

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zdravotně sociální fakulta

**Analýza odchylek v lokalizaci ozařovacích polí v průběhu ozařování
pomocí EPID u pacientů s nádory konečnicku**

Bakalářská práce

Magda Hartmanová, DiS.

MUDr. Miluše Dolečková, Ph.D.

9. 5. 2008

The analysis of aberrations in the localization of the radiated fields during irradiation of the patients with rectum tumors by EPID method

The presented thesis deals with the analysis of deviations in radiation fields during the irradiation of the patients with rectal tumors.

The first part of the thesis is focused on the current problems connected with rectal and rectosigmoid cancer both in the Czech Republic and worldwide. It also includes the description of risk factors, characterisation of the given type of tumor, manifestation of the disease as well as the prognosis.

What is also tackled is the prevention, which is important and often neglected. It was necessary to mention the possibilities of screening and dispensarisation programs.

The next part deals with the diagnostic process (from anamnesis to specialised examinations) as well as the therapy. Chemotherapy and surgery are mentioned only marginally whereas radiotherapy, including its planning and methods, is dealt with in a more detailed way.

The main part consists of the analysis of deviations in radiation fields. The deviations have been obtained by means of EPID (electron portal image device) in a sample of patients with rectal and rectosigmoid cancer who are treated with the use of radiotherapy at the oncological ward of the Hospital České Budějovice, Inc. The maximum, minimum and average deviation in the localization of radiation fields were assessed statistically, by means of the khi-quadrant test.

The results obtained will be submitted to the oncological ward of the Hospital České Budějovice, Inc., where they can contribute to the assessment of radiotherapy quality.

The thesis includes supplements such as portal images and tables with graphs indicating the development of the incidence and mortality for the chosen diagnosis within the entire population.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci na téma „Analýza odchylek v lokalizaci ozařovacích polí v průběhu ozařování pomocí EPID u pacientů s nádory konečníku“ jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 9. 5. 2008

.....
podpis studenta

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, kterou je paní MUDr. Miluše Dolečková, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení. Dále bych ráda poděkovala fyzikům paní ing. Aleně Studýnkové a panu ing. Pavlu Bradovi, bez jejichž pomoci by tato práce nevznikla.

Obsah

Úvod	7
1 . Současný stav	8
1.1 Incidence ve světě	8
1.2 Incidence v České republice	8
1.3 Rizikové faktory	10
1.4 Charakteristika karcinomu rekta a rektosigmoidea	11
1.4.1 Klinický obraz	11
1.4.2 Diagnostika	11
1.4.2.1 Anamnéza	11
1.4.2.2 Fyzikální a pomocná laboratorní vyšetření	12
1.4.2.3 Přístrojová vyšetření	12
1.4.2.4 Histologická staging a grading	13
1.5 Terapie karcinomu rekta a rektosigmoidea	14
1.5.1 Chirurgická léčba	14
1.5.2 Chemoradioterapie	16
1.5.3 Radioterapie	17
1.5.3.1 Historie radioterapie	17
1.5.3.2 Plánování radioterapie	18
1.5.3.3 Verifikace a vyhodnocení nastavení	21
1.5.3.4 Ozařovací podmínky	22
1.5.3.5 Ozařovací předpis (plán)	27
1.5.3.6 Ozařovací poloha a fixační pomůcky	28
1.6 Prognóza	28
1.7 Prevence	29
2 . Cíl práce	31
3 . Hypotéza	32
4 . Popis metodiky	33
5 . Výsledky	41

6 . Diskuse	46
7 . Závěr	48
8 . Seznam použité literatury	49
9 . Klíčová slova	51
10 . Přílohy	52

Úvod

Kolorektální karcinom je nejčastějším typem nádoru trávicího ústrojí a celkově druhým nejčastějším nádorovým onemocněním. Výskyt této choroby je v posledních několika desetiletích na vzestupu a bohužel Česká republika zaujímá první místo v celosvětových tabulkách v incidenci nových onemocnění.

Navzdory tomu, že je realizována primární i sekundární prevence a kolorektální karcinom je typem nádoru, který je dobře přístupný vyšetření, mnoho nemocných přichází již v pokročilých stádiích nemoci. Úspěšná léčba je možná jen při včasné diagnostice.

Základem komplexní léčby u karcinomu rekta a rektosigmoidea je nadále chirurgický výkon, ale i chemoterapie a radioterapie má v mnoha případech nezastupitelné místo.

Radioterapie v posledních letech dosáhla významného rozvoje. V klinické praxi jsou používány nové ozařovací techniky, které umožňují přesnější dodání optimální dávky do cílového objemu a tím zabránit poškození okolních zdravých tkání a orgánů.

Rozvoj nastal i v oblasti zajištění kvality. Pro úspěšnou radioterapeutickou léčbu je důležitá geometrická přesnost v nastavení pacienta, ale i přesné dodání dávky do cílového objemu.

Pro zachycení geometrických nepřesností se používá portálové zobrazování na ozařovači a pro přesnost dodání dávky do cílového objemu slouží metoda in vivo dozimetrie. Kombinace verifikačních snímků a in vivo dozimetrie patří ke standardu zajištění kvality v radioterapii (QA – quality assurance).

Téma této práce jsem si zvolila proto, abych více nahlédla do problematiky verifikace a vyhodnocení ozařovací polohy pacienta. Věřím, že získané výsledky poslouží onkologickému oddělení Nemocnice České Budějovice, a. s. k posouzení kvality radioterapie.

1. Současný stav

Výskyt nádorových onemocnění každoročně narůstá v důsledku životního stylu a dalších faktorů. Onkologická onemocnění jsou druhou nejčastější příčinou úmrtí hned za kardiovaskulárními chorobami. V roce 2000 bylo celosvětově diagnostikováno okolo deseti milionů nových případů rakovinného bujení a z toho téměř šest milionů lidí na toto onemocnění zemřelo. V dnešní době se proto intenzivně hledají nové léčebné postupy, které by takto nemocným lidem zajistily úplné uzdravení a nebo lepší kvalitu jejich života.

1.1 Incidence ve světě

Největší incidence karcinomů tlustého střeva a konečníku jsou celosvětově ve vyspělých zemích. Rakovina tlustého střeva je druhým nejčastěji se vyskytujícím typem rakoviny a řadí se mezi šest onemocnění s nejvyšší úmrtností. Ročně ve světě onemocní touto chorobou až 780 000 lidí a z toho okolo 400 000 pacientů umírá v důsledku špatné prevence a pozdní diagnózy.

1.2 Incidence v České republice

Obecně se tento problém dotýká všech vyspělých zemí a Česká republika od počátku 90. let zaujímá prvenství v čele celosvětových statistik nejen ve výskytu nových případů, ale i v úmrtnosti na toto onemocnění.

Incidence tohoto onemocnění se u nás od roku 1960 trvale zvyšuje. Do roku 1989 se zvýšil počet nových onemocnění téměř třikrát a počet úmrtí více než dvakrát. V absolutních hodnotách jsou to téměř 3 000 nových nádorů tlustého střeva a 2 600 nádorů rekta ročně.⁽¹⁰⁾

Celkově je karcinom rekta a rektosigmoidea druhým nejčastějším typem nádoru u obou pohlaví. U žen hned za karcinomem prsu a za karcinomem plic u mužů.

Následující grafy zobrazují časový vývoj hrubé incidence (počet nových případů na 100 000 osob) a hrubé mortality (počet úmrtí na diagnózu na 100 000 osob) pro zvolenou diagnózu v celé populaci.

Tabulka 1: Časový vývoj diagnózy C19 - ZN rektosigmoideálního spojení z let 1977-2005

Rok	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Incidence	5,89	6,18	7,10	7,06	6,88	6,63	7,59	7,24	7,55	7,61
Mortalita	2,07	3,25	4,69	4,35	5,44	5,19	5,72	5,34	5,66	5,75
Rok	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Incidence	7,52	8,45	8,05	7,85	9,44	9,50	9,51	9,47	10,16	10,15
Mortalita	5,37	5,89	5,84	6,00	5,97	6,25	6,45	6,02	6,11	6,10
Rok	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Incidence	10,56	9,95	10,67	10,09	10,33	11,12	10,95	11,96	10,87	
Mortalita	6,47	6,23	6,28	6,24	6,34	6,42	6,11	6,06	6,01	

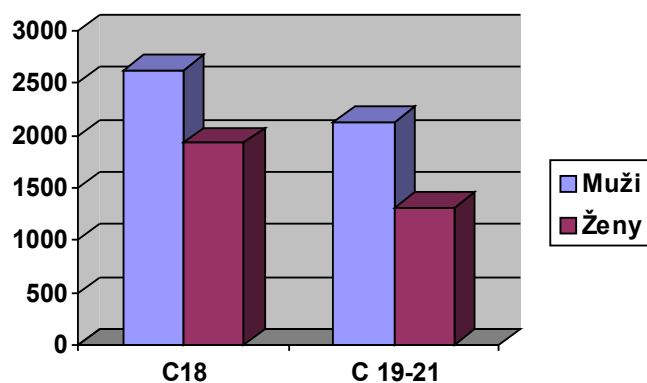
Tabulka 2: Časový vývoj diagnózy C20 - ZN konečniku z let 1977-2005

Rok	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Incidence	12,93	14,08	12,75	13,84	14,24	14,38	14,53	14,15	15,69	15,34
Mortalita	4,42	7,33	7,97	8,88	10,27	11,28	10,91	10,80	11,00	12,25
Rok	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Incidence	15,16	16,18	16,49	15,76	16,66	16,79	17,12	18,36	18,37	19,44
Mortalita	11,08	11,65	12,03	11,68	12,05	12,02	11,66	11,89	12,92	12,65
Rok	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Incidence	20,09	21,02	20,34	20,90	21,07	22,36	20,89	22,00	21,73	
Mortalita	12,43	12,95	13,54	12,66	12,89	13,13	12,20	12,59	12,25	

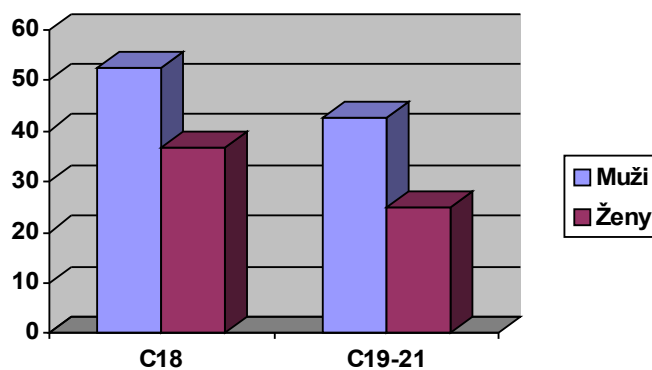
Zdroj dat: NOR, ÚZIS ČR, ČSÚ

Tabulka 3: Výskyt diagnóz C 18-21 u mužů a žen za rok 2005

Diagnóza	Číslo diagnózy	Muži (absolutní počet)	Muži 1 na 100 000	Ženy (absolutní počet)	Ženy 1 na 100 000
Tlusté střevo	C18	2 622	52,5	1 928	36,8
Konečník, ostatní	C19-21	2 124	42,5	1 308	24,9



Graf 1: Absolutní počet žen a mužů u diagnóz C18-C21



Graf 2: Výskyt diagnóz C 18-21 na 100 000 mužů/žen

1.3 Rizikové faktory

Riziko vzniku nádorů tlustého střeva a konečníku se zvyšuje společně s věkem. Nemoc je vyskytuje více u lidí ve věku nad padesát let a pravděpodobnost vzrůstá s každým dalším desetiletím věku. U nás častěji onemocní muži než ženy, což se přičítá

nadměrnější konzumaci piva a alkoholických nápojů obecně.

1.4 Charakteristika karcinomu rekta a rektosigmoidea

Histologicky jsou nejčastějším typem nádorů střeva adenokaricnomy tubulárního typu. Makroskopicky jej rozlišujeme na polypózní a cirkulárně obliterující. Nejčastěji metastazují do jater, plic, peritonea a vaječníků.

1.4.1 Klinický obraz

Symptomatologie karcinomu rekta a rektosigmoidea je podmíněná lokalizací, velikostí i celkovou odezvou organismu.

Zúžený průsvit střeva se často projeví zvýšenou plynatostí, tenesmy s odchodem stolice o malém obsahu s příměsí krve, hlenu či hnisu, kolikovitou bolestí až subileozním stavem a celkovou změnou defekačního stereotypu.

Exulcerace nádoru se projeví mikroskopickým nebo makroskopickým krvácením s následnou anémií. Nádory konečníku je také možné zjistit jako hmatnou rezistenci přímo při vyšetření per rektum. Vzácnější jsou pak perforace střevní stěny s obrazem akutní peritonitidy. Zřídka se jako první mohou objevit až metastatické příznaky.

1.4.2 Diagnostika

1.4.2.1 Anamnéza

Základem správné diagnostiky správně odebraná anamnéza, která by měla být důkladně provedena. Zejména se v ní zaměřujeme na rodinnou anamnézu pro výskyt jakéhokoli karcinomu v rodině a familiární adenomovou polypózu. Zvláštní pozornost je věnovat lidem, jejich příbuzní prvního stupně tj. rodiče, sourozenci a děti měli diagnostikovan karcinom v této oblasti, jelikož tyto osoby mají pak třikrát až čtyřikrát vyšší pravděpodobnost, že rovněž touto chorobou onemocní.

Další dispenzarizovanou skupinou jsou pacienti s nespecifickými střevními záněty, osoby po endoskopické polypektomii adenomových polypů.

1.4.2.2 Fyzikální a pomocná laboratorní vyšetření

Základním fyzikálním vyšetřením při podezření na kolorektální karcinom je vyšetření per rektum.

Kromě základního laboratorního vyšetření krve se provádí průkaz *tumorových markerů CEA, (CA 19-9)*. Zvýšení CEA je příznačné nejen pro kolorektální karcinomy, ale i u pro jiná maligní i benigní onemocnění jater. Zvýšení lze prokázat i u kuřáků. Metoda není proto příliš vhodná pro screening ale spíš pro kontrolní vyšetření osob, které jsou po operaci karcinomu tračníku, kdy podle dynamiky opakovaných měření lze posoudit stabilitu nebo recidivu procesu.

1.4.2.3 Přístrojová vyšetření

- Kolonoskopie je právem považována za vyšetření první volby s možností odebrat bioptické vzorky a s výhodou okamžitě odstranění případné polypy metodou endoskopické polypektomie. Odstraněním polypů se snižuje incidence kolorektálního karcinomu.
- Dvojkontrastní irrigografie je rentgenové vyšetření tlustého střeva, které se provádí především tehdy, pokud není možné provést endoskopické vyšetření. A to zejména při stenotických procesech a špatných anatomických poměrech. Vyšetření spočívá v podání baryové suspenze a insuflaci vzduchu. Nevýhodou této metody je však nemožnost odběru bioptických vzorků a případné odstranění polypů. Celé vyšetření se doplněno rektoskopií k zobrazení možného pokročilého nádoru v rektu, který nemusí být při irrigografii zobrazen.
- Sonografie má význam především u předoperační detekce jaterních metastáz a také pro zjištění, zda nejsou postiženy retroperitoneální uzliny.
- Endoskopická ultrasonografie se provádí většinou u karcinomu rekta ke stanovení do jaké hloubky střevní stěny a okolních struktur tumor penetruje.

- Slouží také k posouzení regionálních uzlin, stanovení stagingu a k naplánování operační taktiky.
- Počítačová tomografie (CT) provádí se k odhalení metastatického procesu především v játrech a retroperitoneálních uzlinách . Dělá se počítačová tomografie břicha a také malé pánve u karcinomů rekta. Toto vyšetření má velký význam při plánování léčby, jednak chirurgické, tak i v rámci radioterapie.

1.4.2.4 Histologický staging a grading

Histologický staging (odstupňování pokročilosti maligního nádoru) je jedním ze základů pro rozhodnutí o vhodné léčbě kolorektálního karcinomu. Provádí se v případě již diagnostikovaného karcinomu v rámci přípravy. Určíme jím stádium tumoru, rozsah infiltrace střevní stěny a přítomnost metastáz v regionálních i vzdálených uzlinách. Dříve se v praxi se k tomu používala především klasifikace dle Dukese, dnes je nejčastějším typem je mezinárodně uznávaný klasifikační systém TNM (T = tumor, N = noduli, M = vzdálené metastázy).

TNM klasifikace:

TX ,TO, Tis - shodné s obecnou klasifikací

T1 - nádor omezen na submukózu

T2 - prorůstání do muscularis propria

T3 - prorůstání do subserózy

T4 - prorůstání serózou / nebo přímo do okolních orgánů a tkání

NX, NO - shodné s obecnou klasifikací

N1 - postižení 1-3 regionálních uzlin

N2 - postižení více než 3 regionálních uzlin

N3 - postižení uzlin podél spádového cévního svazku

MX, MO, M1 shodné s obecnou klasifikací.

Klinická stadia a klasifikace dle Dukese:

Stadium O	Tis	NO	MO	Dukes A
Stadium I	T1	NO	MO	Dukes A
	T2	NO	MO	Dukes A
Stadium II	T3	NO	MO	Dukes B
	T4	NO	MO	Dukes B
Stadium III	T1-4	N1-3	MO	Dukes C
Stadium IV	T1-4	N1-3	M1	Dukes D

Histologický grading určuje stupně diferenciacie nádoru a současně tak můžeme stanovit možnou agresivitu tumoru. Velmi důležitý je z hlediska prognózy.

G1- nádory dobře diferencované

G2-nádory středně diferencované

G3- nádory nediferencované s nejhorší prognózou

1.5 Terapie karcinomu rekta a rektosigmoidea

Terapeutický postup se odvíjí od řady faktorů, jakými jsou lokální nález, přítomnost metastáz, celkový stavu pacienta a další důležité faktory. Před samotným zahájením léčby je nutné učinit několik kroků a provést řadu vyšetření. Teprve pak je možné stanovit strategii samotné léčby na které se podílí speciální tým odborníků složený z lékaře onkologa, chirurga, gastroenterologa a také psychologa. Ti zvolí, který postup je pro daného pacienta nejoptimálnější.

1.5.1 Chirurgická léčba

V rámci přípravy na chirurgickou léčbu musí pacient absolvovat standardní předoperační vyšetření, které zahrnuje:

- Kolonoskopie s bioptickým odběrem materiálu. Jestliže nádor brání proniknutí endoskopu je provedena irrigografie.
- Sonografie jater k průkazu jaterních metastáz. Pokud jsou metastázy prokázány je provedeno ještě CT jater, stejně tak, když je sonografický nález nejistý.

- CT malé pánve a břicha
- RTG plic
- CT plic nebo bronchoskopie při nálezu metastatického postižení na rentgenovém snímku
- Urologické vyšetření při hematurii nebo jiných urologických potížích
- Gynekologické vyšetření u všech žen
- Stanovení onkomarkerů CEA, CA 19-9
- Transrektální sonografie a anorektální manometrie u karcinomu rekta (doporučeno)

Léčba je ovlivněna stádiem nádoru. V takzvaném I. klinickém stádiu, kdy je nádor omezen na stěnu střevní má zásadní význam chirurgická operace, při které je nutné radikálně odstranit postiženou oblast střeva společně s přilehlými lymfatickými uzlinami a retrorektálním tukem. Následně je provedena anastomóza, která může být šita ručně nebo s použitím stapleru.

U nádorů rekta je provedena buď lokální excize nebo resekce konečníku s koloanální anastomózou. Když je resekce neproveditelná, je nahrazena abdominoperineální amputací konečníku. U stádia nádoru T2 a výše se vzdáleností 15 cm od anu je chirurgický výkon proveden zpravidla až po předoperační aktinoterapii. Interval mezi nimi řídí lékař radioterapeut podle zvolené frakcionace. Jestliže jsou nádory nad 15 cm od anu tak se zpravidla předoperační radioterapie neužívá.

Po odstranění konečníku je potřeba vytvořit trvalý vývod střeva přes břišní stěnu, tzv. stomii. Stoma pomůcky jsou pacientovy plně hrazeny ze zdravotního pojištění.

Ve II. klinickém stádium onemocnění již nádor prorůstá střevní stěnou a ve III. klinickém stádium, zahrnujícím i postižení lymfatických uzlin se přistupuje k dalším léčebným metodám mezi něž patří radioterapie a chemoterapie. U paliativních nálezů se provádí jen paliativní resekce a nebo jsou endoskopicky zavedeny stenty, provedena koagulace, popřípadě laserové ošetření. Provádí se u neodstranitelných nádorů, kde je zachována průchodnost. U jaterních metastáz je v některých indikovaných případech

provedena jaterní resekce.

1.5.2 Chemoradioterapie

V současné době je častou volbou současné podání cytostatik s radioterapií ještě před operačním výkonem. Tato předoperační chemoradioterapie má za úkol zmenšit tumor a zajistit tak lepší operační podmínky bez komplikací. Celkově tato metoda snižuje riziko lokální recidivy onemocnění i vzdálenější rozsev do jiných tkání a orgánů.

Nádor tlustého střeva je však na cytostatika poměrně rezistentní, takže počet léčebných odpovědí je podstatně menší než u předchozích diagnóz a co je podstatné, zásadně kratší je také medián přežití. Základním režimem bylo podávání 5-fluorouracilu s leukovorinem. Novějšími léky pro tuto nemoc jsou irinotecan, oxaliplatin a capecitabin (Xeloda).⁽³⁾

Nejnovějším trendem v této léčebné metodě je předoperační ozařování společně s podáváním nového cytostatika, které je v tabletové formě. Jedná se o celonárodní klinickou studii Masarykovy univerzity v Brně, která je plánovaná na šesti velkých onkologických pracovištích u nás. Patří mezi ně Masarykův onkologický ústav v Brně, pražské fakultní nemocnice jako Fakultní nemocnice Motol, Královské Vinohrady, Fakultní nemocnice u svaté Anny v Brně, Fakultní nemocnice Hradce Králové a Plzně. Některé z nich již tuto formu léčby zahájily.

Studie jsou určeny pro pacienty z celé České republiky, které splňují určitá kritéria, jenž jsou posouzena v daných onkologických centrech a probíhají na pracovištích, která jsou vybavena špičkovou přístrojovou ozařovací technikou a disponují týmem zkušených odborníků v této problematice.

Výsledky studií ukazují, že taková léčba je bezpečnější a účinnější než předešlá forma předoperační chemoradioterapie. Tabletová forma cytostatik by znamenala i jistou úlevu pro pacienty, neboť by ranní a večerní podání nahradilo nepříjemnou intravenózní aplikaci, která přináší i řadu komplikací. Jedním z léčiv tohoto druhu je Xeloda, která obsahuje neúčinnou látku Capecitabin, která se až vlivem enzymů

v játrech a v nádorových buňkách postupně mění na účinný 5- fluorouracil. Má dvě výhody. První je perorální podání, které umožňuje snadnou několikadenní léčbu a druhou je vyšší koncentrace 5-fluorouracilu v nádorových buňkách než ve zdravých tkáních. Toto cytostatikum se podává zpravidla dvakrát denně po dobu dvou týdnů s následnou týdenní pauzou. Pro lepší dosažení potřebné dávky se kombinují tablety s obsahem 500 mg a 150 mg.

Pooperační chemoterapie karcinomu rekta a rektosigmoidea je založena na stejných režimech jako adjuvantní radioterapie.

1.5.3 Radioterapie

Radioterapie je dnes neodmyslitelnou součástí dnešní onkologické léčby. Využívá k léčbě nádorových i některých nenádorových onemocnění ionizující záření s kurativním nebo paliativním záměrem.

1.5.3.1 Historie radioterapie

Historie radioterapie je spjata se jménem Conrad Roentgen, který roku 1895 objevil nový, zatím neznámý druh paprsků, které byly pojmenovány paprsky X. Již rok poté byly použity v léčbě nádorů a objevily se i první případy, kdy došlo k vyléčení tumoru pomocí záření.

Další významnou osobnostmi v historii jsou manželé Curiovy, kteří se zapsali do historie zejména tím, že roku 1898 objevili gama záření radia 226. Také toto záření se již v roce 1903 uplatnilo v léčbě zhoubných nádorů.

V počátcích radioterapie neměli radioterapeuti žádné spolehlivé metody k měření dávek a energie záření. Také přístrojové vybavení bylo nedokonalé, neboť neumožňovalo, aby do nádorů bylo vpraveno dostatečné množství záření. Léčilo se pomocí terapeutických rentgenových přístrojů s nízkou energií záření. Nejvyšší dávka záření byla na kůži a v následujících tkáňových vrstvách došlo k jejímu rychlému poklesu. Kůže proto byla rozhodující strukturou, která limitovala dávku do nádoru. Dnes se rentgenové ozařovače používají zejména k léčbě kožních nádorů, paliativnímu

ozařování například kostních metastáz a léčbě některých nenádorových onemocnění, jako jsou zánětlivé procesy pohybového aparátu.

Velký pokrok nastal až se zavedením vysokoenergetických kobaltových zářičů do klinické praxe a to v padesátých letech. Tyto ozařovače znamenaly novou éru radioterapie. Produkují záření o vysoké energii. Pomocí nich se dosáhlo nejvyšší dávky pod povrchem kůže a bylo umožněno vpravení potřebné dávky záření do nádorového ložiska. Také radium bylo nahrazeno bezpečnějšími umělými radioizotopy.

V posledních dvou desetiletích 20. století došlo k velmi rychlému vývoji radioterapie. V praxi jsou používány lineární urychlovače, které mají ještě vyšší energii než kobaltové ozařovače. Jejich hlavice může rotovat o 360 stupňů kolem pacienta a tumor je ozařován z více úhlů. Dávka se sčítá v nádoru a je snížena na zdravé tkáně a orgány. Svazek záření je možné tvarovat pomocí systému clon, tak aby jeho tvar a velikost odpovídaly nádorovému ložisku a šetřilo se okolí. Počítačové plánovací systémy umožňují trojrozměrné modelování rozložení dávky záření. Pro plánování radiační léčby se využívají nové zobrazovací techniky, zejména počítačová tomografie a magnetická resonance. Výrazně také pokročilo poznání o biologickém účinku záření na úrovni buněčné i molekulární.

Cílem radioterapie je zvládnutí tumoru při maximálním šetření zdravých tkání a kritických orgánů. Radioterapie je kompromisem mezi dávkou nezbytnou k vyléčení tumoru a dávkou vedoucí k poškození zdravých tkání.⁽²⁾

1.5.3.2 Plánování radioterapie

Základním požadavkem je pracoviště s dostatečným technickým i personálním vybavením, umožňující dosimetrii, výrobu ozařovacích pomůcek a specializovanou péči od kvalifikovaných pracovníků.

Indikace radioterapie u onkologického pacienta by měla být rozhodnuta v multidisciplinárním onkologickém týmu před zahájením léčby a potvrzena erudovaným radioterapeutem či společnou rozvahou radioterapeutického týmu.⁽⁴⁾

Plánování je proces, který se skládá z mnoha navzájem na sebe navazujících

dílčích kroků.

✓ Vstupní údaje

Vstupní údaje jsou informace o pacientovi, které byly získány sběrem anamnézy a provedením laboratorních a fyzikálních vyšetření. Vypovídají o celkovém zdravotním stavu, prodělaných chorobách i sociální situaci klienta. Dalšími potřebnými vstupními údaji jsou informace o samotném nádoru. Ty jsou získány z histologického stagingu a gradingu a z přístrojových vyšetření. Je určen cílový objem, který bude ozářen. Ten se skládá z makroskopického tumoru, oblastí předpokládaného mikroskopického nádorového bujení a lemu, který má kompenzovat drobné nepřesnosti v zaměření ozařovacích polí a pohyby orgánů.

V neposlední řadě nás zajímá samotný léčebný záměr. Zda-li bude léčba paliativní, kurativní a jestli bude probíhat radioterapie samostatně či v kombinaci s chemoterapií nebo chirurgií. Je tedy provedena takzvaná *léčebná strategie*, kdy je radioterapie zařazena do léčebného postupu.

✓ Lokalizace na simulátoru

Za použití speciálního rentgenového přístroje zvaného simulátor je provedena lokalizace cílového objemu v předpokládané ozařovací poloze a s fixačními pomůckami, které jsou vyrobeny přímo pro daného pacienta. U karcinomů rekta a rektosigmoidea je pro správnou lokalizaci použita kontrastní látka, kterou je baryová suspenze. Je vpravena lékařem pomocí rektální rourky do konečníku a poté jsou na simulátoru provedeny snímky. Zlokalizovaný objem je zhodnocen v osách (x, y, z) a na kůži pacienta jsou pomocí tinktury nebo fixu zakresleny průměty laserových paprsků pro tyto osy.

✓ CT plánování

Následuje provedení plánovacích CT řezů pro oblast zájmu. Pacient je opět uložen do ozařovací polohy s případnými fixačními pomůckami. Značky na kůži

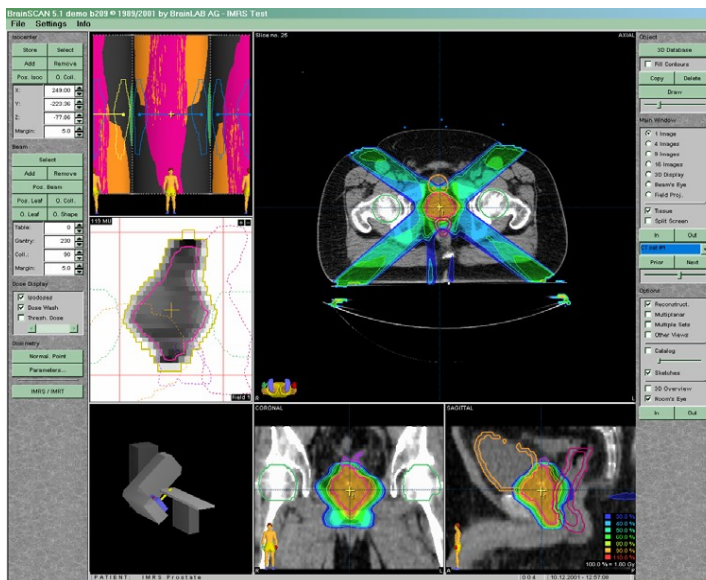
pacienta jsou označeny zpravidla jemným drátkem, který je pro CT vyšetření kontrastní. Do zhotovených řezů zakreslí lékař radioterapeut cílový objem a okolní zdravé tkáně.

✓ Plánování s plánovacími systémy

Pomocí plánovacího systému v počítači je v CT plánovacích skenech zakreslen a popsán cílový objem a rizikové orgány. Také je zakreslen obrys pacienta ve všech řezech použitých pro plánování a nakonec zhotoví fyzik ve spolupráci s lékařem *isodozní plán*, který má být vytvořen tak, aby byl „šitý na míru“ pacienta. Jedná se o *tayloring radiotherapy*.

Plán zahrnuje zvolenou ozařovací techniku, velikost a počet ozařovacích polí a jejich úpravu pomocí vykrývacích bloků, zvolené fixační pomůcky, úhel ramene ozařovacího přístroje. Je provedena optimalizace ozařovacího plánu pomocí klínových filtrů, stínových bloků, kompenzátorů, vážení polí nebo bolusu.

Nakonec je zvolen optimální ozařovací plán a definitivní frakcionační režim. Je zhodnocena prostorová distribuce záření v cílovém objemu a kritických orgánech.



Obrázek 1: Plánovací systém

✓ Simulace

Vybraný ozařovací plán je zkontrolován na simulátoru. Pacient je dle plánu v ozařovací poloze s fixačními pomůckami, klíny, stínícími bloky, kompenzátorem, aj. Následuje definitivní simulace jednotlivých polí s kontrolou, zda svazky záření směřují, tak kam mají. Posuzují se naměřené reálné hodnoty a ozařovací podmínky polí s hodnotami, které jsou uvedeny na výtisku z plánovací konzole a ve verifikačním systému. Pro každé pole je vytvořen verifikační snímek. Musí také souhlasit zdroj, energie a druh záření, velikost pole, úhel gantry, kolimátoru a ozařovacího stolu. Použití vykrývacích bloků, klínů, bolusu, kompenzátoru a monitorovací jednotky.

✓ Ozáření na ozařovači

Teprve po simulaci na simulátoru může proběhnout samotné ozáření na ozařovači, při kterém jsou verifikovány ozařovací pole zhotovením portálových snímků (portal vision či portal imaging).

1.5.3.3 Verifikace a vyhodnocení nastavení

Cílem radioterapie není jen léčba nádorů s maximálním šetřením zdravé tkáně a kritických orgánů, ale také verifikace a vyhodnocení přesnosti v nastavení pacienta. Je nezbytnou součástí celého procesu a přispívá k zajištění kvality terapie. Umožňuje odhalit chyby v nastavení pacienta do ozařovací polohy před začátkem i v průběhu ozařování. Verifikace se uplatňuje především při používání nových ozařovacích technik jakou je IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy).

Verifikace nastavení polohy pacienta zobrazovacím systémem pro verifikace správné pozice izocentra je zahrnuta ve standardech radioterapie pro radikální radioterapii a radioterapii s modulovanou intenzitou (IMRT), vydaných Ministerstvem zdravotnictví ČR ve spolupráci se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, Společností radiační onkologie, biologie a fyziky ČLS JEP a Českou společností fyziků v medicíně.

(5)

Pro verifikaci pozice izocentra na lineárních urychlovačích se používají přídavná

elektronická portálová zobrazovací zařízení (EPID- elektron portal image device). Umožňují zobrazit ozařovací pole na pacientovi při reálných ozařovacích podmínkách a společně s vyhodnocovacím systémem provést kontrolu polohy pacienta. Vyhodnocení je prováděno porovnáním s referenčními obrazy a dovoluje odhalit nepřesnosti v nastavení pacienta do ozařovací polohy.

Standardem v radioterapii karcinomu rekta a rektosigmoidea je pracoviště s vhodným přístrojovým a personálním vybavením, plánování pomocí CT, ozařování na lineárním ozařovači a individualizace léčby pomocí multileaf kolimátoru či vykrývacích bloků.

Aktinoterapie v léčbě karcinomů rekta a rektosigmoidea má bohaté uplatnění. Může být aplikována jako primární terapie a nebo v kombinaci s chirurgií a chemoterapií.

Radioterapie zaměřená na oblast malé pánve a rekta může být, stejně jako chemoterapie, *předoperační (neoadjuvantní) nebo pooperační (adjuvantní)*.

Cílem předoperační radioterapie je zmenšit operabilní nádor a zlepšit podmínky chirurgického zákroku. Předoperační ozáření je dnes u nás požadováno za zlatý standard. V léčbě se užívá buď standardní frakcionace, kdy chirurgický výkon následuje přibližně za 3 - 4 týdny po ozáření. A nebo tzv. akcelerovaná frakcionace a s operací do 2- 4 dnů po ozáření, aby se nestačily rozvinout postradiační změny. K této léčbě jsou indikovány všechny nádory stadia T2 a vyššího, kde jsou postiženy i lymfatické uzliny.

Pooperační radioterapie se doporučuje u prorůstajících nádorů stěnou střevní, také při špatných podmínkách k operaci jako jsou nepříznivý zdravotní stav pacienta, kontaminace operačního pole nádorovými buňkami a nečisté okraje resekatu.

1.5.3.4 Ozařovací podmínky

Za ozařovací podmínky se označují fyzikální faktory, kterými lze měnit ložiskovou a relativní hloubkovou dávku. Ovlivňují tak léčebný výsledek.

Patří sem:

Kvalita záření

Ta v sobě zahrnuje druh, energii a homogenitu záření.

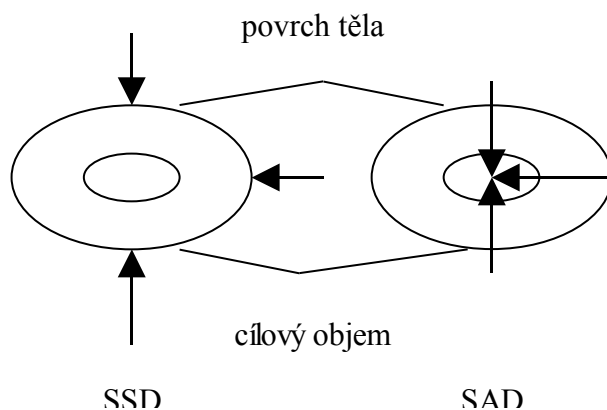
Při léčbě ionizujícím zářením se využívá korpuskulární (elektrony, pozitrony, deutrony, neutrony) i elektromagnetické záření, které má charakter vlnění (X záření, gama záření). Druh záření ovlivňuje hloubkovou dávku a relativní biologickou účinnost.

Na energii záření závisí pronikavost, absorbovaná dávka v různých tkáních, relativní biologická účinnost a také rozptyl záření, se kterým souvisí hloubková dávka, relativní hloubková dávka i povrchová dávka.

Záření může být monochromatické nebo heterochromatické. Monochromatické je záření o jedné energii (^{137}Cs s E 0,661 MeV). Heterochromatické obsahuje spektrum různých vlnových délek (např. záření z rentgenky).

Ozařovací vzdálenost

Vzdálenost ozařování se určuje mezi zdrojem záření a kůží OK (SSD-source skin distance) nebo mezi ohniskem a osou rotace ramena ozařovacího přístroje (SAD-source axis distance). Tato vzdálenost je většinou 100 cm od ohniska a je umístěna do středu cílového objemu (obrázek 1).



Obrázek 2: Ozařovací vzdálenost SSD a SAD

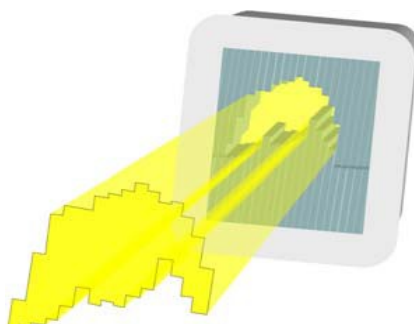
Ozařovací vzdálenost, díky zákonu o ubývání intenzity záření se čtvercem vzdálenosti, významně ovlivňuje povrchovou i relativní hloubkovou dávku a také velikost ozařovaného pole

Ozařované pole

Za ozařované pole je označena část povrchu ozařovaného objemu, kterou prochází svazek záření. Je jí plocha ve vzdálenosti SSD, nebo SAD, kolmá na centrální paprsek a vymezená geometrií svazku záření. Jeho velikost je určena geometrií svazku záření a je možné ji stanovit i dozimetricky. Měla by být taková, aby primární svazek záření zasáhl celé nádorové ložisko. Pole je také možné tvarovat pomocí systému clon a tubusů.

Svazek záření, který je vymezený pomocí clon a tubusů, lze přizpůsobit nepravidelnému tvaru nádorového ložiska pomocí vykrývacích bloků, které jsou zhotoveny individuálně pro každého pacienta. Jejich moderní alternativou je multileaf kolimátor (MLC), který využívá konformní radioterapie. Jeho clony jsou rozděleny do mnoha tenkých lamel. Ty mění svoji pozici nezávisle na sobě a tak mohou přizpůsobit tvar svazku záření cílovému objemu. Umožní to zvýšení dávky v nádorovém ložisku bez rizika poškození okolních zdravých tkání a orgánů.

S multileaf kolimátorem a konformní radioterapií souvisí i metoda modulovaného svazku záření (IMRT-intensity modulated radiation therapy). Ta využívá svazky záření o různé intenzitě a tím je dosaženo lepšího prostorového rozložení dávky v cílovém objemu a zároveň se šetří okolní zdravé tkáně.



Obrázek 3: Modulace svazku záření pomocí multileaf kolimátoru

Ozařovaný objem

Je určen během plánování léčby a to ve třech (3D plánování), popřípadě ve 4 rozměrech (4D plánování). Podle hloubky uložení ozařovaného objemu v hloubce těla pacienta a jeho velikosti se řídí druh záření a jeho energie, ozařovací technika i SSD. Jeho velikost je také důležitá pro stanovení jednotlivé i celkové dávky a obecně platí, že u malých objemů lze aplikovat vyšší dávku než u velkoobjemového ozařování.

Mezi objemy v plánování patří:

GTV (Gross Tumor Volume) = je hmatný nebo jinam demonstrovatelný nádor

CTV (Clinical Target Volume) = objem, který zahrnuje GTV i lem okolní zdravé tkáně, kde se předpokládá mikroskopické šíření nádoru.

PTV (Planning Target Volume) = zahrnuje CTV a další bezpečnostní lem, který má počítat s ozářením cílového objemu během pohybu dané oblasti (dýchací pohyby, střevní peristaltika). Tento objem bere také v úvahu změny ve tvaru a velikosti tkání v CTV (např. různě naplněný močový měchýř) i změny v geometrii svazku záření. PTV představuje geometrický koncept důležitý pro léčebné plánování a stanovení dávky.

TV (Treated Volume) = objem tkání, který je zahrnut isodosou, která definuje PTV.

IV (Irradiated Volume) = objem tkání, který obdrží dávku, jenž je považována za významnou vzhledem k normální tkáňové toleranci.

Při plánování se také musí počítat s kritickými orgány v dané oblasti. Jsou jimi zdravé tkáně s nižší radiosenzitivitou.

U karcinomů rekta a rektosigmoidea jsou cílovým objemem: tumor, lůžko tumoru, střevní anastomóza, spádové uzliny, presakrální oblast, popřípadě i perineum.. Kritickými orgány jsou močový měchýř a klíčky tenkého střeva.

Ozařovací techniky

Abychom dosáhli co nejlepších výsledků v léčbě maligního onemocnění je potřeba zvolit optimální ozařovací techniku. Při jejím výběru se řídíme hned několika důležitými parametry. V první řadě jde o typ léčebného záměru, zda-li je kurativní či

paliativní. Dále se volba ozařovací techniky řídí typem, biologickou aktivitou, lokalizací a rozsahem nádoru. Přihlíží se také k předchozí léčbě a celkovému stavu pacienta. Ozařovací technika by měla být pro pacienta pohodlná, snadno reprodukovatelná a také umožnit snadný přístup personálu k nemocnému. V neposlední řadě je nutné hodnotit jaké jsou možnosti daného pracoviště. Zda-li je schopné zabezpečit plánovanou léčbu svým přístrojovým i personálním vybavením.

Ozařovací techniky můžeme rozdělit podle počtu použitých polí na techniku 1 pole, 2 polí, 3-4 polí, 5 a více polí a na tzv. speciální ozařovací techniky, které vyžadují náročnější plánování léčby, speciální fixaci, ozařovací polohu pacienta, dozimetrii a další speciální podmínky.

Mezi nejčastější ozařovací techniky pro karcinom rekta a rektosigmoidea jsou techniky tří nebo čtyř polí: BOX technika, T technika, křížový oheň a také technika pěti polí.

Časový faktor

Radioterapie je založena na vyšší schopnosti normálních buněk reparovat radiační poškození. Tento rozdíl je malý a proto užití velkých jednorázových frakcí záření v počátcích radioterapie vedlo k vyléčení tumorů spojeného s nekrózami zdravé tkáně. Rozdělením dávky do velkého počtu malých frakcí aplikovaných po ukončení reparačních procesů se diference v reparačních schopnostech nádorových a zdravých buněk násobí. ⁽¹⁾

Prodloužení celkového léčebného času je vhodné pro pomalu proliferující buněčnou populaci, aby se zajistila reoxygenace hypoxických nádorových buněk. Naopak zkrácení celkového léčebného času se zvýšeným počtem ozařovacích frakcí je významné u rychle proliferující buněčnou populaci. Umožňuje reparaci zdravé tkáně za subletálního poškození a zajišťuje redistribuci nádorových buněk mezi jednotlivými frakcemi.

Standardní frakcionace = 25 – 35 frakcí (obvykle po 2 Gy) podávaných jedenkrát denně

pět dní v týdnu po dobu 5-7 týdnů. Tímto režimem je možné zredukovat nádorovou populaci a ponechat dostatečné množství normálních buněk k zachování normální funkce tkáně a k repopulaci jejich kmenových buněk

Hypofrakcionace = 1-3 vyšší frakce za týden. Biologický účinek není srovnatelný se standardní frakcionací, proto se tento režim uplatňuje především v paliativním ozařování.

Hyperfrakcionace = 2-3 menší frakce denně. Tento režim je vhodný pro kurativní ozařování rychle rostoucích nádorů. Umožňuje lepší lokální kontrolu zejména nad tumory v ORL oblasti.

Frakcionační režimy u radioterapie karcinomů rekta a rektosigmoidea bývají následující:

Předoperační ozáření:

- a) jednorázové: při něm je jednorázově aplikováno 5-10 Gy na tumor a následující den je provedena operace.
- b) krátké: 5 frakcí po 4 Gy, druhý až čtvrtý den po ozařování následuje operace.
- c) dlouhé: 23 frakcí po s Gy s operací za 4-8 týdnů po ozařování.

Pooperační ozáření: aplikuje se 1,8-2 Gy do celkové dávky 50-60 Gy po dobu 5,5 až 6 týdnů. Po 46 Gy dochází k zmenšení PTV na oblast tumoru.

Samostatná radioterapie: 1,8-2 Gy do celkové dávky 50-60 Gy po dobu 5,5 až 6 týdnů.

Radiochemoterapie:

- a) konkomitantní: současně s chemoterapií (5-FU, leukovorin) je aplikováno celkově 45 Gy ve 25 frakcích po 1,8 Gy. Za 4-8 týdnů následuje operace. Tento režim je považován za současný trend.
- b) sekvenční: nejdříve je naordinována chemoterapie a teprve po ní následuje radioterapie.

1.5.3.5 Ozařovací předpis (plán)

Ozařovací plán je úředním dokladem, který obsahuje denní záznam o ozařování

pacienta. Je součástí chorobopisu a musí být archivován. Obsahuje osobní údaje o pacientovi, informace o diagnóze, léčbě, ozařovacích podmínkách z plánovacího systému. Informuje o ozařovací poloze pacienta, fixačních pomůckách a také o celkové dávce, dávce pro jednotlivou frakci i dávce v kritických orgánech. Obsahuje také frakcionační režim, verifikační snímky ozařovacích polí ze simulátoru, isodósní plán s podpisem radiačního onkologa a klinického radiologického fyzika a lokalizační šablony pro zaměřovací indikátor. Jsou v něm záznamy o jednotlivých aplikacích a také zápis o ukončení radioterapie s kontrolou kompletnosti dokumentace. Každý krok nebo změna v této dokumentaci musí být opatřen datumem a podpisem lékaře. Ozařovací předpis umožňuje zpětnou rekonstrukci cílového objemu a dávky v cílovém objemu i v kritických orgánech.

1.5.3.6 Ozařovací poloha a fixační pomůcky

Je základem v plánování léčby. **Požadavky** na ní jsou takové, aby byla pohodlná pro pacienta, dobře reprodukovatelná, fixní a zároveň by měla umožnit snadný přístup ošetřujícího personálu k pacientovi. Může být vleže (supinační nebo pronační) s horními končetinami podél těla, nad hlavou a nebo složenými na hrudníku. Další možnosti jsou vsedě nebo vstoje ve speciálním postavení.

Pacient může být v ozařované poloze fixován speciálními pomůckami, které mají zajistit minimální pohyblivost fixované oblasti a přispět tak k přesnému ozáření. Existují fixační pomůcky pro oblast hlavy, horních končetin, dolních končetin, trupu, popřípadě i celého těla.

U karcinomu rekta a rektosigmoidea se uplatňují supinační, pronační, antidekubitační nebo Trendelenburgova poloha bez a nebo s fixací.

1.6 Prognóza

Nádory tlustého střeva a konečníku patří mezi nejlépe léčitelné nádory vůbec, ale rozhodující je jejich stádium v době diagnózy. Z nádorových úmrtí představují nádory tlustého střeva zhruba 8% a nádory rekta okolo 7% všech případů. Ty, které jsou

omezené na sliznici a podslizniční vrstvu jsou až v 90% případů definitivně vyléčitelné, avšak s postupným šířením tumorů do hlubších vrstev stěny střevní klesá i šance na vyléčení. U již hodně pokročilých nálezů je prognóza velmi nepříznivá. Bohužel řada pacientů se dostává do odborné péče až v těchto pokročilých stádiích onemocnění. Stále proto platí, že nejdůležitější v léčbě novotvarů je včasná diagnostika, která umožňuje zvýšit šance na úplné uzdravení.

1.7 Prevence

Má nezastupitelnou úlohu. Lze jí rozdělit na primární a sekundární.

Primární prevence představuje celospolečenský program, který je zaměřený na zlepšení kvality životního prostředí a změnu stravovacích návyků obyvatelstva.

V rámci tohoto programu jsou vydávány informační letáky a prováděna různá školení a besedy pro laickou i odbornou veřejnost. Aplikuje se důraz zejména na stravování s vysokým podílem vlákniny a nízkým obsahem živočišných tuků, pravidelnou stolicí a snížení nadváhy.

Sekundární prevence oproti primární prevenci představuje již diagnostiku zhoubných nádorů a prekancerózních stavů v časných stádiích onemocnění, to je v době, kdy pacienti nemají zpravidla ještě žádné příznaky nebo jen minimální symptomatologii.

Patří sem:

✓ Depistáž (masový screening)

Jednou z depistážních metod je standardizovaný test na okultní krvácení.

Okultní krvácení do stolice je většinou prvním indikátorem kolorektálních nádorů i jiných gastrointestinálních chorob. Test na okultní krvácení je prováděný v rámci prevence pro asymptomatické rizikové skupiny jakou jsou lidé nad 50 let věku nebo 40 let věku, pokud mají v anamnéze prokázán výskyt karcinomů tračnicku a konečnicku u jejich příbuzných prvního stupně (rodiče, sourozenci, děti) a také u pacientech s diagnostikovaným nádorem prsu, dělohy nebo vaječnicku. Provádí se ze tří

po sobě následujících stolic zhruba jednou až dvakrát ročně, dle rizikové skupiny.

Existují dva typy těchto testů, jednak tradiční guajakové testy a imunologické testy, které jsou mnohonásobně citlivější, přesnější a při jejich použití nejsou vyžadována žádná dietní opatření. Jsou specifické pro lidský hemoglobin a jejich senzitivita se pohybuje až okolo 99%. Testy na okultní krvácení provádí praktický lékař v rámci své preventivní činnosti a v případě positivity výsledku je pacient zařazen do následného diagnostického programu a odeslán do péče gastroenterologa.

✓ Časná diagnostika

V případě positivity testu na okultní krvácení či jiných pochybností lékaře je provedeno endoskopické vyšetření tlustého střeva či dvojkontrastní irrigografie. Kolonoskopie neslouží jen k diagnostice, ale mohou při něm být profylakticky odstraněny adenomové polypy metodou endoskopické polypektomie.

✓ Dispenzarizační programy rizikových skupin obyvatelstva

Jedná se například o osoby, které mají v rodinné anamnéze familiární polypózu nebo syndrom hereditárního nepolypózního karcinomu. Dále jsou to pacienti s nespécifickými střevními záněty a lidé po resekci střeva pro kolorektální karcinom. Jsou pro ně vypracována různá schémata dispenzární péče a jsou sledováni v pravidelných intervalech na specializovaných gastroenterologických pracovištích, která provádí pravidelné kolonoskopické kontroly.

Pacienti po léčbě karcinomů rekta a rektosigmoidea jsou také dispenzarizováni praktickým lékařem či gastroenterologem pod vedením specializovaného pracoviště. Jsou u nich prováděna fyzikální vyšetření, laboratorní vyšetření krve na krevní obraz, jaterní a renální funkce, onkomarkerů CEA, ultrazvuk jater, rentgenové vyšetření plic a popřípadě i počítačová tomografie břicha a pánve. Vše je sledováno v rámci 3 měsíců až 5 let.

2. Cíl práce

Cílem práce je analýza odchylek v lokalizaci ozařovacích polí v průběhu ozařování hodnoceného souboru pacientů s diagnózou karcinomu rekta či rektosigmoidea, léčených na onkologickém oddělení Nemocnice České Budějovice a. s., formou portálového vyhodnocování.

3. Hypotéza

Předpokladem je, že průměrná odchylka v lokalizaci ozařovacích polí u vybraného souboru pacientů bude 0,5 cm.

4. Popis metodiky

V předložené bakalářské práci jsem zhodnotila vybraný soubor pacientů a pomocí EPID (elektron portal image device) jsem pro jednotlivá ozařovací pole statisticky vyhodnotila maximální, minimální a průměrnou odchylku v lokalizaci ozařovacích polí. K vyhodnocení jsem použila χ^2 test (chí- kvadrát).

Hodnoceným souborem bylo 41 pacientů s kurativní léčbou karcinomu rekta či rektosigmoidea, jenž zahrnovala radioterapii. Tito pacienti byli ve sledovaném období, tj. v průběhu mé praxe na tomto oddělení, ozářeni a byly u nich zhotoveny hodnotitelné portálové snímky pro daná ozařovací pole.

Při hodnocení odchylek v lokalizaci ozařovacích polí pomocí EPID byly v grafickém editoru na portálových snímcích zvoleny následující referenční body:

Pro AP pole: dolní poloviny pánevního dna = foramina obturata

Pro PA pole: střed symfýzy

Pro LL: přední strana sakra, zadní strana sakra, promontorium, symfýza

Tyto struktury byly zvoleny z důvodu dobré viditelnosti na snímcích. V případě, že na snímcích nebyla dobře viditelná symfýza a přední i zadní strana sakra, tak se hodnotily kontury horní třetiny a hlavice femuru a zbytek sakra, který byl viditelný.

Poté byly verifikační snímky porovnány s digitálně rekonstruovaným rentgenogramem (DRR), což je vypočtený snímek ze série CT snímků odpovídající dané projekci.

AP pole

Pacient	Pohlaví	Ročník	Diagnóza	Technika	Lat	Lng	Vrt	Rtn
1	F	1954	18.7	Box	-0,2	-1,3	-	0
2	M	1948	19	Box	-0,1	1,1	-	0
3	M	1945	20	Box	-0,3	0,6	-	0
4	M	1936	20	Box	-1,3	1,4	-	0
5	M	1967	20	Box	0,2	-0,2	-	0
6	M	1954	20	Box	0	0,3	-	0
7	F	1937	20	Box	-0,3	-0,4	-	0
8	M	1938	20.2	Box	0,5	-3,5	-	0
9	F	1951	20	Box	0,3	-0,5	-	0
10	M	1954	19	Box	-0,1	-0,6	-	0
11	M	1952	20	Box	2,1	4,0	-	0
12	M	1944	20	Box	-0,3	-0,5	-	-1,7
13	F	1937	20	Box	-0,3	-0,8	-	0
14	M	1947	20	T	--	--	--	--
15	F	1946	20	Box	-0,1	-0,3	-	0
16	M	1951	20	Box	-0,1	1,4	-	0
17	M	1929	20	T	-0,6	-0,2	-	0
18	M	1948	20	Box	-0,3	-1,1	-	0
19	M	1942	20	Box	-0,5	-0,4	-	0
20	F	1949	20	Box	0,3	-0,3	-	0
21	F	1943	20	Box	0,3	0,1	-	0
22	F	1951	20	Box	0,2	-0,3	-	0
23	F	1934	20	Box	1,0	2,2	-	-1
24	M	1953	20	T	--	--	--	--
25	M	1936	20	Box	0,1	0,1	-	0
26	F	1936	20	Box	0,7	-0,4	-	0
27	F	1948	20	T	--	--	--	--
28	M	1940	20	T	--	--	--	--
29	M	1970	20	Box	-0,3	0,7	-	0
30	M	1955	20	Box	-0,3	-0,4	-	0
31	F	1934	20	Box	0,1	0,4	-	0
32	M	1955	20	Box	-0,2	-0,4	-	0
33	F	1943	20	T	--	--	--	--
34	F	1957	20	Box	0,6	1,1	-	0
35	M	1944	20	T	0,1	-0,1	-	0
36	M	1954	20	Box	0,5	-0,4	-	0
37	M	1938	20	Box	-0,1	-1,2	-	0
38	M	1965	18.7	Box	0,2	-0,7	-	0
39	M	1924	20	T	--	--	--	--
40	F	1948	20	Box	-0,7	-0,9	-	0
41	M	1949	20	Box	0,7	-1,1	-	0

Aritmetický průměr	0,051429	-0,07429	-	-0,07714
Směrodatná odchylka	0,572082	1,213004	-	0,329068
X²	0,636775	2,1351	-	0,855412
Maximální odchylka	2,1	4,0	-	-
Minimální odchylka	±0,1	±0,1	-	-
Hladina významnosti	1	1	-	0,9999

PA pole

Pacient	Pohlaví	Ročník	Diagnóza	Technika	Lat	Lng	Vrt	Rtn
1	F	1954	18.7	Box	-0,6	-0,7	-	0
2	M	1948	19	Box	-0,1	1,1	-	0
3	M	1945	20	Box	-0,2	1,1	-	0
4	M	1936	20	Box	-1,4	1,8	-	0
5	M	1967	20	Box	-0,1	-0,1	-	0
6	M	1954	20	Box	-0,1	1,1	-	0
7	F	1937	20	Box	-0,3	-0,8	-	0
8	M	1938	20.2	Box	0,1	-3,1	-	0
9	F	1951	20	Box	-0,3	-0,5	-	0
10	M	1954	19	Box	-0,3	-0,5	-	0
11	M	1952	20	Box	-0,1	0,4	-	0
12	M	1944	20	Box	-0,5	-0,4	-	0
13	F	1937	20	Box	-0,4	-0,6	-	0
14	M	1947	20	T	0,3	-0,5	-	0
15	F	1946	20	Box	-0,4	-0,9	-	1,4
16	M	1951	20	Box	-0,1	2,3	-	0
17	M	1929	20	T	-0,8	-0,3	-	0
18	M	1948	20	Box	-0,8	-1,0	-	0
19	M	1942	20	Box	-0,7	-0,4	-	0
20	F	1949	20	Box	0,2	0	-	0
21	F	1943	20	Box	0,1	0,6	-	0
22	F	1951	20	Box	-0,1	-0,1	-	0
23	F	1934	20	Box	0,1	0,7	-	0
24	M	1953	20	T	-0,4	1,4	-	-4
25	M	1936	20	Box	-0,2	-0,3	-	0
26	F	1936	20	Box	0,9	-0,6	-	0
27	F	1948	20	T	-0,1	0	-	0
28	M	1940	20	T	-0,2	1,3	-	0
29	M	1970	20	Box	-0,5	0,4	-	0
30	M	1955	20	Box	-0,5	-0,4	-	0
31	F	1934	20	Box	0,1	0,7	-	0
32	M	1955	20	Box	-0,4	-0,1	-	0
33	F	1943	20	T	1,3	-0,8	-	0
34	F	1957	20	Box	-0,1	1,0	-	0
35	M	1944	20	T	-0,4	0,3	-	0
36	M	1954	20	Box	0,1	-0,1	-	0
37	M	1938	20	Box	-0,2	-1,2	-	0
38	M	1965	18.7	Box	-0,2	-0,6	-	0

39	M	1924	20	T	0	-1,2	-	0
40	F	1948	20	Box	-0,9	-0,8	-	0
41	M	1949	20	Box	0,3	-1,3	-	0
Aritmetický průměr					-0,19268	-0,07561	-	-0,06341
Směrodatná odchylka					0,454087	0,990651	-	0,666992
X²					0,120404	7,33758	-	0,998439
Maximální odchylka					- 1,4	-3,1	-	-
Minimální odchylka					±0,1	-0,1	-	-
Hladina významnosti					1	0,9999	-	-

Lat. sin. pole

Pacient	Pohlaví	Ročník	Diagnóza	Technika	Lat	Lng	Vrt	Rtn
1	F	1954	18.7	Box	-	-0,9	-0,6	-
2	M	1948	19	Box	-	1,3	-0,7	-
3	M	1945	20	Box	-	0,1	0,6	-
4	M	1936	20	Box	-	0,3	-0,1	-
5	M	1967	20	Box	-	0,1	-0,3	-
6	M	1954	20	Box	-	0,6	-0,9	-
7	F	1937	20	Box	-	-0,6	-0,1	-
8	M	1938	20.2	Box	-	-2,8	-0,4	-
9	F	1951	20	Box	-	-0,8	-0,1	-
10	M	1954	19	Box	-	-0,6	0,1	-
11	M	1952	20	Box	-	0,1	-0,3	-
12	M	1944	20	Box	-	-0,8	-0,4	-
13	F	1937	20	Box	-	-0,6	-0,1	-
14	M	1947	20	T	-	-0,3	0,4	-
15	F	1946	20	Box	-	-0,4	0,3	-
16	M	1951	20	Box	-	2,1	-1,8	-
17	M	1929	20	T	-	-0,2	0,8	-
18	M	1948	20	Box	-	-1,1	-0,6	-
19	M	1942	20	Box	-	-0,8	-1,2	-
20	F	1949	20	Box	-	-0,7	-0,3	-
21	F	1943	20	Box	-	0,1	0,3	-
22	F	1951	20	Box	-	-0,3	0	-
23	F	1934	20	Box	-	0,3	-0,8	-
24	M	1953	20	T	-	-0,9	0,2	-
25	M	1936	20	Box	-	-0,1	0,7	-
26	F	1936	20	Box	-	-0,6	-0,3	-
27	F	1948	20	T	-	-0,5	-0,7	-
28	M	1940	20	T	-	1,0	-0,7	-
29	M	1970	20	Box	-	0,9	-0,1	-
30	M	1955	20	Box	-	0	0,1	-
31	F	1934	20	Box	-	0,4	0,2	-
32	M	1955	20	Box	-	-0,4	0,4	-
33	F	1943	20	T	-	0,2	0,1	-
34	F	1957	20	Box	-	0,4	0,8	-
35	M	1944	20	T	-	0,1	-0,4	-
36	M	1954	20	Box	-	-1,0	-0,2	-
37	M	1938	20	Box	-	-1,5	-0,1	-

38	M	1965	18.7	Box	-	-0,3	-0,1	-
39	M	1924	20	T	-	-0,7	-0,5	-
40	F	1948	20	Box	-	-0,6	-0,5	-
41	M	1949	20	Box	-	-1,1	-0,2	-
Aritmetický průměr					-	-0,25854	-0,18293	
Směrodatná odchylka					-	0,819138	0,528631	-
X²					-	9,93823	0,09178	-
Maximální odchylka					-	-2,8	-1,8	-
Minimální odchylka					-	±0,1	±0,1	-
Hladina významnosti					-	0,9999	1	

Lat. dex. pole

Pacient	Pohlaví	Ročník	Diagnóza	Technika	Lat	Lng	Vrt	Rtn
1	F	1954	18.7	Box	-	-0,3	-1,1	-
2	M	1948	19	Box	-	1,4	-0,9	-
3	M	1945	20	Box	-	0,1	0	-
4	M	1936	20	Box	-	0,7	-0,6	-
5	M	1967	20	Box	-	0,1	-0,6	-
6	M	1954	20	Box	-	0,9	-1,2	-
7	F	1937	20	Box	-	-0,7	-0,3	-
8	M	1938	20.2	Box	-	-3,3	0,8	-
9	F	1951	20	Box	-	-0,2	0,1	-
10	M	1954	19	Box	-	-0,8	-0,3	-
11	M	1952	20	Box	-	0,8	-0,8	-
12	M	1944	20	Box	-	-0,8	-0,7	-
13	F	1937	20	Box	-	-0,6	-0,4	-
14	M	1947	20	T	-	-0,3	0	-
15	F	1946	20	Box	-	-0,4	0,1	-
16	M	1951	20	Box	-	2,0	-1,8	-
17	M	1929	20	T	--	--	--	--
18	M	1948	20	Box	-	-1,1	-1,1	-
19	M	1942	20	Box	-	-0,7	-0,4	-
20	F	1949	20	Box	-	-0,5	-0,6	-
21	F	1943	20	Box	-	0	-0,2	-
22	F	1951	20	Box	-	1,7	-0,4	-
23	F	1934	20	Box	-	0,6	-1,3	-
24	M	1953	20	T	-	-1,0	-0,2	-
25	M	1936	20	Box	-	-0,2	0,4	-
26	F	1936	20	Box	-	-0,3	-0,2	-
27	F	1948	20	T	-	-0,8	-0,9	-
28	M	1940	20	T	-	2,0	-1,3	-
29	M	1970	20	Box	-	1,0	-0,5	-
30	M	1955	20	Box	-	-0,5	0,3	-
31	F	1934	20	Box	-	0,4	-0,2	-
32	M	1955	20	Box	-	-0,4	0,1	-
33	F	1943	20	T	-	-0,3	0	-
34	F	1957	20	Box	-	1,3	-0,1	-
35	M	1944	20	T	--	--	--	--

36	M	1954	20	Box	-	-1,3	-1,5	-
37	M	1938	20	Box	-	-1,5	-0,4	-
38	M	1965	18,7	Box	-	-0,6	-0,3	-
39	M	1924	20	T	-	-0,9	0,2	-
40	F	1948	20	Box	-	-0,5	-0,8	-
41	M	1949	20	Box	-	-1,4	-0,4	-
Aritmetický průměr					-	-0,1641	-0,45263	-
Směrodatná odchylka					-	1,050185	0,564124	-
X²					-	5,86163	0,000178233	-
Maximální odchylka					-	-3,3	-1,8	-
Minimální odchylka					-	0,1	±0,1	-
Hladina významnosti					-	0,9999	1	-

K výpočtům byly použity následující vzorce:

Aritmetický průměr:

Jedná se o statistickou veličinu, která vyjadřuje hodnotu popisující soubor mnoha hodnot. Obecně se dá říci, že je součtem všech hodnot vydělený jejich počtem.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

n.....počet pacientů

x_i.....posun i-tého snímku v daném směru

Směrodatná odchylka:

Směrodatná odchylka je definována jako odmocnina z rozptylu náhodné veličiny X.

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

n.....počet pacientů

Chí- kvadrát (χ^2) test:

Chí-kvadrát test se používá k zjištění, zda vzorek dat odpovídá předpokládanému rozdělení.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

O_i = pozorovaná frekvence

E_i = očekávaná, předpokládaná (teoretická) frekvence

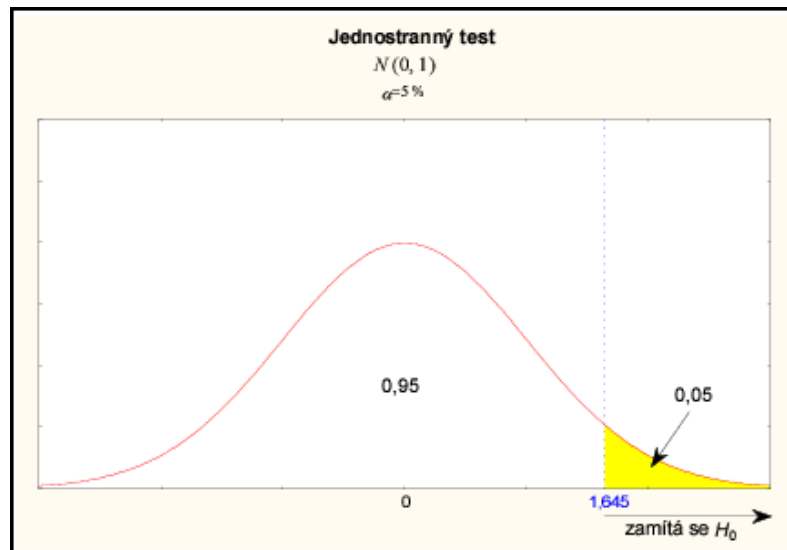
Hladina významnosti (míra spolehlivosti):

Na základě nulové hypotézy a nasbíraných dat spočteme pravděpodobnost, zda-li obdržená data odporují nulové hypotéze. Tato pravděpodobnost se nazývá dosažená hladina významnosti a značí se p (p -value, p -level). Čím menší je p , tím méně důvěryhodná je nulová hypotéza.

$$Q_{\chi^2, d} = \left[2^{d/2} \Gamma\left(\frac{d}{2}\right) \right]^{-1} \int_{\chi^2}^{\infty} (t)^{\frac{d}{2}-1} e^{-\frac{t}{2}} dt$$

Q = pravděpodobnost

d = stupně volnosti



Obrázek 4: Jednostranný test H_0

5. Výsledky

Ze získaných údajů jsem zjistila, že ve zkoumaném souboru pacientů převažovali muži. Poměr byl 26 mužů : 15 ženám. Průměrný věk pacientů byl 62 let, z toho nejmladšímu bylo 38 let a nejstaršímu 84 let.

V ozařovacích technikách měla nejvýraznější zastoupení BOX technika a ve 33 případech, naproti tomu T technika byla použita pouze osmkrát.

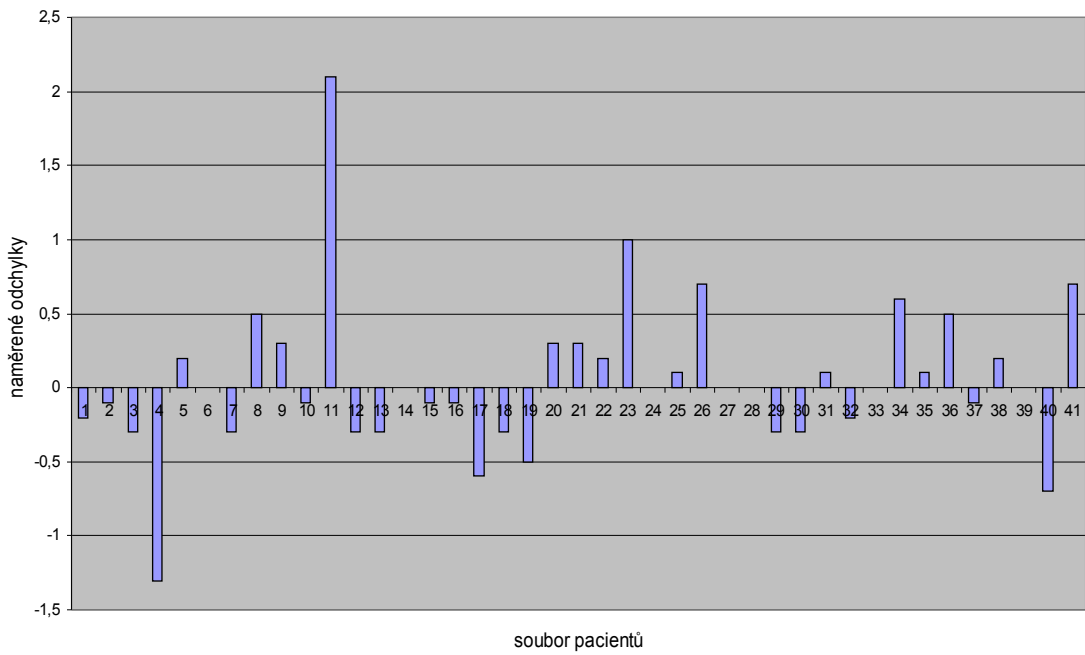
Nejčastější diagnózou byla diagnóza číslo 20.

Výpočty jsem zjistila minimální, maximální a průměrnou odchylku v lokalizaci ozařovacích polí a výsledky z chí-kvadrátového testu jsem pro přesnější stanovení závěru porovnávala s výsledky z výpočtu hladiny významnosti (míry spolehlivosti).

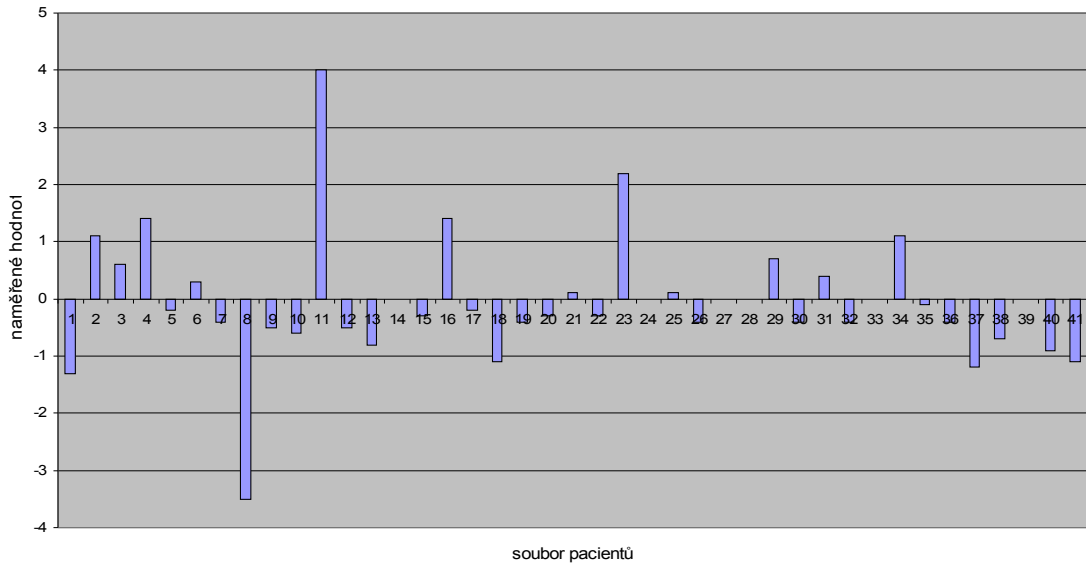
Celkově bylo ve všech polích naměřeno 78 významných chyb v nastavení, tj. odchylky větší než 5 mm a 51 hrubých chyb v nastavení, tj. odchylky větší než 10 mm. Největší odchylka byla naměřena v AP poli v longitudinálním posunu a to 4 cm. Nejvíce hrubých chyb bylo naměřeno v PA a AP poli v longitudinálním směru a to 11 případů pro každé pole. V aritmetickém průměru však odchylky nepřesahovaly 0,5 mm. A podle hodnot z chí-kvadrátového testu jsem při výpočtu míry významnosti zjistila, že předpokládaná hypotéza může být považována za významnou.

Naměřené odchylky jsem dala do tabulek a následně zpracovala graficky (viz. níže).

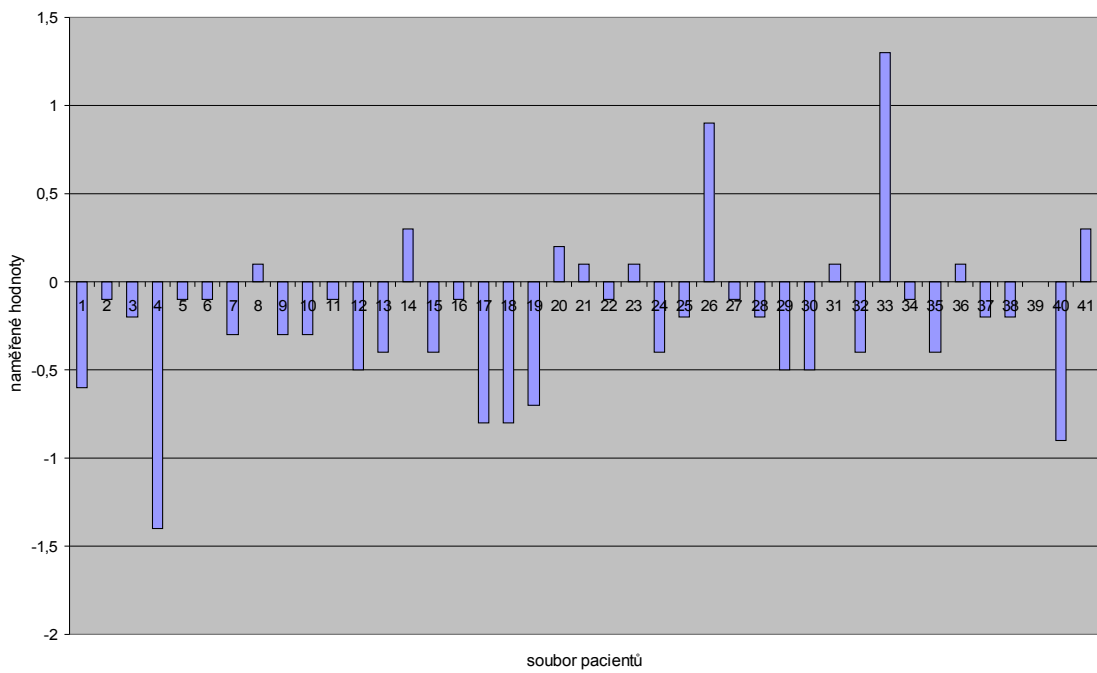
Graf 1: Histogram laterálních posunů v AP poli



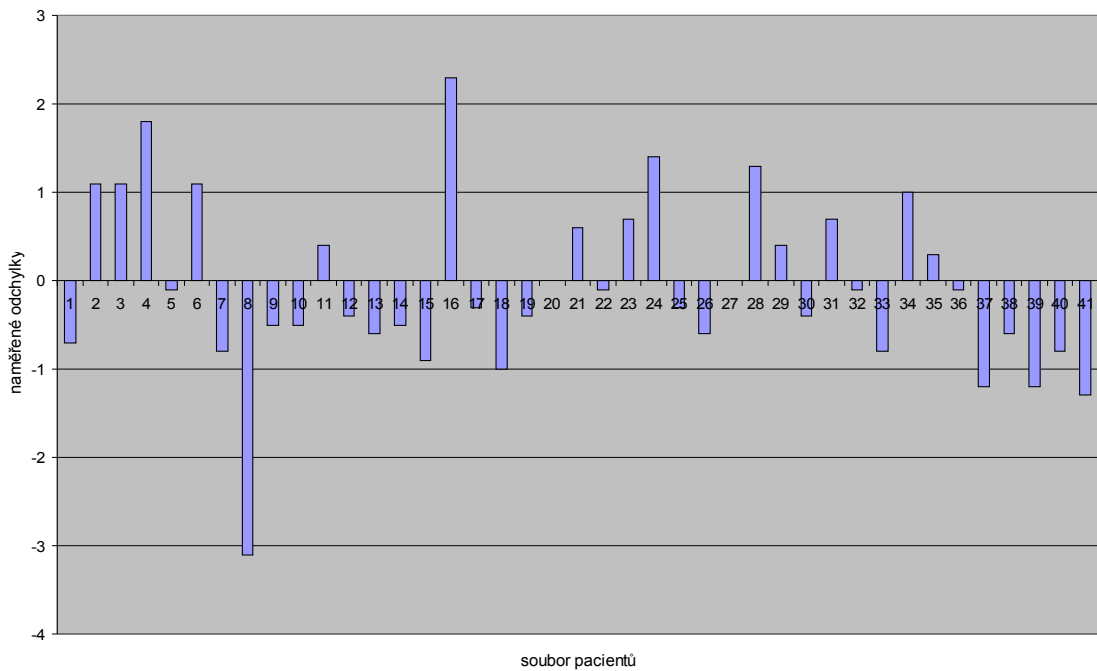
Graf 2: Histogram longitudinálních posunů v AP poli



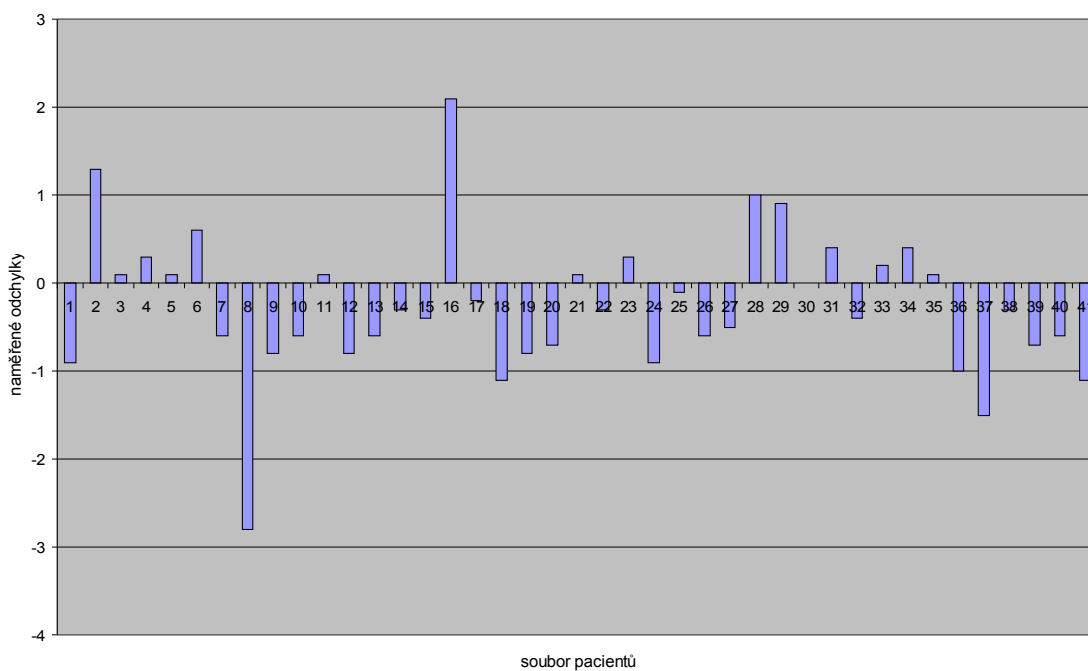
Graf 3: Histogram laterálních posunů v PA poli



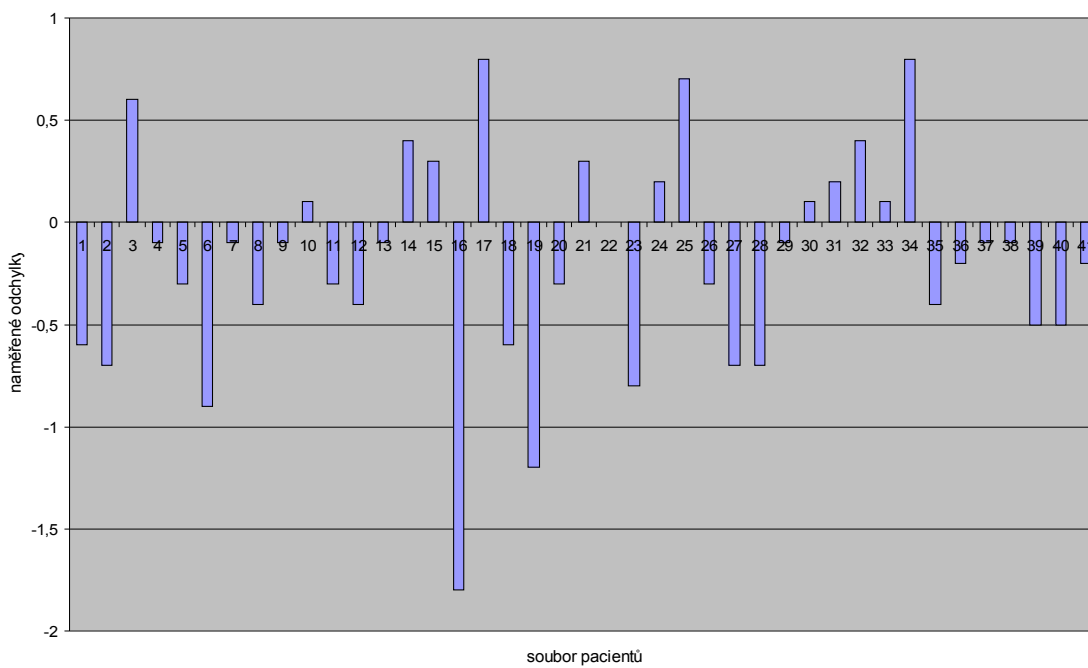
Graf 4: Histogram lonitudinálních posunů v PA poli



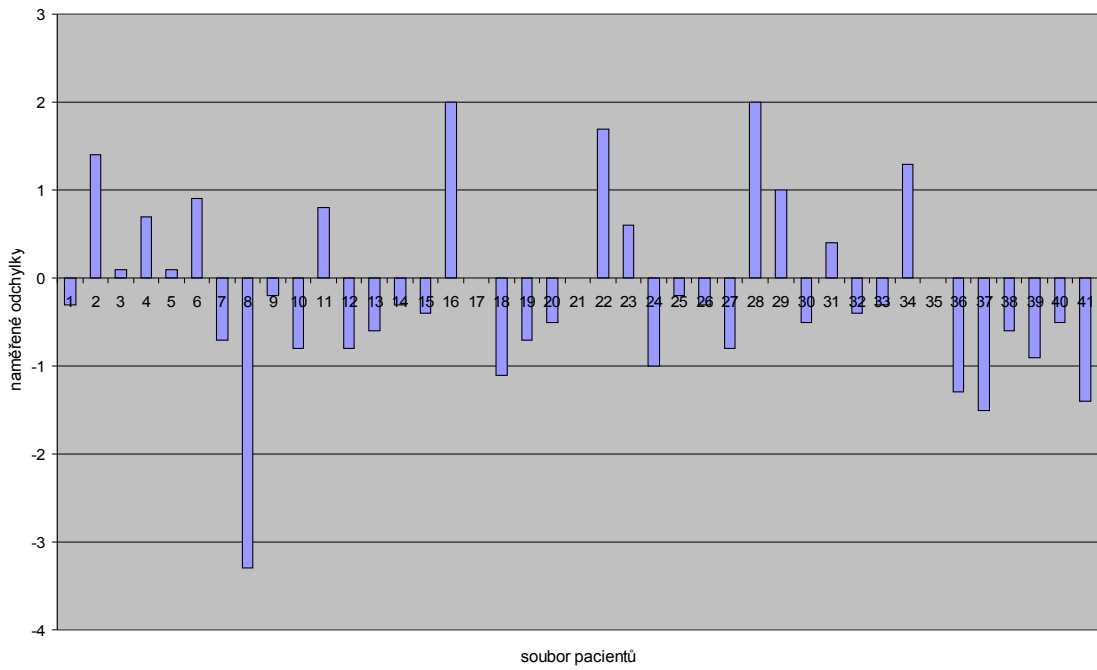
Graf 5: Histogram longitudinálních posunů v lat. sin. poli



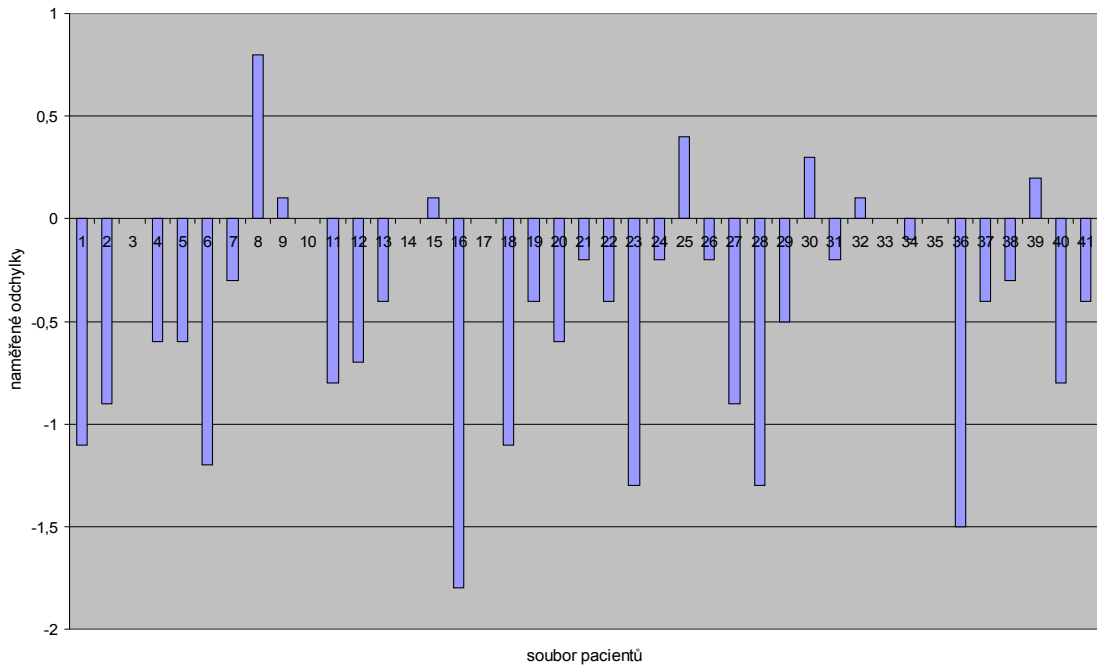
Graf 6: Histogram vertikálních posunů v lat. sin. poli



Graf 7: Histogram longitudinálních posunů v lat. dex. poli



Graf 8: Histogram vertikálních posunů v lat. dex. poli



6. Diskuse

Chybám v nastavení v radioterapii je věnována v poslední době značná pozornost, avšak forma prezentace výsledků je v jednotlivých studiích různorodá.

Za významnou chybu v nastavení je považována odchylka větší než 5 mm a za hrubou chybu v nastavení se považuje odchylka větší než 10 mm. V literatuře se udává 4-57% ve výskytu významných odchylek a 1-15% u odchylek hrubých. Jedná se ale o velmi široké rozmezí.

Chyby v nastavení pacienta jsou způsobeny mnoha faktory. Největším z nich je asi samotné nastavení pacienta do ozařovací polohy radiologickými asistenty. Další roli hraje fixace pacienta. Statistika v literatuře uvádí, že mnohem více významných nebo hrubých odchylek bývá u pacientů bez fixace a nebo s nedostatečnou fixací během ozařování. Odchyly nejsou způsobeny jenom chybou v nastavení, ale podíl mají i fyziologické pochody v organismu. U léčby karcinomu rekta a rektosigmoidea hraje roli i aktuální náplň močového měchýře při ozařování.

K nastavení přesné a reprodukovatelné polohy pacienta se využívá obrazem řízená radioterapie (IGRT). Je důležité, aby při každém ozařování byl pacient na urychlovači ve stejné poloze vůči jednotnému souřadnému systému jako na CT, kde byla pořízena série snímků pro plánování léčby. Jedině takový postup garantuje správnou distribuci dávky do cílového objemu.

Základní metodou nastavení pozice pacienta je vyznačení souřadného systému na základě laseru. Přesnost není příliš vysoká a nastavení na základě pozic značek na povrchu pacienta není zárukou správné polohy nádoru. V literatuře se uvádí, že chyby při nastavení jsou při této metodě okolo 5 mm.

Elektronový portálový zobrazovací systém (EPID) slouží pro pozdní verifikaci, která je prováděna, až po ozáření pacienta. Je standardním postupem v radioterapii. Na snímku viditelné struktury umožňují korigovat pozici pacienta pomocí terapeutického stolu. Pomocí předozadní projekce je možné korigovat laterální a longitudinální odchylku. Pomocí laterální projekce pacienta je možné provést vertikální korekci. Tento systém výrazně zpřesňuje nastavení pacienta. Tato metoda nám málo vypoví o tom, zda

korelují kostní struktury se samotným nádorem, neboť na verifikačních snímcích není tumor vidět. Je snaha o dosažení lepšího zpřesnění a to tím, že se speciální kovové markery implantují přímo do nádoru. Elektronový portálový zobrazovací systém minimalizuje výskyt hrubých, ale i významných chyb. Literatura udává, že odchylky v nastavení jsou po kontrole pomocí EPID sníženy na hodnotu okolo 2 mm.

Další možností verifikace je on-line zobrazování během samotného ozařování a to pomocí systému dvou rentgenek a dvou flat panel detektorů. Nevýhodou je však zvýšená radiační zátěž pacient. Naproti tomu je výhodné, že vidíme korelaci cílového objemu s nádorem.

Na onkologickém oddělení Nemocnice České Budějovice je použita metoda, kdy jsou na simulátoru vyznačeny na těla pacienta kontrolní značky. Jedná se o průměty laserových paprsků vycházejících ze souřadného systému. Na základě těchto značek a parametrů ze simulátoru je na urychlovači pacient uložen do ozařovací polohy. Z této metody jsem získala výše uvedené odchylky v lokalizaci ozařovacích polí. A zjistila jsem, že průměrná odchylky byla 5 mm.

Všeobecně akceptované tolerance nastavení:

- IMRT karcinom prostaty do 5 mm
- Konvenční radioterapie - karcinom prostaty do 4 mm
- Karcinom prsu do 5 mm
- Mozkové nádory do 2.5 mm
- Nádory hlavy a krku do 3 mm
- Ozařovací plány bez CT přípravy - všechny diagnózy do 5 mm

7. Závěr

Součástí zajištění kvality v radioterapii je kontrola v nastavení pacienta před i během ozařování. Elektronické portálové vyhodnocení spolu s dalšími metodami pomáhá detekovat chyby v lokalizaci polí při ozařování a tím zlepšit výsledky samotné léčby. V radioterapeutické léčbě je mimořádně kladen důraz na přesné a reprodukovatelné dodání dávky do cílového objemu.

Na onkologickém oddělení Nemocnice České Budějovice, a. s. jsou verifikační snímky z ozařovače pravidelně kontrolovány lékařem a pokud je zjištěno, že některá z odchylek je větší než 5 mm, je provedena kontrola nastavení na simulátoru a jsou zhotoveny nové portálové snímky.

8. Seznam použité literatury

- 1) ADAM Zdeněk, VORLÍČEK Jiří, KOPTÍKOVÁ Jana. *Obecná onkologie a podpůrná léčba*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 278 s. ISBN 80-247-0677-6.
- 2) ADAM Zdeněk, VORLÍČEK Jiří, VANÍČEK Jiří et al. *Diagnostické a léčebné postupy u maligních chorob*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. 277 s. ISBN 80-7169-792-3.
- 3) ADAM, Zdeněk, VORLÍČEK, Jiří. Ekonomický pohled na vývoj léčby v posledních letech-neudržitelnost teze podávání „optimální léčby“ všem nemocným. *Framakoekonomika*. Praha: 2006, roč. 1, č. 1, s. 19. ISSN 90-304-385-9.
- 4) HOLUBEC Luboš et al. *Kolorektální karcinom: Současné možnosti diagnostiky a léčby*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. 194s. ISBN 80-247-0636-9.
- 5) Společnost radiační onkologie, biologie a fyziky. Věstník 2007 (online) Platný http://www.srobf.cz/cz/StandardyRT/Standard_RT_2007.doc, Duben 20, 2008
- 6) SPURNÝ, Vladimír, ŠLAMPA, Pavel. *Moderní radioterapeutické metody: Základy radioterapie VI. díl*. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1999. 118 s. ISBN 80-7013-267-1.
- 7) ŠLAMPA, Pavel, PETERA, Jiří. *Radiační onkologie*. 1. vyd. Praha: Galén-Karolinum, 2007. 457 s. ISBN 978-80-72624-69-0.

- 8) ŠLAMPA, Pavel, SOUMAROVÁ, Renata et. al. *Konkomitantní chemoradioterapie solidních nádorů*. 1. vyd. Praha: Galén, 2005. 168 s. ISBN 80-7262-276-5.
- 9) ŠLAMPA, Pavel. *Radiační onkologie v praxi*. 2 vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007. 275 s. ISBN 978-80-86793-0.
- 10) Wiesnerová, Jana. *Regionální diferenciacie výskytu kolorektálního karcinomu v ČR* (online) Platný http://www.demografie.info/cz_detail_clanku, Leden 18, 2008

9. Klíčová slova

Karcinom rekta

Karcinom rektosigmoidea

Radioterapie

Ozařovací podmínky

Verifikace

EPID-electron portal image device

Analýza odchylek

10. Přílohy

Příloha 1a

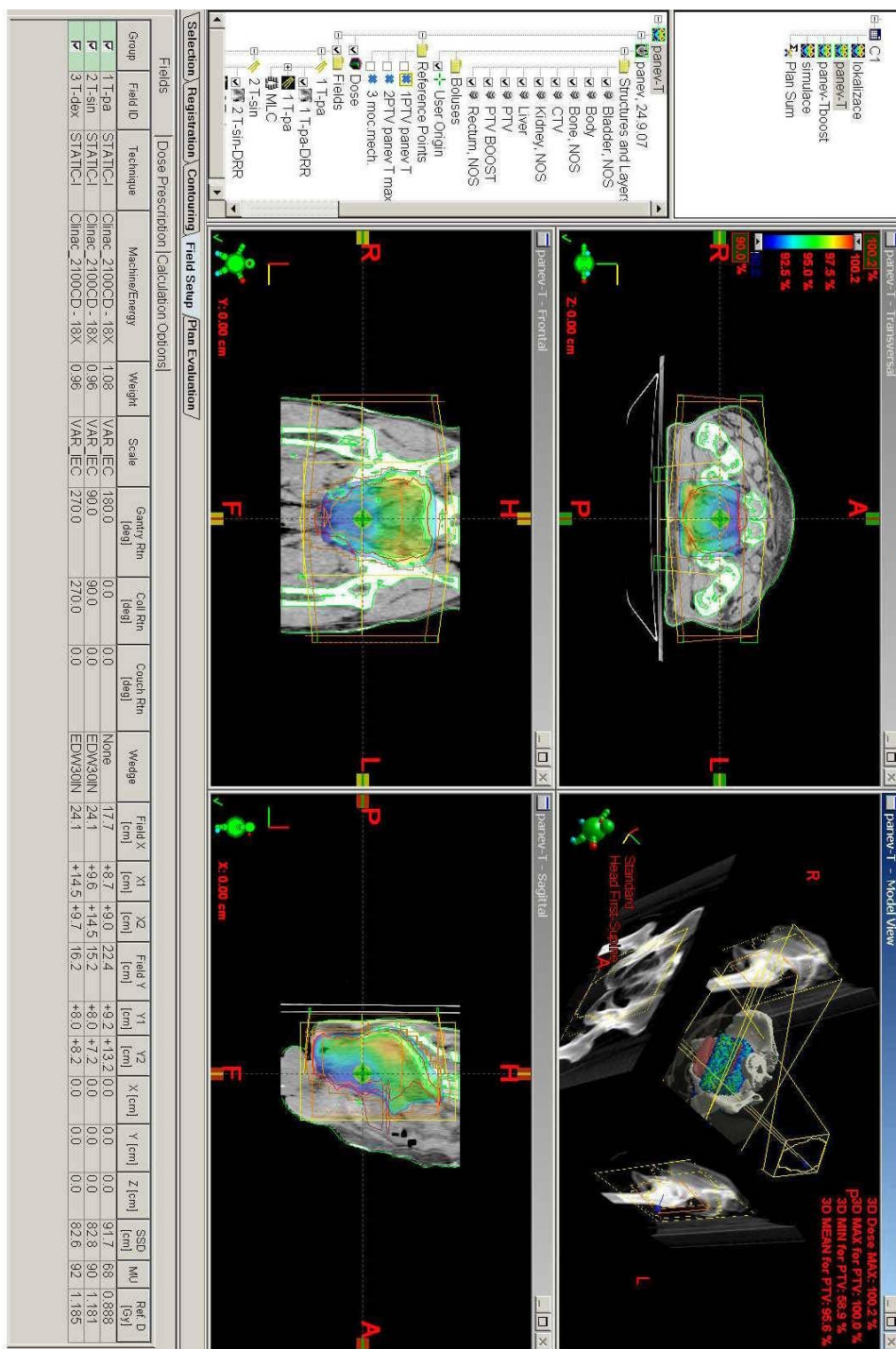
Obraz z plánovacího systému

Group	Field ID	Technique	Machine/Energy	Weight	Scale	Gain/Run [deg]	Coll.Fm [deg]	Couch.Pm [deg]	Wedge	Field X [cm]	X1 [cm]	X2 [cm]	Field Y [cm]	Y1 [cm]	Y2 [cm]	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	SSD [cm]	MU	Ref.D [Gy]
F	1 box pa	STATIC	Clinac_2100CD -18X	1.26	VAR.EC 180.0	0.0	0.0	0.0	None	18.0	+8.6	+10.3	22.5	+12.5	+10.0	0.0	0.0	0.0	91.5	59	0.777
F	2 box sin	STATIC	Clinac_2100CD -18X	0.93	VAR.EC 90.0	0.0	0.0	0.0	None	19.2	+11.7	+7.5	22.7	+12.0	+10.7	0.0	0.0	0.0	81.8	53	0.865
F	3 box ap	STATIC	Clinac_2100CD -18X	0.94	VAR.EC 0.0	0.0	0.0	0.0	None	20.8	+11.3	+9.3	23.5	+12.0	+11.5	0.0	0.0	0.0	84.0	50	0.768
F	4 box dex	STATIC	Clinac_2100CD -18X	0.86	VAR.EC 270.0	0.0	0.0	0.0	None	19.3	+7.5	+12.1	23.4	+12.2	+11.2	0.0	0.0	0.0	79.5	50	0.870

Box technika u pánve

Příloha 1b

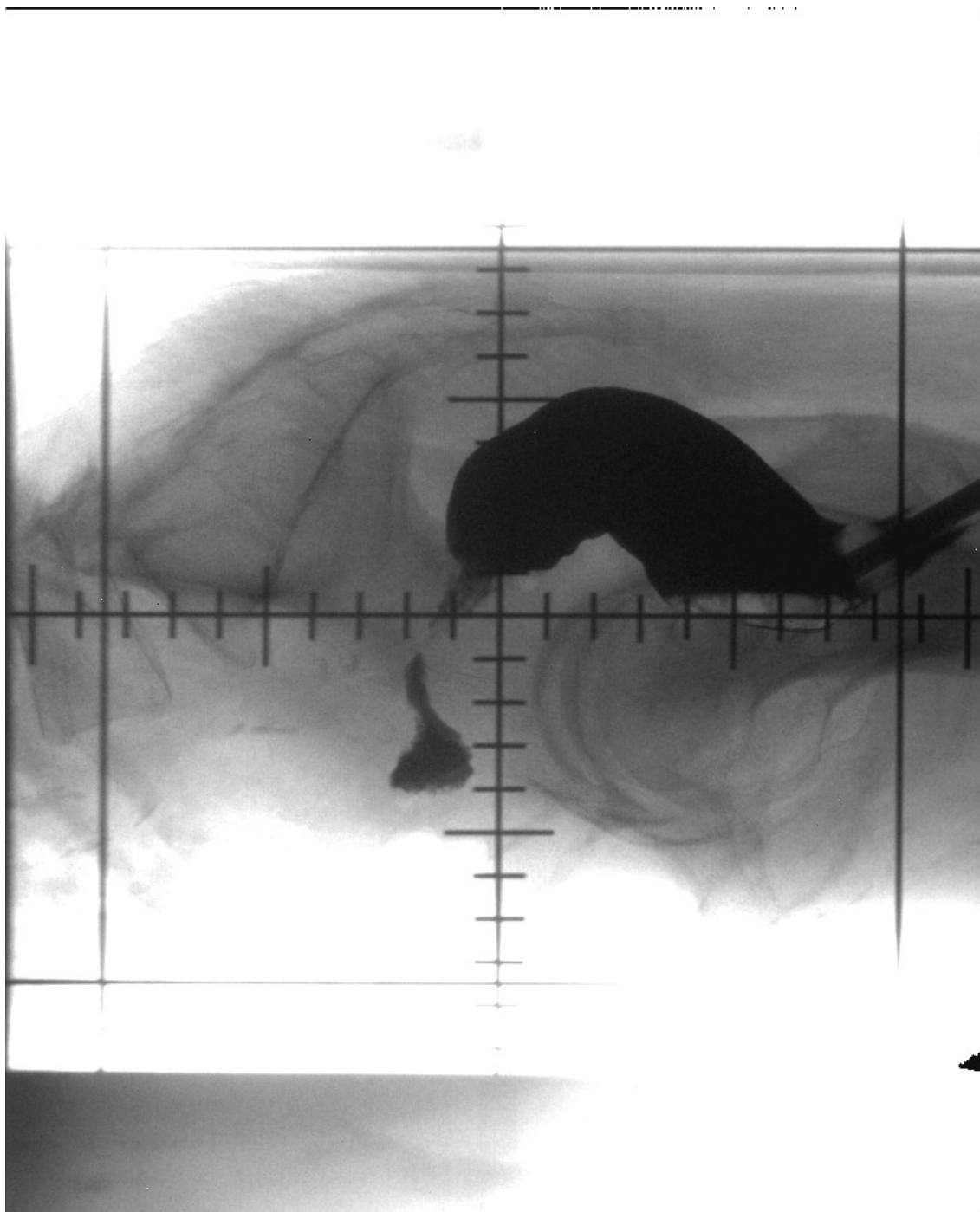
Obraz z plánovacího systému



T technika u pánve

Příloha 2a

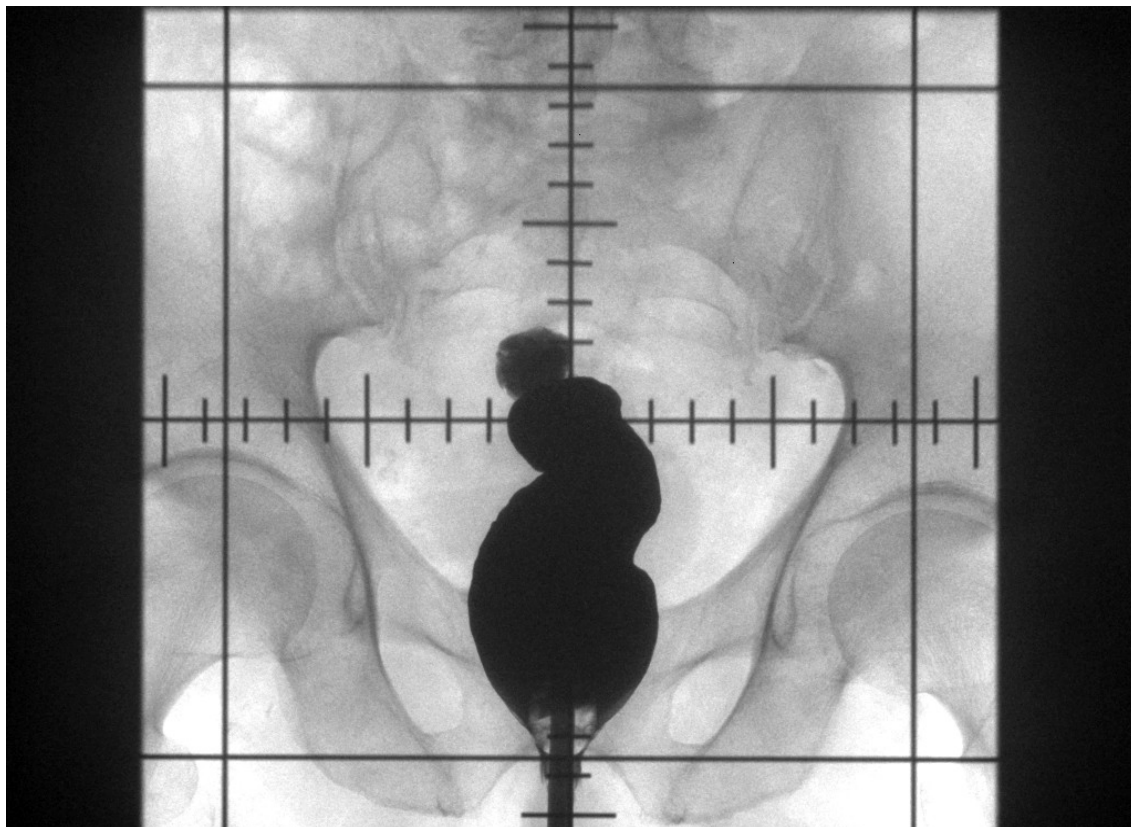
Snímek ze simulátoru



Uzávěr střeva zobrazený pomocí kontrastní látky

Příloha 2b

Snímek ze simulátoru



Zúžení střeva zobrazené pomocí kontrastní látky