



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
Ústav radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Bakalářská práce

Stanovení mimoosové dávky při ozařování pro karcinomy v oblasti hlava- krk

Vypracovala: Eliška Fialová
Vedoucí práce: RNDr. Petr Berkovský

České Budějovice, 2016

Abstrakt

V úvodní části bakalářské práce se zabývám nádory hlavy a krku. Nádory hlavy a krku spadají do oblasti otorinolaryngologie, tedy nádory dutiny ústní, faryngu, laryngu, dutiny nosní, paranasálních dutin a rovněž nádory slinných žláz. Až polovina nově diagnostikovaných případů jsou nádory laryngu. V České republice je ročně diagnostikováno okolo 1 150 nových případů rakoviny hlavy a krku a asi 650 lidí na toto onemocnění umře.

Příznaky nádorů se liší dle lokalizace onemocnění. Bývají dlouho nepoznané i přes svou dobrou vyšetřitelnost. U jakéhokoliv delší dobu se nehojícího defektu by se mělo hledět na nádorovou etiologii. Každý chrapot nebo kašel trvající déle než 3-4 týdny, hlavně u rizikových pacientů, by měl být vyšetřen pro suspekci z karcinomu laryngu.

Mezi nejvýznamnější etiologické faktory patří kouření a alkohol. Kromě těchto faktorů je to například i nedostatečná hygienická úroveň a špatná sociální situace, kouření marihuany nebo třeba ionizující záření, které všeobecně indukuje nádory.

K diagnostice těchto nádorů často dochází velmi pozdě. Problém diagnostiky těchto nádorů je v tom, že dlouhou dobu jsou bezpříznakové, nebo připomínají nezávažná chronická zánětlivá onemocnění horních cest dýchacích. Příznaky onemocnění jsou různé, ale často se objevuje postižení řeči, ztížené polykání a dýchání. Výchozí je pečlivá anamnéza zaměřená na místní a celkové příznaky (váhový úbytek, poruchy chuti), sociální zvyklosti a rizikové faktory. Ke stanovení diagnózy významně přispívá vyšetření na ORL. Nádory hlavy a krku jsou dobře přístupné aspekci, palpaci a přímým i nepřímým endoskopickým metodám. Důležitý je odběr vzorku k histologickému vyšetření.

Při volbě způsobu léčby přihlížíme ke známým prognostickým faktorům, zvláště k pokročilosti nádorů (vyjádřené TNM klasifikací), jeho lokalizaci, histologickému typu, věku a celkovému stavu nemocného, taktéž jsou respektována přání nemocných. Nádory hlavy a krku jsou charakterizovány hlavně lokálním a regionálním šířením s celkem malou incidencí vzdálených metastáz. V léčebné strategii musí být kladen důraz na lokální kontrolu onemocnění. Důležité jsou tedy lokální léčebné metody - chirurgie a radioterapie.

Význam chemoterapie a biologické léčby spočívá v simultánním podání s radioterapií, a tím zesílení jejího účinku. Pro úspěšnou léčbu v onkologii obecně, tedy i u nádorů hlavy a krku, je multidisciplinární přístup. V kapitole Metody léčby jsou stručně charakterizovány jednotlivé metody.

Dále se zabývám moderními ozařovacími metodami. Smysl těchto moderních technik je zlepšení výsledků léčby, hlavně snížení rizika postradiačních komplikací, a tím zlepšení kvality života po léčbě díky nižšímu poškození zdravých tkání. Klade se velký důraz na kvalitu života pacienta, na poměr mezi účinkem léčby a její toxicitou. Záměr je dosáhnout výborného účinku léčby za současného udržení toxicity na přijatelné úrovni. Cílem konformních technik (3D-CRT) ozáření je přizpůsobit tvar ozařovaného objemu nepravidelnému tvaru nádoru. U IMRT techniky je kromě přizpůsobení tvaru svazku záření upravena i intenzita (fluence) svazku záření. Pomocí IMRT je možné ozařovat geometricky složitější cílové objemy a dosáhnout většího šetření okolních tkání. IGRT je metoda umožňující trojrozměrné zobrazení cílového objemu a kritických struktur před ozářením.

Při léčbě zářeními se objevují nežádoucí účinky na zdravé tkáně. I přes optimalizaci léčby a nejnovější ozařovací techniky část záření působí na zdravé tkáně. Kromě popisu ionizujícího záření, jeho interakce s hmotou a s tkání, jsem se zaměřila na unikající záření, tedy záření mimo centrální osu svazku. Popsány jsou jeho způsoby stanovení.

Výzkumná část byla provedena na onkologickém oddělení Nemocnice České Budějovice, a. s., a to díky vstřícným pacientům, kteří souhlasili s měřením a také díky ochotnému personálu, který měl pro mě pochopení. Ozařování pacientů probíhalo standardně na lineárním urychlovači, pacienti byli fixováni do ozařovací masky a byl jim přiložen na levou stranu hrudníku osobní elektronický dozimetr. Po skončení záření jsem zapsala naměřené hodnoty. Z těchto hodnot jsou vypracované přehledné tabulky. Výsledky jsem následně porovnávala s výsledky Mgr. Renáty Chylíkové, získané stejným způsobem na předchozím typu lineárního urychlovače. Tento způsob jsem zvolila proto, že stanovení mimoosové dávky způsobem podle normy je obtížné a zdlouhavé. Využila jsem možnosti provést stejná měření na novém typu.

Pacienti, kteří podstupují onkologickou léčbu, dostávají vyšší dávky, než jsou limitní dávky, ale protože se jedná o lékařské výkony, nepodléhají hodnoty limitům.

Cílem práce bylo potvrdit či vyvrátit tvrzení výrobce, který uvádí, že mimoosová dávka má být na novém typu urychlovače až o 60 % nižší. Výzkum byl úspěšný, protože porovnáním výsledků jsem zjistila, že tvrzení výrobce je oprávněné.

Klíčová slova: mimoosová dávka, nádory hlavy a krku, radioterapie

Abstract

In the introduction of my bachelor thesis I am reviewing the problematics of head and neck tumors. This types of tumors belong under otorhinolaryngology - we are speaking about the tumors in the oral cavity, larynx, farynx, nasal cavity, paranasal sinuses and also salivary glands. Almost half of the newly reported cases of cancer are the laryngeal tumors. Every year in Czech republic there's about 1150 new patients with head and neck tumors diagnosed and about 650 of them will die.

Symptoms of tumors vary depending on their localization. Patients tend to consider early stage tumor to be something else and so the tumor has a chance to grow a long time unrecognized. Usually, any ailment without signs of improvement should be subjected to tumor etiology. Every rasp or cough lasting over period of 3-4 weeks should be examined for signs of laryngeal carcinoma, especially in case of high-risk patients. Most prominent etiological risk include smoking and alcohol consumption. Other risk include low hygiene, social exclusion, weed smoking or ionizing radiation - in general, all of these can induce tumor growth. Tumor diagnosis often comes late. The problem is the asymptomatic nature of many cases or sometimes inconclusive symptoms leading to misdiagnosis of minor ailments of the respiratory tract. Although the symptoms vary, there are few key ones that should be always considered carefully. These key symptoms are having difficulties speaking, swallowing and breathing. Initial careful anamnesis of local and general symptoms is necessary. These symptoms include weight loss, appetite loss, social habits and risk factors. ORL examination comes in handy as the head and neck tumors are easily detectable through visual and physical examination and endoscopy. It is also important to take a sample for histology.

When choosing the appropriate treatment, all prognosis factors must be accounted for, in particular the stage of tumor (marked by TNM classification), its locality, histological type and patient's age and health condition and his wishes. Patients' wishes must be respected.

Head and neck tumors are characterized by local and regional spread with low incidence of distant metastases.

Local control of the cancerous growth must be emphasized. There are two methods of treatment on local level - surgery and radiotherapy. Simultaneous use of radiotherapy with biological therapy and chemotherapy provides necessary amplification of their effect and thus this combined approach is the very basis of successful treatment in the field of oncology. The chapter "Methods of treatment" briefly summarizes characteristics of each method. As of next, I am looking at the modern radiation techniques. These techniques seem to have better results compared to their predecessors. There's lesser risk of post-radiation complications thanks to lesser tissue damage inflicted during the treatment. Modern methods focus on reaching the best treatment results while keeping the harmful effects as low as possible which significantly improves the quality of patients' lives. The aim of conformal radiation technique (3DCRT) is to adjust the shape of the radiated volume to the irregular shape of the tumour. IMRT technique does this and also modifies the intensity (fluence) of the radiation beam. That enables the IMRT to affect more complex target shapes while sparing the surrounding tissue to a degree. IGRT method uses imaging of the targeted volume and its critical structures before the treatment itself.

Radiation therapy also results with unwanted effects to healthy tissue despite the considerable progress in treatment optimization and methods' modernization. On top of the ionizing radiation and the description of its effect on tissue matter I also concentrated on the escaping light. The field work was carried out at the oncological ward of the hospital in České Budějovice with the kind permission from the hospital personnel and especially the patients who agreed to participate in the measurement. Course of the treatment went standardly at the linear particle accelerator with patients being fixed with the radiation mask and equipped with personal electric dosimeter. I compared my measurements with those of Mgr. Renáta Chylíková who worked with the previous type of the accelerator machine. Patients undergoing oncological treatment receive higher doses than are the limits but since it is for the medical purposes, the doses are not subjected to limitation. Aim of the work was to test the manufacturer's claim that the mimoo dosage on the newest accelerator should be 60% lower compared to the older type. By comparing the results I found out the claim seems to be true.

Key words: offaxis dose, head and neck cancer, radiotherapy

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval(a) 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 17. 8. 2016

.....

Eliška Fialová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu RNDr. Petru Berkovskému za odborné vedení, cenné rady a připomínky ke zpracování mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala všem pacientům, kteří svolili k měření a také personálu, za jeho trpělivost, rady a informace, které mi během měření poskytl.

Obsah

1	Teoretická část	14
1.1	Nádory hlavy a krku	14
1.1.1	Rozdělení nádorů hlavy a krku	14
1.1.2	Příznaky onemocnění	15
1.1.3	Etiologické faktory.....	15
1.1.4	Diagnostika	16
1.1.5	Léčba	17
1.2	Metody léčby.....	18
1.2.1	Chirurgická léčba	18
1.2.2	Radioterapie	18
1.2.3	Chemoterapie	20
1.2.4	Biologická léčba.....	21
1.3	Ozařovací techniky nádorů hlavy a krku	21
1.3.1	Konformní radioterapie	23
1.3.2	IMRT	24
1.3.3	IGRT	26
1.4	Nežádoucí účinky radioterapie	27
1.5	Ionizující záření	27
1.5.1	Korpuskulární ionizující záření.....	28
1.5.2	Fotonové ionizující záření.....	28
1.5.3	Interakce s prostředím	28
1.5.4	Interakce s tkání	29
1.6	Unikající záření.....	30
1.6.1	Záření pronikající kolimačním systémem.....	31
1.6.2	Unikající záření vně maximálního pole záření.....	32
2	Hypotéza a cíl práce	35
2.1	Cíl práce.....	35
2.2	Hypotéza	35
3	Metodika	36

3.1	Vyhodnocení výsledků	38
4	Výsledky	39
5	Diskuze	48
6	Závěr	54
7	Seznam informačních zdrojů	55
8	Seznam příloh	59

Seznam použitých zkratk

3D/2D – trojrozměrný/dvojrzměrný

3D-CRT – **3D Konformní Terapie**

CD – **Celková Dávka**

CT – **Computed Tomography** (Výpočetní Tomografie)

DL D – **Denní Ložisková Dávka**

DNA – Deoxyribonukleová kyselina

EB virus – **Virus Epstein-Barrové**

EFG faktor – **Epidermal Growth Factor** (epidermální růstový faktor)

EGFR – **Epidermal Growth Factor Receptor**

HPV virus – **Human Papilloma Virus** (lidský papilomavirus)

IGRT – **Image-Guided Radiation Therapy** (obrazem řízená radioterapie)

IMRT – **Intensity Modulated Radiotherapy** (Radioterapie s modulovanou intenzitou svazku)

IZ – **Ionizující Zářeni**

MLC – **Multileaf Collimator** (Mnoholistý kolimátor)

MR – **Magnetická Rezonance**

Norma – **ČSN EN 60601-2-11**

ORL – **Otorhinolaryngologie**

R. Ch. – **Renáta Chylíková**

RNA – Ribonukleová kyselina

RTG – **Rentgenové**

SIB – **Simultánní Integrovaný Boost**

SÚJB – **Státní Úřad Jaderné Bezpečnosti**

TD – **Toleranční Dávka**

TNM – **Klasifikace zhoubných novotvarů**

Úvod

Radioterapie má své velice důležité místo v medicíně, protože denně se ozařuje mnoho a mnoho lidí s různým nádorovým onemocněním. Je až zarážející, jak narůstá počet pacientů s nádorovým onemocněním a kolik se jich denně začíná ozařovat. Pacienti dostávají vysoké dávky záření, nemálo významné je záření mimo centrální svazek záření, který má podíl na možných budoucích problémech. Tady můžeme vidět velký význam pokroku techniky, vzdělanosti personálu a vyvíjení nových ozařovacích technik obecně.

Toto téma jsem si vybrala právě proto, abych se mohla přesvědčit o účinnosti zavádění nových lineárních urychlovačů a porozuměla tak problematice radioterapeutické léčby celkově.

V teoretické části se obecně zaměřuji na nádory hlavy a krku, jejich rozdělení, etiologii, způsoby diagnostiky a jejich léčbu. Popisuji zde jednotlivé metody léčby. Dále jsem se zaměřila na ozařovací techniky nádorů hlavy a krku a podrobněji jsem je popsala. Krátce jsem se zmínila o nežádoucích účincích radioterapie. Poté jsem navázala na ionizující záření a unikající záření a způsobem stanovení unikajícího záření určeným Normou. Výsledky v praktické části se týkají naměřených hodnot u pacientů, kteří se ozařují pro karcinomy hlavy a krku v Nemocnici České Budějovice, a.s.

Cílem práce je ověřit nebo vyvrátit tvrzení výrobce lineárního urychlovače TrueBeam, který uvádí snížení mimoosové dávky až o 60% oproti předchozímu urychlovači Varian Clinac 2100 C/D. Výsledky budou porovnány s hodnotami naměřenými na předchozím urychlovači Mgr. Renátou Chylíkovou.

1 Teoretická část

1.1 Nádory hlavy a krku

Nádory hlavy a krku spadají do oblasti otorinolaryngologie, tj. nádory dutiny ústní, faryngu, laryngu, dutiny nosní, paranazálních dutin a rovněž nádory slinných žláz. Až polovina nově diagnostikovaných případů jsou nádory laryngu. U těchto nádorů známe hlavní etiologické faktory, na rozdíl od jiných tumorů. Stanovení primárního nádoru nestačí, je třeba i vyloučení dalších lézí v oblasti hlavy a krku.

V léčbě těchto onemocnění dochází ke značným pokrokům. Dříve používané metody se dnes kombinují navzájem a také s jinými léčebnými modalitami. Dochází k začlenění chemoterapie či cílené léčby do radioterapeutických schémat, používají se speciální frakcionační režimy či moderní techniky záření. Přístup k léčbě je multidisciplinární. Klade se důraz na kvalitu života pacienta, na poměr mezi toxicitou a účinkem léčby. Nové metody by měly zlepšit účinnost léčby za současného udržení její toxicity na přijatelné úrovni. (1) (2) (3)

1.1.1 Rozdělení nádorů hlavy a krku

Nádory hlavy a krku můžeme dělit podle toho, z jaké anatomické oblasti pocházejí

- 1) Nádory dutiny ústní a rtů (tvrdé patro, spodina ústní, přední část jazyka, rty, sliznice tváře, alveolární výběžky)
- 2) Nádory orofaryngu (měkké patro, kořen jazyka, patrové mandle, zadní stěna hltanu, patrové oblouky)
- 3) Nádory nazofaryngu (zadní, spodní, boční stěny nosohltanu)
- 4) Nádory laryngu (supraglotické, glotické, subglotická – dle vztahu k hlasivkám)
- 5) Nádory hypofaryngu (zadní stěny hypofaryngu, piriformní siny, přechod hltanu v jícn)
- 6) Nádory vedlejších dutin nosních a dutiny nosní
- 7) Nádory velkých a malých slinných žláz (4)

1.1.2 Příznaky onemocnění

Příznaky nádorů se liší dle lokalizace onemocnění. Bývají dlouho nepoznané i přes svou dobrou vyšetřitelnost. U jakéhokoliv delší dobu se nehojícího defektu by se mělo hledět na nádorovou etiologii. Každý chrapot nebo kašel trvající déle než 3-4 týdny, hlavně u rizikových pacientů, by měl být vyšetřen pro suspekci z karcinomu laryngu.

(2)

1) Nádory dutiny ústní a hltanu

- většinou jsou objeveny v pozdním stádiu. Hlavně u kuřáků a pijáků tvrdého alkoholu,
- bolestivé polykání, pocit cizího tělesa v krku či ústech, krvácení, zápach z úst,
- obtížné nasazení zubní protézy, u rozsáhlého onemocnění dochází k postižení žvýkacích svalů.

2) Nádory hrtanu

- příznaky se liší dle primární lokalizace a dle pokročilosti onemocnění,
- nádory hlasivek se projevují chrapotem, v ostatních částech dýchací trubice se nádorové onemocnění zjistí až v pokročilém stádiu.

3) Nádory slinných žláz

- zprvu jen nebolestivé zduření, později, jak nádor roste do okolí, bolestivost,
- u příušní žlázy dochází i k obrně tváře,
- zduření krku, často nebolestivé, bývá projevem metastatického šíření nádorového onemocnění do spádových lymfatických uzlin.

4) Nádory s neznámým primárním ložiskem

- projevují se jako zduření krku, jako následek postižení lymfatických uzlin metastázami,
- v těchto případech je nutné pátrat po primárním ložisku. (1)

1.1.3 Etiologické faktory

Nádory ORL oblasti tvoří v Severní Americe a Evropě asi 6 % všech nově diagnostikovaných zhoubných novotvarů. Za posledních 30 let vzrostla incidence těchto

nádorů téměř na dvojnásobek. V Evropě je ročně zjištěno přibližně 150 000 nových případů a 70 000 jich umírá. (2)

Výskyt nádorů hlavy a krku souvisí s expozicí následujícím rizikovým faktorům:

- alkohol, nikotin a jejich kombinace - s tou souvisí více než 80% tumorů v dutině ústní a v laryngu,
- nízká úroveň hygienických návyků a nezodpovědný přístup ke zdraví, sociální situace současně výrazně ovlivňuje spolupráci a pohodu pacientů během léčby i po ní,
- konzumace tabáku formou žvýkání má stejný potenciál vyvolávat nádory jako jeho kouření. Látky vznikající se spalováním tabáku nebo při žvýkání tabáku jsou slabými karcinogeny, ale délka jejich působení je považována za důležitější než jejich koncentrace,
- kouření marihuany je rizikovější než kouření tabáku, marihuanový kouř obsahuje až o 50% vyšší koncentraci benzyropyrenu,
- určitou roli při vzniku adenokarcinomů dutiny nosní a paranazálních dutin podobně jako sloučeniny chromu a niklu hraje řevný prach (tanin),
- virus HPV 16 a 18 je spojován se vznikem karcinomu laryngu, virus herpes simplex 1 s karcinomem dutiny ústní,
- EB virus a konzumace slaných ryb jsou spojovány se vznikem nazofaryngeálního karcinomu, který se vyskytuje endemicky v Asii, zatímco v Evropě není častý,
- ionizační záření indikuje vznik nádorů slinných žláz. (5) (6)

1.1.4 Diagnostika

Výchozí je pečlivá anamnéza zaměřená na místní a celkové příznaky (váhový úbytek, poruchy chuti), sociální zvyklosti a rizikové faktory. Ke stanovení diagnózy významně přispívá vyšetření na ORL. Nádory hlavy a krku jsou dobře přístupné aspekci, palpaci a přímým i nepřímým endoskopickým metodám. Důležitý je odběr vzorku k histologickému vyšetření.

V rámci základních vyšetření, vedoucích ke stanovení diagnózy a lokálního rozsahu nemoci, se provádí:

- zobrazovací metody - rentgenový snímek, CT nebo MR zobrazení, které přináší zásadní informaci o hloubce a rozsahu nádoru, postižení chrupavky, kosti, perivaskulárním šíření a zároveň přináší informaci a spádových lymfatických uzlinách,
- sonografie krku včetně ultrazvukového 2D – vyšetření umožní posoudit vztah rozsáhlého nádoru k arteria carotis,
- laboratorní vyšetření a stomatologické vyšetření,
- zobrazení krčních tepen pomocí kontrastní látky,
- panendoskopie v narkóze, umožňující diagnózu vícečetných tumorů,
- sonografie krčních uzlin. Zvětšené uzliny zjištěné palpací asi v 30 % neobsahují nádorové buňky, zatímco nehmavné uzliny s metastázou karcinomu se vyskytují až u 50 % pacientů s maligním nádorem hlavy a krku. Ultrazvukové vyšetření krku hodnocené zkušeným lékařem může prokázat metastázu v nehmavné uzlině,
- punkční biopsie nebo histologie uzlin,
- v rámci zjišťování vzdálených metastáz se provádí RTG hrudníku, případně CT hrudníku, sonografie břicha a scintigrafie skeletu,
- při nejasnosti, zvláště při odlišení fibrózních změn od nádorů, může pomoci pozitronová emisní tomografie (PET). (2) (5) (7)

1.1.5 Léčba

Při volbě způsobu léčby přihlížíme ke známým prognostickým faktorům, zvláště k pokročilosti nádorů (vyjádřené TNM klasifikací), jeho lokalizaci, histologickému typu, věku a celkovému stavu nemocného, taktéž jsou respektována přání nemocných. Časně stadium nemoci je diagnostikováno u méně než jedné třetiny nemocných. Ve druhém stadiu je pětileté přežití dosahováno u 40 – 70 % nemocných. Více než 60 % pacientů má při stanovení diagnózy chorobu v intermediálním nebo v lokálně pokročilém stadiu. (5)

Nádory hlavy a krku jsou charakterizovány hlavně lokálním a regionálním šířením s celkem malou incidencí vzdálených metastáz. V léčebné strategii musí být kladen důraz na lokální kontrolu onemocnění. Důležité jsou tedy lokální léčebné metody - chirurgie a radioterapie.

Význam chemoterapie a biologické léčby spočívá v simultánním podání s radioterapií, a tím zesílení jejího účinku. Pro úspěšnou léčbu v onkologii obecně, tedy i u nádorů hlavy a krku, je multidisciplinární přístup.

Strategie léčby musí být stanovena týmem odborníků zahrnujícím radiačního nebo klinického onkologa, otorinolaryngologa, patologa a radiologa. Mezioborová spolupráce zajišťuje přesnou diagnózu a optimální indikaci a sekvenci jednotlivých léčebných modalit. (8)

1.2 Metody léčby

1.2.1 Chirurgická léčba

Chirurgická terapie je základní modalita v léčbě nádorů hlavy a krku. Má za cíl odstranit primární nádor, ošetřit spádový lymfatický systém a operovanou oblast. V některých případech se volí kurativní radioterapie u malých nádorů, u kterých by operační odstranění přineslo větší funkční defekty než ozáření v kurativní dávce. Operační zákrok těchto nádorů může znamenat problémy s příjmem potravy, problémy s řečí, ale i sluchem či dýcháním, na rozdíl od nádorů v jiné lokalizaci. Čím víc je onemocnění pokročilé, klesá účinnost chirurgické léčby. (9) (10)

1.2.2 Radioterapie

Radioterapie je obecně jednou ze základních léčebných metod nádorů a je účinnou lokální či lokoregionální metodou léčby nádorů a vybraných nádorových stavů. V léčbě se využívá hlavně elektromagnetické záření a záření elektronů. Ke zvýšení účinku přispívá vývoj nových technologií, nové poznatky z oblasti radiobiologie a kombinace ověřených léčebných metod s vývojem nových léčiv. (11) (12)

- Kurativní radioterapie

Záměrem kurativní radioterapie je dodat do cílového objemu tak velkou dávku ionizujícího záření, která je schopná ničit nádorové buňky. Velikost dávky je limitována tolerancí okolních orgánů a tkání na ionizující záření. Maximální aplikovaná dávka záření je 60-80 Gy, léčba zpravidla trvá 6-8 týdnů, obvykle se aplikují 2,0 Gy 1x denně, 5x týdně, při standartní frakcionaci. (12)

- Paliativní radioterapie

Paliativní radioterapie se využívá k odstranění symptomů. Dávky, které se aplikují, jsou nižší než při kurativní radioterapie. (13) Má za cíl zlepšit nebo udržet kvalitu života, který nemocnému zbývá. Kvalita života by se neměla zhoršit. Volbu paliativní radioterapie ovlivňuje řada faktorů: dosažitelný efekt léčby a její nežádoucí účinky a komplikace, přepokládaná doba přežití. (14) Aplikují se vyšší dávky, standartní frakcionací (např. 10x3 Gy, 5x4 Gy) a jednoduchými ozařovacími technikami (1-2 pole). (12)

- Brachyterapie

Při brachyterapii se zdroj záření zavádí přímo do nádoru nebo do jeho bezprostřední blízkosti. Obecná výhoda brachyterapie je, že se dají aplikovat vysoké dávky záření do nádoru při současném šetření okolních tkání. V léčbě nádorů hlavy a krku se může brachyterapie použít jako primární léčba, buď samostatně, nebo v kombinaci se zevní radioterapií. Brachyterapie je omezená velikostí cílového objemu a technickou nedostupností orgánů (hypofarynx, larynx). Brachyterapii lze použít u časných nádorů především v dutině ústní i jako jedinou léčebnou metodu, u pokročilých nádorů ji lze využít v kombinaci se zevní radioterapií jako závěrečné navýšení dávky přímo do nádoru (tzv. boost dose). (15) (13)

- Zevní radioterapie

U zevní radioterapie je zdroj záření mimo tělo pacienta. Většinou ve vzdálenosti 80-100 cm od těla, resp. od osy rotace ozařovacího přístroje.

Při zevní radioterapii nádorů hlavy a krku se standardně využívá lineární urychlovač, s energií brzděného záření X o velikosti 4-8 MV a možností ozařování urychlenými elektrony o energii 9 MeV. (16)

1.2.3 Chemoterapie

Principem protinádorové chemoterapie je podávání toxických látek, které zastavují buněčné dělení – cytostatika. Cytostatika poškozují v organismu rychle se dělící buňky, to jsou jak nádorové buňky, tak zdravé buňky v těle. (17) Chemoterapie v léčbě nádorů hlavy a krku byla jen okrajová, využívaná na paliativní podání u pacientů se vzdálenými metastázami, nebo recidivujícím onemocněním.

Chemoterapie se u nádorů hlavy krku využívá ve dvou indikacích, jako samostatná paliativní léčba u metastáz, ale přínos je minimální, nebo jako léčba lokálně pokročilých nádorů v kombinaci s radioterapií, kde je význam vyšší. (18)

- Neoadjuvantní chemoterapie
 - aplikuje se před operací při inoperabilitě či hraniční operabilitě nádoru,
 - cílem je nádor zmenšit tak, aby byl operabilní (15)
- Konkomitantní radiochemoterapie
 - cílem je zesílení lokálního efektu radioterapie,
 - je to velmi využívaný léčebný postup u lokálně pokročilých nádorů,
 - konkomitantní radiochemoterapie je ve srovnání s konvenční radioterapií účinnější,
 - problém je zde toxicita léčby, měla by se podávat jen pacientům v dobré kondici. (19)

- Adjuvantní chemoterapie
 - aplikuje se po operaci ke snížení rizika návratu nemoci,
 - adjuvance je cílená spíše na eliminaci okultních vzdálených metastáz než na zlepšení lokální kontroly, protože ozářený objem má poškozenou mikrovaskularizaci a průnik cytostatik je dost omezený. (15)

1.2.4 Biologická léčba

Biologickou léčbou rozumíme terapii látkami cílenými proti skstrukturám specifickým pro nádorovou tkáň. Právě v dnešní době se pro zlepšení výsledků léčby zaměřuje pozornost na molekulární biologii nádorů hlavy a krku. Epidermoidní karcinomy potřebují pro svůj růst epidermální růstový faktor (EGF) a jsou proto typické vysokou expresí jeho receptoru (EGFR), byla vyvinuta monoklonální protilátka anti-EGFR, která je schopná vysoce specificky blokovat EGFR a bránit tak nádorové proliferaci (Cetuximab, Erbitux). Cetuximab byl testován u metastatického onemocnění a u lokálně pokročilých nádorů v konkomitanci s radioterapií. Prokázala se velmi dobrá efektivita. Kombinace cetuximabu a radioterapie je výrazně účinnější než akcelerovaná radioterapie pro zlepšení lokální kontroly i celkového přežití. Toxicita je vyšší, ale tolerovatelná. Výhodou cetuximabu je, že se může bez problémů kombinovat s akcelerovanou radioterapií. Léčba radioterapií s cetuximabem je tak nejúčinnější terapií lokálně pokročilých epidermoidních karcinomů hlavy a krku, problémem je ovšem extrémní finanční náročnost terapie. (15) (20)

1.3 Ozařovací techniky nádorů hlavy a krku

V posledních letech došlo k velkým změnám v léčbě nádorů hlavy krku. Metody, které se používaly dříve, jako operace či radioterapie, se dnes navzájem kombinují a také s jinými metodami onkologické léčby. Začleňuje se chemoterapie či bioterapie, používají se frakcionační režimy, či moderní techniky záření (simultánní integrovaný

boost, intenzitně modulovaná radioterapie, obrazem řízená radioterapie, adaptivní radioterapie, protonová terapie). (15)

Rozvoj moderních technik radioterapie začal v 50. a 60. letech minulého století. Začaly se zavádět lineární urychlovače, betatrony a kobaltové ozařovače, tedy vysokoenergetické zdroje paprsků X či gama, případně elektronů. (21)

Od 90. let došlo k technologickému posunu a lepší dostupnosti moderních technologií na onkologická pracoviště, včetně center v České republice. K tomuto vývoji přispěly tři důležité věci: rozvoj diagnostických zobrazovacích modalit, nové technické možnosti na lineárních urychlovačích (on-board imaging systém, mnoholistový kolimátor, apod.) a rozvoj počítačové techniky (kapacita uložení, rychlost zpracování dat, nové softwary pro plánování léčby i sledování pacienty, atd.).

Základem pro 3D plánování je dostupnost kvalitních technologií, zvláště rychlé spirální počítačové tomografie. Další zobrazovací modalities, které zpřesňují rozsah jednotlivých objemů pro plánování, jsou magnetické rezonance, pozitronová emisní tomografie a další.

Při provedení radioterapie v oblasti hlavy a krku se už standardně používají techniky 3D-konformní radioterapie (3D.CRT), radioterapie řízená obrazem (IGRT) a radioterapie s modulovaným svazkem záření (IMRT). (22)

Smyslem těchto moderních technik je zlepšení výsledků léčby, hlavně snížení rizika postradiačních komplikací, a tím zlepšení kvality života po léčbě díky nižšímu poškození zdravých tkání. Klade se velký důraz na kvalitu života pacienta, na poměr mezi účinkem léčby a její toxicitou. Záměr je dosáhnout výborného účinku léčby za současného udržení toxicity na přijatelné úrovni.

Dále je důležité, při léčbě ionizujícím zářením, ochrana zdravých tkání ozářeného objemu. Lepší šetření zdravých tkání umožňuje eskalaci dávky do oblasti vlastního nádoru a tím zlepšení lokální kontroly onemocnění, které by nebylo možné kvůli toxicitě při použití konvenční radioterapie. Paprsky ionizujícího záření se těmito tkáním nevyhnou a dochází k jejich poškození. Při plánování ozáření je nutné uvážit míru rizika nedostatečného ozáření primárního tumoru ve srovnání s jeho úplným odstraněním spojeným s komplikacemi, které ohrožují život.

Proto je nutné znát toleranční dávky (TD) orgánů a tkání, tedy dávky, které ještě nezpůsobí morfologické nebo ireparabilní změny. Tyto dávky jsou odhadnuty pro jednotlivé orgány. Obvykle jsou udávány ve tvaru $TD_{5/5}$ nebo $TD_{50/5}$, první číslo znamená pravděpodobnost určité komplikace (5% nebo 50%) a druhé číslo znamená za jaké časové období, tedy 5 let.

Vždy je nutné minimalizovat akutní nežádoucí účinky, které mohou vést ke snížení dávky nebo způsobit zpoždění aplikace radioterapie, a ovlivnit intenzitu léčby. Kvalitu života a funkci ozářených orgánů zlepšuje dostatečné omezení pozdních nežádoucích účinků. Účinek záření na tkáně a orgány není dán jen celkovou dávkou záření, ale také jejím časovým rozložením – frakcionací. Frakcionace spolu s technikami IMRT a IGRT a s využitím nových plánovacích jednotek, které využívají metody inverzního plánování, tak mohou naplnit vizi konformní radioterapie. (23) (15) (22)

1.3.1 Konformní radioterapie

Cílem konformních technik ozáření je přizpůsobit tvar ozařovaného objemu nepravidelnému tvaru nádoru. Potom se může navýšit dávka bez rizika poškození zdravých tkání v okolí. Zvýšená dávka v ložisku tumoru jednoznačně zvyšuje kontrolu nádoru, a to prodlužuje celkovou dobu přežití pacienta.

Dříve se se používaly konvenční techniky (2D radioterapie) a ozařovaný objem měl určitý tvar, pravidelný, například válec nebo kvádr. V tomto objemu byl nepravidelný tumor a okolní zdravé tkáně ve větší míře, než by bylo žádoucí. Tím pak vznikaly nežádoucí účinky. Při konformní radioterapii je ozařovaný objem prostorově upravován ve 3 rovinách, tím se víc přizpůsobí nádoru. Výsledek je zmenšení celkového objemu ozařovaných tkání. K tvarování svazku záření se dříve vyráběly ze speciálního kovu vykrývací bloky. Každý pacient měl individuální vykrývací blok. V dnešní době se geometrické tvarování svazku řeší vícelamelovým kolimátorem, který je součástí moderních přístrojů.

Důležitá je zde fixace pacienta, která umožňuje přesnou a reprodukovatelnou polohu při každém ozáření. K fixaci se používá např. maska, vyrobená z termoplastického materiálu. (11) (22) (24)

1.3.2 IMRT

Radioterapie modulovanou intenzitou (IMRT – **I**ntensity **M**odulated **R**adiation **T**herapy) je lepší formou 3D-konformní terapie. Do praxe se tyto techniky dostaly až v 90. letech minulého století a považují se za největší pokrok od zavedení lineárních urychlovačů. Kromě přizpůsobení tvaru svazku záření je při této technice upravena i intenzita (fluence) svazku záření. Pomocí IMRT je možné ozařovat geometricky složitější cílové objemy a dosáhnout většího šetření okolních tkání. Změna tvaru a intenzity jednotlivých svazků se děje pomocí pohybu lamel kolimátoru. (25)

Mnoholistový kolimátor je nasazený na výstup fotonového svazku brzdného záření z urychlovače. Kolimátory mají větší počet lamel (60-160 listů) o tloušťce 3, 5-10 mm, které se pomocí elektromotorků mohou posunovat. Tímto se vytvoří otvor, pro svazek fotonů, libovolného tvaru. Celý kolimátor se může otáčet. Elektromotorky, které pohánějí lamely, jsou řízeny počítačem. (26)

IMRT se používá hlavně u konkávního tvaru cílového objemu nebo u jeho umístění v blízkosti kritických struktur (u nádoru hlavy a krku je to např. mícha). IMRT je pro nádory hlavy a krku velice výhodná, co se týče dozimetrie. Má konformní homogenní ozáření a šetří ostatní orgány (krční mícha, mozkový kmen, mozek, oční nervy, sítnici oka, oční čočku). (22)

U nádorů nosu, paranazálních dutin, baze lební a dalších lokalit jsou výhody nových technik nejvíce znát. Tyto nádory se velice obtížně pokrývají homogenní dávkou u konformních či konvenčních technik tak, aby nebyly ozářeny okolní rizikové orgány. Oboustranné ozáření krčních uzlin je doprovázeno pozdním efektem radioterapie xerostomie. IMRT šetří velké slinné žlázy a tím riziko této komplikace snižuje. Několik studií již prokázalo, že díky šetření příušních slinných žláz dochází k nižšímu poškození jejich funkce a zlepši se kvalita života. (27) (28) (22)

Další výhodou IMRT je možnost navýšení dávky v podobjemech plánovaného cílového objemu pomocí SIB (simultánní integrovaný boost). Principem je navýšení jednotlivé i celkové dávky v podobjemech s nejvyšším rizikem recidivy.

Takhle se může navýšit dávka i ve více relativně malých objemech v různých lokalitách, například u postižení lymfatických uzlin v odlišných oblastech krku. Zvýšení dávky na frakci umožňuje zkrácení celkové doby ozařování, tím by mělo být sníženo riziko akcelerované repopulace proti normofrakcionačnímu režimu. (22)

Techniky IMRT lze obecně rozdělit na dvě skupiny: na statické (přerušované) ozáření a na pohybové ozáření.

Přerušovaný režim (step and shoot)

Lamely kolimátoru jsou v pohybu jen v přestávkách mezi ozařováními. MLC kolimátor vytvaruje příslušný otvor, skrz který jde záření. Pak se ozařování přeruší, lamely se přesunou do jiné pozice (popř. se kolimátor pootočí), změní se úhel na gantry a proběhne další ozáření. Při změně polohy se vypíná svazek záření.

Kontinuální režim (sliding windows)

Jde o pomalý a plynulý pohyb lamel kolimátoru, které se přemísťují a modulují svazek do žádaného tvaru během ozařování. Tento pohyb se řídí pomocí příslušného softwaru. (26)

Základní podmínkou pro úspěšnou léčbu, při použití IMRT, je dodržení správné polohy pacienta. Snažíme se nemocného fixovat do polohy, která je pohodlná, ale zároveň umožňuje co nejlepší způsob plánování léčby. U nádorů hlavy a krku se využívá masek, vyrobených z termoplastického materiálu. V některých případech se masky doplňují různými podložkami pod hlavu či jiné části těla. Technika IMRT se musí používat správně, protože dojde-li k nepřesnému používání, mohou být cílové objemy poddávkové a nedostatečně ozářené, či naopak může dojít k nadlimitnímu ozáření kritických struktur. Proto tuto léčbu provádějí pouze specializovaná pracoviště splňující personální, kvalifikační a technická kritéria. (15)

(29)

1.3.3 IGRT

Metoda, umožňující trojrozměrné zobrazení cílového objemu a kritických struktur před ozářením (IGRT – **I**mage-**G**uided **R**adiotherapy). Díky zobrazovacím metodám je získáván aktuální obraz polohy pacienta před ozářením a srovnán s lokalizačním CT obrazem. Můžeme hodnotit kvalitu léčby a zjišťovat nepřesnosti v nastavení, variace v poloze cílového objemu či kritických orgánů a ihned upravovat přesné nastavení.

Verifikace IGRT se provádí na lineárním urychlovači. Vůči hlavici urychlovače je v úhlu 90 a 270 stupňů umístěna kV rentgenka a flat-panel detektor (kV plošný detektor).

Další využívaná technika IGRT je cone-beam CT. Součástí cone beam CT jsou kV rentgenka, 2 dimenzionální detektory, díky nimž se během jedné rotace o 360 stupňů pořídí série snímků. Rekonstrukční algoritmus pak vytvoří trojrozměrný obraz snímané oblasti. Pořízený snímek je porovnán se snímkem z CT-simulátoru a vyhodnotí se odchylky.

Další typ IGRT je megavoltážní spirální CT, které vytváří jednotlivé řezy nebo objemové zobrazení získané z rotujícího terapeutického svazku okolo pacienta, kdy se současně posunuje stůl otvorem přístroje. Systém kombinuje megavoltážní zobrazení a IMRT. Nevýhodou je vyšší aplikovaná dávka v porovnání s kolivoltážním zobrazením.

IGRT verifikace by se měla používat u pacientů, kteří se ozařují technikou IMRT, aby byly zjištěny možné nepřesnosti, chyby v nastavení, pohyb pacienta a orgánů. Zjištěné odchylky je možno napravit buď ON LINE, kdy nám systém poskytne údaje, které jsou třeba k opravě nastavení pacienta pomocí pohybu stolu. Jakmile je oprava stolu provedená, může záření proběhnout. OFF LINE, kdy jsou změny v pacientově anatomii přeneseny do plánovacího systému a vytvoří se nový plán, který je přizpůsobený nové poloze pacienta. Metoda IGRT umožňuje přesně identifikovat tumor a kritické struktury a podat dávku záření s maximální přesností. (30) (31) (32) (33)

1.4 Nežádoucí účinky radioterapie

Při léčbě zářením se objevují nežádoucí účinky na zdravé tkáně. I přes optimalizaci léčby a nejnovější ozařovací techniky část záření působí na zdravé tkáně. Podle rozsahu se nežádoucí účinky radioterapie dělí na systémové a místní. Systémové příznaky se objevují při ozařování větších objemů. Celkové příznaky jsou pozorovány i u akutní nemoci z ozáření a jsou závislé na absorbované dávce. Místní příznaky jsou lokalizované v ozářené oblasti. V praxi jsou nežádoucí účinky hodnoceny podle času jejich nástupu jako časně, pozdní a velmi pozdní. (12)

1.5 Ionizující záření

Ionizující záření je tok hmotných částic nebo fotonů elektromagnetického záření, které je schopno ionizovat atomy prostředí nebo excitovat jejich jádra. Vzniká jako průvodní jev jaderných procesů. U těchto procesů se jádro (nebo obal) atomu dostává do excitovaného stavu, stává se tedy energeticky nestabilní. Do stabilního stavu se dostane až po vyzáření energie ve formě částic nebo fotonů elektromagnetického záření. (34)

Ionizující záření lze rozdělit na přímo ionizující a nepřímo ionizující záření. Přímě ionizující záření je tvořeno nabitými částicemi (pozitrony, elektrony, protony, částice alfa), které mají dostatečnou kinetickou energii na to, aby mohly způsobit ionizaci. Nepřímě ionizující záření zahrnuje nenabitě částice (neutrony, fotony), které samy prostředí neionizují, ale při interakcích s prostředím uvolňují sekundární, přímo ionizující záření. Těmito sekundárními částicemi je pak způsobena ionizace prostředí. (35)

Ionizující záření obsahuje hmotné částice (záření má korpuskulární charakter) nebo fotony (záření elektromagnetického typu), které je schopno ionizovat nebo excitovat atomy prostředí. Při průchodu hmotou ztrácí ionizující záření postupně svou energii. (36)

1.5.1 Korpuskulární ionizující záření

Má elektrický náboj, klidovou hmotnost a kinetickou energii. Podle hmotnosti se částice dělí na: *těžké* (protony, neutrony, částice alfa), *středně těžké* (mezony) a *lehké* (pozitrony, elektrony).

1.5.2 Fotonové ionizující záření

Je duálního charakteru, má totiž vlastnosti jak elektromagnetického vlnění, tak vlastnosti částic o nulové hmotnosti. Rozeznáváme rentgenové záření a fotonové záření gama. (34)

1.5.2.1 Rentgenové záření

Je elektromagnetické vlnění o krátké vlnové délce 0,1 – 10 nm. Vyzařuje se jako kvanta – fotony, o energii 5-200 keV. Vzniká dvěma způsoby, podle toho se rozlišuje záření *charakteristické* a *brzdné*. *Charakteristické* vzniká přechody elektronů ve vnitřních slupkách elektronových obalů atomů s vysokým atomovým číslem. *Brzdné záření* vzniká ztrátou energie elektronů s vysokou kinetickou energií pružnými srážkami v materiálu anody.

1.5.2.2 Záření gama

Je elektromagnetické záření o velmi krátké vlnové délce 10^{-11} až 10^{-13} . Fotony gama vznikají v atomovém jádře během procesu přirozené nebo umělé radioaktivity. Čistých gama zářičů je málo, obvykle je doprovázeno zářením alfa nebo beta. Záření gama má čárové spektrum, znamená to, že určitý radionuklid emituje pouze fotony s určitými energiemi, které jsou charakteristické pro jeho přeměnu. Nejčastěji používané zdroje gama záření jsou ^{60}Co a ^{137}Cs . (34)

1.5.3 Interakce s prostředím

Fotony gama záření a rentgenového záření mohou s okolním prostředím interagovat hned několika způsoby: fotoefekt, Comptonův rozptyl, tvorba elektron-pozitronových párů. (36)

Fotoefekt

Všechna energie kvanta záření gama je předána některému elektronu z elektronového obalu jádra. Část energie se spotřebuje při uvolnění elektronu z obalu (ionizační nebo vstupní práce W) a zbytek tvoří jeho kinetickou energii. Foton zaniká po vyvolání fotoelektrického jevu. Elektron, který byl uvolněný, pak přebírá jeho energii a ionizuje prostředí.

Comptonův rozptyl

Comptonův rozptyl nastává při absorpci fotonů vyšší energie. Při interakci s volnými elektrony absorbátoru předává foton jen část své energie. Při tomto vzájemném působení musí být zachována energie a hybnost. Elektron, který byl zasažený, se pohybuje ve směru odchýleném od primárního směru fotonu s částí jeho kinetické energie. Foton, který při interakci ztratil část svojí energie, pokračuje dál odchýlen a s menší energií. (37)

Tvorba elektron-pozitronových párů

Foton vystavený silnému působení elektromagnetického pole jádra vytvoří pár pozitron-elektron. Když pozitron ztratí svou kinetickou energii, anihiluje s elektronem materiálu, přičemž vznikají dva fotony o energiích 0,511 MeV. (38)

1.5.4 Interakce s tkání

Přenos energie z interakcí fotonů na živé buňky má za následek především ionizace a excitace molekul a atomů. Excitace, v další chemické fázi biologického účinku ionizujícího záření, mohou vyvolat: tvorbu volných radikálů, produkci nových chemických vazeb a provázání molekul, zlomy chemických vazeb zničení molekul regulující procesy v buňkách (proteiny, RNA, DNA).

Tyto mechanismy probíhají buď odděleně, nebo současně a podle vlivu na buňku se dělí na *nepřímé* (poškození je způsobeno přeneseně přes meziprodukt radiolýzy vody), nebo *přímé* (účinek probíhá přímo v molekule). Protože tkáň obsahuje hodně vody, probíhá řada prvotních interakcí s molekulami vody. (38)

Přímý účinek ionizujícího záření

Přímý účinek je bezprostředně spojený s absorpcí záření ve strukturách organismu – v enzymech, v bílkovinách, apod. Toto se děje v buňkách s nízkým obsahem vody. Dochází k porušování chemických vazeb, tím se vyvolávají chemické změny v živých strukturách organismu. Změny chemických vazeb vedou až k rozpadu molekul

Nepřímý účinek ionizujícího záření

Prvními produkty ionizace jsou volné radikály (H, OH), sekundárně ovlivňující biomolekuly. Volné radikály jsou velice reaktivní, způsobují blokádu oxyredukčních systémů. 20-30 % z celkového účinku záření připadá na přímý účinek a asi 70-80 % na nepřímý účinek, díky volným radikálům vody. Výsledkem jsou fyzikálně chemické změny tkáně v důsledku excitace a ionizace, vznik chemicky reaktivních látek, které vedou ke změnám biomolekuly a ty pak ztrácejí své specifické vlastnosti. Toto poškození biologicky významných molekul vede ke změnám v aktivitě enzymů a je narušena syntéza specifických bílkovin, nukleových kyselin, atd. (39)

1.6 Unikající záření

Vliv na nežádoucí účinky radioterapie má i unikající záření. Má vliv na pozdní účinky radioterapie, což je velmi důležité při ozařování zvláště mladších pacientů. Je to velice důležitý faktor. Na jeho stanovení jsou vydána doporučení od SÚJB.

Jedním z nejzávažnějších pozdních následků a komplikací u dlouhodobě přežívajících pacientů jsou sekundární malignity. Model vzniku malignit je rozdílný u každé věkové kategorie. Liší se v typu sekundární malignity, délce latentní časové periody, výši rizika jejich vzniku, asociovaných rizikových faktorech a dalších vlivech okolí. Možné vysvětlení může být genetická predispozice, rozdílná citlivost tkání, orgánů na působení karcinogenních látek, mikroprostředí, věk a vliv životního stylu i prostředí. (42)

Měření unikajícího záření je prováděno při přijímací zkoušce ozařovače nebo v rámci zkoušky dlouhodobé stability, aby alespoň 1x byl pro každý radionuklidový ozařovač tento parametr ověřen. Subjekty, které mají povolení pro provádění přijímací zkoušky a zkoušky dlouhodobé stability radionuklidových ozařovačů musí mít vytvořené metodiky pro stanovení unikajícího záření, podle kterých se bude postupovat při měření. (41)

1.6.1 Záření pronikající kolimačním systémem

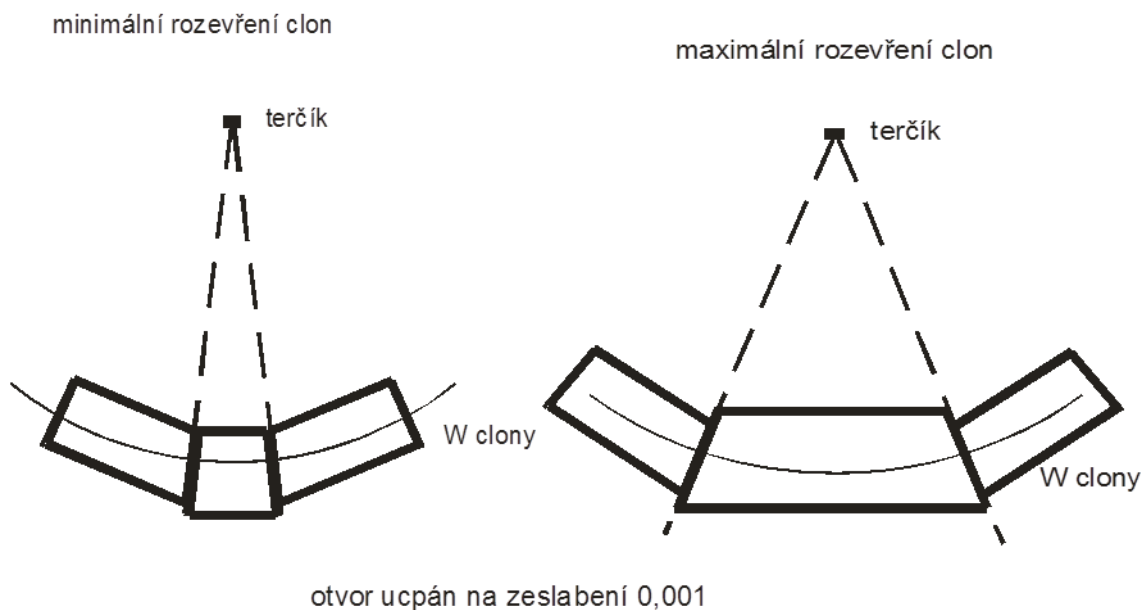
Kontrolujeme, jestli ve stavu ozařovače svazek zapnut (beam on) pro všechny velikosti pole, zeslabí kolimační systém záření tak, aby absorbovaná dávka ve standardní ozařovací vzdálenosti, v kterémkoliv místě oblasti chráněné kolimačním zařízením, nepřekročila 2% maximální absorbované dávky pro ozařovací pole 10 x 10 cm², měřené na ose svazku záření ve stejné vzdálenosti.

Provádí se to pomocí filmu bez build-up vrstvy umístěného kolmo k ose svazku záření do normální ozařovací vzdálenosti, při maximálně sevřených clonách kolimátoru, přičemž případný zbytkový otvor se stíní alespoň dvěma desetinovými tloušťkami absorpčního materiálu. Do takto zjištěného bodu maxima unikajícího záření se umístí detektor s maximálním průřezem 1 cm² opatřený build-up návlekm (např. ionizační komora farmerova typu s citlivým objemem 0,6 cm³). Měření se provádí ve vzduchu.

U zařízení s maximální velikostí pole záření větší než 500 cm² při normální ozařovací vzdálenosti kontrolujeme, zda pro všechna čtvercová pole součin průměrné absorbované dávky způsobené pronikajícím zářením kolimačním zařízením a plochy vymezené maximálním polem záření nepřekročí 1/10 součinu maximální absorbované dávky na ose svazku záření a plochy pro referenční pole 10 x 10 cm², vše v normální ozařovací vzdálenosti.

Pokud dochází u nečtvercových polí k překročení definovaných úrovní, musí VÝROBCE uvést podmínky, u kterých k tomu dochází a úrovně, které lze očekávat. (41)

Způsob uzavření výstupu kolimátoru je patrný z následujícího obrázku:



Obr. 1. Uzavření výstupu kolimátoru pro měření záření pronikajícího kolimačním systémem

Zdroj: Vlastní

1.6.2 Unikající záření vně maximálního pole záření

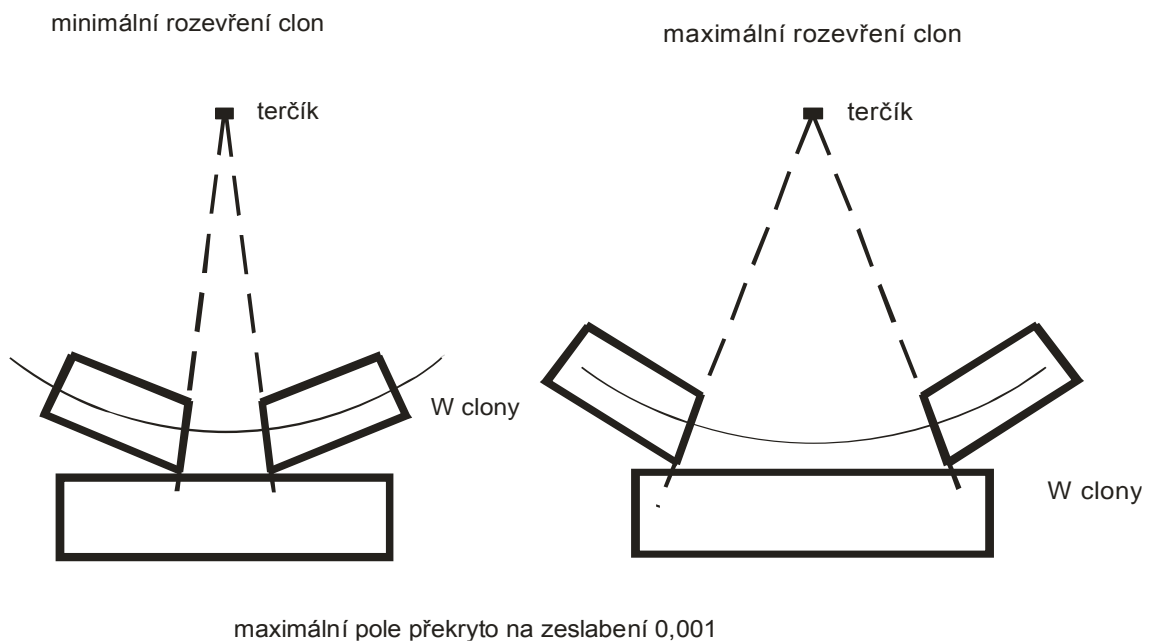
1. Ovládací mechanismus svazku v poloze SVAZEK ZAPNUT

V kruhu o poloměru 2 m se středem na ose svazku záření, ležícím v rovině kolmé k ose svazku záření v normální ozařovací vzdálenosti a vně oblasti maximálního pole záření, dávkový příkon v důsledku unikajícího záření nepřekročí maximální hodnotu 0,2% a průměrnou hodnotu 0,1% maximálního dávkového příkonu, naměřeného v průsečíku osy svazku záření a dané roviny při velikosti pole 10 x 10 cm². Při této kontrole musí být kolimační systém zcela uzavřen a oblast maximálního pole záření musí být zeslabena třemi desetinovými tloušťkami vhodného absorpčního materiálu. Měření by mělo být zprůměrováno přes oblast nepřesahující 100 cm², provádí se s build-up návkem. Maximální bod unikajícího záření se stanoví pomocí filmu umístěného na ozařovací stůl mimo oblast maximálního pole záření. (41)

2. Při svazku v poloze jiné než svazek vypnut

Kontroluje se, zda dávkový příkon způsobený unikajícím zářením ve vzdálenosti 1 m od zdroje nepřesáhne 0,5% maximálního dávkového příkonu na ose svazku záření ve vzdálenosti 1 m od zdroje záření. (41)

Způsob uzavření výstupu kolimátoru je patrný z následujícího obrázku:



Obr. 2. Uzavření výstupu kolimátoru pro měření záření unikající kolimačním systémem

Zdroj: Vlastní

3. Neúčinné záření ve stavu svazek vypnut

Měření se provádí pouze v rámci zkoušky dlouhodobé stability a to jen v tom případě, kdy od posledního měření došlo k takovému zásahu do ochranného stínění zařízení, který by mohl tento parametr ovlivnit. *Podrobnosti viz ČSN EN 60601-2-11.* Kontroluje se, zda při poloze svazek vypnut nepřekročí dávkový příkon způsobený neúčinným zářením, měřený ve vzdálenosti 1 m od zdroje záření, hodnotu 0,02 mGy/h. Měří se střední hodnota na povrchu oblasti nepřesahující 100

cm². Dále se kontroluje, že v kterékoliv snadno dostupné poloze ve vzdálenosti 5 cm od povrchu ochranného stínění nepřekročí dávkový příkon způsobený neúčinným zářením hodnotu 0,2 mGy/h. Měří se střední hodnota na povrchu oblasti nepřesahující 10 cm². Tyto meze platí pro zdroj záření o maximální jmenovité aktivitě.“ (41)

2 Hypotéza a cíl práce

2.1 Cíl práce

Cílem práce je ověřit tvrzení výrobce lineárního urychlovače TrueBeam o snížení molosové dávky vzhledem k staršímu typu zařízení Varian Clinac 2100 C/D.

2.2 Hypotéza

Výrobce ozařovače uvádí snížení mimoosové dávky až o 60 %, tvrzení výrobce nutno potvrdit nebo vyvrátit.

3 Metodika

Při zpracování teoretické části byly využity hlavně odborné literární zdroje, odborné články a internetové zdroje, které obsahují informace k danému tématu.

Pro praktickou část je zásadní sběr dat. Data představují získané hodnoty na radioterapeutickém oddělení v nemocnici v Nemocnici České Budějovice, a.s.

Hodnoty budou získávány u pacientů, kteří se ozařují s karcinomy hlavy a krku. Aby byli pacienti seznámeni s procesem získávání dat, vytvořím informační text, ve kterém bude uveden záměr práce, postup při získávání dat a hodnocení výsledku, mimo jiné bude obsahovat představení mě osoby a kontakt pro případné dotazy. Pro ujištění, že pacienti vše pochopili a souhlasí, jim při jejich každém ozařování vše důkladně zopakují.

K získávání dat použiji elektronický osobní dozimetr typu DMC 2000XB (obr. 3,4). Naměřené hodnoty budu zapisovat do vytvořených tabulek, obsahujících jméno pacienta, číslo dozimetru, diagnózu, váhu a výšku pacienta, denní ložiskové dávky a celkové dávky.

Při běžném ozařování pacientů s karcinomy hlavy a krku se pacienti fixují do fixačních masek, vyrobených na míru, po upevnění do masky přichází na řadu nastavení polohy stolu a centrace osy svazku. Před zahájením ozařování bude pacientovi přiložen dozimetr, který je označen číslem (1-10). Dozimetr musí být zapnut. Ze stavu PAUSE se přidržetím tlačítka zapne do režimu MEASUREMENT. Dozimetr bude přiložen na referenční bod, tedy na levou stranu hrudníku (obr. 5). Po kontrole dozimetru (je-li zapnut, zda drží na svém místě) může začít ozařování. Dozimetr bude při záření vydávat hlasitou zvukovou signalizaci, která značí překročení limitní dávky. Pacient musí být před každým ozářením poučen o nepříjemnosti zvuku „pípání“ a musíme se opakovaně ujistit, zda to pacientům nevádí. Po skončení ozařování pacientovi odebereme dozimetr a naměřená hodnota se запиše do předem připravené tabulky. Dozimetr se nyní může vypnout, a to stisknutím tlačítka, z režimu MEASUREMENT se přepíná do režimu PAUSE.

Díky jednoduchému ovládání a rychlému přečtení výsledku je zvolena tato metoda. Tuto metodu již dříve použila ke své práci Mgr. Renáta Chylíková. Jelikož máme stejné

podmínky jako dříve, pouze byl instalován nový urychlovač a provedena úprava povrchu stěn ozařovny. Proto můžeme pro účel této práce použít porovnání dávek naměřených dříve a dávek, které budou získány nyní.



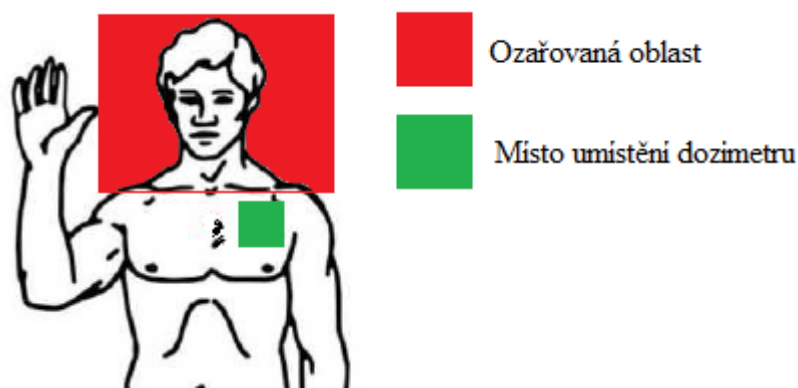
Obr. 3: Dozimetr v režimu „PAUSE“

Zdroj: Vlastní



Obr. 4: Dozimetr v režimu „MEASUREMENT“

Zdroj: Vlastní



Obr. 5: Zobrazení ozařované oblasti a umístění dozimetru

Zdroj: CHYLÍKOVÁ, Renáta. *Měření osobních dávek pacientů v radioterapii mimo centrální svazek ionizujícího záření pomocí elektronického osobního dozimetru*. České Budějovice, 2013. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Jan Singer, CSc.

3.1 Vyhodnocení výsledků

Získané výsledky budou v přehledných tabulkách. Výsledky se musí sjednotit, protože pacienti mají různé denní ložiskové dávky (např. 1,8 Gy, 2 Gy, 2,2 Gy), proto u všech pacientů přepočítám dávky odpovídající denní ložiskové dávce 2 Gy. Teprve tehdy můžeme porovnávat všechny hodnoty. Porovnáním výsledků s výsledky Mgr. Renáty Chylíkové určíme snížení mimoosové dávky. Tímto buď potvrdíme, nebo vyvrátíme hypotézu.

4 Výsledky

V této kapitole jsou uvedeny získané hodnoty od sledovaných pacientů. Pacientů bylo celkem 19. V tabulkách je uvedeno číslo pacienta, pohlaví, váha a výška pacienta, denní ložisková dávka a celková dávka a ozařovaná oblast.

Tabulka č. 1: Naměřené hodnoty u pacienta č. 1

Pacient č. 1		
Pohlaví	žena	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	76	0,502
Výška [cm]	174	0,401
DLD [Gy]	2	0,466
CD [Gy]	60	0,501
Oblast	hlava	0,517
		0,514
		0,539
		0,509
		0,505
		0,503
		0,493
		0,522
		0,506

Tabulka č. 2: Naměřené hodnoty u pacienta č. 2

Pacient č. 2		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	92	0,415
Výška [cm]	181	0,486
DLD [Gy]	2	0,574
CD [Gy]	60	
Oblast	krk	

Tabulka č. 3: Naměřené hodnoty u pacienta č. 3

Pacient č. 3		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	94,5	0,419
Výška [cm]	179	0,468
DLD [Gy]	2	0,465
CD [Gy]	60	0,433
Oblast	hlava	0,446
		0,432
		0,435

Tabulka č. 4: Naměřené hodnoty u pacienta č. 4

Pacient č. 4		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	77	0,366
Výška [cm]	170	0,392
DLD [Gy]	2	0,374
CD [Gy]	60	0,363
Oblast	hlava	0,377
		0,366
		0,38
		0,376
		0,309
		0,318

Tabulka č. 5: Naměřené hodnoty u pacienta č. 5

Pacient č. 5		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	88	0,309
Výška [cm]	180	0,306
DLD [Gy]	2	0,408
CD [Gy]	60	0,277
Oblast	hlava	0,275
		0,294
		0,303
		0,318
		0,288

Tabulka č. 6: Naměřené hodnoty u pacienta č. 6

Pacient č. 6		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	86	0,444
Výška [cm]	180	0,4
DLD [Gy]	2	0,398
CD [Gy]	60	0,4
Oblast	hlava	0,405
		0,419
		0,408
		0,429
		0,439
		0,325
		0,326
		0,327
		0,324

Tabulka č. 7: Naměřené hodnoty u pacienta č. 7

Pacient č. 7		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	72	0,976
Výška [cm]	178	0,948
DLD [Gy]	2,2	0,945
CD [Gy]	66	0,997
Oblast	krk	1,006
		0,948
		1,051
		1,317
		1,027
		0,993
		1,033
		1,023

Tabulka č. 8: Naměřené hodnoty u pacienta č. 8

Pacient č. 8		
Pohlaví	žena	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	85	0,54
Výška [cm]	170	0,488
DLD [Gy]	2	0,561
CD [Gy]	60	0,522
Oblast	krk	0,521
		0,561
		0,522
		0,505
		0,495
		0,527
		0,488

Tabulka č. 9: Naměřené hodnoty u pacienta č. 9

Pacient č. 9		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	64	0,908
Výška [cm]	167	1,042
DLD [Gy]	2,2	1,098
CD [Gy]	60	1,1
Oblast	krk	

Tabulka č. 10: Naměřené hodnoty u pacienta č. 10

Pacient č. 10		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	85	0,427
Výška [cm]	188	0,439
DLD [Gy]	2	0,444
CD [Gy]	60	0,433
Oblast	hlava	0,441
		0,43
		0,41

Tabulka č. 11: Naměřené hodnoty u pacienta č. 11

Pacient č. 11		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	77	0,325
Výška [cm]	175	0,323
DLD [Gy]	2,2	0,322
CD [Gy]	66	0,325
Oblast	krk	0,322
		0,341
		0,337
		0,333

Tabulka č. 12: Naměřené hodnoty u pacienta č. 12

Pacient č. 12		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	60	0,734
Výška [cm]	170	0,711
DLD [Gy]	2	0,723
CD [Gy]	60	0,668
Oblast	krk	0,715
		0,72
		0,729
		0,721
		0,316

Tabulka č. 13: Naměřené hodnoty u pacienta č. 13

Pacient č. 13		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	87,5	0,392
Výška [cm]	174	0,393
DLD [Gy]	2	0,388
CD [Gy]	60	
Oblast	hlava	

Tabulka č. 14: Naměřené hodnoty u pacienta č. 14

Pacient č. 14		
Pohlaví	žena	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	63	0,666
Výška [cm]	173	0,685
DLD [Gy]	2,2	0,618
CD [Gy]	66	0,616
Oblast	krk	0,566
		0,621
		0,491

Tabulka č. 15: Naměřené hodnoty u pacienta č. 15

Pacient č. 15		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	83	1,032
Výška [cm]	180	1,175
DLD [Gy]	2	1,151
CD [Gy]	60	1,039
Oblast	krk	1,064
		1,044
		1,124

Tabulka č. 16: Naměřené hodnoty u pacienta č. 16

Pacient č. 16		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	92	0,874
Výška [cm]	182	1,02
DLD [Gy]	2,1	1,133
CD [Gy]	60	0,861
Oblast	krk	

Tabulka č. 17: Naměřené hodnoty u pacienta č. 17

Pacient č. 17		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	77	0,383
Výška [cm]	178	0,384
DLD [Gy]	2	0,366
CD [Gy]	60	0,349
Oblast	hlava	0,354
		0,0359

Tabulka č. 18: Naměřené hodnoty u pacienta č. 18

Pacient č. 18		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	90	0,854
Výška [cm]	185	0,823
DLD [Gy]	2,2	0,841
CD [Gy]	60	0,812
Oblast	hlava	0,822
		0,807

Tabulka č. 19: Naměřené hodnoty u pacienta č. 19

Pacient č.19		
Pohlaví	muž	Hodnota [mSv]
Hmotnost [kg]	75	0,369
Výška [cm]	175	0,356
DLD [Gy]	2	0,368
CD [Gy]	60	0,374
Oblast	krk	0,377
		0,373

Tabulka č. 20: Shrnutí naměřených hodnot – součet naměřených hodnot (Σ), průměrné hodnoty (\bar{x}), směrodatná odchylka výběru (s) a počet měření (n)

	Σ [mSv]	\bar{x} [mSv]	s [mSv]	n
Pacient 1	6,568	0,505	0,017	13
Pacient 2	1,475	0,492	0,065	3
Pacient 3	3,098	0,443	0,017	7
Pacient 4	3,621	0,362	0,026	10
Pacient 5	2,787	0,309	0,038	9
Pacient 6	5,044	0,388	0,044	13
Pacient 7	12,264	1,022	0,095	12
Pacient 8	5,730	0,521	0,025	11
Pacient 9	4,151	1,037	0,078	4
Pacient 10	3,024	0,432	0,011	7
Pacient 11	2,628	0,329	0,007	8
Pacient 12	6,037	0,671	0,127	9
Pacient 13	1,173	0,391	0,002	3
Pacient 14	4,263	0,609	0,06	7
Pacient 15	7,629	1,09	0,055	7
Pacient 16	3,888	0,972	0,112	4
Pacient 17	1,872	0,312	0,124	6
Pacient 18	4,959	0,827	0,016	6
Pacient 19	2,217	0,369	0,007	6

5 Diskuze

Zkoumaný soubor činil 19 pacientů, kteří byli ozařováni pro karcinomy hlavy a krku na onkologickém oddělení Nemocnice České Budějovice a.s. Celkem bylo získáno 145 hodnot u všech pacientů dohromady.

Hlavním úkolem práce je porovnat získané výsledky na novém typu urychlovače TrueBeam s výsledky získanými na starším typu urychlovače Varian Clinac 2100 C/D a ověřit tak tvrzení výrobce, který uvádí snížení mimoosové dávky až o 60 %. Díky obdobné práci Mgr. Renáty Chylíkové (dále jen R. Ch.) tak můžeme porovnávat data.

Pacientů, kteří se léčili s karcinomy v oblasti hlavy, bylo 9, a pacientů, kteří byli ozařováni pro karcinomy krku, bylo 10. Shrnutí získaných hodnot je v tabulce č. 20, pro porovnání s hodnotami R. Ch. je tabulka č. 21.

Z tabulek č. 20 a 21 můžeme vyčíst, že obdržené dávky pacientů jsou velmi vysoké. Protože však podléhají lékařskému výkonu, při kterém se pacienti léčí pomocí IZ, nepodléhají tyto dávky limitům – podle § 4, odst. 7, písm. a) zákona č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon). Jak uvádí vyhláška 307/2002 sb. o radiační ochraně, je hodnota dávkového limitu 1 mSv za kalendářní rok.

Abychom odlišili pacienty ozařované v oblasti hlavy a krku, vznikl přehled rozdělený právě podle ozařované oblasti. Stejným způsobem jsem pro účel porovnání upravila data z práce R. Ch. Tento přehled je uvedený v tabulkách č. 22, 23, 24 a 25.

Snížení naměřených dávek je patrné už na první pohled. V tabulkách č. 22, 23, 24 a 25 můžeme vidět rozdílné snížení u ozařované oblasti hlavy a krku zvlášť.

Tabulka č. 21: Shrnutí naměřených hodnot Mgr. Renata Chylíková - součet naměřených hodnot (Σ), průměrné hodnoty (x), směrodatná odchylka výběru (s), procentuální odchylka ($s\%$) a počet měření (n) (42)

	Σ [mSv]	x [mSv]	s [mSv]	$s\%$	n
Pacient 1	17,508	1,75	0,012	0,685	10
Pacient 2	34,218	1,368	0,015	1,096	25
Pacient 3	34,737	1,736	0,007	0,403	20
Pacient 4	38,281	1,914	0,024	1,253	20
Pacient 5	28,683	1,247	0,022	1,764	23
Pacient 6	34,216	1,316	0,017	1,291	26
Pacient 7	39,054	1,627	0,025	1,536	24
Pacient 8	18,882	0,726	0,031	4,269	26
Pacient 9	36,199	1,508	0,01	0,633	24
Pacient 10	36,218	1,724	0,03	1,74	21
Pacient 11	50,483	1,802	0,014	0,776	28
Pacient 12	41,214	1,421	0,014	0,985	29
Pacient 13	15,788	1,754	0,022	1,254	9
Pacient 14	17,257	1,725	0,013	0,753	10
Pacient 15	21,128	1,625	0,02	1,23	13

Tabulka č. 22: Rozdělení pacientů dle ozařované oblasti – HLAVA – Fialová

HLAVA	Součet	Průměr	SO	n
Pacient 1	6,568	0,505	0,017	13
Pacient 3	3,098	0,443	0,017	7
Pacient 4	3,621	0,362	0,026	10
Pacient 5	2,787	0,309	0,038	9
Pacient 6	5,044	0,388	0,044	13
Pacient 10	3,024	0,432	0,011	7
Pacient 13	1,173	0,391	0,002	3
Pacient 17	1,872	0,312	0,124	6
Pacient 18	4,959	0,827	0,016	6

Tabulka č. 23: Rozdělení pacientů dle ozařované oblasti – KRK – Fialová

KRK	Součet	Průměr	SO	n
Pacient 2	1,475	0,492	0,065	3
Pacient 7	12,264	1,022	0,095	12
Pacient 8	5,730	0,521	0,025	11
Pacient 9	4,151	1,037	0,078	4
Pacient 11	2,628	0,329	0,007	8
Pacient 12	6,037	0,671	0,127	9
Pacient 14	4,263	0,609	0,06	7
Pacient 15	7,629	1,09	0,055	7
Pacient 16	3,888	0,972	0,112	4
Pacient 19	2,217	0,369	0,007	6

Tabulka č. 24: Rozdělení pacientů dle ozařované oblasti – HLAVA – Chylíková (42)

HLAVA	Součet	Průměr	S [mSv]	s %	n
Pacient 2	34,218	1,368	0,015	1,096	25
Pacient 5	28,683	1,247	0,022	1,764	23
Pacient 6	34,216	1,316	0,017	1,291	26
Pacient 8	18,882	0,726	0,031	4,269	26
Pacient 9	36,199	1,508	0,01	0,633	24
Pacient 12	41,214	1,421	0,014	0,985	29

Tabulka č. 25: Rozdělení pacientů dle ozařované oblasti – KRK – Chylíková (42)

KRK	Součet	Průměr	S [mSv]	s %	n
Pacient 1	17,508	1,75	0,012	0,685	10
Pacient 3	34,737	1,736	0,007	0,403	20
Pacient 4	38,281	1,914	0,024	1,253	20
Pacient 7	39,054	1,627	0,025	1,536	24
Pacient 10	36,218	1,724	0,03	1,74	21
Pacient 11	50,483	1,802	0,014	0,776	28
Pacient 13	15,788	1,754	0,022	1,254	9
Pacient 14	17,257	1,725	0,013	0,753	10
Pacient 15	21,128	1,625	0,02	1,23	13

Dále se budu zabývat průměry naměřených hodnot a hodnotami DLD. Pacienti, kteří podstoupili léčbu zářením, obdrželi průměrnou celkovou dávku 60,1 Gy, stejně jako u R. Ch. (60 Gy), která ve své práci ještě uvádí, že průměrná celková dávka na oblast krku je 57 Gy a na oblast hlavy je to 66 Gy.

K tomu, abych mohla potvrdit, nebo vyvrátit tvrzení výrobce urychlovače o snížení mimoosové dávky, musím průměrné dávky přizpůsobit optimální DLD. Proto jsem vytvořila tabulky obsahující hodnoty průměrných dávek odpovídající hodnotám jejich DLD a CD, a přepočítané průměrné hodnoty odpovídající DLD 2 Gy. Tuto optimální hodnotu jsem si vybrala kvůli tomu, že se vyskytuje u pacientů nejčastěji. Přepočítání dat jsem udělala i u hodnot R. Ch. Tabulky jsou opět rozděleny dle ozařované oblasti.

Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 26 a 27, jsou to dávky u pacientů, které byli měřeni mnou a v tabulce č. 28 a 29 jsou dávky pacientů měřených R. Ch.

Tabulka č. 26: Oblast hlavy – Fialová

Hlava	DLD [Gy]	CD [Gy]	Průměr [mSv]	Sjednocení [Gy]	Průměr [mSv]
Pacient č. 1	2	60	0,505	2	0,505
Pacient č. 3	2	60	0,443	2	0,443
Pacient č. 4	2	60	0,362	2	0,362
Pacient č. 5	2	60	0,309	2	0,309
Pacient č. 6	2	60	0,388	2	0,388
Pacient č. 10	2	60	0,432	2	0,432
Pacient č. 13	2	60	0,391	2	0,391
Pacient č. 17	2	60	0,312	2	0,312
Pacient č. 18	2,2	60	0,827	2	0,752

Tabulka č. 27: Oblast krku – Fialová

Krk	DLD [Gy]	CD [Gy]	Průměr [mSv]	Sjednocení [Gy]	Průměr [mSv]
Pacient č. 2	2	60	0,492	2	0,492
Pacient č. 7	2,2	66	1,022	2	0,929
Pacient č. 8	2	60	0,521	2	0,521
Pacient č. 9	2,2	60	1,037	2	0,943
Pacient č. 11	2,2	66	0,329	2	0,299
Pacient č. 12	2	60	0,671	2	0,671
Pacient č. 14	2,2	66	0,609	2	0,554
Pacient č. 15	2	60	1,09	2	1,09
Pacient č. 16	2,1	60	0,972	2	0,926
Pacient č. 19	2	60	0,369	2	0,369

Tabulka č. 28: Oblast hlavy – Chylíková

Hlava	DLD [Gy]	CD [Gy]	Průměr [mSv]	Sjednocení [Gy]	Průměr [mSv]
Pacient č. 2	2	66	1,368	2	1,368
Pacient č. 5	2	66	1,247	2	1,247
Pacient č. 6	2	60	1,316	2	1,316
Pacient č. 8	2	70	0,726	2	0,726
Pacient č. 9	2,2	66	1,508	2	1,371
Pacient č. 12	2	66	1,421	2	1,421

Tabulka č. 28: Oblast krku – Chylíková

Krk	DLD [Gy]	CD [Gy]	Průměr [mSv]	Sjednocení [Gy]	Průměr [mSv]
Pacient č. 1	2	64	1,75	2	1,75
Pacient č. 3	2,2	55	1,736	2	1,578
Pacient č. 4	2	50	1,914	2	1,914
Pacient č. 7	1,8	54	1,627	2	1,808
Pacient č. 10	1,8	54	1,724	2	1,916
Pacient č. 11	2,2	66	1,802	2	1,638
Pacient č. 13	1,8	54	1,754	2	1,949
Pacient č. 14	1,8	54	1,725	2	1,947
Pacient č. 15	2	60	1,625	2	1,625

Z těchto hodnot jsem spočítala celkové průměry naměřených dávek, jak u mnou stanovených dat, tak u dat R. Ch. Průměry jsou počítány po převedení DLD na 2 Gy. Pro výpočet rozdílu dávek stačí uvážit, že průměrná dávka stanovená R. Ch. je 100 % a mnou stanovená průměrná dávka je x % ze 100 %. Jednoduchým výpočtem (průměrná dávka Fialová/průměrná dávka R. Ch. * 100 %) zjistíme procentuální rozdíl. Tento výpočet je uveden v tabulce č. 29.

Tabulka č. 29: Výpočet rozdílu průměrů z naměřených hodnot

Průměr	Hodnota	%
Chylíková	1,5716	100%
Fialová	0,5625	36%
Rozdíl	64%	

6 Závěr

Cílem práce bylo stanovit hodnoty mimoosové dávky na onkologickém oddělení Nemocnice České Budějovice, a.s. na novém typu lineárního urychlovače a porovnat je s hodnotami naměřenými na starším typu urychlovače. **Tímto porovnáním se potvrdila hypotéza, tedy tvrzení výrobce, který uvádí snížení mimoosové dávky až o 60 %.**

V teoretické části je shrnuta problematika nádorů hlavy a krku, popsány nové metody radioterapie, nežádoucí účinky radioterapie ve smyslu pozdních následků a popis ionizujícího záření a unikajícího záření, významného právě v oblasti pozdních následků radioterapie.

V metodice je stanoven takový postup právě pro jeho jednoduchost. Použití osobního elektronického dozimetru není složité a ihned po naměření hodnoty se hodnota zobrazí na displeji dozimetru a může se zapsat. Tento postup použila i Mgr. Renáta Chylíková, využila jsem tedy ve své práci skoro stejné podmínky jako ona. Tímto jednoduchým postupem bylo možno ověřit tvrzení výrobce na místo použití složitějšího měření podle Normy.

Onkologičtí pacienti dostávají vysoké dávky, než jsou dávky limitní. Protože se jedná o lékařské výkony, nepodléhají hodnoty limitům. Je však dobrá zpráva, že nový typ lineárního urychlovače má lepší parametry i co se týče mimoosových dávek. Toto je přínosné pro pacienty a jejich léčbu.

7 Seznam informačních zdrojů

1. *Rakovina hlavy a krku. Rakovina hlavy a krku [online]. [cit. 2016-06-22]. Dostupné z: <http://www.rakovinahlavyakrku.cz/rakovina-hlavy-a-krku.php>*
2. OMÁŠEK, Jiří. *Onkologie: minimum pro praxi. 1. vyd. Praha: Axonite CZ, 2015. Asclepius. ISBN 978-80-88046-01-1. (str. 164 – 165)*
3. DOBBS, Jane, Ann BARRETT a Daniel ASH. *Praktické plánování radioterapie. Praha: Anomal, 1992. ISBN 80-900235-8-4.*
4. *Léčba nádorů hlavy a krku a její komplikace. Liga proti rakovině [online]. Praha 8 [cit. 2016-07-06]. Dostupné z: https://www.lpr.cz/index.php/ke-stazeni/doc_view/94-lecba-nadoru-hlavy-a-krku-a-jeji-komplikace*
5. ADAM, Zdeněk, Jiří VANÍČEK a Jiří VORLÍČEK. *Diagnostické a léčebné postupy u maligních chorob. 2., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0896-5. (str. 27- 33)*
6. PTÁČEK, Radek a Petr BARTŮNĚK. *Etické problémy medicíny na prahu 21. století. 1. vyd. Praha: Grada, 2014. Edice celoživotního vzdělávání ČLK. ISBN 978-80-247-5471-0 (str. 371- 373)*
7. *O nádorech hlavy a krku. Linkos [online]. [cit. 2016-07-26]. Dostupné z: <http://www.linkos.cz/nadory-hlavy-a-krku-c00-14-c30-32/o-nadorech-hlavy-a-krku/>*
8. *Postgraduální medicína [online]. 2012(07) [cit. 2016-07-31]. ISSN 1212-4184*
9. VORLÍČEK, Jiří, Jitka ABRAHÁMOVÁ a Hilda VORLÍČKOVÁ. *Klinická onkologie pro sestry. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3742-3. Str. 259*
10. KOSTŘICA, Rom. *Současná komplexní léčba nádorů hlavy a krku. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, Lékařská fakulta, 2003, 67 s. Edice kontinuálního vzdělávání v medicíně. ISBN 80-210-3061-5.*

11. ŠLAMPA, Pavel. *Radiační onkologie v praxi*. 3. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2011. ISBN 978-80-86793-19-1.
12. Masarykův onkologický ústav. *Masarykův onkologický ústav* [online]. 2015 [cit. 2016-07-31]. Dostupné z: <https://www.mou.cz/radiacni-onkologie-ucebni-text-pro-studenty-5-roc-lf-mu-brno/t2068>
13. ČERVENÁ, Renata. Radioterapie nádorů hlavy a krku. *Onkologická péče*, 2007, roč. 11, č. 4, s. 9-11. ISSN: 1214-5602
14. JAKOUBKOVÁ, Jaroslava. *Paliativní medicína*. Praha: Galén, 1998. Trendy soudobé onkologie. ISBN 80-85824-78-7 str.8
15. *Nádory hlavy a krku* [online]. [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/nadory-hlavy-a-krku-350887>
16. ŠLAMPA, Pavel. PETERA, Jiří et al. *Radiační onkologie*. 1. vyd. Praha: Galén, Karolinum, 2007. s.17-104. ISBN 978-80-7262-469-0
17. Chemoterapie. *Léčba rakoviny* [online]. [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://www.lecba-rakoviny.cz/chemoterapie>
18. KRŠKA, Zdeněk, David HOSKOVEC a Luboš PETRUŽELKA. *Chirurgická onkologie*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4284-7 Biologická léčba str. 118
19. PIGNON,JP.,BOURHIS,J.,BIJNENS,L.,et al. Chemotherapy added to locoregional treatment for head and neck squamous-cell carcinoma:three meta-analyses of updated individual data. MACH-NC Collaborative Group. Meta-Analysis of Chemotherapy on Head and Neck Cancer. *Lancet*,2000,355(9208),p.949-955.
20. PETRUŽELKA, Luboš. Možnosti cílené biologické léčby zhoubných nádorů hlavy a krku. *Lékařské listy*, 2010, roč. 59, č. 3, s. 6-8
21. *Vojenské zdravotnické listy: vědecký orgán československých vojenských lékařů, veterinářů a lékárníků, vydávaný vojenským zdravotnickým sborem při ministerstvu národní obrany* [online]. Praha, 2008,2008(3) [cit. 2016-07-31]. ISSN 0372-7025

22. *Onkologie: Moderní technologie v radioterapii nádorů hlavy a krku*. 2012, **2012**(5). ISSN 1803-5345
23. Nežádoucí účinky radioterapie. *Radiobiologie* [online]. [cit. 2016-07-31]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/6-kapitola/611.html>
24. TOBIAS, JS., THOMAS, PRM. *Current Radiation Oncology*. 1st ed, Edward Arnold Publ., 1994, p. 51–65. EDITED BY JEFFREY S. TOBIAS AND PATRICK R.M. THOMAS. *Current radiation oncology*. London: Edward Arnold, 1994. ISBN 9780340567616.
25. VAŇÁSEK, J. Technická problematika radioterapie s modulovanou intenzitou rozložení dávky (IMRT). *Radiač Onkol*, 2002, 2, s. 9–15 ŠLAMPA, P., PETERA, J., et al. *Radiační onkologie*. Praha : Galén, 2007, 2, s. 9–15.
26. Aplikace ionizujícího záření: Modulace ozařovacích svazků. *Astro Nukl Fyzika* [online]. [cit. 2016-07-31]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm#ModulaceZareni>
27. Lin A, Kim HM, Terrell JE, Dawson LA, Ship JA, Eisbruch A. Quality of life after parotid-sparing IMRT for head-and-neck cancer: a prospective longitudinal study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 57: 61–70.
28. KOLÁŘOVÁ, Iveta — VAŇÁSEK, Jaroslav — ODRÁŽKA, Karel, et al. Nové metody radioterapie. *Vojenské zdravotnické listy*, 2008, roč. 77, č. 3, s. 93-97. ISSN: 0372-702
29. VOŠMIK, Milan. Radioterapie s modulovanou intenzitou v léčbě karcinomů hlavy a krku. *Onkologie*, 2008, roč. 2, č. 2, s. 82-84. ISSN: 1802-4475
30. *Postgraduální medicína* [online]. 2009, **2009**(3) [cit. 2016-07-31]. ISSN 1212-4184
31. BURKOŇ, P., DVOŘÁK, D., SPURNÝ, V., et al. První zkušenosti s IGRT. XXX. Brněnské onkologické dny, Edukační sborník, str.71.
32. VOŠMIK, Milan — HODEK, Miroslav — SIRÁK, Igor, et al. Moderní technologie v radioterapii nádorů hlavy a krku. *Onkologie*, 2012, roč. 6, č. 5, s. 247-251. ISSN: 1802-4475

33. BURKONĚ, Petr. Radioterapie nádorů hlavy a krku. *Postgraduální medicína*, 2012, roč. 14, č. 7, s. 793-799. ISSN: 1212-4184.
34. Charakteristika ionizujícího záření. *Radiobiologie* [online]. [cit. 2016-07-31]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/13/131.html>
35. ŠVEC, Jiří. *Radioaktivita a ionizující záření: doplňující učební text pro předměty Bakalářská fyzika, Aplikovaná fyzika, Ochrana před zářením*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005. ISBN 80-86634-62-0 str.4
36. HUŠÁK, Václav et al. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. s.13-39. ISBN 978-80-244-2350-0.
37. BENEŠ, Jiří, Jaroslava KYMPLOVÁ a František VÍTEK. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4712-5 str 179
38. LIŠČÁK, Roman. *Radiochirurgie gama nožem: principy a neurochirurgické aplikace*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2350-1. Str. 27
39. ROSINA, Jozef. *Biofyzika: pro zdravotnické a biomedicínské obory*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4237-3 str. 162-163
40. Doporučení SÚJB: *Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – Radionuklidové ozařovače*. Doplňené vydání. Praha, 2007.
41. BAJČIOVÁ, Viera, Jiří TOMÁŠEK a Jaroslav ŠTĚRBA. *Nádory adolescentů a mladých dospělých*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3554-2. Str. 323
42. CHYLÍKOVÁ, Renáta. *Měření osobních dávek pacientů v radioterapii mimo centrální svazek ionizujícího záření pomocí elektronického osobního dozimetru*. České Budějovice, 2013. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Ing. Jan Singer, CSc.

8 Seznam příloh

Příloha 1: Informační text pro pacienty

Příloha 2: Tabulka na zapisování naměřených hodnot

Příloha 1: Informační text pro pacienty

Zdroj: Vlastní

Dobrý den,

jmenuji se Eliška Fialová, jsem studentkou 3. ročníku oboru radiologický asistent na JČU ZSF. Pracuji na své bakalářské práci a ráda bych Vás poprosila o Vaši účast a spolupráci.

Ke své práci potřebuji pacienty s nádorovým onemocněním hlavy a krku, nový lineární urychlovač, elektronické osobní dozimetry a spolupráci personálu na RTO.

U pacientů bude probíhat měření osobních dávek. Při každém ozařování Vám bude položen dozimetr na hrudník a po skončení se z něj zapíše hodnoty. Ze všech naměřených hodnot zpracuji výsledky, které budu porovnávat s výsledky měření u pacientů na starším typu lin. urychlovače.

Až bude moje práce hotová a obhájená, bude také zveřejněna. Zveřejněny v ní budou výsledky a údaje z měření – kromě Vašeho jména.

Budu moc ráda, když budete souhlasit a zapojíte se do měření. V případě dotazů Vám ráda odpovím.

Eliška Fialová,

725 090 853 - eli.fiall@seznam.cz

Příloha 2: Tabulka na zapisování naměřených hodnot

Zdroj: Vlastní

Jméno a příjmení	Váha	Výška	Ozařovaná oblast	DLD/CD	První hodnota	Druhá hodnota