úvod.....	8
2	Historie a současnost oboru dětská onkologie .....	10
2.1	Nádorové onemocnění v dětském věku .....	11
3	Nefroblastom .....	13
3.1	Klinický obraz onemocnění .....	14
3.2	Diagnostika nefroblastomu .....	14
3.3	Zobrazovací metody při diagnostice a léčbě nefroblastomu.....	15
3.3.1	Ultrazvuk .....	15
3.3.2	RTG .....	16
3.3.3	CT .....	16
3.3.4	Magnetická rezonance .....	17
3.4	Léčba a prognóza onemocnění v průběhu vývoje.....	19
4	Praktická část .....	23
4.1	Cíl práce .....	23
4.2	Hypotézy .....	23
4.3	Metodika práce.....	23
5	Výsledky .....	26
6	Kazuistiky .....	34
6.1	pacientka BN.....	34
6.2	pacientka TE.....	36
6.3	pacientka DS .....	37
6.4	pacient DZ.....	38
6.5	pacientka HE .....	40
6.6	pacient JD.....	41
6.7	pacientka ZA .....	42
6.8	pacient SM .....	43
6.9	Diskuse.....	44
7	Závěr .....	48
	Seznam použité literatury .....	51
	Seznam symbolů a zkratek .....	53
	Seznam obrázků.....	54
	Seznam tabulek.....	55



# 1 Úvod

Ve své práci se zabývám problematikou radiační zátěže u dětí léčených na KDHO FN v Motole s diagnózou nefroblastom (někdy nazývanému Wilmsův nádor). Jde o nádor, který je znám již téměř dvě století. Představuje 6 - 7 % všech maligních dětských nádorů. Nejčastěji se nefroblastom diagnostikuje u dětí mladších 5 let, ale může se vyskytnout i u mladších dospělých. Postižení chlapců a děvčat je stejně časté. Od doby, kdy německý doktor Max Wilms poprvé popsal nefroblastom, došlo k mnoha změnám v léčebném postupu. Z původních 10 % vyléčených pacientů se nefroblastom stal jednou z nejlépe léčitelných malignit, podíl plně uzdravených pacientů dosahuje až 90 %. Tento úspěch je spjatý s vývojem mnoha technologií i vznikem nadnárodní organizace SIOP (Société Internationale d'Oncologie Pédiatrique, International Society of Pediatric Oncology) v Evropě a NWTS (National Wilms Tumor Study) v USA. Obě společnosti fungují dodnes a v průběhu let vydaly mnoho studií, na základě kterých se formoval a formuje současný léčebný postup. S onkologickým onemocněním u dětí a s jejich léčbou jsem se setkal jako dobrovolník na KDHO, transplantační jednotce. V rámci studia oboru RA jsem se začal zajímat o zobrazovací metody v onkologii a úlohu RA při diagnostice a radioterapii. Dostal jsem příležitost zpracovat z dokumentace KDHO soubor pacientů, kteří podstoupili léčbu WN. Zpracované údaje budou k dispozici lékařům KDHO, s využitím v dispenzarizaci a pro další zpracování.

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou. V teoretické části se nejprve zmiňuji o historii a současnosti dětské onkologie, dále popisuji klinický obraz nemocného dítěte a charakteristiku nefroblastomu. V další kapitole se věnuji léčebnému postupu nefroblastomu a metodám využitých během léčby. Následující kapitolu věnuji roli RA při léčbě onkologicky nemocného dítěte, popisuji rozdíly mezi vyšetřením dětí a dospělých. V praktické části zpracovávám získané statistické údaje s cílem najít možnosti snížení výsledné radiační zátěže.

Data jsem získával ze zdravotnické dokumentace pacientů sledovaných v období od roku 2006 do roku 2015, léčených pro nefroblastom. Pro práci s dokumentací mně byl udělen souhlas právním oddělením a vzdělávacím střediskem ve FNM. Zpracováním poskytnutých dat jsem zjistil počet provedených vyšetření s využitím ionizujícího záření a jejich dávky. Ze získaných dat byla provedena analýza. Všechny údaje byly statisticky zpracovány a zaneseny do tabulek a grafů. Cílem výzkumného šetření bylo zjistit rizikové

jedince s vysokou radiační zátěží a posoudit, jaké možnosti by vedly k jejímu snížení v budoucích případech.

## 2 Historie a současnost oboru dětská onkologie

Nádorová onemocnění jsou problémem současné společnosti. Postihují jedince v každém věku, od narození až do vysokého stáří. Mohou vzniknout ze všech tkání a mohou postihnout kterýkoliv orgán či systém. Nádorové onemocnění rozdělujeme podle mnoha hledisek. Jedním z důvodů vzniku oboru dětské onkologie bylo zjištění rozdílnosti nádorů dospělých a dětských.

V druhé polovině 20. století došlo k nárůstu nádorových onemocnění a hned po traumatech bylo druhou nejčastější příčinou úmrtí u dětí. Nárůst nádorových onemocnění u dětí i odlišnost nádorů ve srovnání s dospělými urychlilo vznik oboru dětské onkologie a vybudování specializovaného pracoviště dětské onkologie. S tím došlo k rozvoji i specializace pediatr- dětský onkolog.

Současná doba přinesla vhodné kombinace a více léčebných způsobů, kterými lze dosáhnout vyléčení řady nádorových onemocnění. Při podezření na nádorové onemocnění v dětském věku jsou děti odesílány na specializované onkologické centra. V ČR máme dvě specializovaná dětská onkologická centra, v Praze a v Brně. Stále se rozvíjející obor dosahuje výborných léčebných výsledků.

Pracoviště FNM je od roku 1988 zařazeno do celoevropské nadnárodní studie. To znamenalo zavedení tehdy platného léčebného protokolu, který využíval předoperační chemoterapii pro přípravu na chirurgický výkon. Předchozí studie SIOP prokázaly jednoznačnou odpověď nádorové tkáně na předoperační chemoterapii. Výsledkem chemoterapie je snížení počtu peroperačních ruptur ložiska. (podle Mališe, 30 let léčby)

Současný léčebný protokol je platný od roku 2001. Je sestaven na základě výsledků předcházejících studií od vzniku SIOP, a do současnosti zůstal nezměněn. Pro účely této práce zmíním závěr studie z let 1977 - 1999. "Chemotherapy is comparable to radiotherapy in efficacy of preparing the tumor for surgery. Due to fewer late effects, it is preferable to use chemotherapy rather than radiotherapy" (SIOP, 2001, str. 8).

## 2.1 Nádorové onemocnění v dětském věku

Příčiny vzniku nádorů u dětí a adolescentů jsou většinou neznámé. Rizikovými faktory při vzniku některých nádorů mohou být virové infekce, chemické karcinogeny, vrozené nebo dědičné onemocnění, ionizující záření. Často to bývají kombinace vrozených dispozic a vliv vnějšího prostředí, které ovlivňují vznik nádorového onemocnění. Predispozicí vzniku nádorů u dětí a adolescentů bývají vrozené a dědičné vady, ke kterým například patří mutace jednoho genu, chromozomální aberace, vrozené defekty imunity a další. Dětský pacient léčený pro onkologické onemocnění patří do rizikové skupiny jedinců s možnými pozdními následky protinádorové léčby.

### **Přehled možných pozdních následků protinádorové léčby:**

- Poruchy růstu a vývoje
- Poškození kůže
- Poškození zraku a skeletu obličeje
- Poškození dentice, slinných žláz
- Poškození štítné žlázy
- Poškození jater
- Poškození plic a pleury
- Poškození trávicího ústrojí
- Poškození močové soustavy
- Poškození gonád
- Poškození imunitního systému
- Vznik sekundárních nádorů

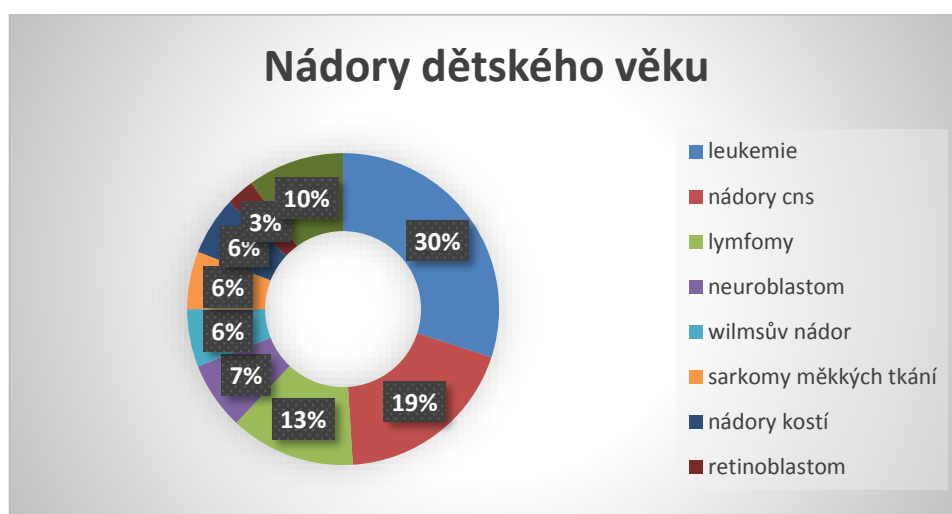
(KOUTECKÝ, 2004, str. 251)

Procento sekundárních nádorů se pohybuje v rozmezí 1 - 20 %. Může vzniknout za různě dlouhé období po ukončení léčby primárního nádoru následkem karcinogenního vlivu provedené protinádorové léčby (chemoterapie, radioterapie) nebo může být projevem genetické dispozice. S nárůstem počtu vyléčených pacientů se předpokládá větší výskyt nádorů sekundárních. To je jeden z důvodů povinnosti dispenzarizovat celoživotně nemocné po onkologické léčbě. (KOUTECKÝ, 2004, str. 16)

Mezi nádorovými onemocněními dospělých a dětí pozorujeme řadu značných rozdílů. Jsou patrné v biologii nádorů, histogenezi, lokalizaci i symptomatologii.

Tato skutečnost vedla ke vzniku dětské onkologie jako samostatného oboru, protože nelze aplikovat onkologii dospělých na děti.

Za jeden z nejvýznamnějších rozdílů považujeme rychlý růst nádoru i časná a častá metastazování. Čím mladší je dítě, tím je tento proces rychlejší, v závislosti na fyziologické růstové rychlosti tkání a orgánů. Následkem je bohatá neovaskularizace, která je odpovědí na vysoké nároky nádorové tkáně na zásobování kyslíkem a živinami. Tento proces má za následek větší fragilitu nádorové tkáně, která vede ke snadné traumatizaci a následnému metastazování. Dalším rozdílem je histogeneze dětských nádorů. V dospělém věku se setkáváme s nádorovými onemocněními, které převážně vycházejí z ektodermální nebo entodermální tkáně (85 % všech nádorů dospělých jsou karcinomy). U dětí vzniká většina z krve tvorné tkáně, neuroektodermu a mezodermu. Tato skutečnost vysvětluje rozdíly v lokalizaci nádorů dospělých a dětí. Zatímco u dospělých sledujeme častěji postižení orgánů jako např. plíce, prostata, děloha, u dětí je převážné výskyt spojený s krve tvornou soustavou (leukemie a lymfomy), nervovou tkání (neuroblastom) a nádory mezenchymálního původu (kosti a měkké tkáně). V symptomatologii pozorujeme u dospělých lokální projevy, zejména na počátku onemocnění, zatímco u dětí sledujeme projevy celkové a nespecifické, tím více čím je dítě mladší. Patří mezi ně změna charakterů (ztráta zájmů, nezáměr o kamarády, hry), změny v chování, únava, malátnost, nechutenství, poruchy spánku, nevysvětlitelné subfebrility aj. K nim se teprve v průběhu onemocnění přidružují lokální projevy. (KOUTECKÝ, 2002, str. 17)



Obrázek 1 Výskyt dětských onkologických onemocnění

### 3 Nefroblastom

Nefroblastom je onemocnění známé téměř dvě století. Typickým rysem je jeho spojitost s vrozenými malformacemi, jako jsou hemihypertrofie, aniridie, kryptorchismus, ren duplex, ren arcuatus, gonadální dysgeneze, malformace urogenitální soustavy, ureter fissus a další. Vychází obvykle z jednoho ložiska, přibližně v 7 % případů postihuje obě ledviny. Vzácně pozorujeme výskyt extrarenálního ložiska, nejčastěji v oblasti retroperitonea v blízkosti ledviny. Nádor zpravidla doprovází cisty a nekrózy. Nefroblastom je většinou trifazický, obsahuje složku epitelární, blastémovou a stromální. Existuje ale skupina prognosticky nepříznivých podtypů, tvoří asi 15 % všech případů. Uvádí se anaplastický typ, charakteristický svojí incidencí relapsu (až 50 %), hyperdiploidní mitózou, dvojnásobným až trojnásobným zvětšením jader a provázenou hyperchromázií. Dalším podtypem je sarkom ze světlých buněk, který sdílí místo původu a věk výskytu s nefroblastomem, ačkoliv není považován za skutečnou variantu nefroblastomu. Projevuje se metastazováním do kostí a mozku. Rabdoidní nádor ledviny představuje vysoce agresivní nádor ledviny, postihuje především kojence a batolata. Buňky, ze kterých tento nádor vychází, nejsou známy, úmrtnost pacientů dosahuje 80 % i přes agresivní léčbu. (KOUTECKÝ, 1997, str. 204)

Pro úspěšnou léčbu je důležité rozdělit a definovat nádor nejen podle těchto typů, ale také určit míru jejich rizikovosti a klinické stádium. Jako nízkorizikový (low risk) nádor považujeme kompletně nekrotizovaný nefroblastom, vysoce rizikový (high risk) blastemální a středně rizikové (intermediate risk) ostatní případy. (SIOP, 2001, str. 113)

#### **Následující definice charakterizují jednotlivá klinická stádia nefroblastomu:**

- I. KS:** Nádor omezen na ledvinu, zcela resekován a odstraněn bez jakéhokoliv rezidua, pouzdro ledviny je neporušené, nádor neperforoval při operaci, nešíří se do ledvinného sinu.
- II. KS:** Nádor prorůstá skrz pouzdro, ale je zcela resekován; nádor se může šířit do renálního sinu, extrarenální cévy mohou být infiltrovány nádorem, nebo mohou obsahovat nádorový trombus.
- III. KS:** Nádor nebyl kompletně odstraněn, jsou přítomna intraabdominální rezidua: lymfatické uzliny, perforace nádoru, peritoneální implantáty; nádor prorůstá makro nebo mikroskopicky k hranicím resekatu.

**IV. KS:** Přítomnost hematogenních metastáz v plicích, játrech, kostech, mozku, apod.

**V. KS:** Oboustranné nádory ledvin. (MALIŠ, 2013, str. 338)

### **3.1 Klinický obraz onemocnění**

Příznaky nefroblastomu jsou nevýrazné. Důvodem k návštěvě lékaře může být nápadné zvětšení objemu břicha, kterého si všimnou rodiče, jindy je nádor objeven při preventivní prohlídce. Při vyšetření je hmatná rezistence, která bývá často nebolestivá. Někdy se nádor projevuje nechutenstvím, nauzeou, průjmem, zácpou nebo únavou. Tyto příznaky zahrnujeme pod název gastrointestinální poruchy. Jindy se onemocnění může projevit subfebriliemi nejasného původu. U 10 - 30 % pacientů provází nefroblastom hematurie (někdy pouze přechodná), která může poukázat k infiltraci ložiska do dutého systému ledviny. Častým příznakem bývá hypertenze, která se objevuje u 25 % dětí. Nefroblastom se také velmi často manifestuje celkovými nespecifickými příznaky. Patří sem celkové příznaky, které mohou provázet řadu onemocnění nenádorové etiologie. Bývá to například zhoršené prospívání dítěte, poruchy psychických a motorických schopností, pobolívání břicha, pocení, svědění, recidivující infekce apod. (ADAM, 2010, str. 369)

### **3.2 Diagnostika nefroblastomu**

Pacient s podezřením na nefroblastom zahajuje proces řadou vyšetření. Prvním krokem u stanovení diagnózy pro jakékoliv onemocnění je odebrání osobní i rodinné anamnézy a vstupní vyšetření. Při podezření na nefroblastom je důležitá opatrnost při palpačním vyšetření z důvodu možné ruptury nádoru, která by vedla k vážným komplikacím. Z laboratorních vyšetření se provádí hematologické a biochemické vyšetření a analýza moče. Pokud nehrozí změna klinického stádia, je možné provést biopsii za účelem histologického vyšetření.

Z oblasti práce radiologického asistenta jde o vstupní ultrazvukové vyšetření, které umožňuje odlišit cystu od nádoru (tedy potvrdit diagnózu), může odhalit malá ložiska na protější ledvině a dále zhodnocuje stav před operací. V případě nejasných výsledků je dle protokolu indikováno CT břicha, ve FNM je tendence pro tyto případy využívat MRI. Dalším prvkem jsou pravidelné kontroly snímky PA plic, za účelem odhalit případné plicní metastázy. V případě podezření je indikováno CT plic. (SIOP, 2001, str. 53) (KOUTECKÝ, 1997, str. 207)

### 3.3 Zobrazovací metody při diagnostice a léčbě nefroblastomu

Zobrazovací metody mají v dnešní medicíně nezastupitelnou úlohu. Podílí se na nejrůznějších vyšetřeních. Patří sem vstupní vyšetření, předoperační zobrazení, pooperační kontroly, cílená vyšetření za účelem potvrdit nebo vyvrátit podezření závažnější nemoci, traumatologické protokoly při vážných úrazech a nehodách a řada dalších. V závislosti na požadavku spjatým s konkrétním případem se volí vhodná metoda, přičemž se kromě požadovaného obrazu dbá na minimalizaci radiační zátěže, která na daných vyšetřeních pacienta postihuje. Snižovat zátěž se dá v zásadě dvěma způsoby, jednak nalezením kompromisu ve volbě metody (tj. využití klasické RTG skiografie, pokud je její výstup plně dostačující pro zhodnocení, CT využití například pouze v případě, kdy RTG skiografie poukáže na možné plicní metastázy), jednak v technologickém pokroku zařízení a optimalizaci vyšetřovacího protokolu v závislosti na požadavku vyšetření. Zatímco první možnost závisí na rozhodnutí lékařů, stavu nemocného, možnostech postupu u konkrétní diagnózy, druhá cesta je závislá spíše na finančních možnostech daného pracoviště, a konstrukčních možnostech přístroje pro modernizaci (například jestli je nutné vyměnit celý přístroj, nebo je možnost jen modernizovat jednotlivé komponenty, například detektory a software). Snížení radiační zátěže je ale v takovém případě dosaženo celoplošně pro danou modalitu. (KOUTECKÝ, 2004, str. 111)

Mezi základní zobrazovací metody využívané v diagnostice a léčbě nefroblastomu patří:

- UZ
- RTG
- CT
- MRI

#### 3.3.1 Ultrazvuk

Patří k základním vstupním vyšetřením pro diagnostiku nefroblastomu. Jde o vyšetření břicha. Zásadní výhody této metody jsou především nízké pořizovací náklady a nulová radiační zátěž. S jeho pomocí lze bezpečně odlišit cystu od nádoru, dokáže odhalit malé ložiska na protější ledvině, abdominální metastázy, tromby a další. Slouží také ke zhodnocení velikosti ledviny před a po předoperační chemoterapii. Principem ultrazvukového vyšetření je využití akustického vlnění o vysokých, pro lidské ucho neslyšitelných frekvencí (nad 20 kHz). Pro lékařské využití se používá akustické vlnění



s frekvencí 2 - 18 MHz. Hlavice sondy je osazená destičkami z vhodného materiálu, nejčastěji z křemene nebo syntetických látek, které se za pomoci piezoelektrického jevu deformují a generují mechanické vlnění. Ultrazvukové vlny se odráží od přechodů mezi tkáněmi, v závislosti na jejich akustické impedanci. Ultrazvuk se vysílá v krátkých impulzech, s danou frekvencí opakování, s cílem vyhodnotit intenzitu a čas návratu odražené vlny. Přijatá data se dále počítačově upravují (zesílení signálu jako kompenzace exponenciálního úbytku intenzity), za účelem vytvoření dostačujícího obrazu. Při hodnocení nefroblastomu je důležité dbát na jeho křehkost, je tedy nutné provádět vyšetření jemně kvůli hrozící ruptuře. Pro stanovení optimálního postupu je důležité zhodnotit velikost ledviny, zjistit přítomnost krvácení nebo jiné tekutiny, určit rozsah nekrózy a stav dutého systému ledviny. (SEIDL, 2012, str. 39)

### **3.3.2 RTG**

Skiografie patří mezi základní zobrazovací metody. Přednost této metody spočívá v její jednoduchosti provedení a nízké radiační zátěži ve srovnání s jinými modalitami. Princip vyšetření spočívá ve využití rentgenového záření, které dokáže projít tkáněmi lidského organismu. Záření vzniká dopadem elektronů z rozžhavené katody na ohnisko anody, kde se většina jejich energie přemění na teplo, a část pak na RTG záření. Při prostupu lidskou tkání se jeho část absorbuje a dopadá na detektor umístěný za pacientem. Každá tkáň má jiné absorpční vlastnosti, proto lze ze zachycených fotonů vytvořit obraz, který poskytuje odpovídající informace o velikosti i umístění zobrazovaných struktur. Při léčbě nefroblastomu se nejčastěji setkáváme s PA snímky plic, které se zhotovují pravidelně jako součást kontroly, za účelem sledovat vznik případných plicních metastáz. U pacientů vyšetřovaných v minulosti se setkáme se i s vylučovací urografií, která se dnes již neprovádí, s dostupností současných vyšetřovacích metod vymizel jakýkoliv přínos pro léčbu nefroblastomu. (SEIDL, 2012, str. 22)

### **3.3.3 CT**

Z vyšetření s významnějším podílem na radiační zátěži se u nefroblastomu setkáváme při vyšetření výpočetní tomografií. Metoda našla nespočet možností uplatnění brzy po svém objevení. Motivace pro vznik metody vzešla ze základního nedostatku skiagrafického snímku, tedy planárního zobrazení se sumací. S objevem výpočetní tomografie jsou spjatá

dvě jména, Brit Godfrey Newbold Hounsfield a Allan McLeod Cormack. Oba získali za objev Nobelovu cenu. První přístroje zpracovávaly výpočet jednoho řezu až 20 minut, přičemž akvizice probíhala otočením celé gantry kolem pacienta, následnému posunu pacienta o jednu pozici a poté dalším otočením celé soustavy. Dnes se jedná o sofistikovanou metodu, která umožňuje sestavit přesný obraz zachycující tkáňové struktury v prostoru v průběhu několika sekund. Zpravidla se využívá zpracování axiálních, koronárních a sagitálních řezů, ale ze získaných dat je možné v případě potřeby vyhotovit trojrozměrnou projekci ze snímané oblasti. Soustava rentgenky a sady detektorů rotují kolem pacienta, v sekvenčním nebo rotačním (helikálním) nastavení dle zvoleného protokolu. Následně probíhá zpracování sesbíraných dat a rekonstrukce obrazu do podoby axiálních, koronárních a sagitálních řezů, nebo následné tvorby 3D modelu. Během vývoje výpočetní tomografie došlo k mnoha změnám, které vedly k zrychlení vyšetření i snížení radiační zátěže. Tento vývoj pokračuje dodnes, a lze očekávat další významné snižování radiační zátěže na pacienty s nástupem nových technologií. Samotný průběh vyšetření začíná uložením pacienta a nastavením přístroje na vyšetřovanou oblast, provede se náběh topogramu (někdy nazývanému scanogram), na kterém se v softwaru vybírá rozsah vyšetřované oblasti a přizpůsobuje se vyšetřovací protokol dle požadavků lékaře a se snahou snížit odhadovanou dávku pacienta na minimum. V závislosti na typu vyšetření lze podat kontrastní látku. Při léčení nefroblastomu je podle protokolu SIOP indikováno CT v případech, kdy RTG plic vykazuje podezření na plicní metastázy, nebo pokud výsledky z ultrazvuku nejsou dostačující k jednoznačnému určení diagnózy či stádia onemocnění. Ve FNM je snaha CT břicha u nefroblastomu nahradit zobrazením na magnetické rezonanci. Důvodem je úsilí snížit vysokou radiační zátěž z CT. V současnosti se CT břicha provádí v urgentních případech, nebo pokud není magnetická rezonance dostupná z důvodů kapacity. (SEIDL, 2012, str. 46)

### **3.3.4 Magnetická rezonance**

Významné zastoupení v diagnostických metodách má magnetická rezonance. Jedná se o nejnovější metodu, která dokáže vytvořit obraz bez využití ionizujícího záření. Zatím nebyly objeveny žádné vedlejší účinky při tomto vyšetření, které by vedly k pozdním nežádoucím komplikacím. Jev magnetické rezonance byl předpovězen již v roce 1920, skutečně objeven byl ale až později vědci Purcellem a Blochem v roce 1952. Pro lékařské účely získal objev význam až po využití Fourierovy transformace v 60. letech 20. století

a zavedení supravodivých magnetů v 70. letech 20. století. Od 90. let pak sledujeme vývoj 3D a jiných kombinovaných metod MRI. ([www.popular.fbmi.cvut.cz](http://www.popular.fbmi.cvut.cz))

Princip magnetické rezonance spočívá ve využití magnetického momentu takových atomů, které mají lichý počet protonů. Nejlepší prvek pro využití tohoto jevu je vodík, který je tvořen jedním protonem v jádře a zároveň je hojně zastoupen v tkáních lidského těla, protože je součástí vody. Teoreticky lze využít všechny prvky s lichým počtem protonů v jádře, jako například uhlík, sodík nebo fosfor. Jádra těchto atomů jsou charakterizována svým magnetickým momentem. Jádra jsou v přirozeném prostředí orientována náhodně. Pokud jsou ale vystavena vlivu silného magnetického pole, dochází k orientaci jejich magnetických momentů paralelně nebo antiparalelně. Součtem vektorů jednotlivých magnetických momentů získáme výslednou magnetizaci. Tento vektor obíhá osu ve vnějším magnetickém poli s Larmorovou frekvencí. Pro vyvolání magnetické rezonance je nutné excitovat atomová jádra radiofrekvenčním pulzem s frekvencí odpovídající jejich frekvenci precese. Aplikací radiofrekvenčního pole, ve směru kolmém k směru hlavního (longitudinálního) magnetického pole vzniká transversální magnetizace. Ve chvíli, kdy odezní radiofrekvenční pulz, obíhá výsledný vektor magnetizace precesním pohybem kolem statického magnetického pole a je detekován na přijímací cívce.

Po odeznění radiofrekvenčního pulzu se jádra vrací zpět do paralelního nebo antiparalelního uspořádání vlivem longitudinální magnetizace. Každý prvek má jiný zotavovací (relaxační) čas. Tento proces se měří jako T1 relaxační čas, a je definovaný jako doba, za kterou dojde k zotavení 63 % longitudinální magnetizace. Čím kratší je T1 relaxační čas látky, tím více signálu poskytuje. Druhý způsob měření je pomocí T2 relaxačního času, který je definovaný jako doba, za kterou poklesne transversální magnetizace z maxima na 37 % původní hodnoty. Zde platí, že čím kratší je relaxační čas T2, tím méně signálu látka poskytuje. "Radiofrekvenční pulz způsobí absorpci energie jádry, která přejdou do excitovaného stavu. Jádra se mohou vrátit do základního stavu tím, že předají jejich přebytečnou energii do okolí, které je nazýváno lattice (mřížka)."

(SEIDL, 2012, str. 55)

Vyšetřování je založené na periodickém vysílání radiofrekvenčních pulzů a následnou detekcí požadovaného signálu. Interval vysílání jednotlivých pulzů je označený jako Time repeat [TR]. Pro vyšetřování na magnetické rezonanci se využívá řady dalších nastavení v závislosti na požadavky vyšetření, jako jsou například spin echo sekvence,

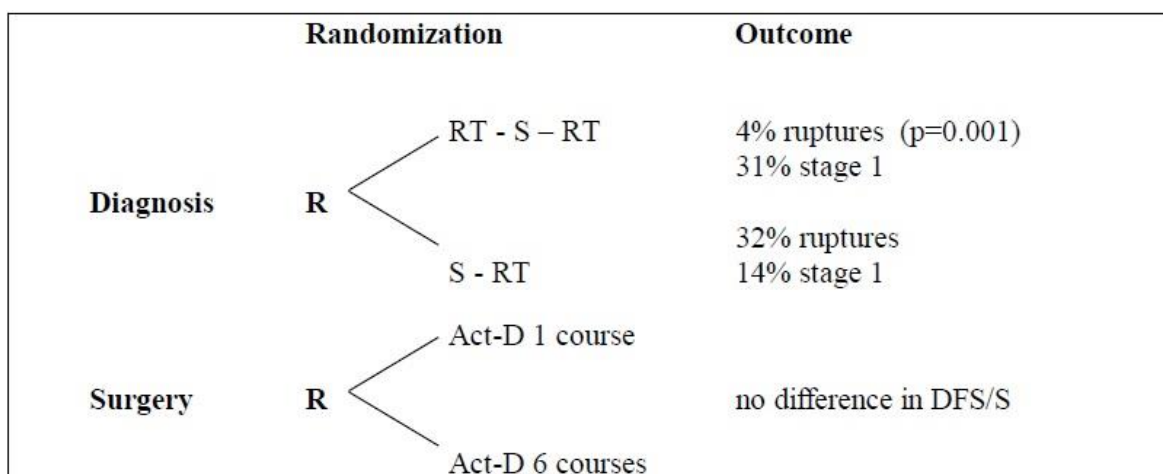
gradient echo sekvence, sekvence s potlačením tuku, sekvence s potlačením vody a další. (SEIDL, 2012, str. 56)

### **3.4 Léčba a prognóza onemocnění v průběhu vývoje**

V době objevení nefroblastomu, na začátku 20. století bylo možné nádor jen operovat. Nebyla k dispozici žádná z dnes nenahraditelných metod radiodiagnostiky ani radioterapie. Procento pacientů, kteří přežili, se pohyboval kolem 10 %. Situace se začala zlepšovat po objevení záření. V první čtvrtině 20. století se začalo využívat ozařování pacientů jako příprava před chirurgickým výkonem nefrektomie. Po zavedení pooperační radioterapie stoupl podíl vyléčených pacientů na 50 %. Ve 40. letech 20. století došlo k využívání chemoterapie. Z širokého spektra testovaných léků vykázal nejlepší výsledky aktinomycin, který byl později (v 60. letech) doplněn o vinkristin a antracykliny. Další významný pokrok v léčbě byl zásluhou již zmíněných organizací, SIOP a NWTs, které vznikly v 70. letech. (MALIŠ, 2013, str. 337)

První studie z let 1971 - 1974 se zabývala otázkou, jaký vliv má předoperační radioterapie na výsledek operace, a jaký vliv má tehdy užívaná pooperační chemoterapie. Testoval se vzorek 398 pacientů, rozdělených do skupin. První skupina podstoupila nejprve radioterapii, navazující operaci, a následnou pooperační radioterapii. Druhá skupina podstoupila nejprve operaci, a následnou pooperační radioterapii. Výsledky studie ukázaly, že u pacientů podstupujících předoperační radioterapie klesl počet případů, kdy došlo k ruptuře nádoru a zároveň stoupl počet pacientů s prvním, příznivějším stádiem nádoru. Konkrétně šlo v prvním vzorku o 4 % případů ruptury a 31% výskyt prvního stádia.

V druhém vzorku bylo zaznamenáno 32 % případů ruptury a 14% výskyt prvního stádia. Pro otázku pooperační chemoterapie nebyly ve výsledcích zaznamenány žádné rozdíly.

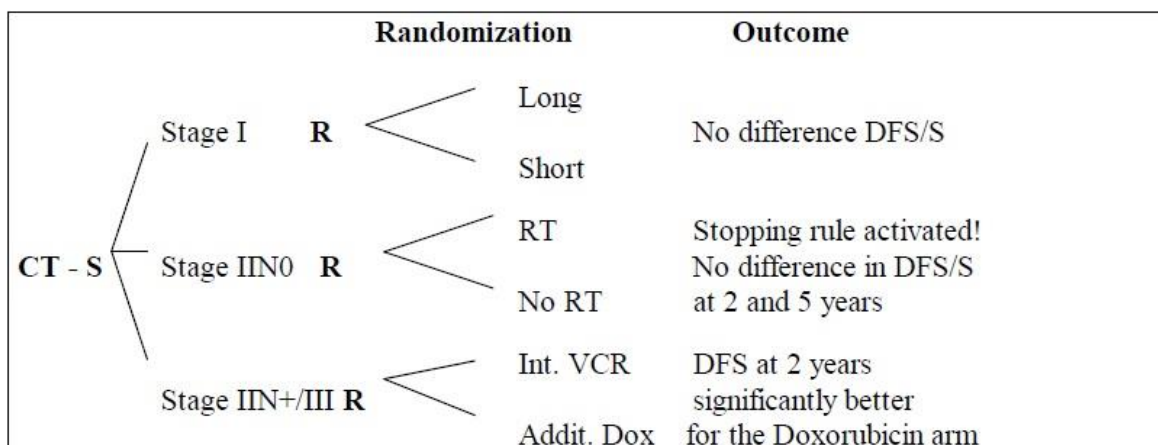


Obrázek 2 Výzkum SIOP z let 1971 - 1974

Závěry z této studie byly potvrzeny druhou studií, probíhající v letech 1974 - 1976 na 138 pacientech.

Další významný objev přinesla studie SIOP 5, která probíhala v letech 1977 - 1979. Do procesu bylo zařazeno 433 pacientů, s cílem zjistit jaký je rozdíl ve výsledném efektu předoperační radioterapie, a předoperační chemoterapie. Výsledky ukázaly, že podíl ruptur i výskyt prvního stádia je u obou metod srovnatelný. Rozdíl je však v pozdních následcích léčby. Závěrem této studie je tvrzení, že je lepší využívat předoperační chemoterapie.

V letech 1980 - 1987 došlo k testování vzorku 1095 pacientů. Cíle studie byly zaměřeny na zkrácení pooperační léčby. Vzorek byl rozdělen na tři skupiny. První skupinu tvořili pacienti s nefroblastomem prvního stádia, kde probíhalo sledování stavu po nasazení 17 týdenní a 38 týdenní chemoterapie. Do druhé skupiny byli zařazeni pacienti s nefroblastomem druhého stádia bez infiltrace uzlin, s cílem porovnat stav po aplikaci pooperační radioterapie a bez aplikace radioterapie. Ve třetí skupině byli sledováni pacienti s nefroblastomou druhého stádia s infiltrací uzlin a nefroblastomou třetího stádia. Zde probíhalo porovnávání pooperační chemoterapie s využitím doxorubicinu a chemoterapie bez využití doxorubicinu. U první skupiny bylo prokázáno, že 17 denní chemoterapie je plně dostačující. U druhé skupiny došlo k předčasnému ukončení studie, protože pooperační radioterapie nevedla k žádnému zlepšení. V třetí skupině byl potvrzen kladný vliv doxorubicinu na stav pacienta.



Obrázek 3 Výzkum SIOP z let 1980 - 1987

Předmětem následujících výzkumů bylo najít možnosti zkrácení předoperačních i pooperačních chemoterapií pro různá stádia nádoru. V letech 1987 - 1991 se testovalo na 382 pacientech, zda je možné zkrátit předoperační chemoterapii v případě prvního stádia nefroblastomu. Výsledky ukázaly, že stav pacientů po léčbě byl u obou vzorků stejný, tedy že 4 týdny předoperační chemoterapie jsou ekvivalentem k 8 týdnům, pokud se jedná o první stádium nádoru. V letech 1993 - 1999 byla řešena otázka, jestli je možné zkrátit pooperační chemoterapii u případů prvního stádia se středním rizikem. Do výzkumu bylo zařazeno 1104 pacientů. Výsledky ukázaly, že je možné zkrátit pooperační chemoterapii pro tento případ z 18 na 4 týdny.

Kromě výzkumů vedených organizací SIOP se uskutečnily další studie, vedené NWTS, ale i společností z Velké Británie, UKW (United Kingdom Wilms Tumor Studies). Některé potvrdily výsledky SIOP, jiné ukázaly další možnosti, jak zlepšit léčbu. Jedná se o využití kombinace dvou léků v chemoterapii, potvrzující studie v otázce "jak dlouho nasazovat chemoterapii", upřesnění dávkování a průběhu chemoterapie pro jednotlivá stádia nádoru, využití doxorubicinu pro účely chemoterapie. Všechny tyto výzkumy a úsilí vedly k podobě léčebného protokolu pro nefroblastom, který vyšel v roce 2001 na konferenci SIOP a je využíván dodnes. (SIOP, 2001, str. 7 - 13)

Současná podoba léčby v Evropě spočívá v nasazení předoperační chemoterapie po dobu čtyř týdnů. Následuje chirurgické odstranění nádoru. V závislosti na výsledku histologického rozboru vyjmutého nádoru a pooperačního vyšetření pacienta se upravuje další postup. Může být indikována pooperační radioterapie, nebo chemoterapie. Jedná se o případy, kdy dojde k pooperační ruptuře, je zanecháno residuum, nebo jsou

metastaticky postižené jiné části těla. Všechny radioterapie jsou výhradně pooperační. Volba metod je detailně rozepsaná v léčebném protokolu. (SIOP, 2001, str. 56)

Výše uvedený postup je ideální pro účely této práce. Zpracovávaný vzorek pacientů byl léčen na podkladě stejného léčebného protokolu, pro účely zpracování celkové radiační zátěže mám jistotu, že všechna vyšetření proběhla na jednom pracovišti a je možnost vzorek podrobněji rozdělit dle stádií nádorů pro případné další využití těchto dat.

## **4 Praktická část**

### **4.1 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je analýza a zpracování dat, ze kterých bude možné porovnat radiační zátěž jednotlivých dětských pacientů v závislosti na zvolených léčebných postupech. V obecné části pojednávám o současném léčebném postupu diagnózy dětských pacientů se započatou léčbou od roku 2006 do roku 2015, léčených na KDHO ve Fakultní nemocnici Motol. V praktické části se práce zabývá srovnáváním celkové dávky, kterou pacienti obdrželi v průběhu své léčby. Cílem práce je najít způsob, jak snížit výslednou radiační zátěž dětských pacientů během léčby.

### **4.2 Hypotézy**

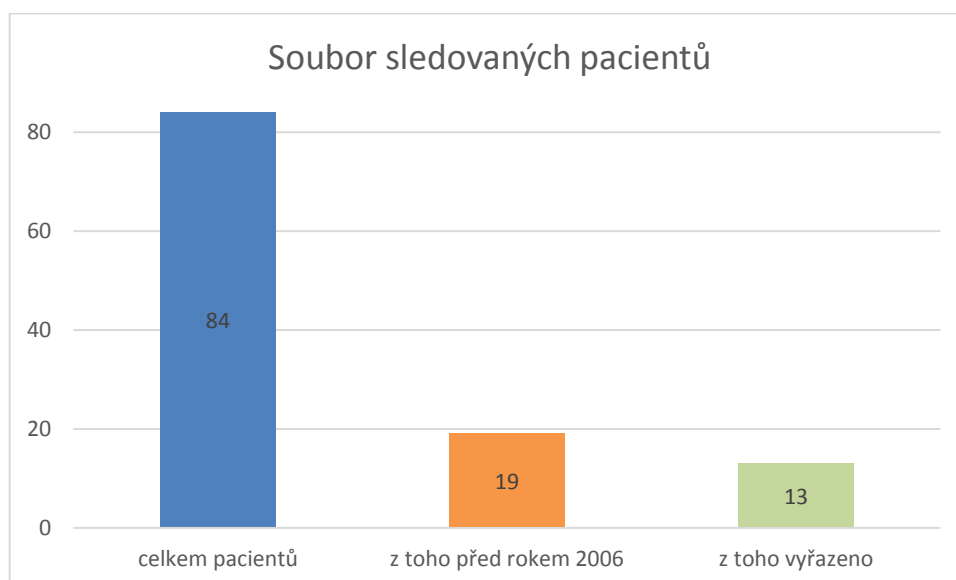
Ještě před zpracováním jmenného seznamu pacientů jsem vycházel ze dvou předpokladů. První z nich byl, že radiační zátěž mezi pacienty se bude lišit, a že analýza získaných dat povede k určení faktorů, které tyto rozdíly způsobují. Dále jsem předpokládal, že některé z určujících faktorů bude možné ovlivnit, a tím bude možné najít cestu ke snížení radiační zátěže.

### **4.3 Metodika práce**

Data jsem sbíral na onkologickém oddělení Kliniky dětské hematologie a onkologie ve FNM. Měl jsem přístup do radiologického modulu nemocniční databáze. K dispozici mi byl kompletní seznam radiodiagnostických vyšetření u každého pacienta, s možností náhledu. Nejprve jsem zjišťoval, jaké vyšetření každý pacient podstoupil. Pro získání informací o KAP a DLP jsem musel otevřít náhled pro každý RTG snímek nebo vyhledat výstupní protokol u každého CT vyšetření. Ke každému pacientovi jsem začal zpracovávat přehled s údaji o počtu absolvovaných vyšetření, které jsem dále rozdělil podle vyšetřovaných oblastí a zapisoval k nim údaje nutné k výpočtu ekvivalentních a efektivních dávek. U vyšetření provedených na starších skiagrafičeských přístrojích a u některých CT vyšetření nebyly tyto údaje k dispozici, proto jsem u těchto případů musel vycházet z hodnot definovaných v referenční tabulce FNM používané radiologickými fyziky. Po vypracování tohoto přehledu jsem u každého pacienta spočítal celkové hodnoty KAP a DLP pro jednotlivé vyšetřovací oblasti, ze kterých byly spočítány ekvivalentní a efektivní dávky.



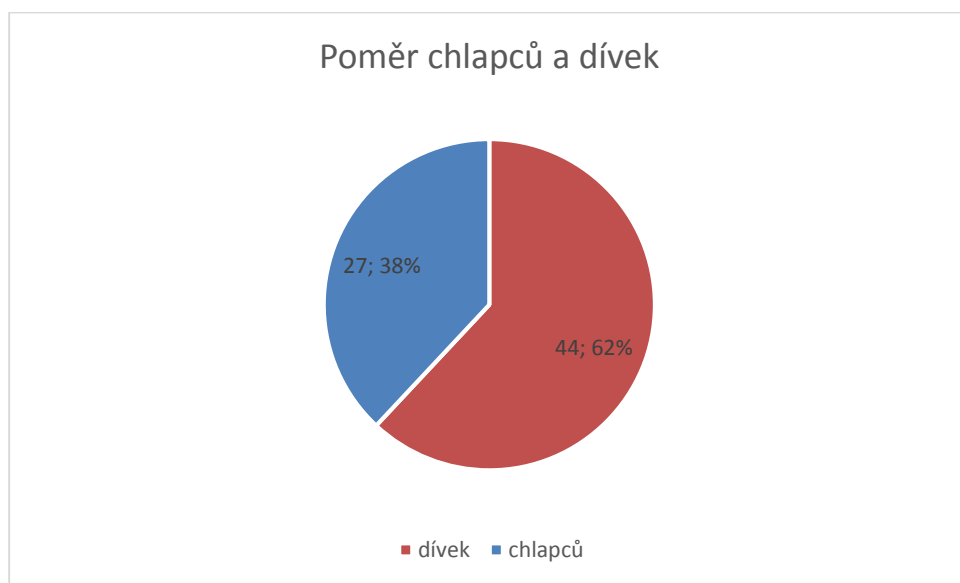
Dále jsem zapisoval záznamy z vyšetření oblasti břicha na magnetické rezonanci, abych mohl posoudit, jaký význam modalita získala v průběhu sledovaných let pro léčbu nefroblastomu. Po zpracování vzorku 84 pacientů jsem některé vyřadil. Jednalo se o dvanáct pacientů, kteří během léčby podstoupili CT vyšetření břicha, avšak z jejich vyšetření neexistuje výstupní protokol (platí u většiny CT vyšetření provedených před rokem 2007), ani neexistují referenční tabulky. U těchto pacientů tedy nelze získat jednoznačné validní informace nutné k výpočtu ekvivalentní dávky. Vyřazena byla také jedna dospělá pacientka, která v okamžiku stanovení diagnózy již překročila hranici dosažených 18 let. Po vyřazení zůstalo 71 pacientů. Součástí toho vzorku je 17 pacientů diagnostikovaných v období 2004 - 2005, které byly do seznamu zařazeny pro potřeby kliniky KDHO.



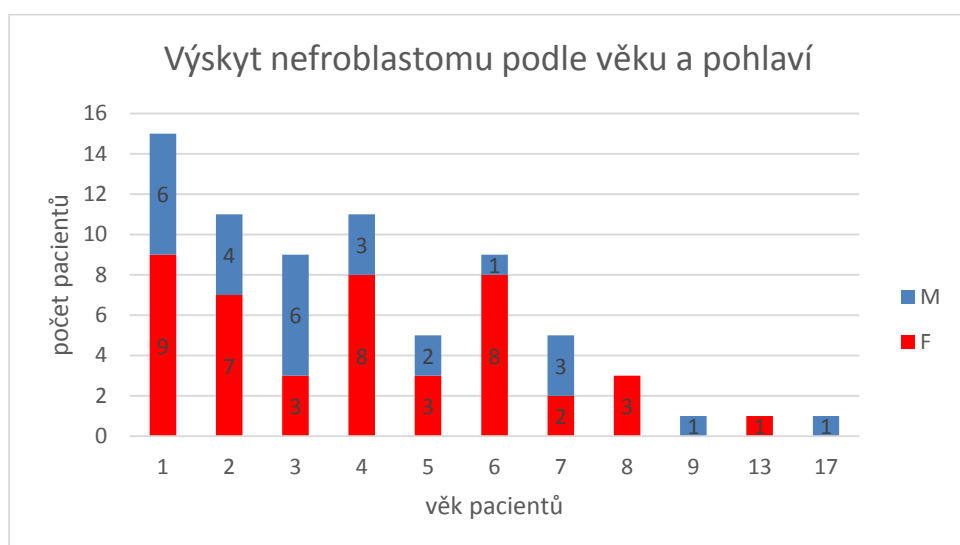
Obrázek 4 Složení vzorku pacientů

Při zpracovávání záznamů jsem se nejčastěji setkal s ultrazvukovými vyšetřeními břicha, RTG plic, zobrazením břicha na magnetické rezonanci a CT plic. Méně často bylo provedeno CT břicha, okrajově pak RTG břicha a vylučovací urografie. Vylučovací urografie se během léčby nefroblastomu v současné době téměř neprovádí. Tato metoda se používala k vyšetření ledvin a vylučovacího ústrojí, ale s nástupem nových vyšetřovacích modalit zařazených v léčebném protokolu její význam zanikl. Je však využívána v oboru Urologie. Někteří pacienti podstoupili další vyšetření (RTG končetin nebo CT hlavy), která ale byla indikována pro jiná onemocnění, vedlejší komplikace či pro úraz a s primární diagnózou neměla spojitost.

Sebrané údaje analyzuji a porovnávám s údaji publikovanými v odborné literatuře. V té se například uvádí rovnoměrný výskyt nefroblastomu bez geografických i rasových diferencí a typický výskyt nefroblastomu u dětí předškolního věku, s maximem výskytu mezi 2. a 3. rokem a mírnou převahou výskytu u dívek. Následující graf zobrazuje z celkového počtu sledovaných dětí četnost onemocnění dívek oproti chlapcům. Ve sledovaném souboru je 62% dívek a 38% chlapců. Na grafu zachycujícím věk sledovaných dětí se potvrdily statistické údaje o výskytu nefroblastomu převážně v předškolním věku. Průměr v souboru činil 4 roky. Zcela výjimečně byl nefroblastom diagnostikován u dvou pacientů ve věku 13 a 17 let.



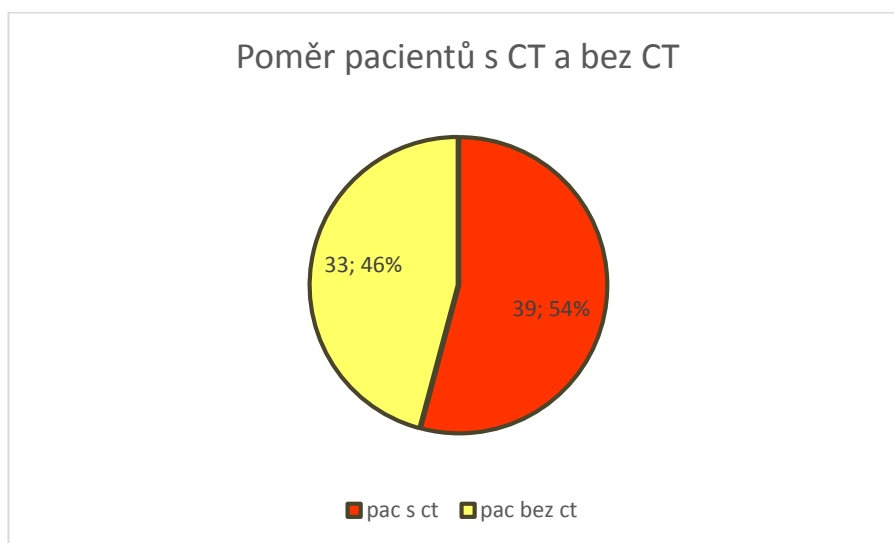
Obrázek 5 Výskyt onemocnění podle pohlaví



Obrázek 6 Výskyt onemocnění podle věku a pohlaví

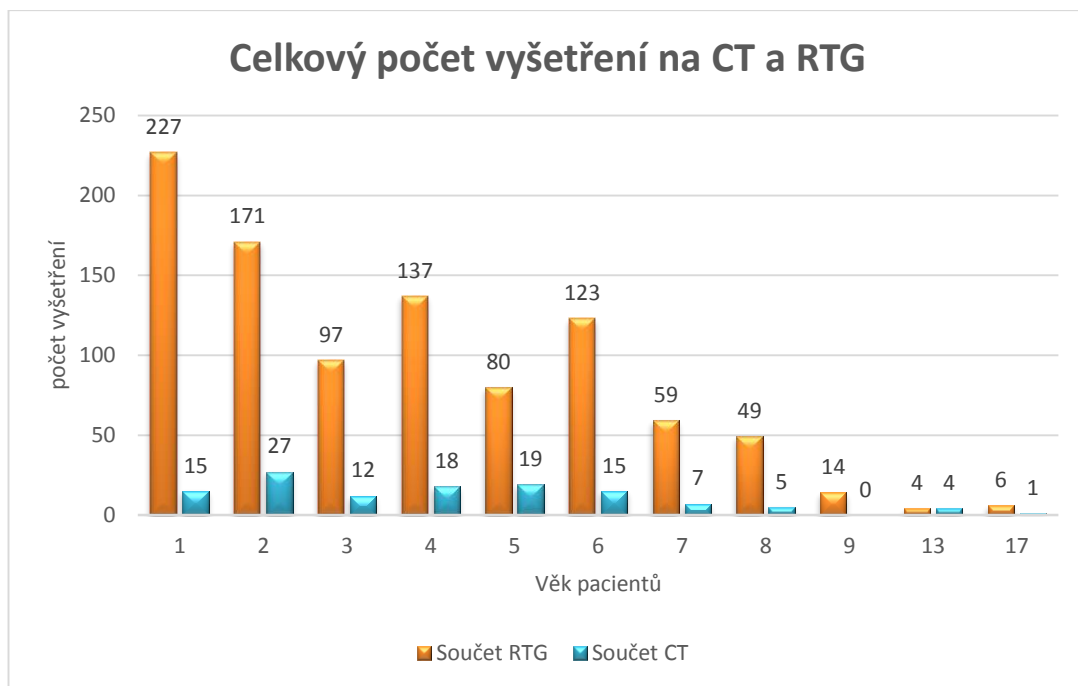
## 5 Výsledky

Nasbíraná i vypočtená data jsem použil k sestavení dvou tabulek. Prvotní analýza dat mě vedla k potřebě zodpovědět si nové otázky. Nejprve jsem porovnával, která modalita se používá častěji a jak velký je rozdíl v počtu vyšetření. V návaznosti na zjištěné skutečnosti jsem srovnával, jaký podíl na radiační zátěži mají vyšetření na CT v porovnání s vyšetřením na RTG skiagrafií.



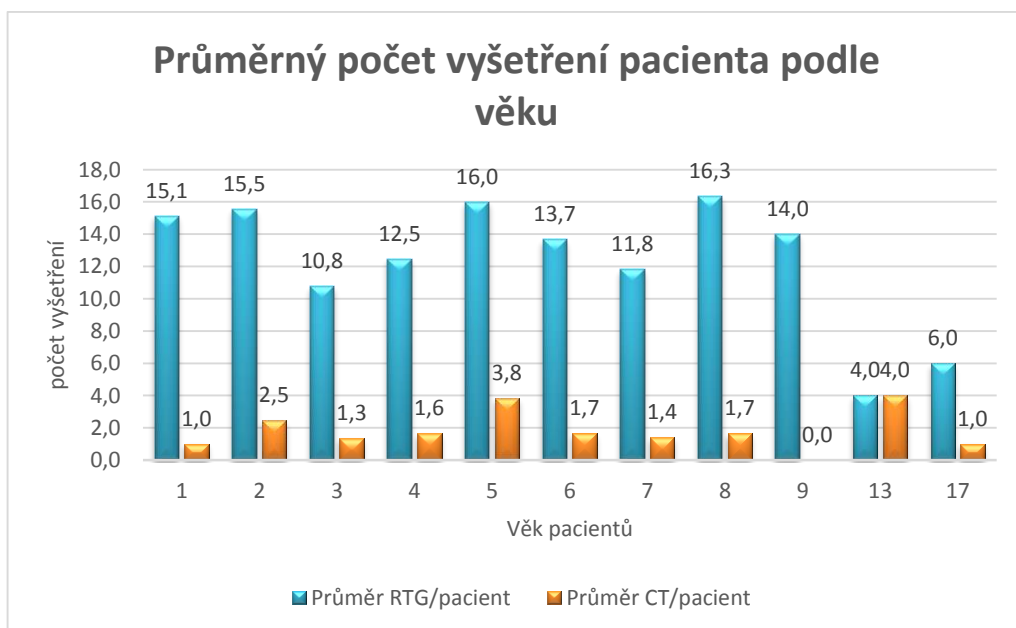
Obrázek 7 Poměr pacientů s CT a bez CT vyšetření

Předpokládal jsem, že počet pacientů bez CT vyšetření bude větší. Vycházel jsem z tvrzení v protokolu SIOP 2001, kde se uvádí, že indikace k CT vyšetření je pouze na základě nejasných výsledků při vyšetření ultrazvukem nebo z nálezů RTG snímků ukazujících možné plicní metastázy. K ověření své hypotézy jsem pracoval se zdravotnickou dokumentací (chorobopis), ze které jsem získal podrobnější informace o průběhu léčby vybraných pacientů. Zjistil jsem, že některá CT vyšetření byla indikována z důvodů komplikací (podezření na recidivu nebo průkaz recidivy nádoru, ověření náhlé příhody břišní, aj.) a z důvodů nesouvisejících s léčbou nefroblastomu (např. CT hlavy po úrazu na kole).



Obrázek 8 Rozložení provedených vyšetření

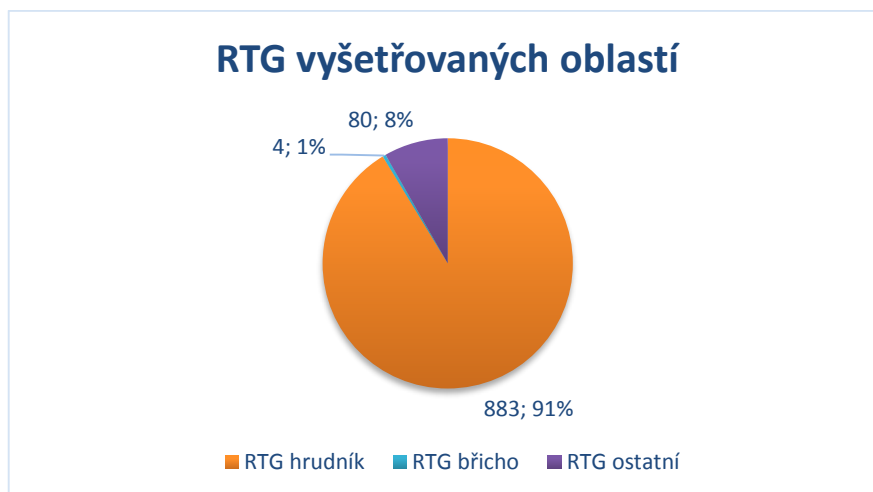
Ve sledovaném vzorku 71 pacientů bylo v daném období léčby provedeno celkem 967 RTG snímků a 123 vyšetření na CT. Graf zobrazuje počet provedených vyšetření v jednotlivých věkových skupinách a ukazuje zřejmě častější využívání skiografie u mladších dětí. To je způsobeno různým počtem pacientů. Proto jsem spočítal průměrný počet RTG a CT vyšetření a výsledky jsem zanesl do následujícího grafu.



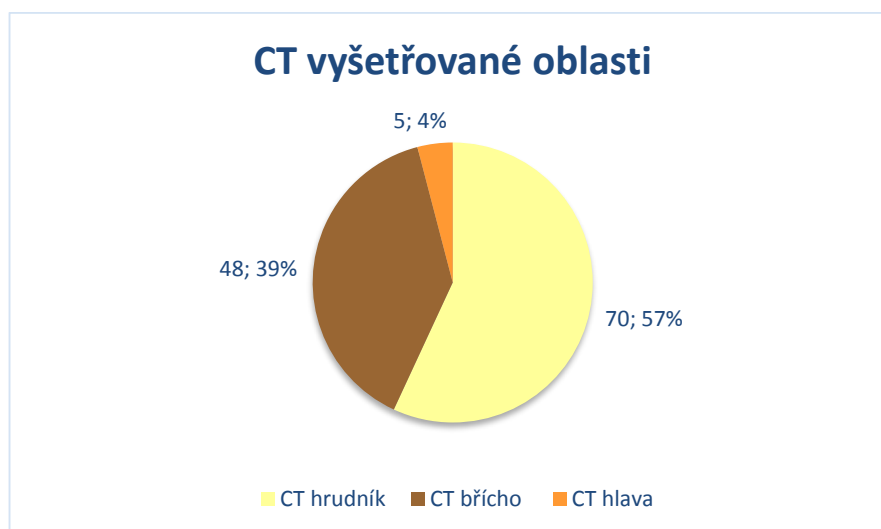
Obrázek 9 Průměrný počet provedených vyšetření podle věku

Zobrazení průměrného počtu vyšetření na pacienta do určité míry eliminuje zkreslení v důsledku velkých rozdílů v počtu pacientů u každé věkové skupiny. Skiografie je v každé věkové kategorii využívána častěji než vyšetření na CT (s výjimkou jedné třináctileté pacientky). Ve sledovaném vzorku je průměrný počet CT vyšetření na pacienta výrazně vyšší u dvouletých a pětiletých dětí v porovnání s ostatními. Toto zjištění je jedním z těch, které mě vedly k nahlédnutí do lékařských zpráv některých pacientů, abych zjistil, proč se tyto hodnoty liší.

Dále mě zajímalo, které oblasti těla byly vyšetřovány nejčastěji. Předpokládal jsem, že dominantními vyšetřeními budou RTG plic a CT hrudníku a to v souvislosti s kontrolou případných plicních metastáz. Očekával jsem také významný podíl vyšetření RTG a CT břicha.



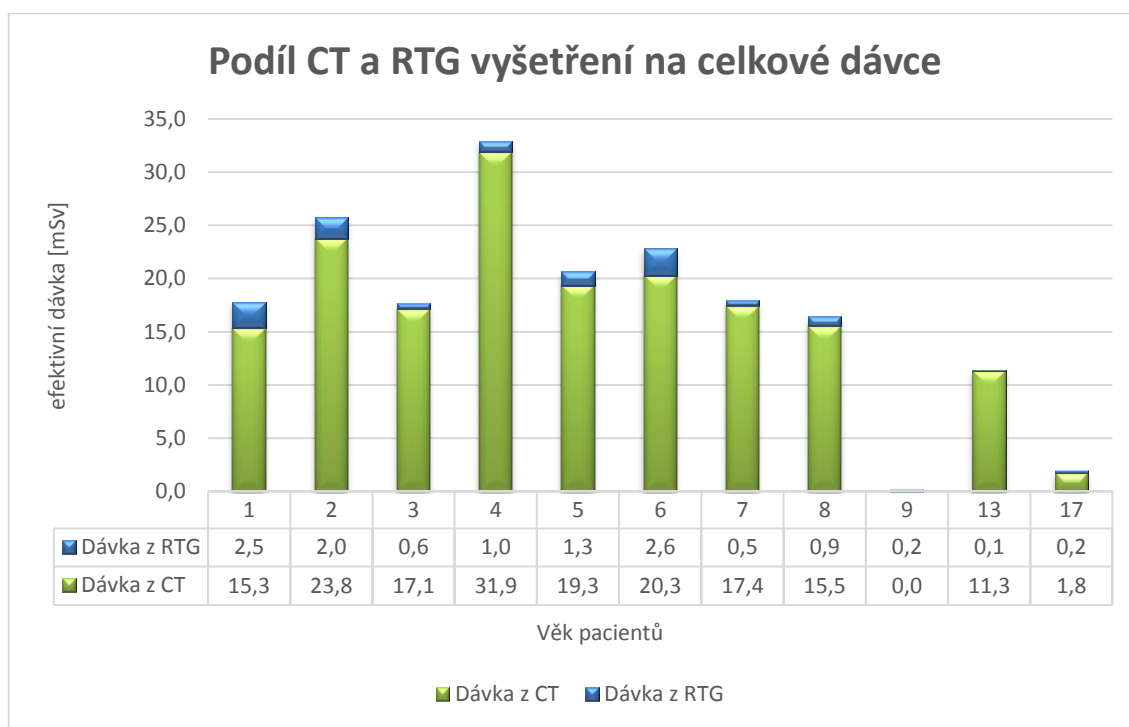
Obrázek 10 Vyšetřované oblasti na RTG



Obrázek 11 Vyšetřované oblasti na CT

Zpracováním dat jsem potvrdil svůj předpoklad, totiž že největší podíl všech vyšetření tvoří právě zobrazení hrudníku na CT i RTG. U skiagrafických zobrazení souvisejících s nefroblastomem se téměř vždy jednalo o oblast plic. Projekce zobrazující břicho jsou velmi vzácné a staršího data. Ostatní projekce (končetiny, lebka, páteř) již přímo s nefroblastomem nesouvisí. Za výjimku lze považovat projekci páteře, která se provádí z důvodů výskytu skoliózy u některých pacientů. Skoliózy se mohou objevovat jako nežádoucí účinek léčby nefroblastomu. Z vyšetřovaných oblastí při použití CT má významný podíl vyšetření břicha, právě z důvodu upřesnění nejasných nálezů při vyšetření pomocí ultrazvuku. CT hlavy se pro léčbu nefroblastomu neprovádí, pacientka BN jej podstoupila v souvislosti s úrazem.

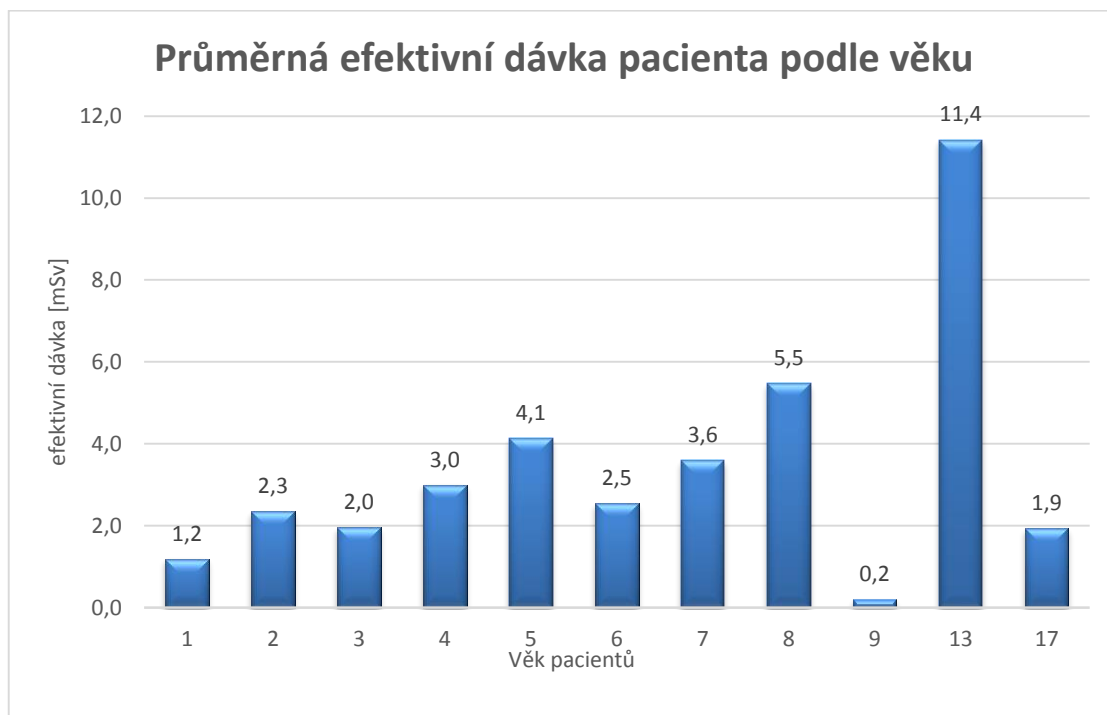
Po získání přehledu o provedených vyšetřeních jsem se zaměřil na jejich podíl v celkové radiační zátěži. Předpokládal jsem významnější podíl na zátěži z CT. Při analýze mnou získaných dat jsem ověřil průměrnou dávku 1,2  $\mu$ Sv za každý RTG snímek a 1,35 mSv za každé CT vyšetření.



Obrázek 12 Podíl CT a RTG vyšetření na celkové dávce

Graf zobrazuje efektivní dávku všech pacientů v dané věkové kategorii, s vyznačením podílu CT a RTG vyšetření. Výsledky potvrzují velmi významný podíl CT na

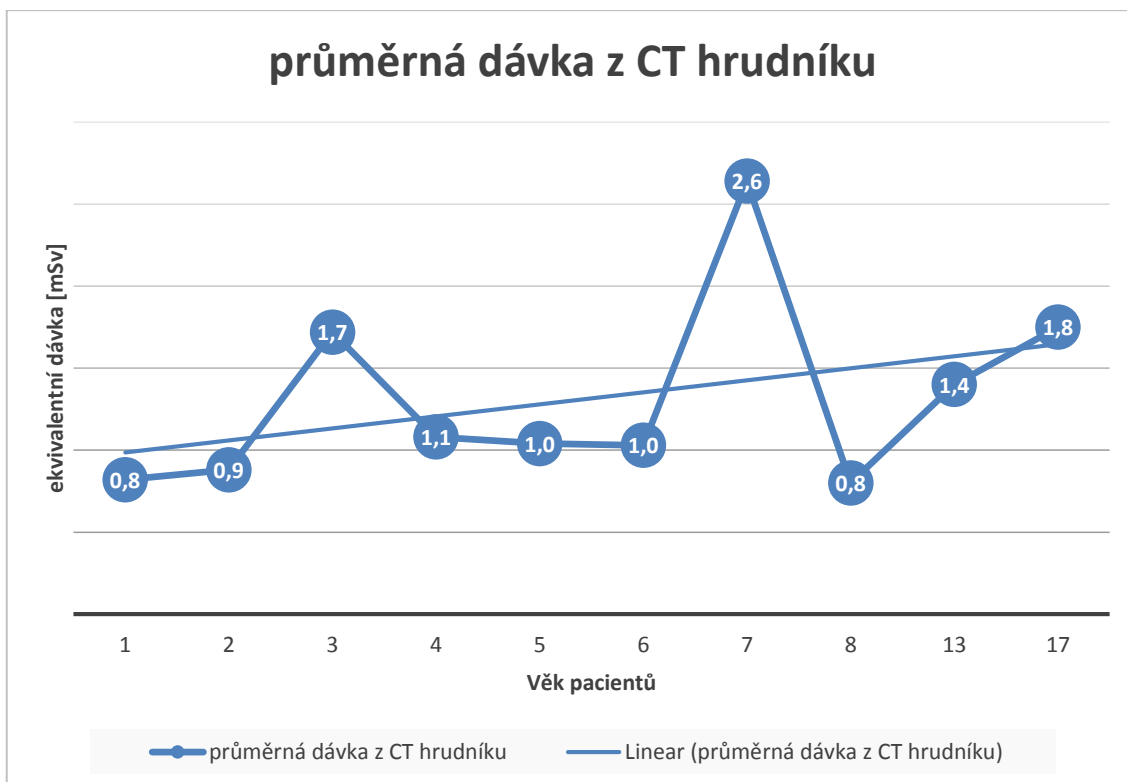
výsledné radiační zátěži. V prvních čtyřech věkových skupinách sledujeme nárůst efektivní dávky i přes skutečnost, že počet pacientů s věkem klesá. Podíl RTG na radiační zátěži je v porovnání s CT u některých věkových skupin téměř zanedbatelný. Ze srovnání grafů "Podíl CT a RTG vyšetření na celkové dávce" a "Rozložení provedených vyšetření" vyplývá, že nárůst radiační zátěže v tomto vzorku nesouvisí pouze s kvantitou vyšetření. Proto jsem přistoupil k dalšímu zpracování údajů s cílem zjistit příčinu tohoto rozdílu. Její zjištění by eventuálně mohlo naznačit směr ke snížení radiační zátěže u jednotlivých pacientů.



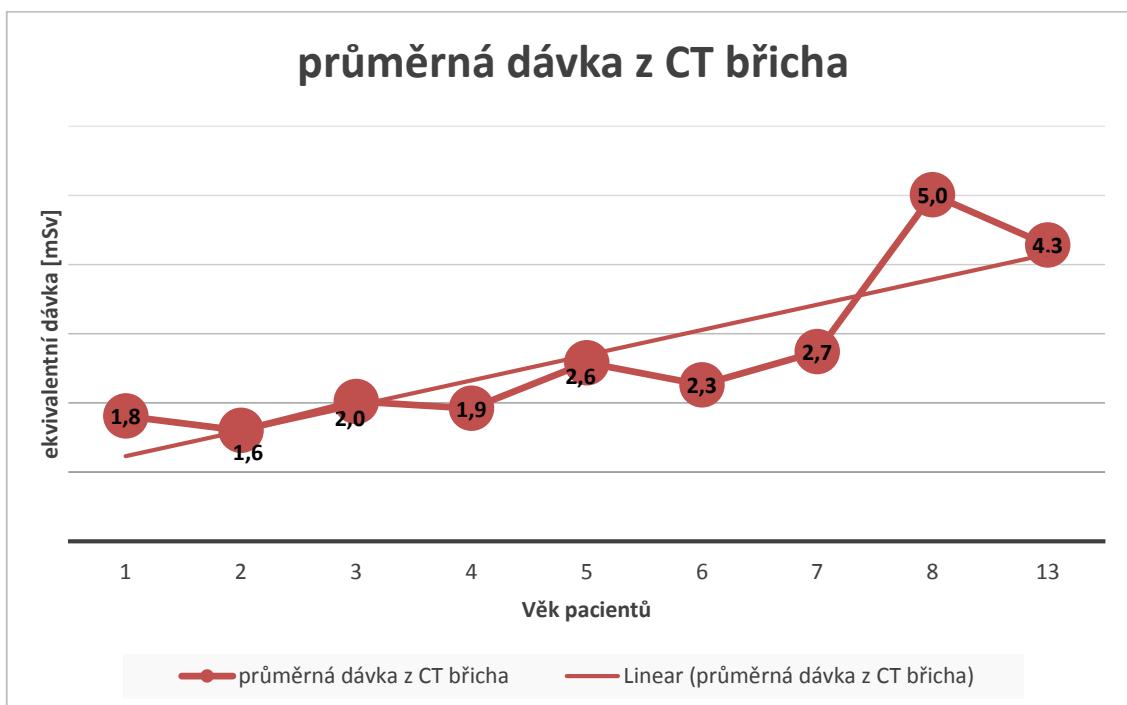
Obrázek 13 Průměrná efektivní dávka pacientů podle věku

Z výpočtu průměru efektivní dávky každého pacienta se potvrzuje nárůst radiační zátěže v souvislosti s věkem. Vzhledem k zastoupení počtu pacientů v jednotlivých kategoriích lze tuto skutečnost bezpečně potvrdit u věkových skupin do čtyř let. V celém vzorku byli pouze 3 pacienti starší 9 let v době diagnózy, proto nelze považovat výsledky v těchto věkových skupinách za směrodatné.

Shrnutím tohoto pozorování jsou následující skutečnosti. Zásadní podíl na radiační zátěži mají CT vyšetření (93,6 % z celkové efektivní dávky). Radiační zátěž stoupá s věkem pacienta. Pro kontrolu jsem vypočítal, jakou průměrnou dávku má každé CT vyšetření plic a břicha pro každou věkovou skupinu.



Obrázek 14 Průměrná ekvivalentní dávka z CT hrudníku



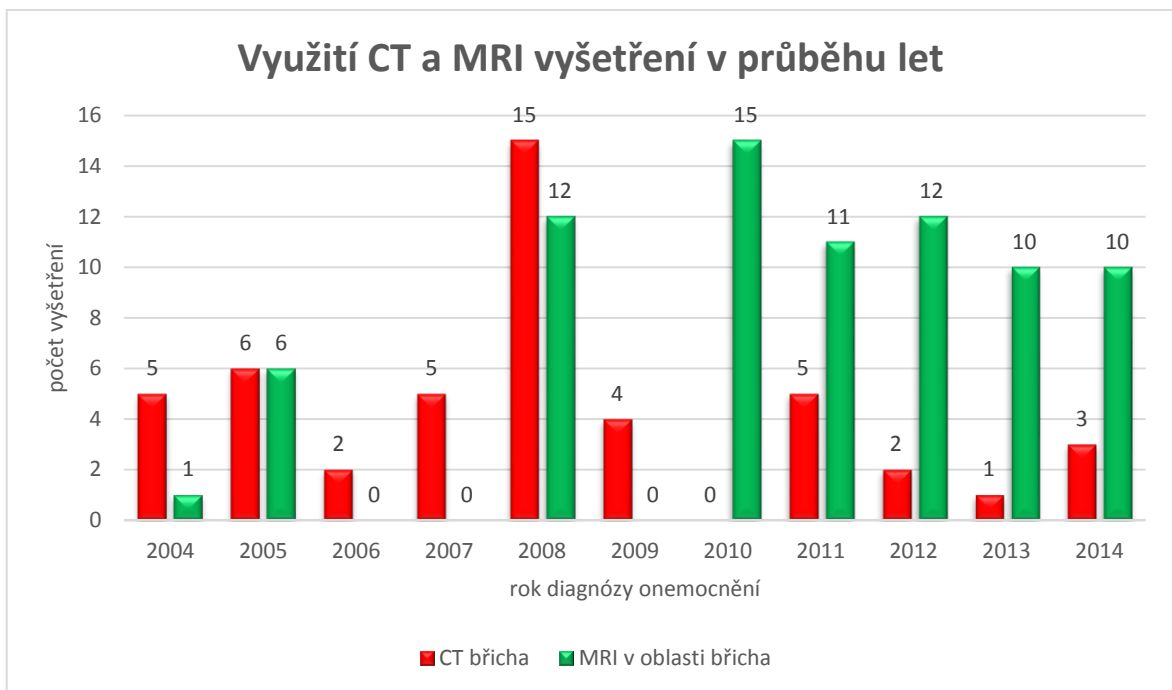
Obrázek 15 ekvivalentní dávka z CT břicha

Z těchto grafů lze potvrdit, že stoupající věk nese svůj podíl na radiační zátěži. Zároveň ale ukazuje na skutečnost, že není jediným faktorem, který zátěž ovlivňuje. Proto



jsem se rozhodl podrobně zpracovat postup léčby u několika vybraných pacientů formou kazuistik, abych dohledal další faktory ovlivňující výslednou radiační zátěž. Vybral jsem si pacientku BN, která měla nejvyšší radiační zátěž z celého vzorku (17,73 mSv) a pacientku TE, u které jsou evidovány pouze 4 RTG vyšetření a 4 CT vyšetření (pacientka zároveň dostala druhou nejvyšší radiační zátěž, 11,41 mSv). Dále jsem vybral pacienty, kteří měli výrazně vyšší průměrné dávky z jednotlivých vyšetření než ostatní ze stejné věkové skupiny. Pro tento výběr jsem vycházel z tabulek, které jsou základem pro graf 12 a 13. Jedná se o pacienty JD, HP, DZ, HE, DS, SM. Také jsem nahlédl do dokumentace pacientky ZA, která dostala nejnižší dávku v celém vzorku (0,03 mSv).

V teoretické části práce jsem zmiňoval trend přesouvat vyšetření indikovaná k CT břicha na zobrazení magnetickou rezonancí. Takový trend je jistě ovlivněn i dostupností MRI vyšetření (u malých dětí též nutnost realizovat vyšetření v celkové anestézii). Využil jsem možnosti vypracovat vývoj trendu a na základě získaných informací z předchozího zkoumání stanovit odhad dávky, která byla přesunem z CT na MRI ušetřena.



Obrázek 16 Využití MRI v průběhu let

Z grafu je viditelná snaha přesouvat dětské pacienty na vyšetření magnetickou rezonancí. Kvůli vyšetřovacím časům vycházejících z principu funkce magnetické

rezonance je modalita využívána pro vyšetřování oblastí ledvin a retroperitonea, které jsou k požadavkům na účel vyšetření dostačující. Nelze ji ale využít k vyšetřování plic, ani nenahrazuje funkci plánovacích CT na pracovištích radioterapie. V průběhu let se podařilo většinu vyšetření přesunout z CT na MRI. V pozdějších letech jsem se setkal s CT výjimečně nebo právě v souvislosti s plánovanou radioterapií. Rozhodnutí, jakou metodou provést vyšetření, je v kompetenci ošetřujících lékařů. Indikující lékaři proto mohou významným způsobem ovlivnit radiační zátěž pacientů. Věstník MZČR č. 11 z roku 2003 uvádí indikační kritéria pro zobrazovací metody. Vychází z doporučení evropské komise, ke kterým ČR přistoupila. Doporučení mají formu nezávazné normy, ale prezentují nadnárodní odborný konsensus. Jsou pomůckou pro praktické lékaře, kteří prvotně indikují vyšetření. Lékař je motivován k volbě vhodné metody pro efektivní dosažení očekávaného cíle při minimální zátěži (radiační i jiné).

## 6 Kazuistiky

### 6.1 pacientka BN

Rok narození 2007, dívka, v době diagnostiky nefroblastomu ve věku čtyři roky a dva měsíce, bydlištěm z Pardubic, v péči KDHO FN Motol byla od 06. 09. 2011 (diagnostika, léčba a dispenzární péče) do roku 2013, kdy pacientka zemřela

Rodinná anamnéza bezvýznamná, bratr (2003), zdrav.

#### Diagnóza:

Pravostranný nefroblastom s převahou blastému (C64). Rozsah onemocnění: pravá ledvina, prorůstání do jater, bránice. **Kl. Stádium III.** Léčebný protokol: Nephroblastoma study SIOP 2001

**OA:** dítě z druhé fyziologické gravidity, PH 3970 g, PD 54 cm, nekříšena, poporodní adaptace dobrá, očkována dle kalendáře, PM v normě, běžné dětské nemoci, úrazy 0, operace 0, hospitalizace 0, dispenzarizace 0. V době příjmu na KDHO bolest neměla.

Dva týdny unavená, při výtěru z krku nález *Streptococcus pyogenes*, léčena 10 dní antibiotikem Oспен. Během této doby si začala stěžovat na bolesti břicha. 04. 09. 2011 byla BN vyšetřena na lékařské pohotovosti v Pardubicích, kde bylo provedeno UZ břicha. Při vyšetření byla nalezena expanze vycházející z pravé ledviny. 05. 09. 2011 byla proto neodkladně přeložena na onkologické oddělení KDHO ve FNM. Po přijetí pacientky do dětského onkologického centra byla naplánována vyšetření k určení rozsahu onemocnění. 06. 09. 2011 byly provedeny UZ břicha a MRI, obě vyšetření potvrdila tumor pravé ledviny s prorůstáním do jater a bránice. Pacientce byla indikována předoperační chemoterapie dle léčebného protokolu SIOP 2001. Tato chemoterapie vedla pouze k minimální regresi tumoru. Po čtyřech sériích chemoterapie byla provedena chirurgická revize. Operační výkon v celkové anestezii byl proveden 05. 10. 2011. Byla laparotomicky provedena exstirpace tumoru, během operace došlo k ruptuře drobné cysty tumoru. Vzhledem k histopatologickému nálezu vitálního, převážně blastémového typu neuroblastomu a ruptuře části tumoru byla pooperačně indikována léčba pro rizikové nádory (stage III, high risk) čtyřkombinací cytostatik s následnou radioterapií dutiny břišní. První sérii pooperační chemoterapie zahájila 18. 10. 2011 (cyklofosfamid, doxorubicin).

V termínu 24. 10. 2011 – 11. 11. 2011 byla aplikována radioterapie na oblast pravého retroperitonea. Aplikovaná dávka 25,2 Gy, při denní frakci 1,8 Gy, technikou AP/PA, energie záření 4 MV. Průběh radioterapie bez komplikací, druhá polovina léčby bez celkové anestezie, bez gastrointestinálních obtíží, nezvracela, průjem neměla, postiradiační kožní změny neměla.

Druhá série chemoterapie byla zahájena 12. 11. 2011 (etoposid, carboplatina). Od 12. 12. 2011 do 30. 04. 2012 s přestávkami probíhaly cykly terapie. V důsledku agresivní chemoterapie bylo dítě ohroženo řadou komplikací vyplývajících z toxicity cytostatik a dřeňového útlumu (febrilie, infekce, krvácivé stavy). Proto pravidelně absolvovala kontroly krevních testů, RTG a UZ vyšetření. Léčba ukončena 29. 08. 2012, pacientka byla propuštěna do domácího ošetřování s následnou dispenzární péčí na onkologické ambulanci KDHO ve FNM.

Dne 03. 09. 2012 spadla z kola, zjištěno EDH (extradurální krvácení) s rozvojem levé hemiparézy a poruchou řeči. Tento záznam vysvětluje provedená CT vyšetření hlavy při pátrání po traumatických změnách.

V rámci dispenzární péče bylo provedeno kontrolní UZ břicha 12. 10. 2012, při kterém byla zjištěna v pravém mezogastriu rozsáhlá rezistence s centrální nekrózou. MRI provedená 13. 10. 2012 potvrzuje recidivu/relaps tumoru. 15. 10. 2012 proběhla operace nádoru umístěného v podjaterní krajině, byla nalezena metastáza v omentu a na peritoneu, byla provedena biopsie jater. 25. 10. 2012 zahájena chemoterapie druhé volby v monoterapii topotekanem. Poslední záznam v dokumentaci je z 09. 01. 2013, kdy byla pacientka propuštěna do domácího prostředí, dne 21. 01. 2013 došlo k úmrtí v důsledku léčebně neovlivnitelné progresse nádoru. Histologické vyšetření při sekci potvrdilo recidivu nefroblastomu.

Tabulka 1 Přehled diagnostických vyšetření BN

pacient/ka	BN	počet RTG	11
datum dg	5.9.2011	počet CT	7
věk při dg	4	CT plíce	2
celková E [mSv]	17,73	CT břicho	1
odhad ušetřené E [mSv]	13,84	MRI	6
-	-	CT hlava	4

## 6.2 pacientka TE

Rok narození 1996, dívka, v době diagnostiky nefroblastomu věk 13 let, bydlištěm v Kostelci nad Orlicí. Hospitalizovaná na KDHO FN Motol od 10. 04. 2009 (diagnostika, léčba a dispenzární péče) do roku 2010.

**RA:** Matka zdravá, babička z matčiny strany CA plic, dědeček z matčiny strany CMP, otec IM ve věku 49 let. Sourozenci: bratr (nar. 2001) zdravý, bratr (nar. 1994) zdravý, sestra (nar. 1991) zdravá, sestra (nar. 1998) zdravá, sestra (nar. 2000) zdravá a sestra (nar. 2007) zdravá.

**OA:** dítě ze 4. gravidity, PV 3000g, PD 49 cm, nekříšena, očkovaná řádně dle kalendáře, PMV v normě, běžné dětské nemoci, operace 0, hospitalizace 0, dispenzarizace 0.

Více jak týden si stěžovala na bolesti břicha doprovázené průjmy a zvracením. V moči byla přítomná makroskopická hematurie. Vyšetřena v místě bydliště, kde provedeno UZ břicha se závěrem podezření na tumor v oblasti pravé ledviny. Odeslána dětským pediatrem z místa bydliště na KDHO Motol k vyšetření a léčbě.

Dne 15. 04. 2009 provedeno CT břicha s kontrastní látkou, při které byl prokázán tumor pravé ledviny. Vzhledem k věku pacientky byl indikován primární operační výkon. Operační výkon proběhl dne 22. 04. 2009, v celkové anestezii provedena pravostranná ureteronefrectomie. Histologický nálezní resekátu potvrzuje trifazický nefroblastom.

Následně byla 29. 04. 2009 zahájena léčba chemoterapií dle protokolu SIOP 2001, v celkové délce 10 týdnů s opakovaným podáváním VCR (vinkristin). Závěrečná chemoterapie byla podána 02. 07. 2009. Po celou dobu dívka zůstávala ve sledování a byly u ní prováděny pravidelné klinické, laboratorní i zobrazovací kontroly.

Při kontrole UZ a CT 22. 04. 2010 byla prokázána trvajících klinická remise. Poslední kontrola ve FNM proběhla řádně v červnu 2010, na další se nedostavila. Vyžádána byla proto alespoň kontrola v místě bydliště u obvodního lékaře. V rámci vyšetření bylo provedeno RTG plic a UZ břicha, kde opět potvrzena klinická remise a pacientka byla předána do péče Masarykovy nemocnice v Ústí nad Labem.

Tabulka 2 Přehled diagnostických vyšetření TE

pacient/ka	TE	počet RTG	4
datum dg	10.4.2009	počet CT	0
věk při dg	13	CT plíce	2
celková E [mSv]	11,42	CT břicho	2
odhad ušetřené E [mSv]	0,00	MRI	0

### 6.3 pacientka DS

Dívka DS, nar. 2003, Praha, v době diagnostiky nefroblastomu věk 8 let. K hospitalizaci na KDHO přichází 11. 08. 2011.

**RA:** bezvýznamná

**OA:** z 3. fyziologické gravidity, PH 3200 g, PD 52 cm, PMV v normě, úrazy 0, hospitalizace 0, ze 4 sourozenců, sestra (nar. 2000) zdráva, bratr (nar. 2002) - stav po zánětu mozkových blan, sestra (nar. 2009) zdráva

Dívka měla asi 14 dní trvající obtíže, bolesti břicha, zvracení. Dne 12. 08. 2011 byla vyšetřena u obvodního lékaře, na RTG snímku plic bylo zjištěno zastínění v oblasti levé bránice. Proto téhož dne odeslána do FNM, kde proveden UZ břicha, ledvin a pánve (závěr: expanze tumoru levé ledviny v oblasti levého mesogastria). Léčena dle protokolu Nephroblastoma Study SIOP 2001, Stage III, intermediate risk bez předoperační chemoterapie.

Při operačním výkonu 12. 08. 2011 byla provedena levostranná nefrektomie s plným odstraněním tumoru, následně byla RTG kontrolou ověřena funkce a poloha drénu. Pooperační chemoterapie AVD s konkomitantní radioterapií na oblast celého břicha byla indikována i v důsledku peroperační perforace tumoru intraabdominálně.

V termínu od 25. 08. 2011 do 16. 09. 2011 probíhala radioterapie celé dutiny břišní, aplikovaná dávka: 21 Gy, Dmax 15,2 Gy Dmin 10,1 Gy. Vzhledem k věku a anatomickým poměrům v malé pánvi nebylo možno provést stínění ovárií během RT, matka byla upozorněna na vysokou pravděpodobnost vzniku sterility po RT.

Následnou 27 týdenní chemoterapii pacientka prodělala v rámci ambulantní péče. 29. 03. 2012 ukončila chemoterapii podáním poslední dávky VCR, MRI v závěru léčby

potvrzuje trvající kompletní klinickou remisi onemocnění bez známek recidivy či generalizace.

**Současný stav:** Při ambulantním kontrolním vyšetření v lednu 2016 dlouhodobě sledovaná pacientka je nyní umístěna v dětském domově. Na základě žádosti zákonného zástupce dítěte byla DS umístěna do dětského domova v březnu 2015. Na kontrolu přišla v doprovodu vychovatelky. Během pobytu v dětském domově nejsou pozorovány poruchy spánku či chování. Cítí se dobře, prospívá. Chodí do 6. třídy ZŠ.

**Pozdní následky:** při endokrinologickém vyšetření zjištěny elevace v hormonálním profilu, které signalizují poruchu gonád. Zavedeno bylo též sledování ve specializovaných ambulancích neurologie. V rámci dispenzarizace prováděny dle plánu různá kontrolní vyšetření. Genetické vyšetření: DS je nosičkou heterozygotní mutace faktoru V a má zvýšené riziko žilní trombózy. DS má absenci puberty na podkladě selhání vaječníků po onkologické léčbě. Zahájila substituci estrogeny k rozvoji dospívání, navození menstruačního cyklu a zajištění dostatečné kostní denzity.

Tabulka 3 Přehled diagnostických vyšetření DS

pacient/ka	DS	počet RTG	19
datum dg	11.8.2011	počet CT	2
věk při dg	8	CT plíce	1
celková E [mSv]	7,17	CT břicho	1
odhad ušetřené E [mSv]	10,02	MRI	2

## 6.4 pacient DZ

Rok narození 1997, chlapec, v době diagnostiky nefroblastomu ve věku 7 let, bydlíštěm v České Skalici, v péči KDHO FNM od 07. 12. 2004.

**RA:** matka HT, bratranec matky zemřel na CNS tumor, otec zdravý, sourozenci: sestra (nar. 1988) zdravá, sestra (nar. 1990) zdravá.

**OA:** z druhé fyziologické gravidity, porod v termínu, spontánní, bez komplikací, PH 4100 g, PD 53 cm, PMV přiměřený věku, očkovan řádně dle kalendáře. Prodělal varicellu, operace v dubnu 1998, hydrokéla bilat., úrazy 0.

Operační výkon v celkové anestezii dne 07. 12. 2004, radikální odstranění levé ledviny a regionální lymfadenektomie. KS III, pozitivní hilová LU. Histologický závěr:

trifazický nefroblastom. Dne 16. 12. 2004 pooperační chemoterapie dle SIOP 2001, střední riziko, aktinoterapie na oblast lůžka primárního nádoru. Léčbu ukončil v remisi 05. 06. 2005.

Dne 09. 05. 2011 byla provedena vyšetření RTG hrudníku a CT hrudníku v místě bydliště (Náchod) pro dva měsíce trvající bolesti v oblasti pravého ramene bez omezení hybnosti. Začátkem května se stupňuje bolest a objevují se febrilní stavy. RTG bez nálezu, CT nález: suspektní tumor levé lopatky.

Dne 16. 05. 2011 přeložen na KDHO ve FNM, kde druhý den provedena biopsie z lopatky a dlouhé kosti HK. Histologie potvrdila tumor pravé lopatky. Podáno šest sérií chemoterapie v období: od 01. 06. 2011 do 13. 09. 2011. Léčba dle EUROEWING 99

Operační výkon: stp. pravostranné skapulektomii v listopadu 2011, následně zahájena CHT 2. volby pro špatnou léčebnou odpověď, 12 sérií HYXC + CYC. Onkologická léčba ukončena remisí v červenci 2012.

V rámci dispenzární kontroly provedeno CT hrudníku dne 20. 01. 2014, popsána metastáza. Operace 20. 01. 2014. Histologický nález: metastáza Ewingova sarkomu v dolním laloku pravé plíce. Zahájena léčba dle Internationale EWING Studienzentrale Munster Termodalem, dále pokračovala CHT. Dne 24. 03. 2014 vyšetření MRI, popsána suspektní kandidóza jater a sleziny, proto přerušena onkologická léčba a zahájena antimykotická terapie. Od června 2014 do května 2015 podána 12. série chemoterapie.

**Současný stav:** Poslední kontrola dne 16. 01. 2016, přijat k plánované extrakci portu v celkové anestézii. Cítí se dobře, bez obtíží. Individuálním studijním plánem studuje druhým rokem střední školu.

Tabulka 4 Přehled diagnostických vyšetření DZ

pacient/ka	DZ	počet RTG	13
datum dg	7.12.2004	počet CT	5
věk při dg	7	CT plíce	4
celková E [mSv]	10,96	CT břicho	1
odhad ušetřené E [mSv]	5,01	MRI	1

Tabulka nezahrnuje vyšetření provedená mimo FNM.



## 6.5 pacientka HE

Rok narození 2011, dívka v době diagnostiky nefroblastomu ve věku 1 rok, místo bydliště: Benešov. Hospitalizovaná na KDHO FN Motol od 25. 10. 2012.

**RA:** bezvýznamná, sourozenci: bratr (nar. 1991) zdrav, nevlastní sestra (nar. 1993) zdráva

**OA:** dítě z 1. fyziologické gravidity, PH 2750 g, PD 47 cm, poporodní adaptace dobrá, PMV v normě, minimální nemocnost, dobře prospívá.

Při koupání si matka všimla zvětšené levé poloviny břicha. Dítě bez obtíží, dobře jí, nezvrací, žádné problémy s vyprazdňováním. Dítě vyšetřeno dne 24. 10. 2012 obvodním pediatrem a provedeno UZ břicha. *Závěr:* rozsáhlá hmatná rezistence levé poloviny dutiny břišní, na UZ popsán tumor velikosti 130 × 80 × 70 mm. Odeslána na KDHO, kde byla zahájena léčba.

Dne 26. 10. 2012 nález na CT vyšetření, objemná expanze vycházející z levé ledviny, několik zvětšených uzlin v retroperitoneu, plíce bez metastatického postižení. Zahájena předoperační chemoterapie dle protokolu SIOP 2001, kombinace ADM a VCR. Operace 30. 10. 2012 radikální odstranění levé ledviny a exstirpace regionálních lymfatických uzlin. Histologie: nefroblastom blastémového typu. Chemoterapie probíhala 27 týdnů vzhledem k váze dítěte v redukované dávce (2/3 dávky). Hmotnost dívky: 12 kg. Léčba ukončena v květnu 2013, potvrzena remise na RTG a UZ.

Dne 04. 08. 2014 RTG plic v rámci dispenzarizace, kde vysloveno podezření na přítomnost metastáz. Dne 13. 08. 2014 CT plic, kde potvrzena přítomnost metastatického procesu. Operace dne 20. 08. 2014, resekce VIII. segmentu pravé plíce pro metastatický proces. Histologie: metastázy blastémového nefroblastomu. Zahájena léčba podle protokolu SIOP 2001, high risk čtyřkombinací (doxorubicin, cyklofosfamid, VP16, carboplatina) na 34 týdnů. Léčba ukončena v květnu 2015.

**Současný stav:** pacientka v dispenzární péči, poslední kontrola 08. 02. 2016, šest měsíců od ukončení léčby, v remisi. Má plánovanou lázeňskou léčbu na zlepšení celkové kondice.

Tabulka 5 Přehled diagnostických vyšetření HE

pacient/ka	HE	počet RTG	21
datum dg	25.10.2012	počet CT	3
věk při dg	1	CT plíce	2
celková E [mSv]	8,70	CT břicho	1
odhad ušetřené E [mSv]	2,02	MRI	1

## 6.6 pacient JD

Rok narození 2009, chlapec, v době diagnostiky nefroblastomu 3 roky, bydliště: Zruč nad Sázavou. Hospitalizován na KDHO FN Motol od 06. 05. 2012.

**RA:** Matka po strumektomii - suplementace hormonů, otec: alogenní HSCT pro SAA v roce 2006, Castlemanova choroba, postižení LU retroperitonea, po resekci, dispenzarizován. Sourozenci: bratr (nar. 2006), tupozrakost.

**OA:** dítě z 2. fyziologické gravidity, porod v termínu, spontánní, PH 3750 g, PD 51 cm, AS 9 - 10 - 10, očkován řádně, PMV v normě, nízká nemocnost, úrazy: úraz 2009 hlavy, dispenzarizace: kardiologie pro akcidentální systolický šelest.

Týden před vyšetřením si matka všimla vyklenutí v levé polovině břicha. Dítě mělo jednodenní bolest v podbříšku a třísle, unavenější, nechutenství. Nezvracel, zácpa 0, průjem 0. Vyšetřen v Čáslavi kde bylo provedeno klinické vyšetření a RTG břicha, popsáno zastínění. Při příjmu na KDHO chlapec unavený, bledý, viditelná a palpačně hmatná rezistence v levé polovině břicha.

Dne 07. 05. 2012 operační výkon: primární levostranná ureteronefrektomie, histologický nález potvrzuje trifazický nefroblastom, nádor nekrotický, prokrváčený, neprorůstá. Odebrané LU bez nádorových buněk. Zahájena pooperační chemoterapie dne 29. 05. 2012 pulzy vinkristinu dle protokolu SIOP 2001. Po sérii chemoterapie bylo provedeno kontrolní UZ břicha a malé pánve, RTG plic. Pacient od 17. 07. 2012 v remisi. Dispenzarizován, průběžné kontroly na ambulanci FNM.

Dne 13. 12. 2013 kontrolní RTG plic, kde vysloveno podezření na ložiskový proces při základním onemocnění v horním pólu levého hilu. Dne 20. 12. 2013 provedeno vyšetření CT plic, žádný průkaz.

Dne 28. 02. 2014 záznam o provedení RTG vyšetření plic v místě bydliště pro opakované respirační infekty.

**Současný stav:** pacient v dispenzární péči, poslední kontrola 07. 12. 2015, kdy bylo provedeno vyšetření UZ břicha, RTG plic. Závěr: potvrzení trvalé kompletní remise. Další kontrola plánována na červen 2016.

**Pozdní následky:** polyneuropatie, poruchy chůze, poruchy čítí

Tabulka 6 Přehled diagnostických vyšetření JD

pacient/ka	JD	počet RTG	21
datum dg	6.5.2012	počet CT	1
věk při dg	3	CT plíce	1
celková E [mSv]	3,29	CT břicho	0
odhad ušetřené E [mSv]	2,02	MRI	1

## 6.7 pacientka ZA

Rok narození 2004, dívka, v době diagnostiky nádoru ve věku 8 měsíců. Přeložena na KDHO FN Motol 22. 07. 2005 k vyšetření pro podezření na nádor ledviny.

**RA:** Z matčiny strany bezvýznamná, otec sledován pro epilepsii, matka otce po operaci žaludku pro CA. Sourozenci: bratr (nar. 2001) zdrav.

**OA:** Dívka z 2. fyziologické gravidity, PV 3250 g PD 49 cm, poporodní adaptace v normě, očkovaná řádně, PMV v normě, chůze od roku věku, slova, slabiky od 12-13 měsíce, drobnější konstituce.

Při pravidelné preventivní prohlídce ve věku 8 měsíců 21. 07. 2005 obvodní pediatr zjistil neprospívání dítěte s váhovým přírůstkem za 14 dní jen 150 g. Současně jím byla vyhmátána rezistence v levém hypogastriu. V místě bydliště bylo provedeno UZ břicha s podezřením na tumor v oblasti levé ledviny. Proto dívka přeložena dne 22. 07. 2005 na KDHO Motol. Provedena vyšetření před zahájením léčby. Na UZ břicha pravá ledvina normální, na levé ledvině patrná rozsáhlá kulovitá rezistence nehomogenní echostruktury. Závěr vyšetření: tumor horního pólu ledviny vlevo, expandující do dolního pólu. Nefroblastom bez známek šíření do okolí a cév. Dne 27. 07. 2005 provedeno CT malé pánve v celkové anestezii (tento záznam není v databázi).

Dne 04. 08. 2005 zahájena předoperační chemoterapie AMD a VCR podle protokolu SIOP 2001. Kontrolní UZ potvrzuje částečnou regresi expanze. Operační výkon v CA dne 22. 08. 2005, levostranná ureteronefrektomie. Histologický závěr: nefroblastom převážně nekrotický, ohraničený, pouzdro neprorůstá do okolí, prognostická skupina intermediární (intermediate risk). Pooperační chemoterapie proběhla ambulantně od 29. 08. 2005. CHT ukončena v prosinci 2005. Kontrolní UZ a RTG plic potvrzuje remisi.

**Současný stav:** Dívka v dispenzární péči KDHO Motol. V mezidobí vážněji nestonala, vzhledem k příznivým nálezům má kontroly v odstupu jednoho roku. Ambulantní kontrola

v roce 2015 příznivý nález, jeví počínající známky puberty. Další kontrola naplánována na duben 2016. Dívka v péči obvodního pediatra v místě bydliště.

Tabulka 7 Přehled diagnostických vyšetření ZA

pacient/ka	ZA	počet RTG	5
datum dg	28.7.2005	počet CT	0
věk při dg	1	CT plíce	0
celková E [mSv]	0,03	CT břicho	0
odhad ušetřené E [mSv]	0,00	MRI	0

## 6.8 pacient SM

Rok narození 2013. chlapec, v době diagnostiky nefroblastomu 20 měsíců, místo bydliště: Děčín. První hospitalizace na KDHO 12. 12. 2014

**RA:** Matka zdráva, v době příjmu dítěte na KDHO gravidní. Otec zdrav, epilepsie. Sourozence t.č. nemá.

**OA:** Dítě z 1. fyziologické gravidity, porod v 37 týdnu, spontánní, záhlavím, PH chybí, PD chybí, nekříšen, nekojen, očkování řádně, PMR, neprospívání, dystrofie. Časté respirační infekty, od narození každé dva měsíce. Hospitalizace v prosinci 2013 s akutní bronchitidou.

**SA :** casus socialis, nikotinismus, úplná rodina

Dítě přijato na dětské oddělení v Děčíně na doporučení obvodního pediatra pro recidivující respirační infekty, dystrofii, PM retardaci při casus socialis a obtížnou spolupráci s rodinou. Od matky jen velmi obtížné získávání informací. Poslední 2 dny 1x denně zvrací, teploty do 38,6°C. Při přijetí na RTG plic známky akutní bronchitis. Pro vedlejší nález objemného břicha doplněn UZ, kde patrný v horním pólu levé ledviny útvar velikosti 9 cm. Zahájena léčba ATB pro respirační nález a dítě odesláno na KDHO pro suspektní nefroblastom v oblasti levé ledviny. Vstupní UZ břicha vykazuje tumorózní expanzi levé poloviny břicha pravděpodobně charakteru nefroblastomu.

Dne 15. 23. MRI, nález výše uvedené expanze odpovídá tumoru vycházejícímu z levé ledviny, je patrná tromboza levé renální žíly s prominencí trombu v místě ústí renální žíly do dolní duté žíly. Vzhledem k rozsahu onemocnění a zejména sociální situaci rodiny byla zvolena primární levostranná ureteronefrectomie bez předchozí chemoterapie. Operace dne 17. 12. 2014, histologický nález: trifazický nefroblastom, nádor místy nekrotický,

v okolní ledvině nefrohydróza a chronické zánětlivé změny, žíla s nádorovým trombem, který je tvořen blastémem a svalovinou.

Zahájena pooperační chemoterapie 29. 12. 2014, dále v týdenních intervalech dle protokolu. Onemocnění hodnoceno jako III. klinické stadium, intermediate risk. Pacient bude léčen režimem AV2 s radioterapií. RT zařazena podle tolerance chemoterapie a celkového stavu dítěte. Chemoterapie pokračuje až do 05. 02. 2015, kdy zahájil radioterapii v celkové anestézii. Radioterapie podávána v intervalu od 10. 02. 2015 do 02. 03. 2015. Aplikovaná dávka v PTV1: 14,4Gy, 1,8 Gy/frakce/den. PTV2: 10,8 Gy/1,8Gy/frakce/den. Celková doba RT: 21 dní, 1 den přerušení pro febrilie, jinak RT bez komplikací.

Dítě dále již v domácí péči, dlouhodobě nepřibývá na váze, nezvrací, je bez teplot. Nasogastrickou sondu k výživě pacienta matka odmítá.

**Současný stav:** k dokončení chemoterapie a zhodnocení klinického stavu se dostavil pacient 30. 06. 2015, kdy bylo provedeno kontrolní vyšetření UZ a RTG plic. V prosinci 2015 hospitalizován pro vynětí portu v CA. V dispenzární péči, trvá kompletní remise onemocnění.

Tabulka 8 Přehled diagnostických vyšetření SM

pacient/ka	SM	počet RTG	9
datum dg	12.12.2014	počet CT	2
věk při dg	1	CT plíce	1
celková E [mSv]	4,96	CT břicho	1
odhad ušetřené E [mSv]	1,81	MRI	1

## 6.9 Diskuse

K dosažení stanovených cílů jsem provedl mnoho výpočtů a rozborů vyšetření, která byla provedena v průběhu léčby. Předpokládal jsem, že mi výsledky poskytnou informace o faktorech, které se podílejí na radiační zátěži pacientů. Vzhledem k relativně nízké incidenci onemocnění a s tím spojeným nízkým počtem pacientů jsem se setkal s významnými výchylkami. Tato skutečnost se nejcitelněji projevila ve snaze vypočítat průměrnou efektivní dávku připadající každému pacientovi v jeho věkové skupině, stejně jako ve snaze zjistit průměr ekvivalentní dávky pro oblasti plic a břicha. Množství a velikost těchto výchylek mně ale umožnilo především důkladným rozbohem daného vyšetření a lékařských zpráv pacientů cíleně vyhledat jejich příčiny. Hypoteticky by bylo možné zvýšit počet pacientů ve vzorku zpracováním údajů z více pracovišť, podobným způsobem, jakým

postupuje SIOP při zpracovávání svých studií. Takový vzorek by ale nemohl sloužit k výpočtu průměrné efektivní dávky (ani ekvivalentních dávek struktur) u pacientů, protože radiační zátěž je také přímo závislá na přístrojovém vybavení každého pracoviště a používaných vyšetřovacích protokolech. Mohl by ale sloužit k vyhodnocení jiných vlivů, jako je využití MRI pro zobrazení ledvin a retroperitonea.

Zjistil jsem, že výsledná radiační zátěž z radiodiagnostických vyšetření je závislá na věku pacienta v době vyšetření (to je spojeno s jeho velikostí a hmotností, klinickým stádiem onemocnění, průběhem léčby). Za nejvýznamnější komplikaci považuji rupturu nefroblastomu, která je indikací k pooperační radioterapii a s tím spojeným plánovacím CT a stavu pacienta po ukončení léčby (v rámci dispenzární péče pacienti podstupují UZ vyšetření břicha, případně RTG snímek plic). Pokud dojde k relapsu onemocnění nebo k výskytu sekundární malignity, musí pacient podstoupit nezbytná vstupní vyšetření, která zpravidla vedou k dalšímu zvýšení radiační zátěže. Všechny tyto faktory ale nemůžeme zásadně ovlivnit.

Faktory, které ovlivnit lze, jsem rozdělil do dvou skupin. První se týká samotného vyšetřovacího postupu, kde hraje klíčovou úlohu lékař. Konkrétně se jedná o posouzení, kdy indikovat vyšetření CT břicha, a kdy magnetickou rezonanci. Využití obou vyšetření jsem zmapoval v praktické části práce. CT pro účely vyšetřování nefroblastomu se v posledních letech využívá na pracovišti FNM jen u malého počtu případů. Jedná se o urgentní stavy, kdy je rozhodující rychlost vyšetření (lepší dostupnost CT proti MRI), dále plánovací CT pro účely pooperační radioterapie a případy, kdy je plně obsazena kapacita magnetických rezonancí. Vzhledem k podílu radiační zátěže, na které se CT vyšetření podílí (93,6 %), je každá provedená MRI významným šetřením radiační zátěže pacienta. V ideálním případě by všichni pacienti s požadavkem na vyšetření oblasti ledvin a retroperitonea absolvovali vyšetření na MRI. Provedení CT vyšetření by zůstalo pouze v případech plánování radioterapie. Kapacitní problém má řešení v rozšíření pracoviště (prostory, personál, pracovní doba). To je mmj. limitováno finančním rozpočtem nemocnice. Zároveň by bylo nutné zpracovat statistiku, ze které by bylo možné stanovit, zda je takové rozšíření nutné, vhodné a jak by pokrylo náklady na provoz.

Další možnost snížení radiační zátěže je závislá na radiologickém asistentovi a radiologickém fyzikovi. Z výpočtů jsem našel vyšetření, která vykazovala výrazně vyšší radiační zátěž než ostatní ve stejných kategoriích. Po zpracování lékařských zpráv a rozboru vyšetření jsem zjistil, že se jednalo o plánovací CT provedená na pracovišti radioterapie.

Uvažoval jsem dvě možnosti, které by vysvětlovaly tento rozdíl. Je možné, že pracoviště používá starší přístroj (z finančního hlediska je prioritou v modernizaci LU a ostatních modalit využívaných v radioterapii). Pracoviště radioterapie pečuje zároveň o dětské i dospělé pacienty, z toho vyplývá druhá možnost vysvětlení. Vzhledem k incidenci dětských onkologických onemocnění je pravděpodobná absence vyšetřovacích protokolů, které by byly optimalizovány pro vyšetřování dětských pacientů v závislosti na jejich výšce a váze (s těmito protokoly jsem se setkal na dětském CT ve FNM). Třetí možností je kombinace obou možností. Řešení v tomto případě spočívá v optimalizaci vyšetřovacích protokolů a v případné modernizaci přístroje. Vytvoření vhodného vyšetřovacího protokolu a následná implementace do vyšetřovacího přístroje spadá do kompetence radiologického fyzika. Z hlediska radiologického asistenta je důležité nejen s těmito protokoly pracovat, ale také dbát na ostatní parametry vyšetření, které lze měnit. Ty se liší u každé vyšetřované oblasti. Jedná se například o zvolení oblasti, ve které dochází k akvizici zdrojových dat. V ideálním případě je oblast zdrojových dat ohraničena pokožkou pacienta (větší rozsah znamená vyšší radiační zátěž bez žádného užitku, naopak malé pole nemusí umožnit rekonstrukci požadované oblasti v případě potřeby).

Při své práci jsem se také setkal s výchyly, které nebyly způsobeny vlivy popsány výše, ale požadavkem provést doplňující vyšetření. V databázi jsou jednotlivá vyšetření uložena odděleně, jednomu CT vyšetření má odpovídat jedna složka s označením vyšetřovací oblasti, dnem vyšetření a odpovídajícím výstupním protokolem. Setkal jsem se s případy, kdy součástí složky CT plíc byla dvě vyšetření CT břicha (nativní a s kontrastem). To jsem zjistil až při prohlížení všech rekonstrukcí na podkladě výchylek. Forma záznamu nemá přímo vliv na pacienta ani jeho radiační zátěž, ale vede k chybě, která znemožňuje vypočítat ekvivalentní dávky z těchto vyšetření. Z lékařských zpráv, ani z rozboru vyšetření mi nebylo jasné, proč k takovým zápisům, i když velmi vzácně, dochází. Řešením v tomto případě je vznést požadavek na software, který by radiologickému asistentovi umožnil rozřadit zhotovené rekonstrukce podle provedených vyšetření před odesláním do nemocniční databáze. Otázka implementace takového opatření je však v rukou výrobců přístrojové techniky zobrazovacích metod a vývojových techniků databáze, kterou využívá pracoviště.

Během zpracovávání lékařských zpráv jsem také zjistil, že někteří pacienti podstoupili RTG nebo CT vyšetření na jiných pracovištích, obvykle ve spádové nemocnici v místě bydliště. Z těchto vyšetření nejsou v radiologické databázi FNM žádné záznamy

(vyšetření zaslaná z jiných nemocnic systémem ePACS jsou zpravidla dostupná pouze po určité době a pak jsou vymazána). Nelze proto zpětně vypočítat radiační zátěž z těchto vyšetření ani je lékaři nemohou (někdy z důvodu horší technické kvality či nekompletního vyšetření) vyhodnotit pro účely léčby. Nelze ani určit, kolik takových dřívějších vyšetření ve vzorku pacientů proběhlo. Jistě vhodným by mohlo být například zavedení záznamů o provedených radiologických vyšetřeních podobně, jako se evidují záznamy o provedených očkováních. Lékaři by si mohli na základě těchto záznamů vyžádat náhled do provedeného vyšetření, a zároveň by vznikla možnost sledovat radiační zátěž v rámci obyvatelstva. Obecně je ale potřeba kdykoliv a jakkoliv myslet na radiační zátěž a radiologická vyšetření indikovat cíleně, efektivně a uvážlivě.

Další z cest, která vede ke snížení radiační zátěže, je průběžně modernizovat přístrojovou techniku. Jedná se o řešení, které je nákladné a závislé na finančních možnostech nemocnice, ale vede ke zlepšení kvality vyšetření i snížení radiační zátěže u všech pacientů. Současný trend výrobců CT je právě snižovat radiační zátěž. Jen při srovnání CT, které v současné době používá FNM, a nového modelu stejného výrobce je znatelný rozdíl. Jsou to například aktivní kolimátory, nové algoritmy interaktivní rekonstrukce, nová technologie detektoru (výrobce deklaruje 40% nárůst zachycených fotonů) a mnoho dalších. Pro CT vyšetření plic u dospělého člověka udává výrobce efektivní dávku 0,15 mSv, zatímco ve svém vzorku jsem se setkal u dětí ve věku 4 - 6 let s průměrnou hodnotou kolem 1 mSv.



## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce je analýza a zpracování dat, ze kterých jsem se pokusil porovnat radiační zátěž jednotlivých dětských pacientů v závislosti na zvolených léčebných postupech. Obecná část práce popisuje současný léčebný postup dětských pacientů se započatou léčbou nefroblastomu, léčených na KDHO ve Fakultní nemocnici Motol v období let 2006 až 2015. V praktické části srovnávám celkovou dávku, kterou pacienti obdrželi v průběhu své léčby. Protože dle předpokladů se dávky jednotlivých pacientů mezi sebou výrazně lišily (jak vyplývá ze shromážděných dat), snažil jsem se dohledat individuální příčiny odchylek. Za nejvhodnější analýzu individuálních odchylek jsem považoval rozbor několika vzorových kazuistik. Cílem práce bylo rovněž najít způsob, jak snížit výslednou radiační zátěž dětských pacientů během léčby.

Nejprve jsem se seznámil s léčebným postupem i obvyklými prognózami onemocnění. Zajímalo mě, jaké jsou charakteristické rysy daného onemocnění, jaký je jeho výskyt ve srovnání s jinými dětskými malignitami a jak se postupuje během léčení od stanovení diagnózy až po ukončení léčby. Zajímala mě i úloha a podíl práce radiologického asistenta během tohoto léčebného procesu. Dále jsem se zabýval vývojem léčebného protokolu, abych zjistil, jak se změnil postup léčby a jak se vyvíjely léčebné výsledky. Popsal jsem jednotlivé metody, které se v rámci diagnostiky používají. Z těchto informací jsem získal ucelený přehled o dané problematice, a přešel jsem k praktické části práce.

Na začátku práce jsem měl k dispozici pouze seznam se jmény, daty narození a diagnózy pacientů. Seznam jsem rozšířil o věk pacientů v době diagnózy a provedl první srovnání vzorku s údaji uvedené v literatuře. Porovnával jsem věk výskytu onemocnění a výskyt mezi chlapci a děvčaty. Dále jsem zjišťoval, která vyšetření byla provedena u každého pacienta. Zaznamenával jsem informace o počtu provedených vyšetření, data provedení, vyšetřované oblasti a hodnot KAP a DLP. Získané hodnoty byly využity pro výpočet ekvivalentních dávek, ze kterých jsem později vypočítal efektivní dávky u každého pacienta. Rozborem takto zpracované tabulky jsem si potvrdil hypotézu, která předpokládala, že dávky mezi jednotlivými pacienty se budou lišit a to i ve stejné věkové kategorii.

V dalším postupu jsem zjistil, jaké faktory se podílejí na výsledné radiační zátěži. Zkoumal jsem proto, jaký podíl na celkové dávce mají RTG vyšetření v porovnání s CT vyšetřením, jaký je počet i průměr využití obou modalit, které oblasti se nejčastěji vyšetřují,

a jak se liší radiační zátěž mezi vyšetřovanými oblastmi. Zajímal mě i rozdíl v zátěži mezi staršími a mladšími pacienty. Dále jsem porovnával, kolik proběhlo vyšetření MRI v oblasti břicha, abych mohl zhodnotit trend pracoviště zmíněný v teoretické části. Zjistil jsem, že dominantní podíl na celkové efektivní dávce mají vyšetření z CT, přestože skiagrafická vyšetření jsou využívána několikanásobně častěji. Potvrdil jsem si, že na radiační zátěž má vliv věk pacienta v době vyšetření. Pro výsledek mé práce byla rozhodující tabulka průměrných ekvivalentních dávek z CT plic a CT hrudníku. Ačkoliv se potvrdil nárůst průměrných hodnot v souvislosti s věkem, objevily se významné odchylky u některých věkových kategorií. Následným rozbořem jsem našel skupinu pacientů, kteří měli jedno či více vyšetření, jejichž ekvivalentní dávka vysoce přesahovala hodnoty stejných vyšetření provedených ve stejné věkové skupině.

Tuto skupinu pacientů jsem dále zpracovával za účelem zjistit okolnosti k dosud získaným informacím. Z archivu a z ambulantní dokumentace jsem u několika vybraných pacientů znovu zpracoval kazuistiku a dostal odpověď na otázky důvodu odchylek. Práce s dokumentací mně pomohla ucelit si informace o průběhu léčby od diagnostiky po současný stav. Na základě získaných údajů ze zdravotnické dokumentace pacientů jsem dohledal údaje v nemocniční databázi. Zjistil jsem, že vybraná vyšetření proběhla na pracovišti radioterapie (plánovací CT), kde byl nastaven jiný protokol vyšetření (pro dospělého) nebo došlo ke sloučení více vyšetření do jednoho výstupního protokolu. Mimo jiné jsem zjistil, že byla provedena další CT vyšetření, o kterých nejsou ve FNM vedeny záznamy, protože byla provedena v místě bydliště sledovaných pacientů.

Cílem mé práce bylo vyhledat ukazatele, které se podílejí na radiační zátěži, s možností, zda by jich bylo možno využít k jejímu snížení. Řešení této problematiky je velmi složité a probíhá v několika úrovních. Pro mne jako budoucího radiologického asistenta je důležité naučit se též dokonale využívat novou techniku. Uvědomil jsem si důležitost spolupráce obsluhujícího personálu a techniků. Při zjištění, že v současné době nejsou vedeny detailní technické záznamy o všech rentgenových vyšetření a nových vyšetřovacích zobrazovacích metodách (pokud byla provedena v jiném nemocničním nebo ambulantním zařízení), nelze zpětně s jistotou zjistit, jaká všechna vyšetření už byla provedena a jakou vyšetřovaný dostal dávku (lékařské zprávy jsou jen částečným zdrojem takových informací a neobsahují technická data). Zavedením „radiační“ karty nebo jiným evidovaným způsobem by se mohl lékař a radiolog kvalifikovaněji rozhodovat. Za přínos

pro svou práci považuji rozšíření znalostí z oblasti dětské onkologie, získávání informací ze zdravotnické dokumentace a zpracování získaných dat do statistických údajů.

Vytyčené cíle se mně podařilo splnit.

## Seznam použité literatury

SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

KOUTECKÝ, Josef, Edita KABÍČKOVÁ a Jan STARÝ. *Dětská onkologie pro praxi*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2002. ISBN 80-7254-288-5.

SPRANDEL, Ulrich a Franz STARK. *Kompendium vnitřního lékařství*. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-66-X.

KOUTECKÝ, Josef. *Klinická onkologie*. 1. vyd. Praha: Riopress, 2004-. ISBN 80-86221-77-6.

PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.

ADAM, Zdeněk, Marta KREJČÍ a Jiří VORLÍČEK. *Speciální onkologie: příznaky, diagnostika a léčba maligních chorob*. 1. vyd. Praha: Galén, 2010. ISBN 978-80-7262-648-9.

KLENER, Pavel. *Základy klinické onkologie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-716-5.

MALIŠ Josef, ŠVOJGR Karel, PÝCHA Karel, JEŘÁBKOVÁ Vladimíra, CYPROVÁ Soňa, CHURÁČKOVÁ Markéta, ŠMELHAUS Vratislav, RADVANSKÝ Jiří, ZÍTKOVÁ Marie, KODET Roman, KODETOVÁ Daniela, MALINOVÁ Běla, KOUTECKÝ Josef, ŠNAJDAUF Jiří, STARÝ Jan. Nefroblastom – 30 let léčby ve Fakultní nemocnici v Motole. *Klinická onkologie*. 2013, 26(5), 336-342. DOI: 10.14735/amko2013336

MALIŠ Josef, RADVANSKÁ Jitka, SLABÝ Kryštof, ECKSCHLAGEr Tomáš, PROCHÁZKA Martin, MALINOVÁ Běla, PÝCHA Karel, KODETOVÁ Daniela, RADVANSKÝ Jiří. Léčebné výsledky pacientů léčených v letech 1980– 2004 na jediném pracovišti pro nefroblastom. *Klinická onkologie*. 2010, 23(5), 332-342.

DANÍČKOVÁ, Kateřina, Dáša CHMELOVÁ a Miloslav ROČEK. *OPTIMALIZACE RADIAČNÍ ZÁTĚŽE A PŘÍZPŮSOBNÍ RADIOLOGICKÝCH PŘÍSTROJŮ PRO VYŠETŘENÍ DĚTÍ*. Praha: Galén, 2014, 68(3). ISSN 1210-7883.

KOUTECKÝ, Josef. *Nádorová onemocnění dětí a mladistvých*. Praha: Karolinum, 1997. ISBN 80-7184-246-X.

SIOP 2001, léčebný protokol z mezinárodní konference, poskytnutý pracovištěm FNM

Magnetická rezonance (1): Historie. *Populárně naučný portál POPULAR*. [online]. 9.5.2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z:<http://popular.fbmi.cvut.cz/biomedicina/Stranky/Magneticka-rezonance-1—Historie.aspx>

ADAM, Zdeněk, Marta KREJČÍ a Jiří VORLÍČEK. *Obecná onkologie*. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-715-8.

## Seznam symbolů a zkratek

UZ	ultrazvuk
MRI	magnetická rezonance
CT	výpočetní tomografie
IZ	ionizující záření
LU	lymfatické uzliny
SAA	těžká aplastická anémie
HSCT	transplantace kmenových buněk krvetvorby
WN	Wilmsův nádor
SIOP	Société Internationale d'Oncologie Pédiatrique
KDHO	Klinika dětské hematologie a onkologie
RA	rodinná anamnéza, radiologický asistent
OA	osobní anamnéza
NO	nynější onemocnění
FNM	Fakultní nemocnice v Motole
NWTS	National Wilms Tumor Study
UKW	United Kingdom Wilms Tumor Studies
KS	klinické stadium
PH	porodní hmotnost
PD	porodní délka
GIT	gastrointestinální
EDH	extradurální krvácení
RT	radioterapie
CA	celková anestezie, karcinom
PMV	psychomotorický vývoj
PMR	psychomotorická retardace
ADM	adriamycin
VCR	vinkristin
CHT	chemoterapie
CNS	centrální nervový systém

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Výskyt dětských onkologických onemocnění.....	12
Obrázek 2 Výzkum SIOP z let 1971 - 1974 .....	20
Obrázek 3 Výzkum SIOP z let 1980 - 1987 .....	21
Obrázek 4 Složení vzorku pacientů .....	24
Obrázek 5 Výskyt onemocnění podle pohlaví .....	25
Obrázek 6 Výskyt onemocnění podle věku a pohlaví .....	25
Obrázek 7 Poměr pacientů s CT a bez CT vyšetření .....	26
Obrázek 8 Rozložení provedených vyšetření .....	27
Obrázek 9 Průměrný počet provedených vyšetření podle věku .....	27
Obrázek 10 Vyšetřované oblasti na RTG .....	28
Obrázek 11 Vyšetřované oblasti na CT .....	28
Obrázek 12 Podíl CT a RTG vyšetření na celkové dávce .....	29
Obrázek 13 Průměrná efektivní dávka pacientů podle věku .....	30
Obrázek 14 Průměrná ekvivalentní dávka z CT hrudníku.....	31
Obrázek 15 ekvivalentní dávka z CT břicha.....	31
Obrázek 16 Využití MRI v průběhu let .....	32

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled diagnostických vyšetření BN.....	35
Tabulka 2 Přehled diagnostických vyšetření TE .....	37
Tabulka 3 Přehled diagnostických vyšetření DS .....	38
Tabulka 4 Přehled diagnostických vyšetření DZ .....	39
Tabulka 5 Přehled diagnostických vyšetření HE .....	40
Tabulka 6 Přehled diagnostických vyšetření JD.....	42
Tabulka 7 Přehled diagnostických vyšetření ZA .....	43
Tabulka 8 Přehled diagnostických vyšetření SM .....	44