Zdravotně sociální fakulta
Faculty of Health and Social Studies

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
University of South Bohemia in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Bakalářská práce

Využití ozařovacích technik IGRT a IMRT u pacientů s karcinomem prostaty a jejich vedlejší účinky

Vypracoval: Klára Křivská
Vedoucí práce: Mgr. Lubomír Francl
České Budějovice 2015

Abstrakt

Karcinom prostaty je onemocnění s celosvětově stále se zvyšujícím počtem nově zjištěných případů. Podle běžně dostupných statistických údajů je nejčastějším nádorovým onemocněním mužů. V příčinách úmrtí z onkologických důvodů je na místě druhém, za karcinomem plic. Situace v České republice je stejná. Za poslední dvě dekády se výskyt v republice téměř ztrojnásobil. Na druhou stranu, úmrtí na karcinom prostaty ubývá, je jich přibližně o třetinu méně. Tento velmi výrazný rozdíl je dán zejména možností vyšetření prostatického specifického antigenu (PSA) v rámci preventivních prohlídek u praktického lékaře, případně jiných specialistů.

Nezpochybnitelný vliv má moderní léčba nádorů prostaty, ať už se jedná o léčbu radikální (kurativní) nebo podpůrnou (paliativní). Podle údajů ze statistiky vedené Národním onkologickým registrem z roku 2009 činil počet nových zachycených karcinomů prostaty v České republice 119,3 případů na 100 000 mužů. Úmrtnost byla 28,5 případů na 100 000 mužů. V přepočtu na absolutní čísla z roku 2009 to znamená, že bylo odhaleno 6154 mužů s nádorem prostaty a 1472 mužů na něj zemřelo. O velkých úspěších moderní léčby svědčí i procentuální vyjádření přežití pacientů po ukončení léčby. V časovém období posledních třiceti let se celkové pětileté přežití u mužů s karcinomem prostaty zvýšilo z 68 % na současných téměř 100 %. Znamená to, že valná většina pacientů po pěti letech od diagnózy svého onemocnění stále žije.

Karcinomu prostaty bylo v Mezinárodní klasifikaci nemocí přiděleno písmeno C a číslo 61. Označení je celosvětově známé a jednotné a dodnes se používá. Pro srovnání v krátkosti uvádím statistiku Národního onkologického registru. Porovnání let 1980, 1990, 2000 a 2011 zjistíme, že druhé nejčastější mužské nádorové onemocnění, karcinom plic (označení diagnózy C33) mělo od roku 1990 sestupnou tendenci a z 78 případů na 100 000 mužů se v roce 2011 snížilo na 50. Bohužel, oproti tomu výskyt karcinom prostaty (C61) se od roku 1980 stále a rychleji zvyšuje. V roce 1980 bylo nádorové onemocnění prostaty diagnostikováno asi 16 pacientům ze sta tisíc, v roce 2000 byla incidence přibližně 36 nemocných na 100 000 mužů. Rapidní zvýšení bylo

zjištěno v roce 2011, kdy se diagnóza C61 projevila u 74 z jednoho sta tisíc onkologických pacientů.

K léčbě karcinomu prostaty se využívá konformní radioterapie od doby jejího vzniku. Jejími průkopníky jsou japonští vědci Umegaki a Takahashi, kteří v 60. letech minulého století vynalezli první rotační konformní techniku ozařování. Více bývá spojena se zavedením počítačové tomografie (CT) do běžné klinické praxe. Až v roce 1983 byl představen 3D plánovací systém, jež ještě více umožnil rozvoj konformní radioterapie.

Bylo zjištěno, že dávky z konvenčních technik (např. box) nejsou pro pacienty dostačující, nevedou k vyléčení a naopak ještě zvyšují riziko vzniku a většího rozvoje vedlejších účinků.

Pokročilá metoda radioterapie s modulovanou intenzitou (IMRT), jež se začala v praxi aplikovat v 90. letech 20. století, dosahovala mnohem lepších výsledků. Kromě změny tvaru paprsku umožňuje i změnu jeho intenzity. Toho lze dosáhnout ve spolupráci s multi leaf kolimátorem (MLC), který dynamicky mění tvar svých lamel a tím upravuje a přesouvá paprsek.

Ještě mladší je technika řízená obrazem (IGRT), která využívá možnosti zobrazení ozařované oblasti formou snímků. Ty se provádějí před samotným ozářením a dopomáhají k případné úpravě pozice pacienta. Korigováním odchylek ještě před spuštěním ozařování lze docílit ozáření pouze vytyčeného cílového objemu a šetřit okolní tkáně.

Klíčová slova:

- karcinom prostaty
- IMRT
- IGRT
- vedlejší účinky

Abstract

Prostatic carcinoma is a disease with a continuously increasing number of newly diagnosed cases all over the world. According to the commonly available statistic data it is the most frequent tumour disease of men. As far as oncological causes of death are concerned, it occupies the second place, after lung cancer. The situation in the Czech Republic corresponds to this trend. The incidence in this country has almost tripled in the last two decades. On the other hand, the number of deaths due to prostatic carcinoma decreases and it is approximately one third lower now. This very significant difference is given especially by the possibility of examination for the prostate-specific antigen (PSA) within the framework of preventive medical check-ups at general practitioners or at other specialists. The modern treatment of prostatic carcinoma, whether it concerns radical (curative) treatment or support (palliative) treatment, also has had an indisputable positive effect.

According to the data obtained from the statistics managed by the National Cancer Registry from 2009, the number of newly diagnosed prostatic carcinomas in the Czech Republic reached 119.3 cases per 100,000 men. The death rate was 28.5 cases per 100,000 men. In conversion to absolute numbers from 2009 it means that 6154 men were diagnosed with a prostatic carcinoma and 1472 men died of it. Great success of modern treatment is confirmed also by a percentage expression of survival of patients after the end of treatment. In the time period of the last thirty years, the overall five-year survival for men with a prostatic carcinoma has increased from 68% to the current almost 100%. This means that an overwhelming majority of patients still live after five years from the diagnosis of their disease.

Prostatic carcinoma was assigned the letter “C” and the number “61” in the International Classification of Diseases. This identification is well-known and uniform on a world-wide basis and it is still used today. For comparison purposes, I am briefly stating the statistics from the National Cancer Registry. By comparing the data from 1980, 1990, 2000 and 2011 it is possible to find out that the second most frequent

male’s tumour disease, i.e. lung cancer (diagnostic identification C33), has demonstrated a decreasing trend since 1990: from 78 cases per 100,000 men the figures dropped to 50 in 2011. Unfortunately, the incidence of prostatic carcinoma (C61) has been rising since 1980 in a continuously increasing rate. In 1980, prostatic carcinoma was diagnosed for about 16 patients out of one hundred thousand; the incidence in 2000 reached approximately 36 subjects per 100,000 men. A rapid increase was reported in 2011, when the C61 diagnosis was registered for 74 out of one hundred thousand oncological patients.

Treatment of prostatic carcinoma has included the conform radiotherapy since the time of its introduction. The pioneers of this therapy are Japanese scientists Umegaki and Takahashi, who invented, in the 1960s, the first rotational conform radiation technology. It is more often associated with introduction of computer tomography (CT) into ordinary clinical practice. It was only in 1983 when a 3D planning system was presented, which then facilitated further development of tumour-conform radiotherapy.

It was established that the doses from conventional techniques (e.g. a box) are not sufficient for the patients, do not lead to recovery and, quite on the contrary, they even increase the risk and major development of side effects.

The advanced method of intensity-modulated radiation therapy (IMRT), which started to be applied in practice in the 1990s, achieved much better results. Besides a change in the beam shape it enables a change in the beam intensity as well. This can be achieved in cooperation with a multi-leaf collimator (MLC) which changes the shape of its lamellas dynamically and thus it modifies and transfers its beam.

The latest treatment method is the image-guided radiation therapy (IGRT), which uses the imaging of the radiated area by means of scans. They are carried out before the actual radiation and help with possible modifications of the patient’s position. By correcting possible deviations before starting the radiation process it is possible to achieve radiation of only the pre-specified volume and to save surrounding tissues.

Key words:

- prostatic carcinoma
- IMRT
- IGRT
- side effects

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval 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 – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných fakultou – elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 4. 5 2015

.....

(Klára Křivská)

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala panu Mgr. Lubomíru Franclovi za pomoc při psaní mé bakalářské práce, za jeho cenné rady, postřehy a připomínky, bez nichž by tato práce nevznikla.

Obsah

Úvod ... 11
1 Teoretická část ... 12
1.1 Anatomie ... 12
1.1.1 Stavba prostaty ... 12
1.2 Etiologie ... 13
1.3 Patologie ... 13
1.3.1 Gleason skóre ... 13
1.4 Diagnostika a klinický obraz ... 14
1.5 TNM klasifikace a rozdělení do stadií ... 15
1.6 Léčba ... 17
1.7 Ionizující záření v radioterapii ... 18
1.7.1 Vývoj radioterapie v Čechách ... 18
1.7.2 Ionizující záření ... 19
1.7.3 Účinek záření na nádory ... 20
1.7.4 Účinek záření na zdravé okolní tkáně ... 20
1.8 Přístroje v radioterapii ... 21
1.9 IMRT ... 21
1.10 IGRT ... 22
1.11 Portálové snímkování ... 23
1.12 Vedlejší účinky ... 24
1.12.1 Lokální a systémové nežádoucí účinky ... 24
1.12.2 Akutní vedlejší účinky ... 24
1.12.3 Pozdní vedlejší účinky ... 25
1.12.4 Chronické následky ... 25
1.12.5 Léčba komplikací ... 26
2 Cíl práce ... 27
3 Výzkumná otázka ... 28
4 Metodika ... 29
5 Výsledky ... 30
6 Diskuze ... 92
7 Závěr ... 93
8 Literatura ... 94
9 Přílohy ... 96

Seznam zkratek

mm - musculi; svaly

ng - nanogram

BHP - benigní hyperplazie prostaty

DRE - digitální rektální vyšetření

PSA - prostatický specifický antigen

FPSA - volný specifický antigen

TRUS - transrektální ultrasonografie

CT - computer tomography

TNM - klasifikace nádorových onemocnění; tumor, nodus, metastázy

Gy - Gray, jednotka absorbované dávky

MeV – megaelektronvolt, jednotka energie

IMRT - Intensity Modulated Radiation Therapy; radioterapie s modulovanou intenzitou

IGRT - Image Guided Radiotherapy; radioterapie řízená obrazem

3D-CRT - 3D prostorová konformní terapie

MLC - multi leaf colimator; vícelamelový kolimátor

DRR - digitální rekonstruovaný rentgenogram

AP - předozadní projekce snímkování

LAT - bočná projekce snímkování

Úvod

Radioterapie patří k nejmladším oborům v medicíně. Její historie začala v roce 1895, kdy fyzik Wilhelm C. Röntgen poprvé popsal paprsky, jež začal nazývat X.
Za 120 let své existence radioterapie prodělala obrovský posun a přes těžké začátky se stala nedílnou součástí v léčbě onkologických onemocnění.

Karcinom prostaty je nejčastějším mužským nádorem v České republice. Ročně ho lékaři indikují u více než 5 tisíc pacientů. Přestože výskyt karcinomu rok od roku narůstá, úmrtnost je poměrně neměnná. Velký rozestup mezi vysokou křivkou incidence a nízkou křivkou mortality způsobila stále se zvyšující kvalita, dostupnost a vývoj radioterapie samotné.

Téma pro svou bakalářskou práci jsem si vybrala sama, a to na základě velkého množství informací, které jsou všude v médiích. Samotná otázka léčby nádorového onemocnění prostaty je v dnešní době velmi aktuální.

Teoretickou část mé práce jsem zaměřila anatomický popis prostaty a nádorového onemocnění, diagnostiku a léčbu a v neposlední řadě na ozařovací techniky, které se v dnešní době využívají.

V praktické části se zabývám vytvořením souboru pacientů, z něhož získaná data porovnávám se stanovenou výzkumnou otázkou.

1 Teoretická část

1.1 Anatomie

Prostata je přídatná žláza v pohlavním ústrojí každého muže. Žláza vzniká přeměnou buněk ze stěny močové trubice. Její základ se začíná objevovat v 9. týdnu vývoje v děloze matky a konečné velikosti nabývá v pubertě. Rozměry jsou přibližně 4x3x3 cm a váha asi 20 gramů. Její tvar je prstencovitý, zespodu těsně přiléhá k močovému měchýři a skrz ni prochází horní část močové trubice. Celá prostata je krytá vazivovým obalem, na něm se nachází žilní zásobení. Poslední obal z fascie celou prostatu fixuje k okolí. A to přední plochu k symfýze, zadní k rektu přes vazivovou ploténku. Viz obrázek č. 1.

(1, 2, 3)

1.1.1 Stavba prostaty

Prostata je tvořena tuboalveolárními žlázami, hladkou svalovinou a vazivovým stromatem. Ve žlázách se tvoří prostatický sekret, který tvoří 15 – 30 % z objemu ejakulátu při ejakulaci. Sekret má kyselé pH a nemá žádné zabarvení. Hladká svalovina a vazivové stroma společně prostupují celou prostatou a kryjí jednotlivé žlázy. Prostatu lze dělit na pět laloků, které postupně srůstají a v dospělosti již tvoří jeden celek. Užívá se dělení částí prostaty dle Mc Neala, a to na tři zóny. Zónu centrální neboli vnitřní, zónu periferní a zónu přechodní. Centrální zóna tvoří asi 25 % objemu celé prostaty a nachází se kolem ejakulačních vývodů. Tvoří se v ní asi 25 % všech karcinomů.
Přechodná zóna je nejmenší, zaujímá asi 5 % žláz. Před touto částí najdeme část prostaty, která je tvořená z vaziva a hladké svaloviny, je tedy nežlázová. Zóna periferní je největší a žlázy které obsahuje, zabírají 70 % celého objemu a produkují největší množství sekretu. Ze žláz této zóny nejčastěji vznikají karcinomy.

(1, 2, 3)

1.2 Etiologie

Příčina vzniku karcinomu není známa, ale předpokládá se, že se na něm podílí více faktorů. Jednu z nejvýznamnějších úloh mají mužské pohlavní hormony androgeny, které udržují aktivitu buněk epitelu prostaty, z nichž mohou vznikat buňky maligní. Prvotním jevem bývá zvýšená hladina kyselé fosfatasy v krvi. Určitou roli má i strava. Ta s vysokým obsahem živočišných tuků podporuje vznik a vývin rakoviny prostaty. V neposlední řadě se projevují i genetické faktory, pokud rakovinu prostaty měl nejbližší příbuzný, šance na onemocnění se dvojnásobně zvyšuje.

(1, 4)

1.3 Patologie

Akutní zánět prostaty - vzácný, vzniká přenesením infekce z močových cest.

Chronický zánět prostaty - bývá buď bakteriální nebo nebakteriální. Bakteriální zánět je součást infekce v močových cestách, nebakteriální vzniká u sexuálně činných mužů.

Benigní hyperplazie prostaty - tvoří se z buněk přechodného epitelu a při operačním zákroku se odstraňuje jen zvětšená část, okolní část se ponechá.

Nejčastějším nádorem je adenokarcinom, a to ve více jak 95 %

(4, 5, 6)

1.3.1 Gleason skóre

Dříve se grading tumorů stanovoval na stupnici G1-4, dnes se dává přednost Gleasonovu skórovacímu systému. Označení G se stále využívá při popisu stádia jednotlivých nálezů.

„Podle stupně diferenciace nádorů se stanovuje stupeň 1-5. Gleasonovo skóre je potom součtem dvou nejvíce zastoupených stupňů a nabývá hodnot 2-10.“ (1)

Číslem 1 se označují buňky, jejichž struktura se dá velmi dobře rozlišit. Naopak nejvyšší číslo 5 se přiřazuje nádorovým buňkám, které nejsou dobře rozlišitelné.

Při určování Gleasonova skóre se hodnotí 2 po sobě odebrané vzorky. Následně se jejich ohodnocení sečte a tím se získá výsledek. Současně platí, že výsledné skóre 2-4 znamená dobře diferencovaný karcinom, 5-7 středně diferencovaný karcinom a 8-10 špatně diferencovaný karcinom. Lepší a příznivější prognózu obecně mají nádory dobře diferencované.

Gleason skóre patří mezi ukazatele přežití pacienta v dalších letech po léčbě. (4, 5, 7)

1.4 Diagnostika a klinický obraz

Klinický obraz v počátečních stádiích karcinomu prostaty bývá asymptomatický. Je to dáno tím, že nádor se vyvíjí v okrajových částech prostaty a roste pomalu. Lokalizací místa problému odlišujeme karcinom od benigní hyperplazie prostaty (BHP). A to zejména při náhodném zjištění zbytnění prostaty při digitálním rektálním vyšetření (DRE), které se provádí u mužů nad 40 let. Toto vyšetření bývá součástí preventivních prohlídek u praktického lékaře. Lékař pomocí zpravidla jednoho prstu přes rektum žlázu pohmatem vyšetří. (Viz obrázek č. 2) Větší a centrálněji umístěné karcinomu se již mohou projevovat problémy s močením, které vyúsťují až v akutní retenci moči. Dalšími příznaky jsou hematurie či urémie. V ojedinělých případech jsou prvním indikátorem objevené kostní metastázy, které se projevují bolestmi, únavou a větší náchylností k lámání kostí. Pokud dojde k prorůstání nádoru do močového měchýře či močovodů, dochází k obstrukci horních cest močových a urémii.

Dalším ukazatelem při diagnostice karcinomu prostaty je prostatický specifický antigen (PSA), konkrétně jeho hladina v krevním séru. Je důležitý pouze v brzké diagnostice, protože je vázaný na samotnou prostatickou žlázu a nikoli na karcinom. Za normální hodnotu se považuje 4 ng/ml. Rozmezí hodnot od 4 do 10 ng/ml se označuje jako tzv. šedá zóna. Tím se rozumí, že pokud hladina PSA u muže dosáhne těchto hodnot, nejedná se nutně o projev rakovinného bujení. Pro zlepšení detekce karcinomu se zavedly čtyři objekty zájmu. PSA denzita, PSA velocita, referenční hodnoty PSA a podíl volného (FPSA) a vázaného PSA.

PSA denzita vyjadřuje poměr mezi hladinou PSA a celkovým objemem prostaty, který získáme pomocí transrektální sonografie (TRUS).

PSA velocita je pojem, jež zahrnuje rychlost zvýšení hodnoty PSA v čase. Jestliže dojde ke zvýšení o 0,75 ng/ml za jeden rok, dá se předpokládat vzniklý nádor.

Referenční hodnoty PSA se odvíjejí od věku muže. Sérová hladina PSA pro věkovou kategorii 40-49 let nabývá hodnot 0-2,5 ng/ml. S každými dalšími deseti lety věku jeho hodnota stoupá o 1 ng/ml. Podíl volného (FPSA) a vázaného PSA určují, zda se jedná o karcinom. Pokud jejich poměr přesahuje 20 %, vše nasvědčuje spíše benigní hyperplazii prostaty. Avšak je-li poměr menší než 20 %, dá se usuzovat, že vznikl karcinom. Při podezření na karcinom prostaty se dále provádí biopsie při transrektální ultrasonografii a následná histologie pro potvrzení či vyvrácení diagnózy. Dříve se při biopsii odebíralo 6 vzorků tkáně, dnes je to 8 až 14, případně i více. K určení rozsahu onemocnění se využívají další diagnostické metody – CT malé pánve, ultrazvuk a ke zjištění přítomnosti metastáz celotělová scintigrafie kostí, ultrazvukové vyšetření jater, rentgen plic.

(4, 5, 6, 8, 9, 18)

1.5 TNM klasifikace a rozdělení do stadií

Hodnocení se nejčastěji provádí dle CT snímků.

T = prvotní nádor
N = regionální uzliny
M = vzdálené metastázy

TX primární nádor nejde hodnotit
T0 nenalezeny známky primárního nádoru
T1 nádor klinicky neprůkazný, nezobrazuje se, nelze nahmatat
T1a histologicky náhodně zjištěný nález v méně nebo 5 % odebrané tkáně

T1b histologicky náhodně zjištěný nález ve více než 5 % odebrané tkáně

T1c nehmatný nádor zjištěný při biopsii

T2 tumor pouze v prostatické tkáni

T2a tumor postihuje méně nebo polovinu jednoho laloku

T2b tumor postihuje více než jednu polovinu jednoho laloku

T2c nádor postihující oba laloky

T3 tumor se šíří mimo pouzdro prostaty

T3a extrakapsulární šíření jednostranné či oboustranné

T3b nádor rozšířený do semenných váčků

T4 nádor je fixován nebo se šíří do okolních tkání (vyjma semenných váčků) – hrdlo močového měchýře, zevní svěrač, stěna pánve, rektum, mm. levatores

NX regionální mízní nejdou hodnotit

N0 nenalezeny žádné metastázy v uzlinách

N1 metastázy v regionálních uzlinách byly nalezeny

Regionální mízní uzliny jsou u karcinomu prostaty uzliny pánevní, hypogastrické, obturatorní, ilické a sakrální. Nacházejí se v oblasti pánve pod bifurkací společných ilických tepen.

MX vzdálené metastázy nejdou hodnotit

M0 vzdálené metastázy nejsou přítomny

M1 nalezeny vzdálené metastázy

Stadia

Stadium I T1a N0 M0, G1

Stadium II T1a N0 M0, G2 – 4

T1b – T2 N0 M0

Stadium III T3 N0 M0

Stadium IV T4 a/nebo N1 a/nebo M1

(5, 10)

1.6 Léčba

Zvolení přesné léčebné strategie závisí na různých faktorech. Zejména na rozsahu onemocnění, Gleason skóre, hodnotách PSA, symptomatologii, předpokládané době života a samozřejmě na celkovém stavu pacienta. Shrneme-li si klinické stadium T, hodnoty PSA a Gleason skóre, dostaneme prognostické skupiny, které jsou důležité při rozhodování o způsobu léčby.

Nízké riziko: T1 – 2b, PSA < 10 a G < 7

Střední riziko: T1 – 2b, PSA 10 – 20 a/nebo G = 7

T2c a/nebo PSA < 20 a/nebo G ≤ 7

Vysoké riziko: T3 – 4 nebo PSA ≥ 20 nebo G ≥ 8

Velmi vysoké riziko: T3 – 4 a PSA 20 a více nebo G 8 a více.

U lokalizovaných nádorů uplatňujeme kurativní léčbu zahrnující radikální prostatektomii a radioterapii.

Prostatektomie je volbou u pacientů s nízkým rizikem relapsu u nichž se předpokládá doba života více než 10 let. Individuálně ji lze uplatnit i u pacientů s pokročilejším stadiem.

Radioterapie dělíme na zevní a brachyradioterapii. Zevní radioterapii indikujeme u pacientů, u kterých nelze volit prostatektomii nebo kteří mají pokročilejší stádium nemoci, například u tumoru s označením T3, při vysokých hodnotách PSA či u špatně diferenciovaných nádorů. V těchto případech je vhodné radioterapii aplikovat ještě v kombinaci s hormonální terapií. Dávky, které se pacientům aplikují jsou v rozmezí 70–80 Gy, navýšit je lze pouze při použití konformních 3D radioterapií IMRT a IGRT. Jimi se budu zabývat v dalších podkapitolách práce.

Brachyradioterapie funguje na principu dodání vysoké dávky do cílového objemu se šetřením zdravých okolních tkání a to díky rychlému poklesu dávky v okolí. Je vhodná pro pacienty s nízkým a individuálně středním rizikem u lokalizovaného karcinomu. U horších stádií bývá kombinována se zevní radioterapií.

Při vyšším riziku recidivy se může provést ještě ozáření lůžka prostaty po operaci, tzv. adjuvantní ozáření. Indikací k tomuto ozáření bývají stavy, kdy došlo k penetraci mimo pouzdro, infiltraci semenných váčků, stále nenulové hodnoty PSA.

Hormonální terapie se aplikuje pacientům s velmi vysokým, vysokým nebo někdy i středním rizikem. Hormonoterapie se začíná podávat před kurativním ozařováním, během něj a u některých pacientů ještě až 2 – 3 roky po skončení radioterapie.

Radioterapeutické ozařování doprovázejí i nežádoucí účinky. Základní dělení je na akutní a pozdní. Zatímco akutní se mohou projevit ihned po ozáření a zpravidla do 3 měsíců odeznívají, pozdní chronické nastávají po 90 a více dnech od ukončení léčby. Podrobněji se jimi budu zabývat v dalších podkapitolách.

(9, 15, 22, 25, 26)

1.7 Ionizující záření v radioterapii

1.7.1 Vývoj radioterapie v Čechách

Léčebná aplikace rádia se v Čechách datuje do roku 1902, kdy jej poprvé použil profesor Jedlička. Později patřilo Československo vždy k předním vývojářům léčebných metod. V Praze a v Brně vznikla ve třicátých letech 20. století první oddělení pro léčbu zářením. Zpočátku byla otevírána pod rentgenologickými pracovišti, dnes jsou samostatnou a důležitou součástí zdravotnické infrastruktury.

První polovina minulého století naskýtala stále nové a nové možnosti ve výzkumu záření a léčby. Docházelo k novým objevům a poznatkům jak v klinické oblasti, tak i experimentální. Postupem času a získáním více poznatků v jednotlivých oblastech, docházelo k dalšímu rozvoji odvětví radiologické fyziky, radiační ochrany, plánování a vlastní léčby zářením a v neposlední řadě také radiobiologie. Zakladatel radiobiologie

v Československu byl profesor Herčík, jež se zasloužil především o rozvoj kvantové biologie.

K významnému rozvoji došlo v Čechách v 70. letech 20. století s pokrokem ve výpočetní technice a plánování radioterapie. Zlepšila se lokalizace ložiska nádoru a zobrazování okolních zdravých tkání. Dále se od manuálního počítání s izodózami přešlo ke 2D plánování. Počítačový program spočetl dávku v rovině CT řezů.

Trojrozměrné prostorové plánovaní (3D) se dostalo do praxe v 90. letech minulého století. 3D plánování zahrnovalo možnosti sledování homogenity dávky v cílovém objemu a velikosti dávky v kritických orgánech. Nadále se rozvíjely konformní techniky IMRT (radioterapie s modulovanou intenzitou svazku záření a možností optimalizace distribuce dávky v těle pacienta), stereotaktické radiochirurgie a radioterapie. Ve 21. století umožnil vývoj zobrazovacích technologií vznik čtvrtého rozměru u konformní terapie. 4D terapie začlenila čas a tím dala vzniknout technice IGRT (radioterapie řízená obrazem). Metoda IGRT se hojně využívá zejména u pacientů s karcinomem prostaty, u kterých se před ozařováním pomocí zobrazovacích metod zkontroluje poloha cílového objemu. Případná odchylka se ihned zkoriguje s cílem dosažení přesného ozáření. Pro úpravu tvaru svazku záření se využívá vícelamelový kolimátor.

Neustále se rozvíjejí verifikační systémy. Ty slouží ke kontrolám všech parametrů průběhu ozařování.

(5, 9)

1.7.2 Ionizující záření

Záření se dá dělit z několika hledisek, pro radioterapii je nejdůležitější dělení na přímo a nepřímo ionizující. Přímo ionizují jsou částice α, protony, elektrony či ionty. Nepřímo ionizují neutrony a elektromagnetické či fotonové záření. V radioterapii se využívají právě svazky elektronů nebo elektromagnetického záření.

Samotné ionizující elektromagnetické záření se rozděluje podle mechanizmu vzniku.

Brzděním urychlených elektronů v prostředí vzniká rentgenové záření, jinak označované jako záření X. Druhé, záření γ se objeví převedením vzbuzeného atomu do základního stavu (tzv. deexcitací) při rozpadu jader radionuklidů. Obě záření (X a γ) jsou nepřímo ionizující.

(5, 16, 27)

1.7.3 Účinek záření na nádory

Každá kategorie nádorů je na záření jinak citlivá. Nejvíce citlivé jsou lymfomy, nádory ze zárodečných buněk nebo leukémie. Do kategorie středně citlivých patří karcinomy a nejméně citlivé jsou sarkomy a gliomy. Předpoklad vyléčení je závislý na velikosti dodané dávky, neboť určitá dávka záření zabíjí stanovené množství buněk. Logicky vyplývá, že větší nádory vyžadují vyšší dávky záření k úspěšné léčbě. Tento princip využívá technika postupného zmenšování polí (shrinking field technika). Pro snižování nežádoucích komplikací je tato technika zmenšování ozařovaného objemu velmi důležitá. Bylo prokázáno, že mezi velikostí ozařovaného objemu, dodanou dávkou a komplikacemi existuje závislost.

(5)

1.7.4 Účinek záření na zdravé okolní tkáně

Při aplikaci záření v léčbě nádoru vždy dochází k ozáření okolních zdravých tkání a orgánů. To bývá v leckterých případech limitující v plánování radioterapie. Ani moderní přístroje a pokrok nedokáží zajistit ozáření pouze nádorových buněk. Aby nedošlo k dalšímu šíření nádoru z mikroskopických buněk, které nebyly vyoperovány či zničeny, se kromě lůžka tumoru ozařují ještě bezpečnostní lemy. Uložení jednotlivých ozařovaných oblastí je vidět na obrázku č. 3, jako GTV (gross tumor volume) se označuje samotný tumor nebo nádorové lůžko. CTV (clinical tumor volume) zahrnuje navíc bezpečnostní lemy o různých šířích, záleží na velikosti nádoru a možnosti šíření roztroušených nádorových buněk. Největší oblast PTV (planning target volume) zahrnuje jak GTV a CTV, tak navíc malé nepřesnosti v nastavení.

V největším poměru zahrnuje zdravé okolní tkáně. K ozáření zdravých tkání dochází i mimo tuto oblast, ihned při vstupu svazku záření do těla pacienta a část záření prochází i cílovým objemem do vzdálenějších tkání. Orgány, skrze které záření prochází, označujeme jako rizikové či kritické. Na jejich toleranci záleží při volbě ozařovací techniky a plánování ozařovacího protokolu, protože jejich neadekvátní ozáření může pacientovi uškodit ještě více, než mu radioterapie pomůže.

(5, 9)

1.8 Přístroje v radioterapii

První přístroj se kterým se pacient setká na oddělení radioterapie je simulátor. Simulátor je takový přístroj, na kterém se provádí lokalizace cílového objemu a simulace ozařovaných polí. Díky svému rentgenovému principu dokáže napodobit ozařovací podmínky. Umožňuje zhotovit rentgenové (simulační) snímky, které slouží jako doklad o správném nastavení ozařovací techniky. Snímky se pak dají porovnat s těmi z lineárního urychlovače. Na lineárním urychlovači elektronů probíhá samotné ozařování. Bývá vybaven portálem, který umožňuje zhotovování portálových snímků, které mají u karcinomu prostaty a techniky IMRT velmi důležitou funkci. Porovnáním verifikačního a portálového snímku se zjistí odchylka, kterou lze upravit před samotným ozářením. Lineární urychlovače se dnes vyrábějí ve dvou provedeních týkající se emitované energie. Malé lineární urychlovače produkují energii do 6 MeV. Velké lineární urychlovače s rozsahem energie od 4 do 25 MeV by měly do budoucna rozšířit možnosti hloubkové terapie.

(5, 9, 11)

1.9 IMRT

Radioterapie s modulovanou intenzitou (IMRT) patří mezi 3D konformní terapie (3D-CRT). U této techniky jde přizpůsobit intenzitu svazku a tvar svazku cílovému objemu. Lze tak poskytovat přesné dávky záření na zhoubný nádor nebo

do specifických oblastí v rámci nádoru. K tomu se nejčastěji využívá vícelamelový kolimátor (MLC), který se nachází v hlavici přístroje, a speciální software. Existují dva typy modulace svazku záření. V praxi je využívanější dynamická metoda, při které jednotlivé lamely MLC průběžně mění svou polohu a tím se pomalu kontinuálně mění i tvar ozařovaného pole. Nedojde k přerušení ozařování. U druhé metody staticky segmentovaných polí je svazek záření vypínán vždy, když dochází k pohybu lamel a po přesunu na požadovanou polohu opět zapnut. Při použití IMRT techniky dosáhneme lepšího rozložení dávky v geometricky nepravidelném či složitém cílovém objemu. Tím se více šetří okolní zdravé tkáně, například oblast míchy nebo rekta. Snížením dávky v blízkých zdravých strukturách lze dodat vyšší dávku na oblast cílového objemu, a to je největší předností techniky IMRT.

Složitější je i plánování ozařování. Stanovuje se inverzní ozařovací plán. Lékař určí dávku pro plánovaný cílový objem a kritické orgány a stanoví jejich důležitost. Vysokou prioritu má oblast nádoru a některé kritické struktury, kupříkladu mícha. Plánovací systém pak vypočítá zvlášť pro každý svazek rozložení intenzity záření. Prostorová distribuce dávky by měla plně vyhovovat nebo se co nejvíce blížit k požadované distribuci.

(8, 9, 12, 13, 28)

1.10 IGRT

„Radioterapie řízená obrazem využívá zobrazovacích metod v průběhu konformních technik ozařování. Tím se zvyšuje přesnost ozáření a přesnost je jednou z podmínek zvyšování konformity záření.“ (6)

Lineární urychlovač, na kterém se provádí technika IGRT je vybaven speciální technologií. Ta umožňuje provádějícímu radiologickému asistentovi hodnotit správnost aktuální polohy pacienta v okamžiku, kdy už je pacient připraven na záření. To znamená, že je nastaven do ozařovací polohy a v případě potřeby je s ním možné ještě manipulovat. V případě větších či menších nesrovnalostí s prvotními verifikačními snímky radiologický asistent upraví pacientovu polohu a až v poté se spustí záření.

Plánovací systém vypočítá polohu svazků v okamžiku plánování léčby, ale mezi jednotlivými frakcemi i při samotném ozáření můžou vzniknout odchylky. Při nastavení pacient nezaujme stejnou pozici nebo dojde k anatomické změně – váhovému úbytku, otoku v místě ozáření a svou roli hrají i fyziologické pohyby, jako je peristaltika střev a dýchání. Zobrazovací systémy pomáhají tyto odchylky okamžitě zjistit a jejich úpravou docílit přesného ozáření. Klasickou metodou při nastavování pozice pacienta jsou laserové paprsky a vyznačený souřadnicový systém. U techniky IGRT v přeneseném smyslu srovnáváme vnitřní struktury.

(9, 12, 13)

1.11 Portálové snímkování

Naproti svazku fotonového záření ukrytého v hlavici je umístěn panel detektorů, který se vysune vždy po nastavení pacienta do ozařovací polohy a provede 2D snímek ze dvou kolmých projekcí. Poté se provede srovnání s digitálním rekonstruovaným rentgenogramem (DRR), jež byl získán z CT řezů v plánovacím systému. Snímky lze porovnat ručně nebo automaticky. Případné rozdíly jsou vypočteny a jako číslo zadány v osách. Korekce pozice pacienta se provede automatickým posunem stolu o požadovaný počet v každé ose. Předozadní projekce (AP, v úhlu 0°) ukáže odchylku laterální a longitudinální, to znamená do stran a do výšky pacienta. Laterální projekce (LAT, v úhlu 90°) koriguje odchylku vertikální, tj. posun nahoru a dolů. Přesné shody dvou obrazů docílíme srovnáním stejných pevných bodů, nejčastěji kostěných struktur, které jsou nejlépe viditelné. Případnou další variantou jsou implantované kovové markery, to jest zlatá zrna, která jsou na snímcích taktéž velmi dobře vidět. Metody IGRT jsou nutné při provádění vysoce konformních ozařovacích technik. U stereotaktického ozařování IMRT jsou přímo nezbytné, aby se technikou IGRT dosáhlo cíle. Cílem techniky IGRT je snížení geometrické nejistoty léčby.

(9, 12, 13)

1.12 Vedlejší účinky

Vedlejšími účinky se rozumí stav, který pacientovi ještě více snižuje kvalitu života. Dělí se na lokální a systémové a na akutní a pozdní a řadí se sem i chronické následky. Při překročení předepsaných dávek na cílový objem jsou nejcitlivějšími oblastmi kritické orgány. U karcinomu prostaty se jedná zejména o močový měchýř a rektum, dále o kličky tenkého střeva nebo hlavice stehenních kostí.

Limit u konvenční radioterapie je dávka kolem 70 Gy, přičemž při jejím překročení se velmi rychle zvyšuje riziko závažné toxicity okolních orgánů. U konformní techniky radioterapie lze dávku bezpečně navýšit nad 70 Gy a tím docílit lepších léčebných výsledků bez nutnosti zhoršování vedlejších účinků. Přesto pro kritické orgány zůstává hraniční dávkou 75 Gy, kterou by nemělo obdržet více než 5 % rekta, případně 70 Gy u 25 % objemu. U močového měchýře je maximální dávkou 70 Gy ve 20 % oblasti, eventuelně 60 Gy u 35 % z objemu měchýře. Touto problematikou se budu zabývat v praktické části své bakalářské práce.

(11, 14)

1.12.1 Lokální a systémové nežádoucí účinky

Lokální nežádoucí účinky jsou jasně vymezeny na ozařovanou oblast. Nejčastěji se jedná o projevy místě vstupu paprsku ionizujícího záření. Systémové reakce bývají naopak nespecifické. Projevují se subjektivně, jako například únava, nechutenství, nevolnost. Bolest se objevuje v místě ozařovaného objemu, nejčastěji oblast hlavy či břicha. Lze sem zařadit i hematologické problémy, vznikající ozářením většího množství kostní dřeně.

(5)

1.12.2 Akutní vedlejší účinky

Reakce, které vznikají již během samotné terapie či bezprostředně po jejím ukončení. Odeznívají nejdéle do 3 měsíců po skončení ozařování. Z celkových příznaků

se jedná o únavu organismu a slabost pacienta. Specifické obtíže jsou kožní změny, gastrointesticiální toxicita a urologické problémy. Kožní změny zahrnují suchou kůži, svědění, odlupování, případně tvorbu puchýřů. Místo vstupu paprsku do těla může být načervenalé až zarudlé, podrážděné nebo oteklé. Do gastrointersticiálních negativ patří průjmy, tenezmy (časté nucení na stolici), enteroragie (čerstvá krev ve stolici, způsobená krvácením z dolní části tlustého střeva). K obtížím vznikajících z ozáření uropoetického traktu se řadí pálení až řezavá bolest při močení, časté nucení na močení a to i v noci, inkontinence, příznaky močové obstrukce.

(11, 12, 14)

1.12.3 Pozdní vedlejší účinky

Jako pozdní účinky označujeme související problémy, které nastaly po 5 a více letech po ukončení radioterapie. Jedná se například o osteoporózu, případně odumírání kostí po ozáření, tzv. osteoradionekrózu. Nejčastěji to bývají nově vzniklé nádory z radiačního ozařování v blízkých tkáních (rektum, močový měchýř), výjimkou nejsou ani tumorózní změny ve vzdálených oblastech.

(12, 14)

1.12.4 Chronické následky

Jsou nevratné a vyvíjejí se v období 3 – 18ti měsíců po ukončení radioterapie. Bývají limitujícím faktorem při zvyšování dávky záření. Zahrnují akutní i pozdní vedlejší účinky a nejznámější a nejčastější je poradiační proktitida, což je zánět sliznice konečníku po ozáření. Projevy jsou nucení na stolici a krvácení z rekta. Lze říci, že čím vyšší a rozsáhlejší je akutní reakce, tím se více zvyšuje riziko trvalé pozdní reakce. U druhého kritického orgánu je chronickou komplikací poradiační chronická cystitida. Zánět močového měchýře není tak častým jevem. Projevuje se krví v moči, tzv. hematurií a snížením kapacity močového měchýře.

Vzácně se může objevit zúžení močové trubice. Poruchy erekce po léčbě karcinomu prostaty souvisí s celkovým zdravotním stavem pacienta před léčbou, věk a rozsah nádoru.

(14)

1.12.5 Léčba komplikací

Léčba lehkých akutních reakcí bývá symptomatická, většinou pomocí medikamentů a režimových či dietních opatření. Běžnými léky jsou analgetika na bolest, spazmolytika na uvolnění křečí, antidiaroika proti průjmu a nebo antibiotika proti bakteriálním onemocněním. Ošetření závažných forem komplikací je v kompetencích gastroenterologa či urologa.

(14)

2 Cíl práce

Cílem mé práce bylo potvrzení významu společného ozařování technikami IGRT a IMRT z hlediska minimalizace odchylek v nastavení do ozařovací polohy.

3 Výzkumná otázka

Zmírňují denně prováděné kontrolní snímky technikou IGRT nežádoucí účinky po ozáření technikou IMRT?

4 Metodika

Metodikou mé bakalářské práce bylo sbírání dat z plánovacího systému na radioterapeutickém oddělení v nemocnici v Českých Budějovicích. Z nasbíraných dat jsem vytvořila soubor, ve kterém porovnávám jednotlivé odchylky u ozařovaných pacientů. Prvotním cílem bylo prokázat, že denně prováděné kontrolní snímky při technice IGRT zmírňují nežádoucí účinky i u techniky IMRT. Každému pacientovi jsem přiřadila jednu tabulku se všemi nasbíranými odchylkami. Z údajů jsem vypočítala průměrnou odchylku v každé ose posunu. Tato výsledná čísla jsem porovnala s tabulkami, kde jsou zapsány hodnoty a procentuální rizika vedlejší účinků, které vyhodnotil nemocniční program.

5 Výsledky

Pacient č. 1

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.1	0.3	0.3	-0.4
2	0.1	-0.2	0.2	-2.8
3	0.5	0.4	0.3	-1.7
4	0.4	0	0.6	0
5	0.4	0.1	0.3	0.2
6	1	0.3	0.3	-0.1
7	1	0.3	0.8	-0.4
8	0.6	0.4	0.4	-1.9
9	0.5	0.2	0.5	-0.4
10	0.1	0.2	0.2	-1.7
11	0.6	0.2	-0.2	2.2
12	0.5	0.3	0	0.1
13	0.6	0.4	0.3	-0.3
14	0.8	0.4	0.6	-1.1
15	-0.1	0.2	0	-0.1
16	0.4	0.3	0.6	-2
17	0.6	0.3	0.2	-1.1
18	0.1	-0.1	0.6	-1.4
19	0.7	0.2	0.4	-2.5
20	0.5	0.2	0.2	-1.8
21	0.5	0.4	0.1	-2.3
22	0.4	0.3	-0.4	0.1
23	0.3	0.2	0.1	-1
24	0.5	0.2	-0.2	-0.1

25	0.4	0.2	0.3	-0.4
26	0.5	0.3	0	0
27	0.9	0.6	0.2	0.1
28	0.6	0.2	0.2	-0.5
29	0.8	0	0.2	-0.6
30	0.7	-0.1	0	-0.1
31	1	0.4	0.2	-0.1
32	0.8	-0.3	0	0
33	1	0	-0.1	0
34	1.2	0.4	0.1	-0.1
35	0.9	0.3	0.5	-1
36	1.1	-0.1	0.4	0
37	0.8	0.2	0.2	-2
38	0.9	-0.1	0	0

Prům. odchyl.	0.6	0.2	0.2	-0.7

Pacient č. 2

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[cm]
1	0.2	-0.2	0.2	0.1
2	0	-0.6	-0.3	0.1
3	0.1	-0.2	0.2	0
4	0.2	-0.4	0.2	0
5	0.2	-0.4	0.1	0.6
6	0	-0.2	0.2	0
7	-0.2	-0.6	0.4	1.1
8	0.1	-0.3	0.2	-0.1
9	0	-0.3	0.2	0
10	0.3	-0.4	0.3	0.3
11	0.2	-0.1	0.2	-0.1
12	-0.2	-0.7	0.1	0.1
13	-0.2	-0.2	0.3	0.1
14	-0.2	-0.8	0	0
15	-0.2	-0.3	0.3	0.1
16	0.2	-0.3	0.6	-0.1
17	-0.1	-0.5	0.1	0.6
18	0	-0.2	0.1	0.2
19	0.1	-0.3	0	-0.1
20	0	-0.2	-0.1	0
21	0.5	-0.1	0.3	0
22	0	-0.2	0	0
23	0.2	-0.3	0.2	0
24	0.2	-0.1	0.4	0.1
25	0.3	0	0.5	-0.1
26	0.2	-0.6	0.3	0.1
27	0.6	0.2	0.1	-0.1

28	0.6	0.3	0.1	0.1
29	0.6	0.1	0.1	-0.1
30	0.4	0	0.5	0.1
31	0.5	-0.1	0	0.1
32	0.1	-0.1	0.3	0.1
33	0.5	0	0.1	0.3
34	0.1	-0.1	0.1	0.1
35	0.6	0	0.2	0.2
36	0.1	-0.2	0	0
37	0.3	0	0.6	0
38	0.2	-0.2	0.4	0.1

Prům. odchyl.	0.2	-0.2	0.2	0.1

Pacient č. 3

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.6	0.8	1	0
2	-0.2	0.3	0	0
3	0	0.3	-0.4	0
4	-0.1	0.6	-0.9	0
5	-1	0	-0.1	0
6	-0.4	0.1	-0.1	0
7	0	0	0.2	2.7
8	0	0.4	0.8	0
9	0.1	0.2	0	0
10	0	0.2	-0.3	0
11	0.1	0.6	1.9	0
12	-0.1	-0.1	2.6	0
13	-0.3	0.2	2.8	0
14	0.2	0.5	1.5	0
15	-0.1	0.9	0.8	0
16	-0.1	0.3	0.1	-0.1
17	0.1	0.6	-0.9	0
18	0.6	-0.4	1.8	0
19	0.8	0.8	0.4	0.1
20	0.5	0.5	-0.3	0
21	-0.2	0.6	2.3	0
22	-0.3	0.5	-0.1	0
23	-0.6	0	0.8	0.1
24	-0.2	0.9	0	0
25	-0.5	0	0	0
26	0.4	1.I	0	-2
27	0.5	0.4	0.7	-2.6

28	0.2	1	-0.8	0.1
29	0.1	1	0	0
30	-0.4	0.3	-1.3	0
31	-0.3	0.3	-2.1	0
32	0.6	0.6	0.1	-1.8
33	0.1	0.6	-0.3	0
34	0.3	0.6	-1.3	-0.1
35	-0.5	1	0.2	0

Prům. odchyl.	0	0.4	0.3	-0.1

Pacient č. 4

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.3	-0.2	0.4	0.1
2	0.6	-0.3	0.3	0
3	0	-0.1	0.3	0.1
4	0.4	-0.3	-0.2	0
5	0.3	-0.7	0.3	0
6	0.9	-0.1	0.2	0
7	0.4	-0.4	0.3	-0.1
8	0.2	-0.7	0	0.1
9	0.2	-0.2	-0.2	-0.1
10	0.3	-0.3	0.3	-0.1
11	-0.1	-0.4	0	-0.1
12	0.5	-0.6	0.1	-0.1
13	0.1	-0.4	-0.2	-0.1
14	0.2	0	-0.1	0.1
15	0.7	-0.1	0.1	0
16	-0.4	-0.1	0	0.9
17	0.1	-0.5	-0.4	0.2
18	-0.3	-0.3	0	-0.1
19	-0.4	0.1	0.2	0
20	0.3	-0.5	-0.2	0
21	0.4	-0.2	-0.2	0.5
22	0.4	-0.3	-0.1	-0.3
23	0.4	-0.3	-0.1	0.1
24	-0.3	0.2	-0.4	0
25	0.4	-0.1	0.1	-0.9
26	0.2	-0.3	0.3	0
27	0	-0.3	-0.5	0

28	0.5	0	0	-0.2
29	0.3	-0.2	0.4	0
30	0.4	0.1	0.1	3
31	0.2	0.1	0.6	-0.1
32	0.1	-0.3	0.4	-0.1
33	0.1	-0.5	-0.2	0.1
34	-0.4	-0.5	0.9	-0.2
35	0.2	0.1	0	0
36	0	-0.4	0.3	-0.1
37	-0.3	-0.1	0.4	-1.7
38	0.5	-0.3	0	0

Prům. odchyl.	0.2	-0.2	0.1	0

Pacient č. 5

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.1	-0.3	-0.1	1
2	0.6	0.1	-0.1	0.1
3	0.1	-0.2	0.3	0.1
4	0.5	0	0.2	0.1
5	0.7	-0.1	0.5	0.1
6	0	-0.2	0.3	1
7	0	0	0	0.1
8	-0.4	-0.3	0.3	1
9	-0.9	-0.5	-0.2	0.2
10	-0.5	-0.2	-0.1	1
11	-0.5	-0.4	0	0
12	0.1	-0.2	0	1
13	0	-0.2	-0.1	0.2
14	-0.5	-0.3	-0.3	1
15	-0.2	-0.3	0.5	0
16	0.3	-0.1	-0.5	0.1
17	-0.1	-0.4	0.1	1
18	-0.2	-0.3	-0.4	1
19	-0.1	-0.9	-0.4	0
20	-0.4	0	-0.1	0
21	0.3	-0.3	-0.3	0
22	0.3	-0.1	-0.2	0
23	-0.3	-0.1	0	1
24	-0.3	-0.3	0.1	0.2
25	0.3	0	0.2	1
26	-0.3	-0.1	0	1
27	-0.3	0.1	0	0.2

28	0	-0.1	0.3	0.9
29	-0.3	-0.5	0.2	0.3
30	-0.2	-0.2	0.1	-0.1
31	0.4	0	0	0
32	-0.4	-0.1	-0.2	1

Prům. odchyl.	0	-0.2	0	0.5

Pacient č. 6

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.3	-0.1	0.1	0.1
2	-0.1	-0.3	0.3	-0.1
3	-0.1	0.1	0.2	0
4	-0.2	-0.2	0.4	0
5	-0.1	0.1	0.5	0
6	-0.3	0.1	-0.1	-0.1
7	0	0.2	0.1	0
8	-0.6	0.2	0.4	-0.1
9	-0.3	0.1	0.5	-0.8
10	-0.1	0.6	0.8	-0.1
11	-0.7	0.2	0.6	0
12	-0.1	0	0.8	-0.1
13	-0.4	-0.1	0.4	-0.1
14	-0.2	0.3	0.5	-0.1
15	-0.5	-0.1	0.5	0
16	-0.2	-0.2	0.2	-0.1
17	0.2	-0.1	0.1	0
18	-0.4	-0.2	0.1	-0.1
19	-0.7	-0.3	0.5	0
20	-0.6	0	0.3	0
21	-0.2	-0.2	0.3	-0.1
22	-0.1	-0.4	0.2	0
23	-0.3	0.1	0.2	0
24	-0.1	-0.4	0	-0.2
25	0	-0.2	0.5	0
26	-0.3	-0.2	0.5	0
27	0	-0.3	0.2	-1.2

28	0.1	-0.1	0.2	-0.3
29	-0.2	-0.6	0.2	-0.1
30	-0.4	-0.5	-0.3	-0.6
31	-0.2	-0.2	0.3	0.1
32	-0.2	-0.2	0.4	-0.1
33	0	0.3	0.3	-0.2
34	-0.3	-0.5	0.4	-0.2
35	-0.2	-0.4	0.7	0
36	-0.2	-0.7	0.1	0.1
37	-0.5	-0.2	0	-0.1
38	-0.4	-0.5	-0.2	-0.1

Prům. odchyl.	-0.2	-0.1	0.3	-0.1

Pacient č. 7

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.3	0	0	-0.1
2	0.2	0.4	-0.1	-0.1
3	-0.1	0.2	0.3	-0.8
4	-0.4	0.1	-0.1	0.1
5	-0.6	0.2	-0.5	-0.2
6	-0.3	0	-0.3	0
7	-0.2	-0.1	-0.1	-1.2
8	0.1	0.3	-0.2	0.1
9	-0.6	0	-0.5	-0.1
10	-0.1	0	0	-1
11	-0.5	0.2	-0.3	0.5
12	-0.2	0.3	0	0
13	-0.1	0.5	-0.1	0
14	0.1	0.4	0.6	-0.2
15	-0.1	0.1	-0.1	-0.1
16	-0.2	0.1	-0.1	-0.1
17	0	0	-0.1	-0.1
18	-0.2	0	-0.2	-0.2
19	-0.2	0.1	0	-1.1
20	-0.4	0.6	-0.3	-1.3
21	-0.2	0	-0.1	-1.3
22	-0.3	0.3	0	-0.3
23	-0.3	0	-0.3	-1.1
24	-0.1	0.1	0.1	-1.5
25	-0.2	0.3	-0.4	-0.2
26	-0.3	0.3	-0.1	-0.2
27	0	-0.3	-0.2	-0.1

28	-0.2	-0.1	0.1	-0.1
29	0.2	0.1	-0.2	-0.1
30	0	0.2	0	-0.1
31	0.1	0.2	-0.2	-1.3
32	0	0.2	0.3	-0.8
33	0.2	0.2	-0.1	-1.5
34	-0.6	-0.1	0.2	-0.8
35	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
36	-0.2	0.2	0.2	-0.1
37	0	0.2	0	-1
38	0.1	0.4	-0.1	-1.4

Prům. odchyl.	-0.2	0.1	-0.1	-0.5

Pacient č. 8

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.1	0.1	0.6	-0.1
2	0.4	0.1	0.4	0.3
3	0	-0.6	-0.2	-0.1
4	-0.9	0.3	-0.1	-0.1
5	-0.7	0.1	-0.3	-1.4
6	-0.7	-0.2	-0.4	0
7	-0.5	-0.2	0.5	-2.2
8	-0.5	0.6	-0.3	-0.1
9	-0.1	-0.6	0.1	0
10	0	0.2	-0.4	0.1
11	-0.5	-0.7	-0.4	0
12	-0.1	-0.3	-0.1	0
13	0.3	-0.5	-0.3	0.7
14	0	-0.3	0.1	-0.1
15	-0.1	-0.1	0.6	-0.8
16	0.4	-0.6	0.2	0.1
17	-0.1	0.4	0.5	0
18	-0.9	0.7	-0.4	0
19	-0.5	-0.4	0	-0.1
20	-0.4	-0.3	0.2	0
21	-0.2	-0.2	0.3	-0.8
22	-0.1	0	0.4	-2.1
23	-0.4	-0.7	-0.2	0.4
24	-0.5	-0.3	0.3	-0.1
25	-0.3	-0.3	-0.1	0
26	0.6	-0.6	-0.6	1.1
27	0.2	-0.3	-1	-0.1

28	-0.7	-0.9	-0.3	0.1
29	0	-0.2	-0.7	0
30	0.3	-0.5	0	1.5
31	0.4	-0.5	0.7	1.2
32	-0.5	-1	0.4	0.2
33	-1.2	-0.8	0.1	0
34	-0.5	-0.4	0.4	0
35	0.4	-0.3	0	1.6
36	0.5	-0.2	0.3	0.1
37	0.7	-0.7	0.1	2

Prům. odchyl.	-0.2	-0.3	0	0

Pacient č. 9

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.1	0.1	0.3	0.1
2	0.2	0.6	0.8	-0.1
3	0.1	0.2	0.4	0
4	0	-0.1	0	0
5	0.1	0	0.1	0
6	0	-0.1	0.4	0.1
7	0.3	0.3	0	0
8	-0.1	0.3	-0.2	0
9	-0.1	0.1	-0.1	0.1
10	-0.5	0	0.2	0
11	0.4	0.2	0.4	0
12	-0.2	0	0.4	0
13	-0.3	0.8	0.2	0
14	0.2	0.7	0.1	0
15	0.1	0.2	0	0
16	0.5	0	-0.5	0
17	0	0.1	0.3	0
18	0.3	0	-0.3	0
19	0	0.1	-0.8	0
20	0.2	0.1	-0.6	0
21	0.3	0.4	0.1	0
22	0	0.2	0.4	-1
23	0	0.2	-0.2	0.1
24	-0.2	-0.1	0.2	0
25	-0.2	0.1	0.6	-0.1
26	0.2	0.1	0.2	-0.1
27	0.3	0.1	0.4	0

28	0.4	-0.1	0.7	0
29	0.2	0.4	0.1	-0.1
30	0.3	0.2	0.2	0.1
31	0.2	0.2	-0.1	0.1
32	-0.2	0.2	0.5	-0.2
33	0.1	0.4	0.7	-0.4
34	0.2	0	0.3	0
35	0.1	-0.2	0.3	0.1
36	-0.1	-0.2	0.3	0
37	0.4	0.1	0.4	0.4

Prům. odchyl.	0	0.2	0.2	0

Pacient č. 10

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.3	0.2	0.1	0.1
2	0.2	0.4	0.2	-0.1
3	-0.1	0.3	0.2	0.1
4	0.3	0	-0.1	1.2
5	0.7	0.5	0.4	0
6	0.7	0	0.5	0
7	0.7	0.4	0.5	0.5
8	-0.4	-0.2	0.5	0
9	0.5	0.3	0.1	0.2
10	0.9	0.5	0.4	0.8
11	0.9	0.3	0.2	1.8
12	0.8	0.2	0.4	0
13	1	0.5	0.5	0
14	1	0.6	0.3	1.1
15	0.8	0.2	0.5	0
16	0	0.4	0.7	0
17	0.5	0.7	0.4	0
18	-0.3	0.4	0.3	0.1
19	0.6	0.5	0.5	0.2
20	0	0.4	0.3	0.1
21	0.3	0.5	0.5	0.1
22	0.1	0.4	0.6	0.4
23	0.3	0.6	0.3	-0.1
24	0.6	0.3	0.5	0.1
25	0.5	0.4	0.1	0.5
26	0.1	0.3	0.4	-0.7
27	0.4	0.4	0.7	0.2

28	0.2	0.4	0.7	0
29	0.4	-0.6	0	0
30	0.1	0.4	0.4	0.9
31	0.4	0.5	0.5	1.6
32	0.8	0.9	0.8	0
33	0.9	0.9	1.2	0
34	0.7	0.8	0.9	0
35	1.1	0.5	0.4	0
36	0.3	0.5	0.6	0
37	0.4	0.8	0.5	0

Prům. odchyl.	0.4	0.4	0.4	0.2

Pacient č. 11

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.1	-0.5	0.5	-0.1
2	-0.6	-0.6	0.5	0
3	-0.9	-0.4	0.3	0.1
4	-0.8	-0.2	-0.8	0
5	-0.2	-0.6	0.7	-0.1
6	-0.1	-0.4	0.5	-0.1
7	-0.2	-0.3	-0.2	-1.9
8	-0.4	-0.2	0.8	-0.1
9	-0.5	-0.2	0.5	0
10	0.1	-0.2	0.6	0
11	-0.8	-0.2	-0.2	-2.3
12	0.2	-0.1	-0.3	0
13	0	-0.2	-0.5	-0.1
14	-0.4	-0.2	-0.4	-1.8
15	0.1	-0.1	-0.5	-0.1
16	0.3	0	-0.2	0
17	0.1	-0.5	-0.3	0
18	0.3	-0.3	-0.1	-0.1
19	0.1	-0.1	-0.3	0
20	0.5	-0.2	-0.5	0
21	0.7	0	-0.4	0
22	0.5	-0.2	0.5	-0.1
23	0.8	0	-0.5	-0.1
24	0.7	-0.1	-0.3	0
25	0.2	-0.1	-0.2	0
26	-0.4	0.2	0.4	0.1
27	0.3	-0.2	0.6	0

28	-0.5	-0.3	0.8	0
29	0.2	-0.2	0.7	-0.1
30	0.3	-0.2	0.1	0
31	0.6	-0.1	0.5	0
32	0	0.3	0	0
33	0.9	0.1	0.4	0
34	1.2	-0.1	0.8	0
35	0.4	0.1	0.9	0
36	1.2	-0.1	0.6	-0.1
37	0.5	-0.3	0.9	-0.1
38	0.2	0.2	0.8	-0.1
39	1	-0.2	0.8	-0.1

Prům. odchyl.	0.1	-0.2	0.2	-0.2

Pacient č. 12

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.1	0.1	0.7	0.2
2	0.4	-0.2	0.7	0
3	-0.1	-0.3	0.3	0.1
4	0	-0.1	0.1	1.8
5	-0.2	-0.2	0.6	0.2
6	0.2	0.4	0.2	0.4
7	0.2	-0.2	-0.4	0.1
8	-0.2	-0.2	0.4	0.1
9	-0.2	-0.2	0.1	0
10	-0.1	-0.2	0.3	0.4
11	0.2	0	0.4	0.5
12	0.2	0.1	0.7	-0.1
13	-0.3	0	0.7	0
14	0.2	-0.1	0.3	0.1
15	-0.4	-0.1	0	0.8
16	-0.1	-0.4	0.6	0
17	-0.4	-0.1	0.4	0
18	-0.3	-0.5	0	0
19	-0.3	-0.1	-0.5	0
20	-0.3	0	0.2	0
21	0.2	0	0.3	0.4
22	0.5	0.1	0.3	1.1
23	0.3	0.1	0.6	0.3
24	-0.3	0	0.2	0
25	0.2	0	0.6	0.9
26	0	-0.1	0.4	0.1
27	-0.1	-0.1	-0.4	-0.2

28	0.2	0	0.5	0
29	0.1	0.1	-0.1	0.2
30	-0.8	-1	0.1	0.4
31	0.3	-0.1	0	0.1
32	0.4	0.2	0.2	0.1
33	0.2	-0.1	0.6	0

Prům. odchyl.	0 -0.1	0.3	0.2

Pacient č. 13

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.1	0	0.2	1.1
2	0.1	0	0.4	0.1
3	-0.2	0	0.5	0
4	0.3	0.2	0.5	-0.1
5	-0.2	0.2	0.3	0
6	0.3	0.2	0.2	0
7	0	0.1	-0.1	0.1
8	0	0	0.3	0.1
9	0.4	0.2	0.4	0
10	0.5	0.3	0.6	-0.1
11	0.4	0.4	0.5	0
12	0.5	0.4	0.1	0.9
13	0.4	0.6	0.4	0
14	0	0.3	0.4	-0.3
15	0.2	0.3	0.3	0
16	0	0.4	0.4	0
17	0.3	0.4	0.3	0
18	0.1	0.4	0	0.2
19	-0.4	0.2	0.4	0.1
20	-0.2	0.4	0.2	-0.2
21	0	0.2	0.5	-1.4
22	0.4	-0.1	-0.2	0
23	0.5	0.4	0	0
24	0.1	0.1	0.5	-0.5
25	-0.4	-0.1	0.3	-0.4
26	0.3	0.2	0.2	0
27	0.3	0.3	0.3	0

28	0.6	0.2	0.5	-0.2
29	0.4	0	0.3	-0.1
30	-0.1	0.1	0.4	-0.1
31	0.1	0.1	0.3	-0.5
32	0.5	0.3	0.1	-1.1
33	-0.1	0.1	0.8	-2

Prům. odchyl.	0.2	0.2	0.3	-0.1

Pacient č. 14

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.1	0.3	-0.1	0
2	0.7	0.6	-0.2	0.1
3	0.4	0	0.3	0
4	0.4	0.1	0.3	0.1
5	0.3	0.1	-0.3	0
6	-0.6	0.6	0	0.1
7	0.7	0.7	-0.4	0.1
8	0.4	0.4	-0.3	0
9	0.4	0.8	-0.1	-1.3
10	0.4	0.9	-0.6	0.8
11	0.9	0.4	0.1	1
12	0.6	0.3	0.2	0.2
13	0.7	0.4	0.4	0.4
14	0	0	0.3	-0.2
15	0.3	0	0.1	0
16	0.2	-0.2	0	0.5
17	0.9	0.3	1	0
18	0.3	0	0	-0.1
19	0	0.2	0.1	-0.1
20	0.5	0	-0.1	0
21	0.3	0.5	0.8	0
22	0.6	0.3	0.7	-0.1
23	0.4	-0.1	0.3	0
24	0.5	-0.3	0.1	0.4
25	0.2	-0.4	0.2	0.1
26	0.3	-0.1	0.3	0
27	0.1	-0.4	0.5	-0.1

28	0.6	0.3	0	0.3
29	0.6	0.2	-0.3	0
30	0.6	0.5	0.2	0.3
31	0.6	0.4	0.3	0.1

Prům. odchyl.	0.4	0.2	0.1	0

Pacient č. 15

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0	0	0	0
2	-0.4	0.3	-0.1	0
3	-0.4	0	0.3	0
4	0	0.3	0.2	-0.1
5	-0.1	0.2	0	0.2
6	-0.5	-0.1	0.1	0
7	0.1	0.3	0	-0.1
8	0.2	0.5	0.4	0.1
9	0	0.3	0	0.1
10	0	0.4	0.2	0.1
11	0.1	0.5	-0.1	0.1
12	0.1	0.5	0	0
13	-0.3	0.4	-0.1	0.2
14	0	0.3	-0.2	0.1
15	-0.5	0.5	-0.2	-0.1
16	0.1	0.8	0.1	0.3
17	-0.2	0.1	0.1	0.1
18	-0.4	0.2	0.1	-0.1
19	0	0.3	0.4	0
20	0.1	0.3	0.7	0
21	-0.2	-0.1	0.1	0
22	0.5	0.4	0.1	0
23	-0.1	0.4	0.3	-0.2
24	-0.1	0.1	-0.1	0
25	-0.5	0	-0.7	0
26	-0.1	0.3	0.1	-0.1
27	0.1	0.3	0	0.2

28	-0.3	0.2	0	0.2
29	-0.3	0.4	0.5	0.4
30	-0.2	0.3	0.2	0.2
31	0.1	0.4	0.4	0
32	-0.3	-0.4	0.7	0.1
33	-0.5	0.5	0.5	0
34	-0.1	0.3	0.4	0
35	-0.2	0.3	0.4	0
36	0	0.5	0.2	-0.1
37	-0.1	0.3	0.1	0
38	-0.1	0.6	0.4	0

Prům. odchyl.	-0.1	0.3	0.1	0.1

Pacient č. 16

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.3	0.1	0	0
2	0.3	-0.2	-0.1	0
3	-0.1	-0.2	0.1	-0.1
4	0.2	-0.2	0	0.2
5	0.4	0	0.3	0
6	0.1	-0.2	-0.2	0.1
7	-0.2	-0.1	0	0
8	-0.4	-0.4	0.1	-0.9
9	0.1	-0.2	0.1	0
10	0.1	-0.4	0.1	-1.4
11	-0.2	-0.4	0.1	0
12	0	-0.5	0	0
13	0	-0.3	-0.3	0
14	0.1	-0.4	-0.1	-0.2
15	-0.3	-0.5	0.1	0
16	0.1	-0.3	0	0
17	0.2	-0.6	-0.1	-0.1
18	0.3	-0.1	0.1	0.1
19	0.3	-0.3	0.1	-0.1
20	0.3	-0.2	0	-1.1
21	0.4	0	-0.1	0
22	-0.1	-0.3	0.1	-0.1
23	0.4	0.1	0.2	-0.1
24	0.5	-0.5	0.1	0.1
25	-0.2	0	0	-0.2
26	0.2	-0.3	-0.4	0
27	0	-0.4	0	0

28	-0.1	0	0.4	0.1
29	0.2	0	0.3	-0.4
30	0.2	-0.1	0	-0.1
31	0.5	0.2	0.4	-0.1
32	0.3	0.2	0.3	-0.9
33	-0.2	-0.1	0.1	-0.1
34	0.4	-0.1	0.2	-0.1
35	0.2	0	0.2	0
36	0.1	0	0	0
37	0.1	-0.1	0	0
38	0	-0.3	-0.1	0.5

Prům. odchyl.	0.1	-0.2	0.1	-0.1

Pacient č. 17

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.3	-0.1	0.3	0.1
2	-0.2	0.3	0.6	0
3	-0.5	0.4	1.2	0
4	-0.1	0	0.9	0
5	-0.4	0	1	0
6	0.2	-0.1	0.2	0.1
7	0	-0.2	0.5	0.7
8	0.1	0.1	0.7	0.1
9	0.3	0.3	0.5	0.1
10	0	0.1	0.3	0.1
11	-0.4	0.3	0.2	0.1
12	0.1	0	0.7	0.2
13	-0.2	0.1	0.6	0.1
14	-0.2	0.6	0.6	0.1
15	-0.3	0.4	0.3	0.1
16	-0.2	0.6	0.7	0.1
17	-0.1	0.6	0.5	0
18	-0.2	0.3	0.4	0.1
19	-0.2	0.7	0.6	0
20	-0.1	0.7	0.3	0
21	0	-0.2	0.9	0.6
22	0	1	1.1	0
23	-0.2	0.6	0.2	0.1
24	-0.2	0.2	1.5	-0.2
25	-0.4	-0.1	0.7	2
26	-0.3	0	1.5	0
27	0	0.2	0.7	0.1

28	-0.4	-0.4	0.5	1.2
29	-0.3	-0.1	0.7	1.7
30	0	0.2	0.9	0
31	0.2	0.7	1.1	0
32	0.2	0.3	1.2	0
33	0	0.3	1.2	0
34	-0.3	0.2	1	0
35	-0.4	-0.4	-0.1	0.6
36	0.2	-0.1	0.5	0
37	-0.1	0	1.2	-1.3
38	0.3	-0.2	0.9	0.2

Prům. odchyl.	-0.1	0.2	0.6	0.2

Pacient č. 18

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.4	0.1	-0.1	0.1
2	0.3	-0.1	0	-0.2
3	0	-0.1	-0.3	0.2
4	0.5	-0.1	0.4	-0.1
5	0.5	-0.1	-0.1	0.1
6	0.3	0.1	0.4	-0.2
7	0.4	0.1	0.4	0
8	0.1	0	-0.2	0
9	0.5	0	0.1	0
10	0	0	0	0.1
11	0.6	0.2	-0.1	0
12	0.4	0.1	-0.2	0.1
13	0.6	0.1	0	-0.1
14	0.8	0.2	-0.3	0
15	0.4	0	-0.1	-0.1
16	0.7	0.2	-0.1	0
17	0.4	0	-0.2	0.2
18	0.3	-0.2	0	0
19	0.2	-0.2	0	-0.1
20	-0.1	-0.1	-0.1	0
21	0.3	0	-0.1	0.1
22	0.3	-0.1	0.3	-0.8
23	0.4	0	-0.1	-0.2
24	0.3	-0.1	0.2	-0.4
25	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
26	0.4	0.1	-0.2	-0.1
27	0.4	0.1	-0.1	0.1

28	0.8	0.1	-0.2	-0.1
29	0.2	-0.2	-0.2	0
30	0.2	0	-0.2	-0.2
31	0.2	-0.1	0.2	0
32	0.6	0	-0.1	0
33	0.5	0.1	-0.1	0
34	0.1	-0.2	0.1	0
35	0.1	-0.1	-0.1	0
36	0.1	-0.2	0.1	-0.1
37	-0.3	-0.2	0	-0.2
38	0	-0.3	0.2	-0.1

Prům. odchyl.	0.3	0	0	-0.1

Pacient č. 19

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.4	-0.3	-0.7	0.1
2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.1
3	-0.1	0.1	-0.3	0
4	0.4	0.1	-0.3	-0.1
5	-0.1	0.1	-0.3	0
6	-0.3	0.3	-0.2	0
7	-0.4	-0.1	-0.3	0
8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.1
9	-0.4	-0.2	-0.4	-0.1
10	-0.4	-0.1	-0.5	-0.1
11	-0.3	0	-0.7	-0.2
12	-0.3	0.1	-0.4	-0.1
13	-0.2	0	0	0
14	-0.3	0.1	-0.3	-0.1
15	-0.2	-0.1	-0.5	-0.1
16	-0.6	-0.2	-0.6	0
17	-0.5	-0.1	-0.5	-0.1
18	-0.4	0	-0.3	-1.7
19	-0.7	-0.1	-0.2	0
20	-0.3	0.2	-0.5	0
21	-0.9	-0.2	-0.4	-0.1
22	-0.6	-0.2	-0.4	0
23	-0.6	0	-0.7	-0.2
24	-0.3	0	-0.5	0
25	0.1	0.4	-0.4	0
26	-0.1	0.4	-0.5	0.1
27	0	0.3	-0.4	0

28	0	0.1	-0.3	0
29	0.3	0.1	-0.3	0.1
30	0.4	0.6	-0.2	0
31	0.1	0.1	0	0
32	-0.2	0.1	-0.3	0
33	0	0	-0.2	-0.1
34	-0.4	0.1	0	-0.1
35	-0.2	-0.1	-0.3	0
36	0.1	-0.1	-0.3	0.1
37	-0.2	0.1	-0.2	0.1

Prům. odchyl.	-0.2	0	-0.4	0

Pacient č. 20

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.1	-0.2	-0.2	0
2	0.2	0.3	-0.5	0
3	0.2	0.2	-0.3	-1
4	-0.3	0	-0.4	-0.2
5	-0.3	0.2	-0.6	-0.1
6	0.1	0.2	-0.2	-0.1
7	0.1	0.3	-0.4	0
8	0	-0.2	-0.4	-0.1
9	-0.2	0.1	-0.4	-0.1
10	0	-0.1	0	-2.3
11	-0.2	0.1	-0.8	0
12	0.3	0.3	-0.3	0
13	0.2	0.1	-0.5	-0.1
14	0.5	0.2	-0.3	-0.1
15	-0.2	0.1	-0.5	0
16	0.4	0	-0.3	-1.6
17	0.1	-0.2	-0.2	-1.9
18	-0.2	-0.4	-0.3	-0.1
19	-0.1	-0.1	-0.1	0
20	0.2	0.1	-0.2	-1.5
21	0.1	-0.1	0.2	-0.1
22	0.2	0	-0.4	-1.1
23	0.1	0.2	0.1	-0.3
24	0.1	0.2	-0.1	0
25	0	0.5	-0.2	-0.1
26	0.3	0.2	0	-1.6
27	0.3	0.6	0.2	0

28	-0.3	0.2	-0.2	-0.1
29	0.2	0.5	0	-0.1
30	-0.1	0.3	-0.1	-0.1
31	-0.2	0.4	0.3	-0.1
32	-0.4	0.2	-0.1	0

Prům. odchyl.	0	0.1	-0.2	-0.4

Pacient č. 21

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.6	0.2	0.4	-0.1
2	-0.1	0.3	0.5	0
3	0.2	0.3	0.6	1.4
4	-0.1	0.4	0.4	0.1
5	0.2	0.5	0.5	0
6	0.3	0.6	0.3	0
7	-0.1	0.4	0.3	-0.2
8	0.1	0.5	0.4	-1.1
9	0.2	0.5	0.6	-0.1
10	0	0.3	0.3	0.2
11	0.3	0.5	0.4	0
12	0	0.4	0.7	0.1
13	0.1	0.4	0.4	-0.2
14	0.2	0.9	0.3	-0.2
15	0.1	0.2	0.3	0
16	0.2	0.8	0.5	-0.1
17	0.1	0.7	0.3	-1
18	0.3	1	0.4	-2.5
19	0.5	0.9	0.5	-0.1
20	0	0.4	0.5	-0.2
21	0	0.2	0.4	-0.1
22	0.3	0.7	0.5	0
23	0.1	0.6	0.1	0
24	0.2	0.5	0.3	-2
25	0.4	0.6	0.1	0
26	0.5	1	0.1	0
27	0.3	0.5	0.2	-0.2

28	0.4	0.2	0.4	0.1
29	0.1	0.5	0.6	-0.2
30	0.3	0.6	0.7	-0.2
31	0.7	0.6	-0.1	-1.3
32	0.4	0.8	-0.1	-0.1
33	0	0.8	0.6	-0.1
34	0.4	0.3	0.2	0

Prům. odchyl.	0.2	0.5	0.4	-0.2

Pacient č. 22

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.1	0.3	0	0.1
2	0	-0.2	0	0.1
3	0.1	-0.1	0.1	0.2
4	0.2	0.2	-0.1	0.1
5	0.1	0.2	0.1	0
6	0.2	0.2	0.1	0
7	0.3	0.4	0.3	0.2
8	0.1	0.2	0.1	0.6
9	0	0.1	0.4	0.1
10	0.4	0.6	0.1	0.1
11	0.3	0.4	0.1	0.2
12	0	0.3	0.1	0.1
13	0.3	0.3	0.2	0
14	0.4	0.5	0.4	0
15	0	0.2	0.3	0.1
16	-0.2	0.2	0.1	0.2
17	-0.1	0.1	0.2	0.5
18	0.2	0.3	0.4	0.2
19	0.1	0.3	0.2	0.2
20	0	0.4	0.3	1.3
21	-0.1	0.3	-0.1	1.4
22	0	0.5	0	1.2
23	0.2	0.5	0.1	0.2
24	0.2	0.4	0.3	0.6
25	0.1	0.5	0.3	0.6
26	0	0.4	0	0.1
27	0.2	0.5	0.2	0.7

28	0.1	0.4	0.3	0.2
29	0.1	0.4	0.3	0.2
30	0.1	0.5	0.2	2.1
31	-0.1	0.3	0.1	0.2
32	-0.1	0.5	0.2	0.1
33	0	0.4	0.4	0

Prům. odchyl.	0.1	0.3	0.2	0.4

Pacient č. 23

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.3	-0.4	-0.6	0.1
2	-0.3	-0.2	0.6	-0.2
3	0.1	0.1	0.6	0
4	-0.1	0.1	0.5	0.1
5	0.3	-0.3	0.8	0.1
6	0.2	0	0.7	0
7	0.1	-0.1	0.3	0
8	0.1	0.2	0.3	-0.1
9	0	-0.3	0.5	-0.1
10	-0.1	-0.1	0.5	0
11	-0.1	-0.1	0.5	-0.1
12	-0.1	-0.3	0.6	0
13	-0.2	0.1	0.4	-0.1
14	-0.1	-0.2	0.3	-0.3
15	0.5	0	0.2	-0.6
16	0.4	0	0.5	-0.2
17	0.3	0.2	0.4	0
18	0.3	-0.3	0.4	0
19	0.4	-0.2	0.6	-0.1
20	0.5	-0.2	0.6	0
21	0.2	0	0.5	-0.1
22	-0.1	-0.3	0.7	-0.2
23	0.3	-0.3	0.8	-0.1
24	0	-0.2	0.3	0.2
25	-0.3	-0.3	0.4	-0.1
26	-0.1	-0.2	0.7	-0.1
27	0.3	0.1	0.9	0

28	-0.3	-0.6	0	-0.1
29	-0.3	-0.5	0.4	0
30	0	-0.2	0.1	-0.1
31	-0.4	-0.4	0.8	0
32	-0.1	-0.1	0.4	0

Prům. odchyl.	0.1	-0.2	0.5	-0.1

Pacient č. 24

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.5	0.5	0.3	0
2	-0.6	0.4	0.4	0.1
3	-0.3	0.5	0	0
4	-0.1	0.1	0	0
5	-0.6	0.5	0.6	0
6	-0.1	0.3	0.5	0.1
7	-0.2	-0.2	0.4	0.8
8	-0.1	0.3	0	0.1
9	-0.7	0.2	0.2	0.1
10	-0.3	0.3	0.5	-0.1
11	-0.6	-0.3	0	0.9
12	-0.4	0.3	0.6	0
13	-0.8	-0.5	0.1	1.3
14	-0.3	0.6	0.8	0
15	-0.1	0.3	0.6	0.1
16	-0.1	0.6	0	-1.1
17	-0.2	0	0.2	0.1
18	-0.4	0.1	0.6	0
19	-0.2	-0.1	0.2	-0.1
20	-0.5	0.2	0.8	0
21	-0.6	0.3	0.7	-1.1
22	-0.3	0.6	0.4	-1.1
23	-0.5	0.6	-0.2	-0.1
24	0.3	0.3	0.6	0.2
25	-0.1	-0.4	0.6	0
26	0	0.1	0	0.1
27	-0.2	-0.2	0.6	0.2

28	-0.1	-0.1	0.6	-0.1
29	-0.4	-0.1	0.2	0.1
30	-0.2	-0.2	0.1	-0.1
31	0	-0.1	0.4	-0.1
32	-0.2	-0.1	0.3	0.1
33	-0.4	-0.1	0.5	0.1
34	0.1	-0.1	0.5	0
35	-0.3	0	0.8	0.1
36	-0.4	0.2	0.5	0.2
37	-0.1	-0.1	0.5	0
38	-0.1	0.4	0.2	1.5

Prům. odchyl.	-0.3	0.1	0.4	0.1

Pacient č. 25

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.2	0.1	-0.3	-0.1
2	-0.5	0.7	1.2	0
3	-0.2	0.7	0.5	0
4	-0.4	0.4	0.1	-0.1
5	-0.3	0	-0.2	-1.3
6	0.2	0.4	-0.1	-0.1
7	-0.5	0.4	-0.3	0
8	-0.3	0.4	-0.8	-0.1
9	-0.4	0.5	0.4	0
10	-0.7	0.6	0.5	0
11	-0.3	-0.3	0.1	-1.1
12	-0.2	0.2	0.9	0.1
13	0.4	0.1	-0.2	-0.1
14	-0.3	-0.6	0.2	-0.1
15	-0.6	0.1	-0.4	-1.3
16	-0.1	0	0	-1
17	0.4	0.2	1.2	0
18	-0.1	0.3	0.6	0
19	-0.3	0.2	-0.7	-1.5
20	0.2	0.2	0.3	0
21	0	-0.2	-1.6	0
22	0.2	0	0.8	0
23	-0.2	0	0.5	0
24	-0.3	0.3	0.2	-1.2
25	-0.8	-0.2	0.4	0
26	-0.7	0	0.3	0
27	-0.6	0.5	0.2	0

28	-0.3	-0.1	0.5	0
29	-0.7	-0.1	0.4	-0.1
30	-0.3	-0.4	0.1	-2
31	-0.3	-0.3	0.2	-1.5
32	-0.2	-0.4	0.2	0
33	-0.3	0.1	-0.1	0
34	0.1	-0.1	-0.3	0
35	-0.6	0	0.3	0
36	0	0.4	0.4	1.9
37	-0.2	0.6	0.3	1.1
38	-0.4	-0.1	0.4	0.8

Prům. odchyl.	-0.3	0.1	0.2	-0.2

Pacient č. 26

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	-0.7	-0.3	0.2	0.1
2	-0.1	-0.5	0.2	0.2
3	0	-0.3	0.2	0.3
4	0.1	-0.1	0.2	0.2
5	0	0.1	0.3	1
6	0	0.2	0.5	0.2
7	0.2	0.5	0.4	0.4
8	-0.4	-0.4	0.3	0.1
9	-0.2	-0.1	0.3	0.2
10	-0.2	0	0.5	0.1
11	0	0.1	0.3	0.2
12	0	-0.1	-0.2	1.4
13	0	0.3	0.1	0.1
14	-0.3	0.1	0	1.2
15	-0.2	0.5	0.4	1.4
16	-0.3	0.2	0.3	0.4
17	0	0.3	0.4	1.8
18	0	0.2	0.3	0.2
19	-0.4	-0.2	-0.4	-4.4
20	-0.3	-0.2	0.4	3.3
21	-0.3	0.1	0.7	0.1
22	0	0.5	0.1	1.7
23	-0.2	0.1	-0.2	0.1
24	-0.4	0	0.2	0.2
25	-0.3	0.1	-0.1	0.2
26	-0.3	0.1	-0.1	1.3
27	-0.3	0	0.1	0.1

28	-0.1	-0.1	0.3	0.2
29	-0.3	0.1	0.2	0
30	-0.2	0.1	0	0.1
31	-0.4	0.1	-0.1	0
32	0	0	-0.1	0

Prům. odchyl.	-0.2	0	0.2	0.4

Pacient č. 27

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.3	-0.1	0.4	0.9
2	0.4	0.2	0.3	0.1
3	0	-0.3	0.5	0.1
4	0.1	0	0.5	0.6
5	0	-0.3	-0.1	1.4
6	0	-0.1	0.2	0.9
7	0.2	0.1	0.6	0.2
8	0.4	-0.1	0.7	0.5
9	0.5	0	0.3	0.5
10	0.3	0.4	0.6	0.5
11	0.2	0.3	0.4	0.3
12	0.4	-0.2	0.8	0.7
13	0.4	0.1	0.5	0.1
14	-0.2	0.6	0.3	0.1
15	0.1	0.1	0.2	0.1
16	0.3	-0.1	0.3	0
17	-0.2	0	0.1	1.5
18	0.2	0.1	0.9	0.1
19	0	-0.2	0.2	1.6
20	0.4	0	0.3	0.2
21	0.1	0	0.6	0
22	0.4	0.4	0.4	0.2
23	-0.2	0.2	0.6	0.5
24	-0.2	0.1	0.6	1.5
25	0.3	0.1	0.6	1.1
26	0.3	0	0.3	1.4
27	-0.1	0	0.3	1.4

28	0	0.5	0.7	0.4
29	0.1	0.2	-0.1	-0.1
30	0	-0.1	0.1	1.8
31	-0.1	-0.2	0.2	1.8
32	0	0	0.3	1
33	0.1	0.3	0.6	1.6
34	0.1	0.2	0.2	1.5
35	0.3	0	0.3	2

Prům. odchyl.	0.1	0	0.4	0.8

Pacient č. 28

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.1	0.5	-0.1	0
2	-0.2	0.8	0	-0.1
3	0	0.1	-0.2	-1.5
4	-0.3	0.5	0.1	0
5	-0.2	0.2	-0.3	-1.5
6	-0.2	0.3	0.1	-0.2
7	-0.5	0.1	-0.1	-0.9
8	-0.7	0.2	0	-1.5
9	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
10	-0.2	0.5	0.1	-2.4
11	0	0.2	0	-2.7
12	-0.4	0.5	0.4	-1.3
13	0.1	0.1	-0.1	-2.4
14	-0.2	0.4	0.1	-0.1
15	-0.5	0.6	-0.1	0
16	0.3	0.4	-0.3	0
17	-0.4	0.6	0	-0.2
18	0	0.6	-0.1	-2.1
19	-1.1	0.5	0	-0.1
20	0.1	0.2	-0.2	0
21	0.1	-0.1	0.1	-1.5
22	0.4	0.2	-0.5	-0.1
23	-0.1	0	0	-0.2
24	-0.1	-0.1	0.2	-1.5
25	-0.1	0.1	0	-1.4
26	-0.3	0.2	-0.1	-1.1
27	-0.1	0.1	-0.1	-1.5

28	0	0	-0.6	-1
29	0.1	0.3	0	-0.1
30	0.1	0.1	0.1	-2
31	-0.1	0.2	-0.2	-2
32	0.1	0.3	-0.4	-1.4
33	0.1	0.2	-0.4	-0.2
34	0	0.2	-0.1	-0.1

Prům. odchyl.	-0.1	0.3	0	-0.9

Pacient č. 29

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0	0.3	0	-0.1
2	-0.2	-0.3	0.7	-0.1
3	0.5	-0.3	0	0
4	-0.2	-0.2	0.8	0
5	0.1	-0.1	0.9	-0.1
6	-0.4	-0.1	0.2	0
7	0.1	0.2	0	0
8	0.2	-0.8	-0.4	-1.2
9	-0.4	0.2	0.2	-0.1
10	0.4	0.2	0.1	-0.1
11	0.1	0	0.3	-0.1
12	-0.2	0.4	0.2	-0.1
13	0.5	0.5	0.4	-0.1
14	-0.2	0.2	0.4	0
15	0.4	0.2	0.7	0
16	0.1	0.2	0.1	0
17	0.2	0.1	0.3	0
18	-0.1	-0.1	0.8	0
19	0	0.1	0.8	-1.2
20	0.3	-0.2	0.7	-0.1
21	-0.2	0.4	0.2	0
22	0.6	0.7	0.5	0.1
23	-0.3	0.6	-0.1	0
24	-0.3	0.5	0	0.1
25	0.3	1.1	-0.1	2
26	0.2	0.3	0	-0.1
27	0.1	0.3	0.6	-1.3

28	-0.1	0.2	0.7	0
29	0	1.1	0.7	0
30	0.3	0.2	0.4	0
31	0.5	0.4	0.6	0.1
32	0.3	0.4	0.4	-0.1
33	0.6	0.2	0.4	0
34	-0.1	0.6	0.5	0
35	0	0.1	0	-0.1
36	-0.2	0.3	0	0
37	-0.2	-0.3	0.1	0.1

Prům. odchyl.	0	0.2	0.3	0

Pacient č. 30

	Vrt[cm]	Lng[cm]	Lat[cm]	Rtn[deg]
1	0.2	0.2	-0.2	0.1
2	0.1	0.2	0.3	0.1
3	0.2	0.1	0.2	0
4	0.5	0.1	-0.5	0.1
5	0.5	0	-0.1	0
6	0	-0.2	-0.1	-0.1
7	0.2	-0.1	0	0.1
8	0	0.5	0	-0.1
9	0.1	0.2	0	-0.1
10	0.1	0.2	-0.1	0
11	0	0	-0.1	1.2
12	0.6	0.4	-0.3	1.3
13	0.1	-0.1	-0.2	0
14	0	-0.3	0.2	0.2
15	0.2	0.2	-0.2	-0.1
16	0.9	0.2	-0.1	0.1
17	-0.1	0	-0.2	0.2
18	0.4	0.2	0.2	0.1
19	-0.2	0.2	-0.3	-0.1
20	0.4	0.4	-0.4	1
21	0.1	0	-0.3	0
22	0.4	0.5	-0.4	0
23	0.3	0.1	0	0
24	0.3	-0.4	-0.1	0
25	-0.2	-0.3	-0.4	1
26	0.7	0.2	-0.4	0.2
27	0.4	-0.3	-0.4	0.2

28	0.3	0.1	-0.3	0.2
29	0.2	-0.5	-0.3	0.2
30	0.2	0	-0.7	0.2
31	0.3	0	-0.4	0.2
32	0.3	-0.1	-0.3	0.1
33	0.2	-0.2	-0.3	0
34	0	0	-0.5	0.1
35	0.6	0.2	-0.3	0.1
36	0.6	0.3	-0.7	-0.1
37	0.3	0.1	-0.2	0.1

Prům. odchyl.	0.2	0	-0.2	0.2

Vyjádření procentuálních změn dávky v kritických orgánech při posunu stolu

Základní tabulka parametrů

	Minimální dávka	Maximální dávka	Průměr ϕ
Močový měchýř	3,4	106	41,8
Rektum	4,2	106,6	59,8

Tabulka A: Posun v ose x = + 0,5 cm

+ 0,5 cm	Minimální dávka	Maximální dávka	Průměr ϕ
Močový měchýř	2,9	99,2	39,2
Rektum	3,9	99,9	56,1

Tabulka B: Posun v ose x = + 1 cm

+ 1 cm	Minimální dávka	Maximální dávka	Průměr ϕ
Močový měchýř	2,6	99,1	39,9
Rektum	4	99,4	55,9

Tabulka C: Posun v ose y = + 0,5 cm

+ 0,5 cm	Minimální dávka	Maximální dávka	Průměr ϕ
Močový měchýř	3	98,7	33,9
Rektum	4,2	100	65,2

Tabulka D: Posun v ose y = - 0,5 cm

- 0,5 cm	Minimální dávka	Maximální dávka	Průměr ϕ
Močový měchýř	3,5	99,8	44,7
Rektum	3,7	98	47,1

Tabulka E: Posun v ose z = + 0,5 cm

+ 0,5 cm	Minimální dávka	Maximální dávka	Průměr ϕ
Močový měchýř	6,9	99,4	46,1
Rektum	3,1	99,7	55,3

Tabulka F: Posun v ose z = - 0,5 cm

- 0,5 cm	Minimální dávka	Maximální dávka	Průměr ϕ
Močový měchýř	2	99	31,4
Rektum	4,9	99,8	55,2

6 Diskuze

Byl vytvořen soubor 30 pacientů, kteří se léčili s karcinomem prostaty v nemocnici v Českých Budějovicích. Z verifikačních snímků zhotovených před každou praxí počítačový program vyhodnotil odchylky v jednotlivých směrech posunu. A to ve směru vertikálním, longitudinálním a laterálním. Tyto hodnoty jsou zapsány v tabulkách 1 až 30 a jsou uvedeny v centimetrech. Čtvrtý sloupec ukazuje rotaci, ta je uvedena ve stupních. Pro každý sloupec jsem vypočetla průměrnou odchylku, a tu zapsala do samostatné tabulky.

V českobudějovické nemocnici je tolerována odchylka do 0,3 cm. Do toho posunu se nijak výrazně nemění dávka mimo cílový objem či v kritických orgánech. Pokud je ale posun větší, dochází ke změnám dávek v kritických orgánech, kterými jsou u karcinomu prostaty močový měchýř a rektum. Tabulky A až F ukazují, jak moc se dávka v každém orgánu mění podle posunu určitým směrem.

Nejčastější hodnoty v tabulkách 1 - 30 byly: -0,2; -0,1; 0; 0,1; 0,2 a to celkem v 89 případech ze 120. Do tolerance 0,3 cm se vešlo 100 hodnot. Z toho vyplývá, že větší odchylka byla zjištěna pouze ve 20ti případech. To je velmi dobrý výsledek.

Příkladem uvedu, že pokud v základní tabulce kritických orgánů je pro močový měchýř průměrná dávka při nulové odchylce 41,8 %, při posunu o 0,5 cm v ose z vzroste průměrná dávka na 46,1 %. Pro rektum je základní průměrná dávka 59,8 % a při posunu 0,5 cm v ose y naroste průměrná dávka na 65,2 %.

Čím více vzroste průměrná dávka při posunu, tím je vyšší riziko nežádoucích účinků.

7 Závěr

Jak vyplývá z grafu č.3, počet mužů s karcinomem prostaty stále narůstá. Snaha o zlepšování léčby neustává. V dnešní době se pacienti s nádorem prostaty léčí technikou IMRT spolu s metodou IGRT a léčba dosahuje velmi dobrých výsledků.

Při srovnávání dat u jednotlivých pacientů bylo zjištěno, že více jak tři čtvrtiny průměrných odchylek jsou v toleranci. U zbylých průměrných odchylek lze ukázat, jak moc se mění procentuální dávka v kritických orgánech v závislosti na posunu pacienta.

Z toho se dá vyvodit jasný závěr, že každodenní kontrola polohy pacienta je stále nezbytně nutná ke zmenšování odchylek. Touto kontrolou lze udržet nízké procento projevu vedlejších účinků, či jejich riziko ještě snížit.

8 Literatura

1) ČIHÁK. *Anatomie 2*. Praha: Grada, 2002. ISBN 802470143X.

2) PETROVICKÝ. *Anatomie s topografií a klinickými aplikacemi*. Martin: Osveta, 2001. ISBN 8080630453

3) NAŇKA a ELIŠKOVÁ. *Přehled anatomie*. Praha: Galén, 2009. ISBN 9788072626120.

4) JURGA. *Klinická onkológia a rádioterapia*. Bratislava: Svornosť, 2000. ISBN 808890871X.

5) ŠLAMPA a PETERA. *Radiační onkologie*. Praha: Galén, 2007. ISBN 9788072624690.

6) FAKAN. *Přehled patologie pro bakalářské zdravotnické obory*. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 9788024610542.

7) Lékařské slovníky. *Lékařské slovníky* [online]. 2008 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.lekarske.slovniky.cz

8) SPURNÝ a ŠLAMPA. *Moderní radioterapeutické metody*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 1999. ISBN 8070132671.

9) HYNKOVÁ a ŠLAMPA. *Základy radiační onkologie*. Brno: Masarykova Univerzita, 2012. ISBN 9788021060616

10) VOMÁČKA. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 9788024431260.

11) Zdravotnictví + medicína. *Zdravotnictví + medicína* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.zdravi.e15.cz

12) RadiologyInfo. *RadiologyInfo* [online]. 2014 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.radiologyinfo.org

13) Varian. *Varian* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.varian.com

14) Urologie pro praxi. *Urologie pro praxi* [online]. 2011 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.urologiepropraxi.cz

15) Onkologiecs. *Onkologiecs* [online]. 2014 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.onkologiecs.cz

16) Wikipedia. *Wikipedia* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.wikipedia.cz

17) Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. *Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.svod.cz

18) Komplexní onkologické centrum Nový Jičín. Komplexní onkologické centrum Nový Jičín [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.onkologickecentrum.cz

19) Česká urologická společnost. *Česká urologická společnost* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.cus.cz

21) Ústav zdravotnických informací a statistiky. *Ústav zdravotnických informací a statistiky* [online]. 2015 [cit. 2015-04-20]. Dostupné z: www.uzis.cz

22) Linkos. *Linkos* [online]. 2014 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: www.linkos.cz

23) *Novotvary*. 2011. vyd. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, 2011

24) Bezva Lékárna. *Bezva Lékárna* [online]. 2014 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: www.bezva-lekarna.cz

25) ADAM, *Diagnostické a léčebné postupy u maligních chorob*. 2., Praha: Grada, 2004, ISBN 80-247-0896-5.

26) ADAM, *Speciální onkologie: příznaky, diagnostika a léčba maligních chorob*. Praha: Galén, 2010, ISBN 9788072626489.

27) HÁLA, Jiří. *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie*. Brno: Konvoj, 1998, ISBN 80-85615-56-8.

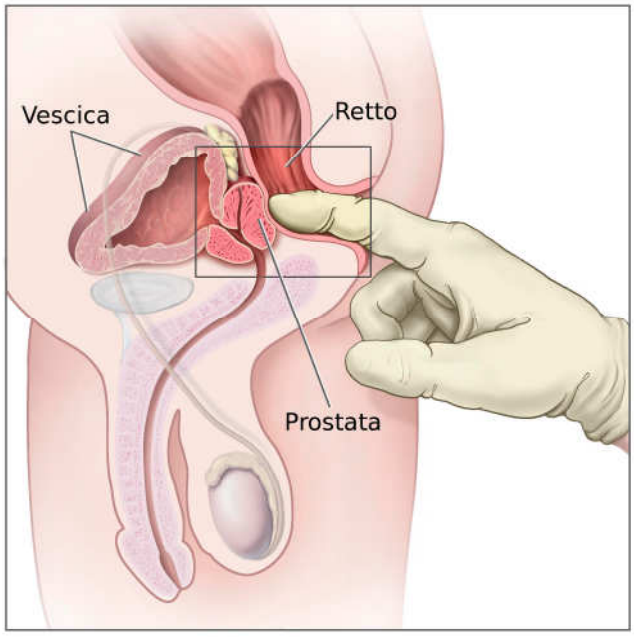
28) Kniha Abstrakt online. *Radioterapie karcinomu prostaty v současnosti* [online]. 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: www.registracni-system.cz

Přílohy

Obrázek č. 1

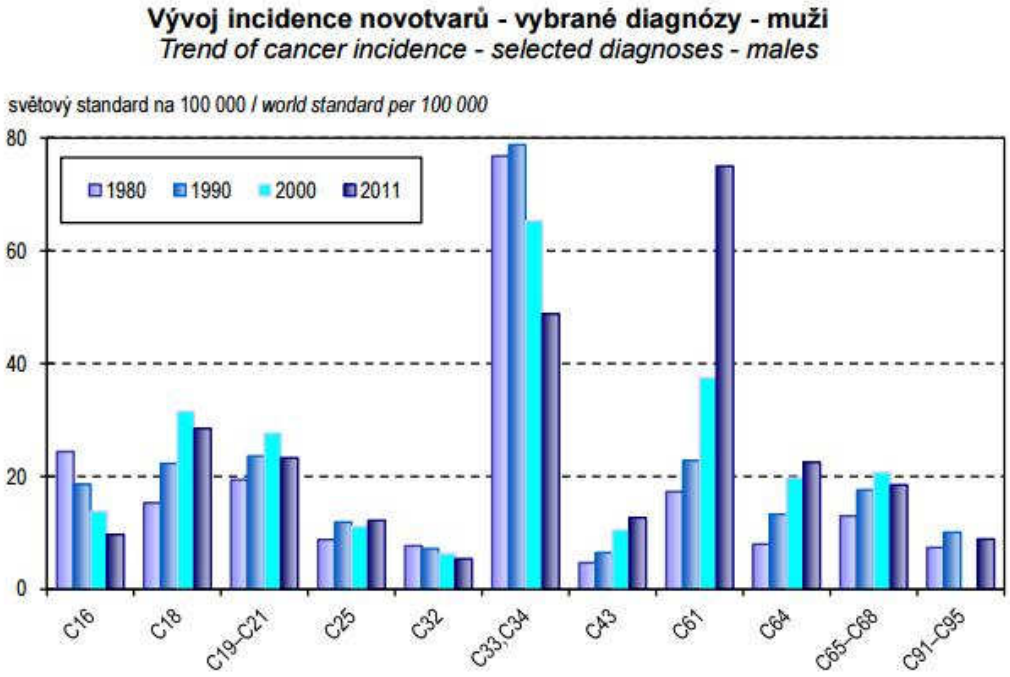
Umístění předstojné žlázy u mužů (24)

Obrázek č. 2



Digitální rektální vyšetření (16)

Graf č.1



Karcinom prostaty má označení C61. V grafu je vidět jeho zastoupení na 100000 mužů v letech 1980, 1990, 2000 a 2011. (23)

Obrázek č. 3

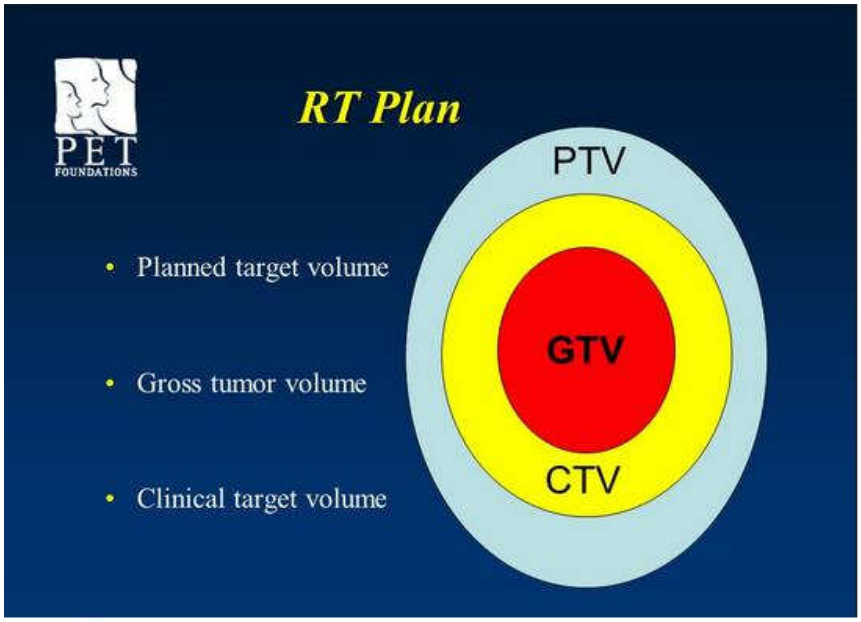
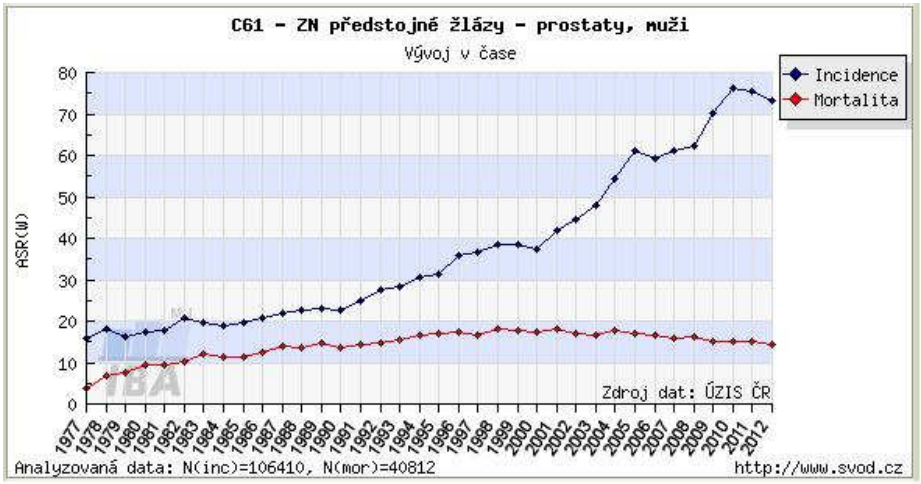


Schéma ozařovaných oblastí (24)

Graf č. 3



V grafu vidíme křivku stoupající incidence a křivku poměrně neměnné mortality karcinomu prostaty v letech 1977 - 2012 (17)