

Univerzita Pardubice

Fakulta zdravotnických studií

Zevní radioterapie karcinomu anu – úloha radiologického asistenta

Dominika Kadlecová

Bakalářská práce

2015

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2012/2013

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dominika Kadlecová**  
Osobní číslo: **Z12120**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Název tématu: **Zevní radioterapie karcinomu anu - úloha radiologického asistenta**  
Zadávající katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

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

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:


1. ŠLAMPA, P., a kol. **Radiační onkologie v praxi. 2. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007. ISBN 978-80-86793-08**
2. NAŇKA, O., ELIŠKOVÁ, M. **Přehled anatomie. 22 vyd. Praha: Galén, 2009. ISBN 9788072626120**
3. ČIHÁK, R. **Anatomie 2. 3. vyd. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4788-0**

Vedoucí bakalářské práce: **MUDr. David Buka**


Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2015**

  
prof. MUDr. Arnošt Pellant, DrSc.  
děkan

L.S.

  
Ing. Jana Holá, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 11. března 2015

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 24. 3. 2015

Dominika Kadlecová

## **PODĚKOVÁNÍ**

V první řadě bych chtěla poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce MUDr. Davidovi Bukovi za odborné vedení, trpělivost, vstřícnost, cenné připomínky a zejména za čas, který mi věnoval. Dále bych chtěla poděkovat radiologickým asistentům na oddělení radioterapie ve FNHK za konzultace, které mi poskytli.

Dominika Kadlecová

## **ANOTACE**

Název mé bakalářské práce je „Zevní radioterapie karcinomu anu – úloha radiologického asistenta“. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se budu zabývat obecnými poznatky o radioterapii anu a jeho následnou diagnostikou a léčbou. V praktické části popíšu celý průběh zevního ozařování karcinomu anu z pohledu radiologického asistenta s obrazovou dokumentací.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Radioterapie, karcinom anu, zevní radioterapie, konkomitantní chemoradioterapie, radiologický asistent

## **TITLE**

External radiotherapy of the anus cancer - the role of radiology assistant

## **ABSTRACT**

My baccalaureate work „External radiotherapy of the anus cancer – a role of radiological assistant“ is divided on a part theoretical and practical. In a theoretical part, I describe general informations about radiotherapy of anus and it's ongoing diagnostic and therapeutic processes. In the practical part, I'll describe all processes of external radiotherapy of anus cancer by the view of radiological assistant with the help of fotodocumentary.

## **KEYWORDS**

Radiotherapy, anus carcinoma, external beam radiotherapy, concomitant chemoradiotherapy, radiological assistant

## Obsah

ÚVOD .....	13
CÍLE .....	14
TEORETICKÁ ČÁST .....	15
1. Definice ionizujícího záření .....	16
1.1. Dělení IZ dle interakce s hmotou .....	16
2. Fyzikální veličiny a jednotky .....	17
2. Radioaktivita .....	18
2.1. Radioaktivita $\alpha$ .....	18
2.2. Radioaktivita $\beta^-$ .....	19
2.3. Radioaktivita $\beta^+$ .....	19
2.4. Radioaktivita $\gamma$ .....	20
3. Interakce elektromagnetického záření s látkou .....	21
3.1. Fotoefekt .....	21
3.2. Comptonův rozptyl .....	22
3.3. Tvorba elektron – pozitronových párů .....	22
4. Biologické účinky záření .....	23
4.1. Charakteristika účinku záření na živý organismus .....	23
4.2. Účinky ionizujícího záření .....	24
5. Zdroje IZ v radioterapii .....	25
5.1. Urychlovače nabitých částic .....	25
5.2. Kobaltové a cesiové ozařovače .....	27
5.3. Leksellův gama nůž (LGN) .....	27
5.4. Zdroje záření v brachyterapii .....	28
6. Historie radioterapie .....	29
7. Anatomie .....	31
7.1. Rektum .....	31
7.2. Anus .....	31
7.3. Sliznice rekta a anu .....	31
7.4. Svalovina rekta a anu .....	31
7.5. Mechanismus vyprázdnění rekta - defekace .....	31
8. Karcinom anu .....	33
8.1. Epidemiologie .....	33
8.2. Etiologie .....	33

8.3.	Klinické příznaky .....	33
8.4.	Diagnostika .....	34
8.5.	TNM klasifikace.....	34
8.6.	Prognostické faktory .....	36
9.	Léčebná strategie.....	37
9.1.	Cílové objemy .....	37
9.2.	Frakcionace a dávka záření .....	38
9.3.	Kritické orgány.....	38
9.4.	Technika a plánování radioterapie .....	39
10.	Základní dělení karcinomu anu .....	40
10.1.	Spinocelulární karcinom anální oblasti .....	40
10.2.	Ne – spinocelulární karcinomy anu.....	40
11.	Terapie karcinomu anu.....	42
11.1.	Metody techniky terapie.....	42
12.	Postupy po léčbě .....	45
13.	Souhrn léčebné strategie .....	46
<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>		<b>47</b>
1.	Charakteristika práce radiologického asistenta v radiační onkologii .....	48
2.	Identifikace pacienta .....	51
3.	Plánovací CT.....	52
4.	Zakreslení objemů CTV, GTV a PTV .....	53
4.1.	Řez z radioterapeutického plánu – IMRT technika.....	53
4.2.	Řez z radioterapeutického plánu – BOX technika .....	54
5.	Sestavení ozařovacího plánu .....	55
6.	Simulace.....	56
7.	Verifikace.....	57
8.	Ozáření .....	58
9.	Ukončení ozařovacího cyklu.....	60
10.	Diskuze.....	61
11.	Závěr .....	63

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Základní schéma radioaktivity $\alpha$ (Ullman, 2009, s. 46) .....	18
Obrázek 2 Základní schéma radioaktivity $\beta^-$ (Ullman, 2009, s. 47).....	19
Obrázek 3 Radioaktivita $\beta^+$ (Ullman, 2009, s. 50).....	19
Obrázek 4 Radioaktivita gama (Ullman, 2009, s. 54).....	20
Obrázek 5 Fotoefekt (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 95) .....	21
Obrázek 6 Comptonův rozptyl (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 95) .....	22
Obrázek 7 Tvorba elektron-pozitronových párů (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 96).....	22
Obrázek 8 Poloha pacienta na plánovacím CT .....	52
Obrázek 9 Řez z radioterapeutického plánu – IMRT technika (archiv radioterapie FNHK).....	53
Obrázek 10 Řez z radioterapeutického plánu - BOX technika (archiv radioterapie FNHK).....	54
Obrázek 11 Pomůcky k zakreslení kožních značek .....	56
Obrázek 12 Dozimetrická sonda .....	57
Obrázek 13 Nastavení polohy pacienta.....	58
Obrázek 14 Poloha pacienta při ozařování.....	59

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Nejčastěji používané radionuklidy (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 112) .....	28
Tabulka 2 Primární tumor (Šlampa a kol., 2007, s. 53-54).....	34
Tabulka 3 Regionální uzliny (Šlampa a kol., 2007, s. 54) .....	35
Tabulka 4 Vzdálené metastázy (Šlampa a kol., 2007, s. 54).....	35
Tabulka 5 Rozdělení do stádií (Šlampa a kol., 2007, s. 54).....	35
Tabulka 6 Doporučená schémata (Šlampa, Petera, 2007, s. 147) .....	43

## SEZNAM ZKRATEK

IZ – ionizující záření

Bq – becquerel, jednotka aktivity

Gy – gray, jednotka absorbované dávky

MeV – mega elektronvolt

s - sekunda

keV – kilo elektronvolt

LGN – leksellův gama nůž

cm - centimetr

RTG – rentgen, rentgenový

UZ - ultrazvuk

X záření – rentgenové záření

MR – magnetická rezonance

CT – výpočetní tomografie

CTV – clinical target volume

GTV – gross tumor volume

PTV – planning target volume

AP - předozadní

PA - zadopřední

mg - miligram

m<sup>2</sup> - metr čtvereční

HIV – Human Immunodeficiency Virus

AIDS – Acquired Immune Deficiency Syndrom

IMRT- radioterapie s modulovanou intenzitou

IGRT – radioterapie řízená obrazem

OBI - systém k zobrazení polohy pacienta 2D/2D zobrazením či 3D zobrazením pomocí  
CBCT

P - pacient

## ÚVOD

Karcinom anu je relativně ojedinělý nádor, jeho incidence v České Republice je kolem 0,8-1,1 případů na 100 000 obyvatel, každoročně tak postihuje v České Republice řádově desítky pacientů.

Radikální léčba tohoto onemocnění je multidisciplinární a odvíjí se od velikosti a rozsahu tumoru při jeho diagnostice - v případě malých tumorů do 2cm velikosti lze přistoupit k radikální chirurgické resekci tumoru jako definitivnímu řešení, v případě větších tumorů terapie spočívá v kombinované (konkomitantní) chemoradioterapii. Až v případě terapeutického selhání chemoradioterapie (v případě lokální persistence či recidivy) lze přistoupit k rozsáhlému radikálnímu chirurgickému výkonu - abdominoperineální resekci anorekta.

Z výše uvedeného vyplývá, že role radiologického asistenta se nachází v modalitě terapie radikální chemoradioterapií.

Má práce se dělí na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se zaměřím na obecné informace o radiologii a přístrojích v radioterapii. Dále se věnuji anatomii anu a rekta, etiologii, epidemiologii, příznakům karcinomu anu, diagnostice, prognostickým faktorům, léčebné strategii a terapii karcinomu. V praktické části se zaměřím na úlohu radiologického asistenta při zevní radioterapii karcinomu anu.

## CÍLE

Cílem bakalářské práce je popsání problematiky nádoru anu, diagnostiky a možností léčby.

V praktické části je cílem popsat zevní radioterapii karcinomu anu a úlohu radiologického asistenta během tohoto procesu.

## TEORETICKÁ ČÁST

## 1. Definice ionizujícího záření

*„Ionizujícím zářením nazýváme takové záření, jehož kvanta mají natolik vysokou energii, že jsou schopna vyrážet elektrony z atomového obalu a tím látku ionizovat (Binarová, 2012, s. 17).“*

### 1.1. Dělení IZ dle interakce s hmotou

2. Přímě ionizující (elektrony, protony, deutrony, ionty,  $\alpha$  částice) – částice mají elektrický náboj, a proto vyrážejí elektrony přímo z atomů (Binarová, 2012, s. 17).
3. Nepřímě ionizující (rentgenové záření, gama záření, neutrony) – částice nemají elektrický náboj, a proto předávají svou kinetickou energii nabitým částicím a teprve poté vzniká ionizace v dané látce (Binarová, 2012, s. 17).

Ionizující záření, které nejčastěji používáme v radioterapii, se dělí podle mechanismu vzniku na rentgenové záření, které vzniká v lineárním urychlovači zabrzděním urychlených elektronů a na záření  $\gamma$ , které je vytvořené radioaktivním rozpadem jader radionuklidů a jaderných interakcí. Tato záření jsou nepřímě ionizující a jsou způsobena interakcemi záření s elektrony atomů a molekul absorbuujícího prostředí. Dále je často používáno ionizující záření v podobě elektronového svazku, které je také generováno lineárním urychlovačem (Binarová, 2012, s. 17).

## 2. Fyzikální veličiny a jednotky

Předpokladem pro správné použití a pochopení ionizujícího záření a radiační ochrany je porozumění veličinám, jednotkám a způsobům jejich získání (Hušák a kol., 2009, s. 15).

K dané problematice zde uvádím jen veličiny, které jsou nejčastěji používané v radioterapii.

### 1. Aktivita

*„Aktivita radioaktivní látky je počet radioaktivních přeměn v této látce za jednotku času. Jednotkou aktivity je Becquerel (Bq) (Hušák a kol., 2009, s. 15).“*

### 2. Dávka

Dávka (D) je záření v určitém ozařovaném objemu, je to energie záření, která je absorbovaná v 1 kg látky. Tato fyzikální veličina je dobře měřitelná a její jednotkou je 1 Gy (Hušák a kol., 2009, s. 15).

### 3. Dávkový příkon

*„Dávkový příkon je definován jako přírůstek dávky za časový interval, jednotkou je 1 Gy za sekundu ( $\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$ ) (Binarová, 2012, s. 22).“*

### 4. Expozice X

*„Expozice je poměr absolutní hodnoty celkového elektrického náboje iontů vzniklých ve vzduchu při úplném zabrzdění všech elektronů a pozitronů, které byly uvolněny fotony v objemovém elementu vzduchu o dané hmotnosti (expoziční je definována výhradně pro vzduch) (Binarová, 2012, s. 23).“*

### 5. Kerma

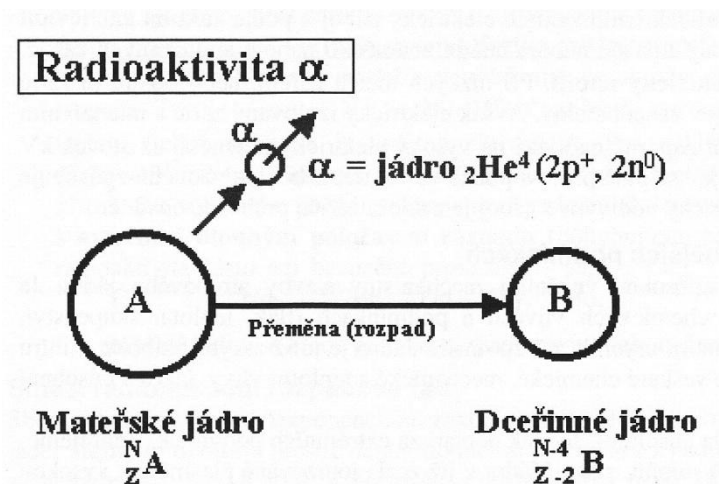
Kerma se používá při měření nepřímo ionizujícího záření. Dochází tam k předání energie nepřímo ionizujícím zářením (fotony, neutrony), tato energie se předá nabitým částicím (elektrony, protony) při první srážce. Pokud je rovnováha sekundárně nabitých částic, tak se kerma rovná absorbované dávce. Její jednotkou je 1 Gray (Gy) (Hušák a kol., 2009, s. 17).

## 2. Radioaktivita

Projevem nestability jader je radioaktivita, dochází zde k přeměně nukleonů s emisí částic či elektromagnetického záření. Jádra, která mají tuto vlastnost, se nazývají radionuklidy. Tyto nuklidy se dělí na přírodní a umělé. Přírodní radionuklidy mají samovolně rozpadající se jádra, jsou to např.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Umělé radionuklidy jsou stabilní nuklidy a přeměna jader nastane pomocí vnějšího zásahu (jaderná reakce), jsou to např.  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{18}\text{F}$ . Každý radionuklid má svůj poločas rozpadu. Je to doba, za kterou se rozpadne právě polovina jader. Poločas rozpadu nelze ovlivnit jakoukoli změnou vnějších podmínek (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 92).

### 2.1. Radioaktivita $\alpha$

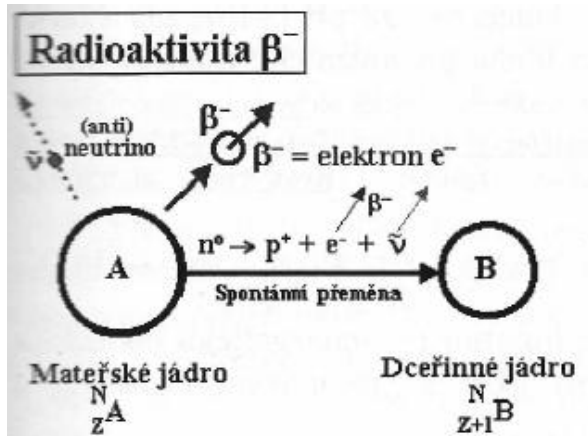
Částice  $\alpha$  je jádrem hélia a skládá se z 2 protonů a 2 neutronů. Záření  $\alpha$  se nepoužívá v diagnostice, v terapii má velmi omezené možnosti využití, protože má krátký dolet a malou pronikavost. Lze ho také využít v některých detekčních přístrojích (Ullman, 2009, s. 46). Schéma radioaktivity  $\alpha$  je zobrazeno na obrázku 1.



Obrázek 1 Základní schéma radioaktivity  $\alpha$  (Ullman, 2009, s. 46)

## 2.2. Radioaktivita $\beta^-$

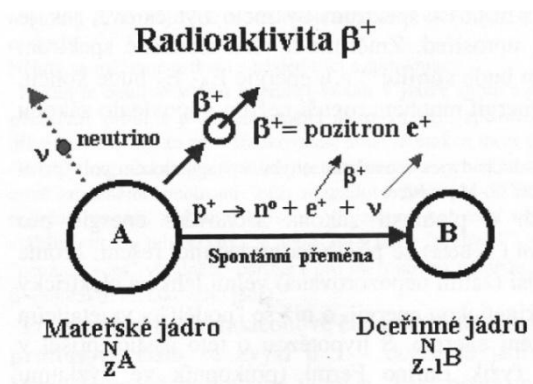
Tato radioaktivita se objevuje u jader s přebytkem neutronů, proto z jader vylétávají záporně nabitě elektrony. Neutron se rozdělí na proton a záporně nabitý elektron a poté elektron vyletí z jádra v doprovodu záření - neutrino. Záření  $\beta^-$  má dolet a pronikavost v řádech několika mm, proto se hodí k terapii (Ullman, 2009, s. 47). Schéma radioaktivity  $\beta^-$  je vidět na obrázku 2.



Obrázek 2 Základní schéma radioaktivity  $\beta^-$  (Ullman, 2009, s. 47)

## 2.3. Radioaktivita $\beta^+$

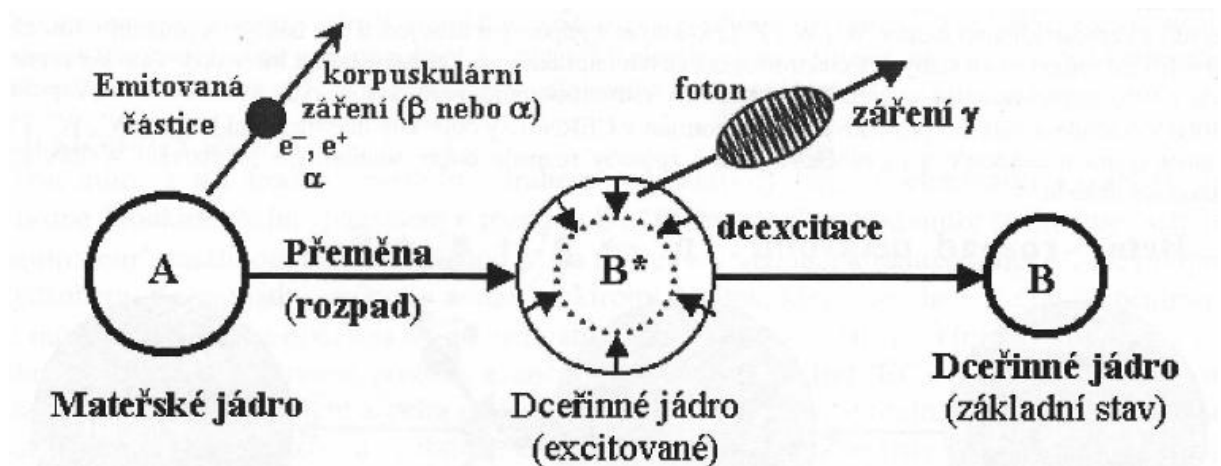
Tato radioaktivita se objevuje u jader s přebytkem protonů, z jader vylétávají kladně nabitě pozitrony. Proton se změní na neutron, neutrino a kladně nabitý pozitron a ty jsou poté vyzářeny z jádra. Poté co se setká s elektronem, dojde k anihilaci elektronu a pozitronu, ty se přemění na dvě kvanta tvrdého záření gama o energiích 511keV a poté vylétnou proti sobě ve stejně protilehlých úhlech. Záření  $\beta^+$  se používá u pozitronové emisní tomografie (PET) a dosah ve tkáni je maximálně 2mm (Ullman, 2009, s. 50). Schéma radioaktivity  $\beta^+$  je vidět na obrázku 3.



Obrázek 3 Radioaktivita  $\beta^+$  (Ullman, 2009, s. 50)

## 2.4. Radioaktivita $\gamma$

Po radioaktivní přeměně se dostává jádro většinou do excitovaného stavu za pomoci uvolněné energie. Jádro ve vybuzeném stavu vydrží jen krátkou dobu a poté dochází k deexcitaci při které se energetický rozdíl vyzáří ve formě fotonu (záření gama). Tím se stabilizují energetické poměry v jádře. Záření gama má krátkou vlnovou délku a vysokou pronikavost (Ullman, 2009, s. 54). Princip přeměny gama je zobrazeno na obrázku 4.

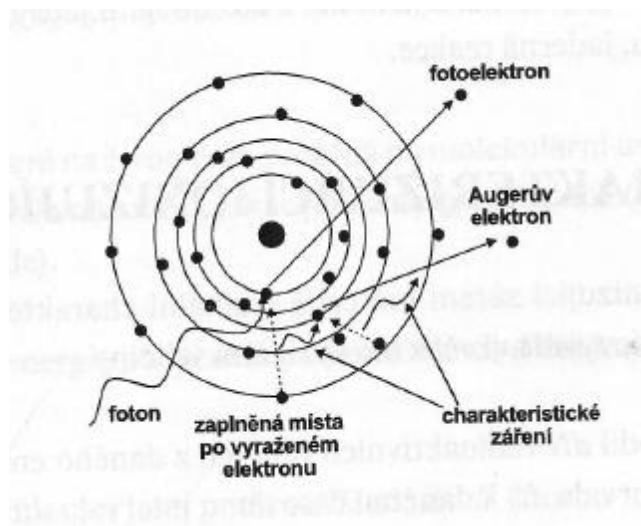


Obrázek 4 Radioaktivita gama (Ullman, 2009, s. 54)

### 3. Interakce elektromagnetického záření s látkou

#### 3.1. Fotoefekt

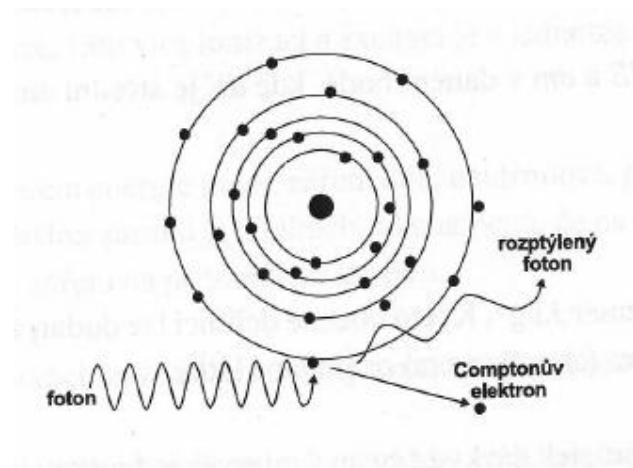
Tato interakce se uplatňuje za použití nižších energií v látce s vyšším protonovým číslem. Foton předá veškerou svou energii elektronu, který je umístěn ve valenční vrstvě atomu a následně zanikne. Elektron se vyváže z atomu, vyletí a svou energii předává ionizací či excitací. Na jeho původní místo ve valenční vrstvě přeskočí z vyšší slupky elektron a vzniklý energetický rozdíl je vyzářen charakteristickým elektromagnetickým zářením. Také může vzniknout alternativní jev, který se nazývá jako tzv. Augerův elektron, elektron z valenční vrstvy může předat energii některému elektronu s vyšší slupky a ten se poté uvolní a vyzáří (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 95). Princip fotoefektu je vidět na obrázku 5.



**Obrázek 5** Fotoefekt (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 95)

### 3.2. Comptonův rozptyl

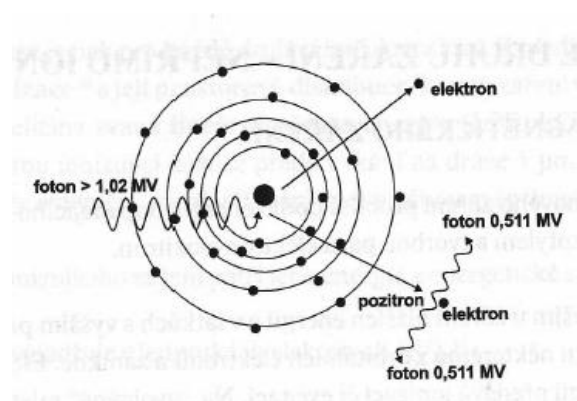
Interakce se uplatňuje u záření  $\gamma$  středních a vyšších energií a také u látek, které mají nízké protonové číslo. Foton předá část své energie elektronu a poté pokračuje jiným směrem a s nižší energií. Elektron, kterému byla předána energie, interaguje s prostředím za vzniku ionizace a excitace (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 95). Princip Comptonova rozptylu je vidět na obrázku 6.



**Obrázek 6** Comptonův rozptyl (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 95)

### 3.3. Tvorba elektron – pozitronových párů

Interakce vzniká, pokud je energie vyšší než 1,02 MeV. Prochází – li foton kolem silového pole jádra, může dojít k přeměně na dvojici elektron a pozitron. Jelikož pozitron postupně ztrácí svou kinetickou energii, tak dochází k interakci s elektronem a dojde k jejich anihilaci (zániku) za současného vyslání dvou stejných fotonů o energii 511 MeV. Tyto fotony mají opačný vektor (Binarová, 2012, s. 18-19). Princip je zobrazen na obrázku 7.



**Obrázek 7** Tvorba elektron-pozitronových párů (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 96)

## 4. Biologické účinky záření

Obor radiobiologie se zabývá účinky ionizujícího záření na živé organismy. Dělí se na experimentální, krizovou a klinickou. Experimentální se zabývá základním výzkumem, krizová se zabývá mimořádnými situacemi a akutními nemocemi z ozáření a klinická praktickým využitím v klinické léčbě pacientů (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 81).

### 4.1. Charakteristika účinku záření na živý organismus

Zasažení jakéhokoli cíle závisí na jeho funkci v buňce a jeho odpovědi na toto poškození. Záření vyvolává jednak buněčné změny, ale také poškození chromosomů. Každá tkáň má jinou radiosenzitivitu, proto reaguje každá jinak. Poznatky, které jsme získaly, jasně potvrzují teorii, že dávka, kterou pacient obdržel v delším časovém intervalu je méně škodlivá než stejná dávka, kterou jsme pacientovi aplikovali v kratším čase (Sabol, Vlček, 2011, s. 120-121).

Interakci záření s buňkou dělíme na několik stádií (fyzikální stádium, fyzikálně – chemické stádium, chemické stádium a biologické stádium) (Sabol, Vlček, 2011, s. 121).

#### 4.1.1. Fyzikální stádium

*„Dochází k okamžitému přenosu energie (rychlost kvant je rovna nebo blízká rychlosti světla) ionizujícímu záření, tedy k ionizaci a excitaci atomů. Trvání je v řadách quadriliontiny sekundy ( $10^{-16} - 10^{14}$  s) (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 81).“*

#### 4.1.2. Fyzikálně-chemické stádium

Ionizující částice poškozují cílové molekuly ionizací a excitací, tento děj se nazývá přímý účinek záření a vyskytuje se jen asi v 30%, naopak asi v 70% ze všech případů dochází k nepřímému účinku záření a to kvůli volným vysoce reaktivním radikálům, tyto radikály poškozují biomolekuly. Podstatnou část buňky tvoří radikály, které vznikají pomocí radiolýzy vody, dále za přítomnosti kyslíku vznikají kyslíkové radikály. Toto stádium trvá přibližně stejně dlouho jako fyzikální stádium (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 81).

#### 4.1.3. Chemické stádium

Volné radikály reagují s molekulami buňky a dochází k narušení DNA (jednoduché nebo dvojité zlomy). Toto stádium trvá od  $10^{-3}$  do 10 s (Sabol, Vlček, 2011, s. 121).

#### 4.1.4. Biologické stádium

Na základě působení ionizujícího záření nastává rozvoj biologické odpovědi, toto stádium může trvat několik minut až několik let podle úrovně ozáření. Dochází ke změnám funkce a

chování orgánů, tkání a i celého organismu. Tyto změny vznikají na základě změn v DNA a v dalších částech buňky (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 82).

## 4.2. Účinky ionizujícího záření

Účinky IZ se dělí na stochastické účinky (s vyšší dávkou stoupá pravděpodobnost poškození) a deterministické účinky (mají prahovou dávku).

### 4.2.1. Stochastické účinky

Stochastické účinky jsou bezprahové. Pravděpodobnost jejich výskytu se zvyšuje s dávkou, ale neovlivňuje závažnost nemoci (dávky ionizujícího záření nemají vliv na stupeň malignity). V jednotlivých případech nelze rozeznat, zda se jedná o nemoc, kterou způsobilo ozáření, ale lze říci, že bude docházet k vzestupu těchto účinků v ozářené populaci. Dávky, které pacient obdržel, se vzhledem k hodnocení pravděpodobnosti výskytu stochastických účinků sčítají. Tyto účinky se projevují až za několik až desítek let, proto se jim říká pozdní (Sabol, Vlček, 2011, s. 124-126).

### 4.2.2. Deterministické účinky

Deterministické účinky mají svůj práh, po překročení toho prahu vzniká např. ANO (akutní nemoc z ozáření), sterilita nebo katarakta. S rostoucí dávkou stoupá závažnost onemocnění a procento poškozených jedinců. Příznaky přicházejí v průběhu několika hodin, dnů až týdnů, z tohoto důvodu se těmto účinkům říká časné (Sabol, Vlček, 2011, s. 127-128).

## 5. Zdroje IZ v radioterapii

Radioterapie používá hlavně fotonové či gama záření a elektronové záření. Experimentálně nebo jen na několika místech na světě se ozařuje pomocí urychlených protonů, neutronů a lehkých iontů. V radioterapii se používají přístroje, které mají energie vyšší než 1 MeV. Vysokoenergetické záření má ty výhody, že záření dosahuje svého maxima až v určité hloubce v těle a tím šetří kůži a stejně absorbuje záření jak v kostech, tak i v měkkých tkáních (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 103).

### 5.1. Urychlovače nabitých částic

Urychluje nabité částice, nejčastěji elektrony, za pomoci silných elektrických a elektromagnetických polí. Elektrické pole způsobuje vlastní urychlování nabitých částic a magnetické pole mění dráhu nabitých částic. Podle technické konstrukce a dráhy urychlených částic se urychlovač rozlišuje na lineární a kruhový (betatron, cyklotron) (Binarová, 2012, s. 118).

#### 5.1.1. Lineární urychlovač

*„Lineární urychlovače urychlují nabité částice působením elektrického pole během jejich pohybu po lineární přímkové dráze. V urychlovačích jsou ionty nebo elektrony urychlovány el. polem a využívá se buď svazku těchto nabitých částic, nebo sekundárních částic vznikajících při interakčních procesech na vhodných terčích (Binarová, 2012, s. 120).“*

Moderní urychlovače mají na výběr ze dvou energií fotonu a to z 6 a 18 MeV. Dělí se na elektrostatické a vysokofrekvenční (Hynková, Šlampa, 2012, s. 103).

##### 1. Elektrostatický lineární urychlovač

Elektrostatický lineární urychlovač je tvořen urychlovací trubicí a zdrojem vysokého napětí. Urychlovač se skládá z vakuové trubice, kterou tvoří anoda a katoda, mezi nimi je uložen trubicovitý systém urychlovacích elektrod, na konci katody je žhavená spirála a na konci anody je wolframový nebo zlatý terčik na který dopadají urychlené elektrony. Zdrojem záření X je terčik. Elektronové dělo vyzařuje elektrony do válcové elektrody, která funguje jako urychlovací systém a v tomto systému vzrůstá postupně napětí. Celkový potenciál získaný vysokonapěťovým zdrojem je rozdělen mezi elektrody, to umožňuje soustředění svazku elektronů a rozložení urychlovacího procesu podél celé osy trubice. Částice jsou postupně urychlovány elektrostatickým polem. V elektrickém kaskádním násobiči nebo Van De

Graafovu generátoru jsou urychlovací elektrody, které jsou napájeny vysokým napětím (Binarová, 2012, s. 120)

## 2. Vysokofrekvenční lineární urychlovač

Vysokofrekvenční lineární urychlovač je tvořen urychlovací trubici, která obsahuje řadu válcových elektrod, elektrody jsou připojeny ke zdroji vysokofrekvenčního napětí konstantní frekvence a ke zdroji střídavého napětí. Sudé válce jsou připojeny k jednomu pólu vysokofrekvenčního napětí, liché válce jsou připojeny k opačnému pólu. Ke zvýšení kinetické energie a rychlosti kladné částice dojde pokaždé, když se kladná částice přiblíží k elektrodě, která má opačný náboj. Pokud jsou frekvence, délka elektrod a napětí mezi sebou synchronizované tak, že během průchodu částice mezi elektrodami dojde k obrácení polarity střídavého napětí, tak se budou částice při průchodu elektrodami opakovaně urychlovat. V dnešní době se používají místo válcových elektrod dutinové rezonátory a k urychlení částic se používá vlnovod, který je vyroben z klystronu nebo magnetu (Binarová, 2012, s. 121).

Dále se dělí na vysokofrekvenční urychlovače s nosnou vlnou a vysokofrekvenční urychlovače se stojatou vlnou.

### 5.1.2. Kruhové urychlovače

#### 1. Cyklotron

Cyklotron vyrábí neutronové záření a umělé radioizotopy. Dále urychluje kladné částice a díky tomu se používá k ozáření maligního onemocnění. K urychlení kladných částic je použita spirálová dráha, zdroj je umístěn mezi dvěma duanty (elektrodami), které jsou uloženy mezi dvěma póly silného magnetického pole a v mezerách mezi elektrodami jsou částice urychlovány. Zakřivení dráhy částic umožňuje magnetické pole. Zakřivená dráha opisuje v duantu půlkruhovou dráhu. Poté co se částice dostane na okraj duantu, tak je přitažena opačně nabitým duantem, při tomto přechodu dochází k urychlení částic. Změna polarizace v elektrodách musí být plně synchronizována s pohybem částice, protože částice má stále stejný náboj. Urychlené částice jsou vyvedeny okénkem ven z cyklotronu nebo se odkloní vychylovací elektrodou do takové polohy, aby mohli ostřelovat terčik (Binarová, 2012, s. 118).

## 2. Betatron

Betatron patří mezi urychlovače kruhové a jeho náplní je urychlování elektronů. Elektrony jsou urychleny silou, která je vytvořena elektromagnetickou indukcí, a pohybují se ve vakuovém prstenci. Betatron obsahuje skleněnou nebo porcelánovou vakuovou trubici (urychlovací komora). Částečně urychlené elektrody (50-70 keV) jsou tečně vstříkovány injektorem, poté co se dostanou do magnetického pole, se jejich dráha postupně spirálovitě zakřivuje, až se dostanou na kruhovou dráhu. Rychlost elektronů se zvětšuje podle toho, jak roste napětí. Poté co se jejich dráha stočí až k zevnímu okraji prstence a narazí na terčík, tak dojde k emisi záření (Binarová, 2012, s. 119).

### 5.2. Kobaltové a cesiové ozařovače

Oba ozařovače emitují  $\gamma$  záření. Kobaltovým zdrojem záření je radionuklid  $^{60}\text{Co}$  a emituje záření o energii 1,17 MeV a 1,33 MeV (1, 25 MeV – střední energie). Výměna radionuklidu je potřeba přibližně každých 5 let, a to z toho důvodu, že kobalt má poločas rozpadu 5,26 let. Kobaltový ozařovač se používá zejména k paliativní léčbě nádorového onemocnění u vybraných lokalit. V dnešní době se pomalu vyřazuje z provozu. Cesiovým zdrojem záření je radionuklid  $^{137}\text{Cs}$  a emituje záření o energii 0,661 MeV, poločas rozpadu má přibližně 30 let. Cesiový ozařovač se používá k léčbě nenádorových degenerativních a zánětlivých onemocnění (Binarová, 2012, s. 115).

### 5.3. Leksellův gama nůž (LGN)

LGN se používá zejména pro ozařování nádorového onemocnění v oblasti CNS. Je složen z 201 zdrojů  $^{60}\text{Co}$ , které jsou uloženy v hemisférické jednotce v hlavici přístroje a jsou rozmístěné v pěti cirkulárních řadách. Je složen z 12 – 20 válcových palet  $^{60}\text{Co}$ , které mají průměr a délku 1 mm, palety jsou hermeticky uzavřeny a jsou uloženy ve dvou pouzdech z nerezové oceli. Záření je usměrněno třemi kolimátory, dva jsou stacionárně uloženy v radiační jednotce a jeden je uložen ve výměnné kolimační helmici. Tyto kolimátory mají různé průměry kolimačních kanálů. Moderní Leksellův gama nůž je tvořen 192 zdroji  $^{60}\text{Co}$  a oproti staršímu typu má automatický kolimátor s kónickým tvarem, který má zvětšený manipulační prostor. Tento prostor umožňuje provádění stereotaktické radioterapie a provedení intrakraniálního ozáření (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 105).

#### 5.4. Zdroje záření v brachyterapii

Brachyterapie se používá k ozáření nádorového i nenádorového onemocnění za pomoci několika přirozených či umělých radionuklidů. Principem je zavedení zdroje záření do těsného kontaktu s nádorovým ložiskem za použití několika přístupů (intersticiálně, intrakavitárně, tzv. muláž, intraluminálně). Výhoda brachyterapie je, že vysoká dávka záření se koncentruje do ložiska nádoru a se vzdáleností dávka záření naopak klesá. Využívá se záření beta a gama (Binarová, 2012, s. 137). V Tabulce 1 jsou uvedeny nejčastěji používané radionuklidy v brachyterapii.

**Tabulka 1** Nejčastěji používané radionuklidy (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 112)

Radioizotop	T 1/2	Energie MeV	PPV mm Pb
Cesium, $^{137}\text{Cs}$	30 let	0,662	6,5
Iridium, $^{192}\text{Ir}$	73,8 dní	0,397	6
Kobalt, $^{60}\text{Co}$	5,26 let	1,25	11
Jód, $^{125}\text{I}$	59,6 dní	0,028	0,025
Palladium, $^{103}\text{Pd}$	17 dní	0,020	0,013
Zlato, $^{198}\text{Au}$	2,7 dní	0,412	6
Stroncium – Ytrium $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$	28,9 dní	2,24 max	-
Fosfor $^{32}\text{P}$	14,3 dní	1,71 max	-

Pozn.: PPV - polovrstva

## 6. Historie radioterapie

Radioterapie se řadí mezi nejmladší lékařské obory (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 9). Za nejvýznamnější moment v oboru radiologie můžeme považovat objevení X paprsků německým fyzikem Wilhelmem Konrádem Röntgenem dne 7. Listopadu 1895 ve Fyzikálním ústavu ve Würzburgu. Röntgen si tento objev nedal patentovat, a proto se radiologie začala velmi rychle vyvíjet, objev tzv. „věnoval“ lidstvu. Za svůj objev byl oceněn Nobelovou cenou za fyziku. (Vomáčka, Nekula, Kozák, 2012, s. 11). První pokusy s paprsky X se datují kolem roku 1886 a ve stejné době byly také popsány nežádoucí účinky. Záření se začalo více zkoumat a vznikla potřeba ho kvalifikovat. Kvůli nežádoucím účinkům byla však část obyvatelstva stále nedůvěřivá. (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 9).

Další významný přelom nastal, když byla objevena přirozená radioaktivita fyzikem Becquerelem (1896) a izolace radia Marii Curie – Sklodowskou (1898). Prvky radia se začali využívat léčebně, ale i komerčně. Lidstvo si myslelo, že v malých dávkách je ionizující záření neškodné. Radium se stalo na dlouhou dobu jediným izotopem, který se používal. Aplikoval se pomocí radiových tub, které se přikládaly na kůži (Hynková, Šlampa a kol. 2012, s. 9).

V první polovině 20. století se začaly ozařovat nenádorové onemocnění a zejména i zánětlivá onemocnění, i přes zlepšení techniky nešlo ozařovat hluboko uložené nádory z důvodu nežádoucích účinků na okolní zdravé tkáně. Díky vývoji vysokoenergetických zdrojů záření byl v roce 1951 sestaven a nainstalován první kobaltový ozařovač (Londýn) a poté v roce 1952 první lineární urychlovač (Kalifornie). To umožnilo ozařování i hluboce uložených nádorových lézí s ohledem na zdravé okolní tkáně (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 9).

Velký rozvoj v plánování radioterapie nastal v roce 1973, kdy byla objevena výpočetní tomografie a nastal i velký pokrok ve výpočetní technice. Zlepšila se lokalizace nádorových ložisek a okolních zdravých tkání a přešlo se od manuálního sčítání izodózních křivek k dvojrozměrnému plánování. Postupem času se přešlo k trojrozměrnému prostorovému plánování (v 90. letech) a dále k rozvoji vysoce konformních technik (IMRT – radioterapie s modulovanou intenzitou). Další rozvoj nastal díky metodě IGRT (radioterapie řízená obrazem). Je to 4D radioterapie, při které se kontrolují cílové objemy, poloha zdravých tkání a čas a případné odchylky se opravují tak, aby došlo k co nejpřesnějšímu ozáření. S postupem času se vykrývací bloky začaly nahrazovat vícelamelovými kolimátory, které automaticky upravují tvar svazku záření (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 10).

V České republice první oddělení radioterapie vzniklo v třicátých letech minulého století v Praze a Brně. Největší rozvoj nastal po 2. Světové válce a v nynější době je v ČR 35 radioterapeutických pracovišť (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 10).

## 7. Anatomie

### 7.1. Rektum

Rektum je konečným úsekem tlustého střeva a je uloženo v malé pánvi, je dlouhé přibližně 12 – 14cm a bez náplně je široké asi 4 cm (Čihák, 2002, s. 107). Konečník můžeme rozdělit na dvě části, horní část se nazývá ampulla recti, je to rozšířený úsek dlouhý asi 10cm, dolní část se nazývá canalis analis a je to úzký asi 2 - 4 cm dlouhý úsek střeva. Poté rektum vyústí uje zevním řitním otvorem (anus) (Naňka, Elišková, 2009, s. 191).

### 7.2. Anus

Anus je otvor řitní, jímž je anální kanál ukončen. Tento úsek je lemován kůží a má zvýšenou pigmentaci, na jeho konci jsou řasy, které se při defekaci vyrovnávají. Díky činnosti svěracích svalů je tato část stažená (Čihák, 2002, s. 107).

### 7.3. Sliznice rekta a anu

Sliznice rekta je silná a vybíhá ve tři příčné poloměsíčitě řasy (horní, dolní a střední), které vybíhají z ampulla recti. Sliznice rekta je ze začátku tvořena typickým jednovrstevným cylindrickým epitelem, který dává schopnost sliznici vstřebávat léky například pomocí čípku či aplikací klysmatu. Postupně v průběhu análního kanálu se epitel mění místy na vícevrstevnatý, až přechází v epitel vrstevnatý dlaždicový bez rohovatění. V místě linea anocutanea končí vícevrstevnatý dlaždicový epitel bez rohovatění a přechází v rohovějící kožní epitel řitního otvoru. (Čihák, 2002, s. 104-106)

### 7.4. Svalovina rekta a anu

Rektum je tvořeno hladkou vnitřní (cirkulární) a silnou zevní (longitudinálně probíhající vrstvou), obě tyto části postupně přecházejí do stěny análního kanálu, kdy v zevní části análu cirkulující složka vytváří musculus sphincter ani internus (hladký cirkulární svěrač) a svalovina hráze zevně od tohoto svalu vytváří musculus sphincter externus, který je tvořen z příčně pruhované svaloviny a ovládaný naší vůlí. V horní části rekta tvoří zevní vrstvu peritoneum a dolní část rekta obaluje řidší vazivo. Canalis analis je obalen paraproctiem (tužším vazivem) (Čihák, 2002, s. 106-107).

### 7.5. Mechanismus vyprázdnění rekta - defekace

V colon sigmoideum se ukládá zpracovaný střevní obsah, poté se přesouvá do rekta, čímž způsobí roztážení ampuly. Na základě reflexu se uvolní vnitřní svěrače (musculus sphincter ani externus a musculus puborectalis). Tyto svaly jsou udržovány ve stavu tonické kontrakce a relaxují volní činností, po které nastává reflexní kontrakce svaloviny rekta a dochází

k vypuzení stolice za pomoci břišního lisu. Gastrokolický reflex může také vyvolat roztažení žaludku potravou, tento jev je spíše vyvolaný působením gastrinu než cestou nervovou. Poté, co dojde k ukončení defekace, se uzavírá anální kanál a anální otvor (Čihák, 2002, s. 109).

## 8. Karcinom anu

### 8.1. Epidemiologie

Karcinom anu je velmi ojedinělý nádor, představuje jen 1 – 2% ze všech malignit gastrointestinálního traktu. Nádor se nejčastěji vyskytuje u pacientů nad 50 let. V České republice byla jeho incidence v roce 1997 u žen 0,9 a u mužů 0,8/100 000 obyvatel (Šlampa, Petera, 2007, s. 145).

Karcinom anu se anatomicky rozlišuje na karcinom análního okraje (aborálně od linea dentata - představuje 15% ze všech případů) a karcinom análního kanálu (od linea dentata orálně) (Šlampa, Petera, 2007, s. 145).

### 8.2. Etiologie

Karcinom anu je propojen s infekcí papilomaviry (HPV 16-18), viry HIV, kondylomaty a herpetickými viry (HSV – 2). Dále se karcinom může vyskytnout po radioterapii v oblasti pánve a po imunosupresivní léčbě po orgánové transplantaci. Predisponujícím faktorem je chronické perianální onemocnění, intraepiteliální anální neoplazie, ca in situ, Morbus Bowen, Morbus Paget a homosexuální orientace u mužů (Šlampa, Petera, 2007, s. 145).

U žen je příznačná souvislost se zkušeností s análním pohlavním stykem do 30 - ti let, nad 30 let se tato skutečnost nepotvrdila. Také je zvýšené riziko u žen, které předtím prodělaly cervikální neoplazii a pokud jejich partner má v anamnéze pohlavně přenosné onemocnění. Dalším rizikovým faktorem je kouření cigaret (Šlampa a Petera, 2007, s. 145).

### 8.3. Klinické příznaky

Prvním a nejčastějším příznakem análního karcinomu je krvácení z konečníku nebo řiti. Toto krvácení bývá slabé a pacient ho tudíž může přisuzovat hemeroidům. Dále má pacient problém s defekací, mění se mu frekvence a konstituce vyprazdňované stolice. Může se objevovat pruritus, tenesmy a bolesti při vyprazdňování. Nádory se v pokročilém stádiu projevují zvředovatěním a při poškození svěračů nastává inkontinence stolice, může docházet i ke ztrátě hmotnosti (Kiis a Tomášek, 2014, online).

Stejně příznaky se objevují taky u nezhoubných onemocnění, jako jsou píštěle, kondylomata, hemeroidy či praskliny. Tyto nemoci mohou provázet právě i onemocnění zhoubným nádorem (Kiss a Tomášek, 2014, online).

Pacienti v mnoha případech tyto příznaky banalizují a k lékaři přijdou až po delší době, kdy tyto příznaky přetrvávají a progredují (Kiis a Tomášek, 2014, online).

## 8.4. Diagnostika

### 8.4.1. Obligatorní vyšetření

Mezi základní vyšetření patří odběr anamnestických údajů a fyzikální vyšetření, včetně vyšetření per rektum. Musí být provedeno základní hematologické a biochemické vyšetření, RTG plic, anoskopie a rektoskopie, kde musí být odebrán bioptický vzorek a provedeno histologické vyšetření. Dále se provádí gynekologické vyšetření, UZ ingvin (pokud je nejasný nález tak musí být provedena biopsie), UZ jater, CT nebo MR břicha a pánve a stanovení tumorových markerů (CEA, Ca 19-9, SCC) (Šlampa a kol., 2007, s. 54-55).

### 8.4.2. Fakultativní vyšetření

Podle předchozích výsledků se provádí další doplňující vyšetření jako je transrektální sonografie (TRUS), kolposkopie, chirurgický explorace a stanovení markeru SCC (Šlampa a kol., 2007, s. 55).

## 8.5. TNM klasifikace

Pro mezinárodní i regionální srovnávání bylo zapotřebí sjednotit podmínky při určování závažnosti a rozsahu choroby. Tato klasifikace má vliv na prognózu a strategii léčebného procesu. Je to velmi často používaný způsob hodnocení závažnosti nádorového onemocnění. Používá se pouze pro tumory, které jsou histologicky ověřeny. Za pomoci tří písmen rozděluje TNM klasifikace onemocnění. Klinická stádia jsou definována TNM klasifikací. Kterákoli diagnóza musí být histologicky ověřena. TNM klasifikace karcinomu anu obsahuje tři složky anatomického rozsahu onemocnění (Šlampa a kol., 2007, s. 53-54). Primární tumor (viz Tabulka 2 Primární tumor), regionální uzliny (viz Tabulka 3 Regionální uzliny) a metastázy (viz Tabulka 4 Vzdálené metastázy). Jedním z parametrů k určení správné léčby je rozdělení onemocnění do klinických stádií. (viz Tabulka 5 Rozdělení do stádií).

**Tabulka 2** Primární tumor (Šlampa a kol., 2007, s. 53-54)

T – primární tumor	
TX	primární nádor nelze hodnotit
TO	bez známek primárního nádoru
Tis	karcinom in situ
T1	nádor 2 cm nebo méně v největším rozměru
T2	nádor větší než 2 cm, ne však více než 5 cm v největším rozměru
T3	nádor větší než 5 cm v největším rozměru
T4	nádor jakékoliv velikosti postihující okolní orgán (y), například pochvu,

	uretru, močový měchýř (samostatné postižení svalů sfinkteru se jako T4 neklasifikuje)
--	---

**Tabulka 3** Regionální uzliny (Šlampa a kol., 2007, s. 54)

N – regionální uzliny	
Regionálními mízními uzlinami jsou mízní uzliny perirektální, vnitřní ilické a tříselné.	
NX	regionální mízní uzliny nelze hodnotit
NO	v regionálních uzlinách nejsou metastázy
N1	metastázy v perirektální(ch) mízní(ch) uzlině (uzlinách)
N2	metastázy v jednostranných vnitřních ilických a/nebo ingvinálních mízních uzlinách
N3	metastázy v perirektálních a ingvinálních mízních uzlinách a/nebo v oboustranných vnitřních ilických a/nebo ingvinálních mízních uzlinách

*„Pozn. Histologické vyšetření vzorků z regionálních perirektálních lymfadenektomie má standardně zahrnovat 12 a více mízních uzlin (pNO). Histologické vyšetření vzorků z ingvinálních lymfadenektomie má standardně zahrnovat 6 a více mízních uzlin (pNO) (Šlampa a kol., 2007, s. 54).“*

**Tabulka 4** Vzdálené metastázy (Šlampa a kol., 2007, s. 54)

M – vzdálené metastázy	
X	vzdálené metastázy nelze hodnotit
MO	nejsou vzdálené metastázy
M1	vzdálené metastázy

**Tabulka 5** Rozdělení do stádií (Šlampa a kol., 2007, s. 54)

0	Tis	NO	MO
I	T1	NO	MO
II	T2,3	NO	MO
IIIA	T1-3	N1	MO
	T4	NO	MO
IIIB	T4	N1	MO
	T1-4	N2,3	MO
IV	T1-4	NX-3	M1

## 8.6. Prognostické faktory

Pokud je primární nádor v rozsahu T1 nebo T2 je šance na pětileté přežití více než 80%, dalším prognostickým faktorem je histologický grading (typ nádoru low grade má šanci na pětileté přežití více než 75%). Velmi záleží na stavu regionálních lymfatických uzlin, pětileté přežití u pozitivních uzlin je 40%, u negativních uzlin je 100%. Jestliže byl nádor lokalizován v análním okraji, tak je prognóza příznivější, to samé platí, pokud je pacientem žena. Mezi další prognostické údaje patří: dávka radioterapie na oblast tumoru a na regionální lymfatické uzliny či histologický typ nádoru - kloakogenní tumor má lepší prognózu než squamózní (Šlampa a Petera, 2007, s. 145).

## 9. Léčebná strategie

### 9.1. Cílové objemy

#### 9.1.1. Cílové objemy – obecně

V rámci příprav radioterapeutického plánu musíme správně určit cílové objemy. Cílové objemy se zakreslují z toho důvodu, abychom co nejpřesněji určili polohu tkáně určené k ozáření a naopak minimalizovali ozáření tkáně zdravé (Čoupek, Čoupková, Kudláček, Princ, Ondrová a Hübnerová, 2009, online).

Cílové objemy jsou definovány dle doporučení ICRU 50 a 62 (International Commission on Radiation Units and Measurements):

1. GTV (Gross Tumor Volume – objem nádoru) – zahrnuje veškerou makroskopicky viditelnou tkáň zasaženou nádorem, která je zobrazená na klinických a zobrazovacích metodách
2. CTV (Clinical Target Volume – klinický cílový objem) – objem zahrnující GTV, je to oblast, kde ještě mohou být nádorové buňky, ale nejsou prokázány graficky
3. PTV (Planning Target Volume – plánovací cílový objem) – objem zahrnující CTV s přidaným bezpečnostním lemem. Je to lem, který bere v úvahu nepřesnosti, jako jsou pohyby tkáně tumoru, nepřesnost při ozáření, nastavení pacienta, zakreslení značek na kůži pacienta, atd. (Čoupek, Čoupková, Kudláček, Princ, Ondrová a Hübnerová, 2009, online).

#### 9.1.2. Cílové objemy u karcinomu anu:

1. Adjuvantní chemoradioterapie (pouze u T1 dobře diferencovaných tumorů análního okraje) – cílový objem GTV se nestanovuje, stanovuje se objem CTV, který obsahuje lůžko tumoru +/- regionální lymfatické uzliny. Objem PTV obsahuje objem CTV s bezpečnostním lemem 2 - 2,5 cm (Šlampa, 2011, online).
2. Kurativní chemoradioterapie (používá se u ostatních stádií, ale ne u stadia T4)
  - a) GTV zahrnuje oblast tumoru a patologické lymfatické uzliny. CTV obsahuje cílový objem GTV a svodné lymfatické uzliny a PTV zahrnuje oblast CTV a bezpečnostní lem, kde kaudální hranice zahrnuje anus, okolo kterého musí být minimální lem 2,5 cm a perineum (cca 3 cm pod análním okrajem). Kraniálně musí zasahovat po pátý lumbální obratel a první sakrální obratel, ventrálně musí dosahovat ke stěně břišní, dorzálně celou tloušťku sakra a laterálně zahrnuje inguinální uzliny (Šlampa, 2011, online).

- b) Cílené ozáření - boost – cílový objem GTV zahrnuje tumor a patologické lymfatické uzliny. Objem CTV obsahuje GTV a jeden centimetr lemu. Do objemu PTV patří CTV a 1 až 1,5 cm lem. Oblast anu obsahuje anální kanál a anální okraj s minimálním lemem 2 – 2,5 cm okolo tumoru. Reziduální nález v oblasti tříselných uzlin musí být minimálně s 2 – 2,5 cm lemem (Šlampa, 2011, online).

## 9.2. Frakcionace a dávka záření

Rozdělení celkové dávky ozáření, které je nezbytné ke zničení nádoru, do velkého počtu malých denních dávek dovoluje doručit dostatečně velkou celkovou dávku do cílového objemu za přijatelnou cenu poškození zdravých tkání (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

U karcinomu anu je standardní frakcionace dávky záření 1,8 – 2,0 Gy/den, a to pětkrát týdně, celková dávka se určuje podle velikosti primárního nádoru. U tumorů T1 je dávka 40-45Gy, u nádorů T3-T4 je obvyklá aplikovaná dávka 55-60Gy. Pokud aplikujeme dávku, která je vyšší než 60Gy, zvyšuje se neúnosně míra chronických i akutních komplikací bez valného přispění k terapeutickým úspěchům. Nejlepší je aplikovat celou dávku záření kontinuálně bez přerušení, nicméně v případě akutních komplikací může dojít i k dočasnému přerušení frakcionované radioterapie na několik dní (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

## 9.3. Kritické orgány

V současné době se při radioterapii nevyhneme ozáření zdravých tkání, proto se před léčbou vyhodnocuje, jaké orgány budou zasaženy a v jaké míře. Z pohledu radiobiologických účinků v zásadě rozlišujeme dva typy orgánů - sériové orgány, u kterých fatální poškození i minimálního množství tkáně má vliv na funkčnost celého orgánu (např. mícha, střevo). Druhým typem jsou paralelní orgány, kde naopak i fatální poškození malé části orgánu zářením nemá vliv na funkčnost orgánu jako celku. Regenerační schopnost a rezervní kapacita je poměrně výrazná. Do těchto orgánů spadají například plíce, játra a ledviny (Skalická, Halaška, Havránková, Kubeš, Navrátil, Sabol, Sirový, Navrátil a Zölzer, online) .

Kritické orgány při radioterapii karcinomu anu je rektum (toleranční dávka 60Gy), močový měchýř (toleranční dávka 60-65Gy) a tenké střevo (toleranční dávka 45-50Gy) (Šlampa a kol., 2007, s. 57).

## 9.4. Technika a plánování radioterapie

### 1. Plánování radioterapie

Pacient je ozařován v poloze supinační, pokud jsou v plánovacím objemu tříselné uzliny, klient má pokrčené a podložené nohy a ruce má složené na prsou. Při této poloze musí mít pacient naplněný močový měchýř. Pokud nejsou v plánovacím objemu tříselné uzliny, tak je vhodnější poloha na břicho, je to z důvodu prevence poškození kliček tenkého střeva. Standardem v plánování je CT, eventuelně podle potřeby i magnetická rezonance (Šlampa a kol., 2007, s. 57)

### 2. Technika radioterapie

Nejčastější technikou je ozařování za pomoci dvou protilehlých polí AP/PA nebo T – technikou, u které se používají tři pole (zadopřední a dvě laterolaterální pole) v kombinaci se dvěma elektronovými poli, která jsou zaměřena na oblast tříselných uzlin. Další často používanou technikou je IMRT (intensity modulated radiotherapy). Tvarování polí probíhá za pomoci vícemelového kolimátoru nebo individuálních polí. Zdrojem ozařování je lineární urychlovač s energií 6 - 18 MeV popřípadě v kombinaci s elektronovými svazky, energie se volí podle hloubky uložení tříselných uzlin. Intersticiální brachyterapie je možné použít v případě, že je zjištěn reziduální nález a už byla aplikována konkomitantní chemoradioterapie a zevní radioterapie. Dodnes ale není prokázána výhoda oproti jiným technikám. V průběhu radioterapie musí být prováděny kontroly, aby byla zajištěna správnost ozařování (Šlampa a kol., 2007, s. 58).

## 10. Základní dělení karcinomu anu

70% ze všech karcinomů anu tvoří spinocelulární karcinom (squamózní karcinom). Kloakogenní a mukoepidermoidní karcinom tvoří 20 – 25% karcinomů anu. Mezi velmi vzácné tumory análního oblasti patří melanom (3%), basaliom, adenokarcinom, malobuněčný karcinom (ten je velmi agresivní), nediferovaný karcinom, karcinoid, lymfom či Kaposiho sarkom (souvislost s AIDS) (Šlampa, Petera, 2007, s. 145).

### 10.1. Spinocelulární karcinom anální oblasti

Primární metodou léčby je konkomitantní chemoradioterapie (tedy pokud je karcinom anální oblasti v TNM klasifikaci od T2 až T4, eventuálně T1) a zachovává až u 80 % pacientů v přijatelné míře funkci svěrače. V závislosti na klinickém stádiu dosahuje 32 – 90% pacientů pětiletého přežití. Tato metoda má srovnatelné výsledky s radikálním chirurgickým postupem, proto se až v přísně indikovaných případech, eventuálně při recidivě, přistupuje k život ovlivňující abdominální resekci (salvage terapie). Primární excize (chirurgický výkon) může být indikován jen u velmi malých nádorů, které dosahují velikosti 1 – 2 cm, jsou povrchové a neinfiltují svěrač, především Tis. Proto, aby mohl být proveden chirurgický výkon, musí být nádor zachycen v časném stádiu. Pokud byl proveden neradikální výkon nebo výkon non lege artis je indikována pooperační, adjuvantní radioterapie, její schéma je obdobné jako u kurativní konkomitantní chemoradioterapie (Šlampa, Petera, 2007, s. 146).

### 10.2. Ne – spinocelulární karcinomy anu

U verukózního karcinomu je většinou indikován radikální operační výkon, pokud má pacient postižený svěrač, tak je doporučována abdominoperineální resekce. Tento typ nádoru má však časté a úporné recidivy (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

U léčby análních adenokarcinomů je indikována resekce s předoperační či pooperační radioterapií nebo případnou chemoterapií. Tato léčba je obdobná s léčbou nízko sedících adenokarcinomů rekta (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

Strategie léčby u bazocelulárního karcinomu análního okraje je široká lokální excize, ojediněle se před operací zvažuje zevní radioterapie, která usiluje o zmenšení nádoru a tím umožní lokální excizi, předpokladem pro tuto léčbu je zdravý a zachovaný svěrač. U pozdní diagnózy je indikována abdominoperineální resekce anorekta, v tomto stádiu dochází k prorůstání nádoru do análního kanálu a k destrukci okolní tkáně včetně svěračů. Pokud dojde k recidivě lze přejít ke kurativní radioterapii nebo reexcizi eventuálně s pooperačním ozářením (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

U Bowenovy a Pagetovy kožní choroby, je obvykle indikována široká lokální excize. Pokud je karcinom malý, tak se provádí prostá excize, při rozsáhlejším tumoru je nutné použít kožní štěp či přesunout kožní lalok. Může být také použita radioterapie. Pokud má pacient už pokročilé léze s vyvinutým invazivním karcinomem a postižené regionální lymfatické uzliny tak je důležité, aby lékař indikoval abdominoperianální resekci s případnou direkcí inguinálních uzlin. Jestli byla stanovena diagnóza v pozdním stádiu, tak v 25% přejde v metastatický karcinom (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

Kaposiho sarkom je radiosenzitivní a proto je radioterapie primární léčbou. Je to vzácný perianální tumor. Pokud tumor začne generalizovat, tak je indikována chemoterapie (vinblastin, dexorubicin, dekarbazin, aktinomycin D). Tento tumor se může objevit u imunopresivních pacientů, například po transplantaci orgánu, ale i u pacientů s normální imunitou (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

Sarkomy anorektální oblasti (leiomyosarkomy, fibrosarkomy, anaplatické sarkomy) jsou vzácné a vyskytují se ojediněle. U těchto diagnóz je vyžadován operační zákrok, doporučována je lokální excize s pooperační radioterapií nebo abdominoperineální resekce anorekta (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

Pokud je pacientovi diagnostikován melanom v oblasti anu, tak obdobně jako u melanomů v ostatních lokalizacích je prognóza závislá na tloušťce primárního nádoru. Ve většině případů bývá diagnóza stanovena velmi pozdě, často, když je nádor už lokálně pokročilý a generalizovaný. Většinou je to z důvodu, že anorektální oblast je obtížně sledovatelná samotným pacientem a pacient příznaky v mnoha případech bagatelizuje (Šlampa, Petera, 2007, s. 147).

## 11. Terapie karcinomu anu

Do té doby než byla zavedena standardizovaná konkomitantní chemoradioterapie, tak se praktikovala u 90% všech nádorů anu mutilující abdominoperitoneální amputace kolorekta, která vedla pacienty k trvalé stomii. Tento zákrok klienty nepříznivě ovlivňoval na budoucím životě, protože v závislosti na klinickém stádiu onemocnění měli pacienti jen 40 – 75% pětileté přežití. Proto se začaly hledat jiné možnosti a v dnešní době se nejčastěji provádí standardizovaná konkomitantní chemoradioterapie, která vzhledem k chemosenzitivitě a radiosenzitivitě nádoru je nejpříjemnější (Šlampa, Petera, 2007, s. 146).

Randomizované studie prokázaly, že u radioterapie a chemoradioterapie je nejučinnější tyto dvě techniky sloučit. Touto metodou je dosahováno signifikantně lepší lokální kontroly onemocnění. Další randomizované studie prokázaly, že pokud ozařujeme pánev a regionální lymfatické uzliny s kombinací chemoradioterapie 5 – fluorouracil a mitomycinem C je dosahováno vysoké míry úplného vymizení všech ložisek nebo známek nádoru, která byla prokázána na klinickém, zobrazovacím nebo laboratorním vyšetření. U této metody léčby bylo díky sledování pacientů po dobu pěti let dokázáno, že 67% pacientů je bez známek aktivity onemocnění a 64% pacientů bez provedené kolostomie (Šlampa, Petera, 2007, s. 146). Dnes se často používá kombinace 5 – FU + cisplatina (Šlampa, 2011, online).

### 11.1. Metody techniky terapie

#### 1. Chirurgická léčba

Chirurgický výkon může být proveden jen za podmínek, že je tumor malý. Jeho velikost dosahuje jen 1 – 2 cm, musí být povrchový a nesmí infiltrovat svěrač (především Tis). Adjuvantní radioterapie je aplikována pokud byl chirurgický výkon neradikální nebo v případě non lege artis postupu. Plánování ozařování a léčba je přibližně stejná jako u konkomitantní chemoradioterapie (Šlampa, Petera, 2007, s. 146-147).

#### 2. Konkomitantní chemoradioterapie

Termín konkomitantní chemoradioterapie je kombinace chemoterapie a záření. Vede to ke zvýšení účinnosti léčby u řady malignit. Při použití vhodných cytostatik dochází ke zvýšení radiosenzitivity nádorových buněk, cytostatika jsou aplikována v určité době - buď po celou dobu radioterapie, nebo jen po dobu určitou. Radioterapii u karcinomu anu se doporučuje aplikovat pětikrát týdně po 1,8 – 2 Gy denně, celková účinná dávka musí být minimálně 45Gy.

Pokud je pacient ve stádiu III – IV, tak se do cílového objemu doporučuje zahrnout s perirektálními uzlinami i obě invaginální oblasti, jestliže je pacient ve stádiu II, je indikace k profylaktickému ozáření tříselných uzlin na individuálním přístupu a zhodnocení všech poznatků. Jednotlivé režimy chemoterapie s použitím 5 – fluorouracilu se liší podle toho, zda je aplikovaná bolusová dávka či kontinuální dávkování a také záleží na dávce cytostatika, avšak míra léčebných odpovědí organismu je přibližně stejná. V případě epidermoidního análního karcinomu v iniciální léčbě se aplikuje 5 – fluorouracil s cisplatinou, tato kombinace velmi zvyšuje procento kompletních remisí (Šlampa, Petera, 2007, s. 147-148). Doporučená schémata konkomitantní chemoradioterapie u nádorů anu jsou uvedeny v tabulce 6.

**Tabulka 6** Doporučená schémata (Šlampa, Petera, 2007, s. 147)

5-fluorouracil	750-1000mg/m <sup>2</sup> /den, i. v. kont., den 1. -5., týden 1. a 5.
Mitomycin C	10-15mg/m <sup>2</sup> , i. v., den 1., týden 1. a 5.
Radioterapie	45 Gy/1,8 – 2 Gy/den + boost 10 – 15 Gy (za 6 týdnů)
5-fluorouracil	800-1000mg/m <sup>2</sup> /den, i. v. kont., den 1. – 4., týden 1. a 5.
Cisplatina	80-100mg/m <sup>2</sup> , i. v., den 1., týden 1. a 5.
Radioterapie	45 Gy + event. boost 10 – 15 Gy
5-fluorouracil	1000mg/m <sup>2</sup> /24 hod., i. v. kont., den 1. – 4., týden 1. a 5.
Cisplatina	25mg/m <sup>2</sup> , i. v., den 1. -4., týden 1. a 5.
radioterapie	45Gy (25 x 1,8 Gy), event. boost 10 – 15 Gy

### 3. Paliativní radioterapie

Paliativní léčba je posuzována individuálně, je založena na akcelerovaných režimech frakcionace záření. Indikuje se především u IV. stádia onemocnění (Šlampa, Petera, 2007, s. 149).

### 4. Nežádoucí účinky

Nežádoucí účinky jsou součástí radioterapie. U pacientů se objevují individuálně a v různé míře (Srobf, online).

Časné nežádoucí účinky, které se často objevují, jsou únava, nechutenství, ospalost, nevolnost a také poradiační reakce na kůži. Kožní změny mají několik stupňů (časný erytém, pozdní

erytém, suchá deskvamace, vlhká deskvamace). Pacient by měl nosit bavlněné prádlo, postižené místo promazávat nejdříve 2 hodiny po ozáření a nemýt ho mýdlem. Dále se domluví podle závažnosti poškození se svým onkologem. Místní příznaky se objevují dle ozařované části těla. U ozařování konečníku, tenkého střeva a řitního otvoru jsou nejčastější nežádoucí příznaky průjem, nadýmání, tenesmus, nevolnost, nechutenství a nadýmání. P by měl přijímat více tekutin a to i po ozáření (Srobf, online).

Pozdní nežádoucí účinky se objevují po několika měsících až po několika letech. Tyto příznaky jsou různé a pro každou ozařovanou oblast jiné. Například na kůži může dojít k změně pigmentace, ztrátě ochlupení, rozšíření cév a k plošné fibróze. Pokud ozařujeme žlázy, tak dochází ke snížení až zastavení její činnosti. Tato poškození jsou většinou nevratné (Linkos, online).

Současné podmínky v radioterapii minimalizují vznik časných i pozdních nežádoucích účinků (Linkos, online).

## 12. Postupy po léčbě

### 1. Sledování po léčbě zářením

Kontrolování a sledování pacientů zajišťuje gastroenterolog, radiační a klinický onkolog, a pakliže byl pacientovi proveden chirurgický výkon, tak i onkochirurg. První kontrola v onkologické ambulanci je za 4 – 5 týdnů po skončení kurativní radioterapie, na této kontrole se zhodnotí dosavadní léčba a určí se další dispenzární postup (Šlampa a kol., 2007, s. 58).

### 2. Postup po ukončení léčby kurativní chemoradioterapií

Lékař vyšetřuje pacienta per rektum nebo ho odešle na rektoskopii či anoskopii každých 8 až 12 týdnů, pokud má pacient klinicky progredující či neregredující onemocnění provádí se biopsie. Jestliže je klient v kompletní remisi, tak se provádí vyšetření per rektum, anoskopie, palpační vyšetření inguinálních uzlin, CT pánve či UZ břicha a to každých 3 - 6 měsíců. V případě progresu, kdy se opětovně potvrdí přítomnost reziduálního tumoru nebo po opětovném histologickém ověření perzistujícího onemocnění se přistupuje k abdominoperineální amputaci. Jestliže byl pacientovi proveden chirurgický výkon a poté prošel radioterapií, tak je první kontrola za 4 - 6 týdnů. Lékař zhodnotí odeznívající postradiační změny. Podle stavu klienta a charakteru aplikované radioterapie je další kontrola za 3 – 6 měsíců. Cca po 1,5 – 2 letech je vyhodnocen stupeň ireverzibilních chronických postradiačních změn, nadále pak bude pacient chodit dále na kontroly 2x ročně (Šlampa a kol., 2007, s. 58-59).

### 13. Souhrn léčebné strategie

V případě, že nález je klinického stádia T1 a jedná se o dobře diferencovaný spinocelulární karcinom análního okraje, provádí se lokální excize. Pokud nebylo dosaženo dostatečných bezpečných okrajů resekátu, musí se provést konkominantní chemoradioterapie nebo reexcize (Šlampa a kol., 2007, s. 56).

U ostatních stádií nemetastazujícího onemocnění se provádí radikální konkomitantní chemoradioterapie. Jestliže má pacient v anamnéze kontraindikaci chemoterapie, tak se provede jen radioterapie. U histologicky ověřeného recidivujícího či perzistujícího nádoru po radioterapii je provedena abdominální amputace. Intersticiální brachyterapie může být indikována u reziduálního nádoru ve stádiu I, II po zevní radioterapii (Šlampa a kol., 2007, s. 56).

Jestliže tumor metastazuje, tak můžeme přistoupit k paliativnímu chirurgickému výkonu nebo k paliativní radioterapii či chemoradioterapii. Možností je samozřejmě také symptomatická terapie (Šlampa a kol., 2007, s. 56).

## PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části se budu zabývat úlohou radiologického asistenta při zevní radioterapii karcinomu anu.

# 1. Charakteristika práce radiologického asistenta v radiační onkologii

*„Radiologický asistent provádí:*

- *specializované diagnostické a terapeutické výkony v radiační onkologii bez odborného dohledu na základě specializované nebo zvláštní odborné způsobilosti,*
- *radiologické zobrazovací postupy pro plánování a ověřování léčby,*
- *činnosti související s radiační ochranou a ve spolupráci s lékařem se podílí na léčebné péči,*
- *ve svém oboru metodické, výzkumné a vzdělávací činnosti,*
- *jednotlivá lékařská ozáření podle ozařovacího předpisu, který je schválen lékařem se specializovanou způsobilostí v oboru radiační onkologie (aplikujícím odborníkem).*

*Radiologický asistent odpovídá za léčebnou aplikaci ionizujícího záření a specifickou ošetrovatelskou péči poskytovanou v souvislosti s radiologickými výkony.*

*Během praktické části léčebné aplikace ionizujícího záření:*

- *ovládá v klinické praxi ozařovací a další přístroje – zdroje ionizujícího záření v radioterapii,*
- *provádí a odpovídá za kontrolu totožnosti pacienta před každým ozářením,*
- *při prvním nastavení odpovídá s nastavujícím lékařem za správnou stranu při ozařování párových orgánů,*
- *zodpovídá za správné používání fixačních pomůcek a pečlivé nastavování pacienta do ozařovací polohy při každém ozáření,*
- *sleduje kamerovým systémem pacienta v průběhu vlastního ozáření,*
- *vede v ozařovacím protokolu záznamy o každém provedeném ozáření pacienta,*
- *hodnotí verifikační snímky, portálová zobrazení, CT zobrazení na ozařovacím přístroji,*
- *sleduje chod přístrojů, odchylky a poruchy hlásí technikovi*
- *v případě vzniku radiologické události hlásí ihned pracovníkovi pověřenému soustavným dohledem,*
- *provádí zkoušky provozní stálosti podle stanovených kompetencí,*

- odpovídá za udržování značek na kůži pro nastavení pacienta.

*Radiologičtí asistenti pracující na odd. radiační onkologie jsou zpravidla rozděleny do tří skupin kompetencí podle svého vzdělání a podle činností, pro které byli externě či interně vyškoleni:*

- *radiologický asistent pod odborným dohledem bez praxe, bez registrace (vykonává léčebnou ozařovací techniku pod odborným dohledem a provádí specifickou ošetrovatelskou péči, poskytovanou v souvislosti s aplikací lékařského ozáření),*
- *radiologický asistent bez odborného dohledu, s registrací (vykonává složitější terapeutické výkony v radiační onkologii bez odborného dohledu, např. speciální radioterapeutické výkony – IMRT, IGRT, radiochirurgie, celotělové ozařování aj.; vykonává činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany),*
- *radiologický asistent bez odborného dohledu, s registrací, se specializací (vykonává kromě terapeutických výkonů také činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, dále činnosti metodické, řídicí, koncepční, kontrolní, výzkumné a vzdělávací ve svém oboru).*

*Radiologický asistent dále vykonává:*

- a) poskytuje zdravotní péči v souladu s právními předpisy a standardy,*
- b) dbá na dodržování hygienicko – epidemiologickému režimu,*
- c) vede zdravotnickou dokumentaci a pracuje s citlivými daty pacientů,*
- d) pracuje s nemocničním informačním systémem,*
- e) poskytuje pacientovi informace v souladu se svou odbornou způsobilostí, případně pokyny lékaře,*
- f) podílí se na přípravě léčebných a ošetrovatelských standardů,*
- g) provádí a vyhodnocuje zkoušky provozní stálosti zdrojů ionizujícího záření a souvisejících přístrojům všech typech zdravotnických radiologických pracovišť,*
- h) zajišťuje, aby lékařské ozáření nebylo v rozporu se zásadami radiační ochrany, podílí se na její optimalizaci, včetně zabezpečování jakosti,*
- i) provádí specifickou ošetrovatelskou péči poskytovanou v souvislosti s radiologickými výkony,*

*j) zvyšuje své odborné znalosti v oboru a účastní se různých forem kontinuálního vzdělávání (Hynková, Šlampa a kol., 2012, s. 66-67).“*

## 2. Identifikace pacienta

Pacient přijde na CT simulátor s určenou diagnózou, v našem případě je to diagnostikovaný karcinom anu. Nejdříve si pacienta vyfotíme a vložíme fotku do jeho profilu. Tato fotka slouží k identifikaci pacienta spolu s jeho nacionály, poté dostane identifikační kartičku se svým jménem, rodným číslem a s číselně označeným lineárním urychlovačem, na kterém bude P ozařován. Pokud by pacient přeslechl své jméno, tak tato fotka a kartička vyloučí záměnu pacienta. Jestliže je P v nemocnici hospitalizován a nedochází na ozařování ambulantně, tak dostane místo identifikační kartičky identifikační náramek.

### 3. Plánovací CT

Ujistíme se, že před vyšetřením si P aplikoval večer a ráno Yal gel na vyprázdnění konečníku. Pacient si lehne na stůl, hlavou směrem ke gantry. Pod nohy mu dáme fixační podložku a pod hlavu polštářek (poloha P je zobrazena na obrázku číslo 8), všechny fixační pomůcky se musí zaznamenat do ozařovacího plánu. Poloha musí být vždy dobře reprodukovatelná a P se musí cítit pohodlně, aby zvládl celé vyšetření a ozařování bez hnutí. Zajedeme se stolem do gantry a určíme nulový bod. Nulový bod u karcinomu anu je ve středu malé pánve. Poté provedeme plánovací CT zobrazení (topogram musí být zaměřen na celou oblast pánve). Transverzální CT řezy jsou standardně prováděny po 5 mm nebo podle potřeby po 3mm.



**Obrázek 8** Poloha pacienta na plánovacím CT

## 4. Zakreslení objemů CTV, GTV a PTV

Snímky z CT vyšetření jsou on-line přeposlány do plánovacího systému. Cílové objemy a aplikovanou dávku zakresluje výhradně lékař. Lékař zakreslí jednotlivé kontury v malé pánvi. Konturuje jednotlivé budoucí objemy – CTV, GTV a PTV a jednotlivé orgány, aby následně mohl software vypočítat, který orgán dostane jak velkou dávku.

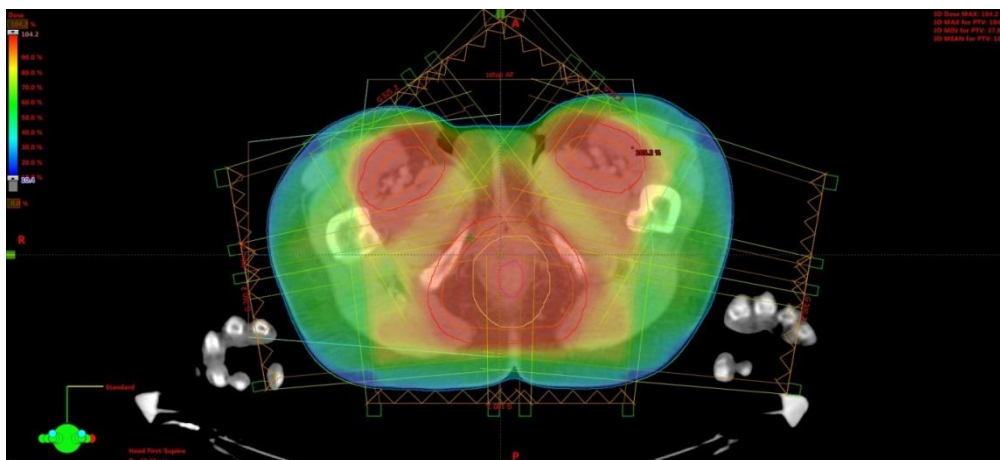
V levé horní části obrázku číslo 9 a 10 se nachází barevná stupnice, která určuje procento předepsané dávky. Červená značí největší procento dávky, naopak modrá vyobrazuje nejmenší procento dávky.

### 4.1. Řez z radioterapeutického plánu – IMRT technika

Obrázek 9 vyobrazuje řez z radioterapeutického plánu radikální radioterapie tumoru anu. Ozařování je prováděno technikou IMRT (intensity modulated radiotherapy), výhodou techniky IMRT je, že se dají vytvarovat různorodější kontury ozařovaného pole, ale za cenu většího množství jednotlivých políček, z nichž je každá frakce radioterapie aplikována. Další významnou výhodou je, že dochází k šetření zdravých tkání a orgánů, což má velký význam z hlediska kvality života. Celková předepsaná dávka ozáření je 45 Gy.

#### 1. Popis cílových objemů na obrázku 9

Nádorový objem (GTV) je vyobrazen růžovou barvou. Klinický cílový objem boostu (CTV boost) je vyznačen žlutou barvou, tento objem je ve vzdálenosti od GTV 1 cm a je to zakreslený objem, který platí při ozařování ve fázi boost. To samé platí u hnědé barvy, která značí plánovací cílový objem boostu (PTV boost), je 1 cm od CTV boost a platí také u ozařování ve fázi boostu. Oranžová barva dále označuje CTV a červená barva zobrazuje PTV. Do tohoto objemu by mělo jít ideálně 100% dávky. PTV je vzdáleno 1 cm od CTV.



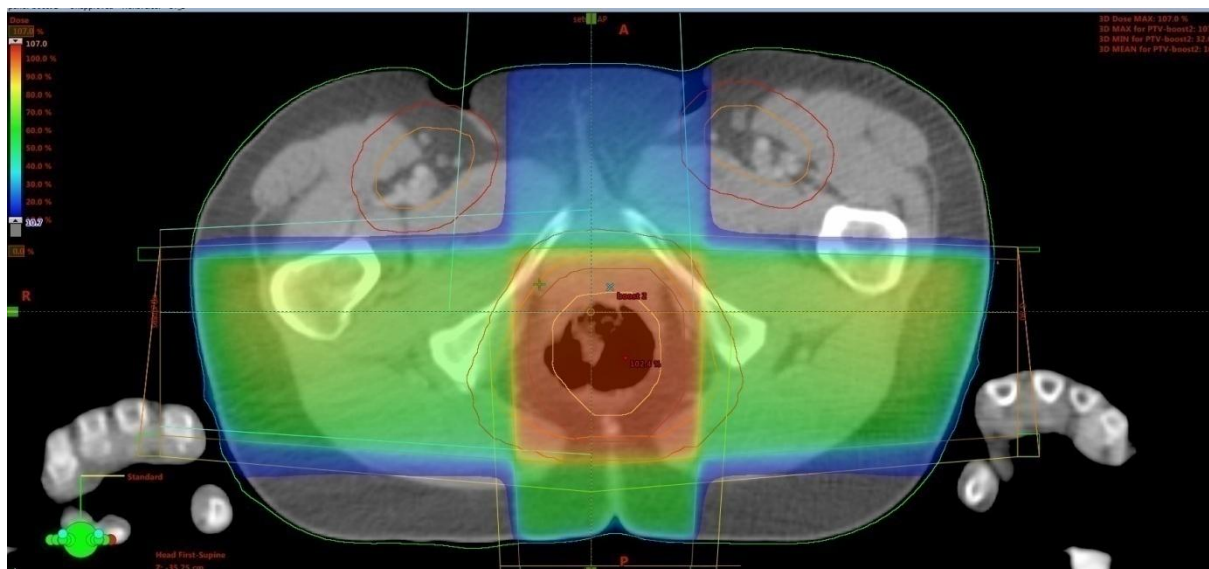
**Obrázek 9** Řez z radioterapeutického plánu – IMRT technika (archiv radioterapie FNHK)

#### 4.2. Řez z radioterapeutického plánu – BOX technika

Obrázek 10 vyobrazuje řez z radioterapeutického plánu radikální radioterapie tumoru anu, který je ozařován BOX technikou. V této fázi je předepsaná celková dávka 14,4 Gy přímo na tumor (boost), tato dávka se aplikuje poté, co je dokončená aplikace 45 Gy na malou pánev.

##### 1. Popis cílových objemů na obrázku 10

Zakreslené cílové objemy podle barev na obrázku 10 jsou stejné jako u předchozího obrázku (viz obrázek číslo 9), ale není zde vidět nádorový objem GTV, protože se jedná o řez, ve kterém již není tumor vidět.



**Obrázek 10** Řez z radioterapeutického plánu - BOX technika (archiv radioterapie FNHK)

## 5. Sestavení ozařovacího plánu

Ozařovací plán se vytváří na výkonném počítači, který má v sobě software umožňující výpočet izodózního plánu. Lékař určí dávku, počet frakcí, zvolí vhodnou ozařovací techniku a potom za pomoci algoritmů vypočítá rozložení dávky v cílovém objemu a na kritické orgány. Úkolem radiologického fyzika je zhodnocení izodózního plánu. Radiologický fyzik většinou vypracuje více variant a poté je v plánovacím systému porovnává, až vybere tu neoptimálnější variantu. Tyto varianty se porovnávají za pomoci tzv. dávkově- objemových histogramů (DVH – dose – volume histogram), které znázorní dávku, která se dostane do cílového objemu a do kritických orgánů. V ozařovacím plánu musí být obsaženo nastavení ozařovače pro každé pole (např. poloha stolu, úhel kolimátoru, fixační pomůcky atd.). Po schválení ozařovacího plánu lékařem se odesílá na simulaci.

## 6. Simulace

Pacienta uložíme do stejné polohy jako při lokalizaci a plánovacím CT vyšetření. Model, který byl vypočítán plánovacím systémem, je přenesen na tělo pacienta. Vzhledem k nulovému bodu jsou vypočítány plánovacím systémem souřadnice izocentrace (x, y, z) a ty jsou zakresleny na povrch těla pacienta. Pomůcky k zakreslení značek jsou vidět na obrázku číslo 11. Jednotlivé parametry se potom pošlou do ozařovače a při ozařování se nastaví na ozařovači automaticky.



**Obrázek 11** Pomůcky k zakreslení kožních značek

## 7. Verifikace

Verifikace je jeden z faktorů, který pomáhá zajistit kvalitu radioterapie. Jeden z verifikačních faktorů je identifikace pacienta, kterou nám pomáhají zajistit již zmíněné identifikační fotky, kartičky a náramky. Dalším verifikačním faktorem je poloha pacienta, které nám zajišťuje kožní značení a online systém, který přenese parametry z CT simulátoru do ozařovače. Před ozářením se nám automaticky nastaví dané parametry (např. poloha stolu, velikost pole), polohu nám pomáhají zajišťovat kožní značky, které jsou zakreslené na pacientovi. Jejich přesnost musíme pravidelně kontrolovat. Také se v průběhu ozařování kontroluje dávka, která se zjišťuje in vivo dozimetrií. Tou se měří vstupní dávka za pomoci diody, která se přilepí na políčko, které se ozařuje, a porovnává se s dávkou vypočítanou plánovacím systémem. Poté se zapisuje dávka do ozařovacího protokolu. Dozimetrická sonda je zobrazena na obrázku číslo 12. Radiologičtí asistenti v průběhu ozařování kontrolují identifikaci pacienta, polohu P, dbají na správné použití fixačních pomůcek a na ozařovací parametry. Pokud dojde během ozařování k jakékoliv změně, informují o tom lékaře.

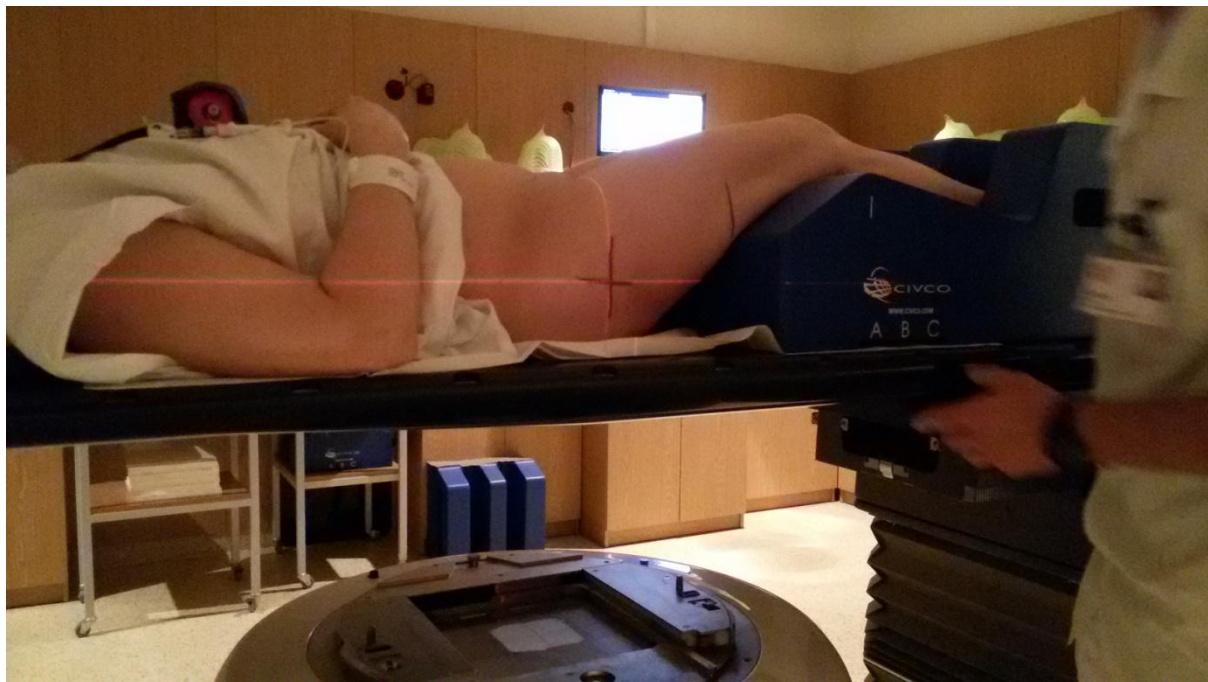


**Obrázek 12** Dozimetrická sonda

## 8. Ozáření

Pacient přijde na zahájení ve smluvený den a čas, je poučený, že má být vyprázdněný. Zavoláme P do kabinky a identifikujeme ho podle identifikační fotky, kartičky a pro jistotu se ho ještě zeptáme na jméno. Řekneme P, co z oblečení si má vysvléknout.

Až bude P připravený, vezmeme ho do ozařovny, tam se ho znovu zeptáme na celé jeho jméno. Upozorníme P, že se okolo něho bude po celou dobu pohybovat hlavička lineárního urychlovače, ozáření bude trvat cca 15 minut a bude bezbolestné. P poučíme, že se nesmí po celou dobu hýbat a ujistíme ho, že v místnosti jsou kamery, a kdyby se cokoli dělo, my to uvidíme a zareagujeme. Zeptáme se P, jestli nemá nějaké otázky a popřípadě je zodpovíme a poté opustíme místnost. Pacienta uložíme na stůl, a polohu upravíme fixačními pomůckami, které má zapsané v ozařovacím plánu. Polohovacím stolem zajedeme dle parametrů, které má uvedené v ozařovacím plánu a zhasneme. Na stěnách ozařovny jsou lasery, které musí přesně sedět na kožní značky pacienta. Paprsky jsou vysílány ve třech rovinách a jejich průsečík určuje izocentrum. Lasery a kožní značky nám slouží ke správnému nastavení pacienta (viz obrázek číslo 13.) Poté znovu zkontrolujeme, že všechny parametry odpovídají informacím v ozařovacím plánu.



**Obrázek 13** Nastavení polohy pacienta

Správnou polohu P, kontrolujeme technikou OBI, kterou provedeme u prvních 6 - ti ozáření, dále dle potřeby. Tato technika přispívá k přesnému uložení P a zkvalitňuje tím radioterapii.

Po provedení ozáření vrátíme P identifikační kartičku. Uložení pacienta je zobrazeno na obrázku číslo 14.

Po dokončení ozařovacího cyklu, během kterého byla P aplikována předepsaná dávka záření na oblast malé pánve včetně tumoru, nastává fáze, kdy je P aplikován boost (navýšení dávky na samotný tumor s lemy – PTV boost). Než dojde k ozáření tumoru další celkovou dávkou 14,4 Gy, tak musíme znovu provést plánovací CT, zakreslení objemů, sestavení ozařovacího plánu, simulaci, verifikaci a před ozářením se provádí navíc dozimetrie. Dále pak provádíme ozáření stejně, jak je výše popsáno.



**Obrázek 14** Poloha pacienta při ozařování

## 9. Ukončení ozařovacího cyklu

Po ukončení ozařovacího cyklu je pacient objednan na kontrolu ke svému onkologovi.

## 10. Diskuze

Radiologický asistent je nepostradatelnou součástí týmu radioterapie. Tým se skládá z onkologů, radiologických fyziků, radiologických asistentů a zdravotních sester. Velmi důležité je, aby každá složka v týmu věděla, jaká je jeho náplň práce a zvládala plnit své úkoly. Další nezbytnou vlastností je komunikace v týmu, musí si mezi sebou předávat úplné informace o pacientech a dalších náležitostech. Pokud tato komunikace vázne, tak následkem můžou být závažné chyby, které budou mít fatální dopad na pacienta.

V průběhu psaní praktické části mě velice zaujalo tvrzení, že rizikovým faktorem je anální pohlavní styk. Já sama jsem o tomto faktoru vůbec nevěděla a celkově mi přijde informování obyvatelstva o tomto rizikovém faktoru minimální. Také mě zaujalo tvrzení, že mnoho P přijde na vyšetření k lékaři, až když příznaky přetrvávají dlouho a do té doby příznaky bagatelizují. Zabývám se myšlenkou, proč k tomuto dochází, zda je to studem, dnešní uspěchanou dobou nebo jen nezájmem o své zdraví. Každý P má k tomu své důvody, ale myslím si, že celosvětová osvěta o tomto onemocnění je velice nízká. Kdyby P věděli, že krvácení z konečníku nemusí být jen příznak např. hemeroidů, ale i tumoru, tak by podle mě k tomu přistupovali zodpovědněji.

Velkou zodpovědností radiologického asistenta je zajištění verifikace. K nejčastějším chybám v ozařování jsou právě chyby ve verifikaci. Nikdy nesmí dojít k záměně P, k tomu nám pomáhají fotky pacientů, které máme k dispozici jak na ovladovně, tak i v ozařovně. Dále nám P předkládá svou identifikační kartičku s jeho jménem a rodným číslem nebo identifikační náramek. Provádíme aktivní identifikaci P, kdy se ho zeptáme na jméno a i popřípadě rodné číslo. Ze své zkušenosti z praxe vím, že se tato opatření striktně dodržují a všichni pracovníci si velmi dobře uvědomují, že k záměně P nesmí dojít. Další verifikační metodou je poloha P, tu zajišťujeme pomocí fixačních pomůcek, které máme vypsány v ozařovacím protokolu. Lasery nastavujeme podle kožních značek, které jsou zakreslené na P, jelikož P může během léčby zhubnout nebo si trochu jinak ulehnout na lineární urychlovač, tak se provádí kontrolní vyšetření OBI před ozářením, jeho frekvenci provedení je zapsaná v ozařovacím plánu.

Pokud vzniknou jakékoliv nejasnosti nebo pochybnosti, tak je radiologický asistent povinen je ihned hlásit kompetentní osobě, která zajišťuje tu danou problematiku.

Radiologický asistent je pracovník na radioterapii, který je nejčastěji v kontaktu s P. Pacienti se nacházejí v tíživé životní situaci, a proto jim radiologičtí asistenti mají vytvářet příjemné prostředí svým chováním a popřípadě jim poskytnout i psychickou podporu. Maličkosti, které jsou v běžném životě samozřejmostí, jsou pro jejich duševní pohodu velice významné (např. pomoc P při ukládání na lůžko či při zvedání). Proto se často zamýšlím nad tím, jak můžou nejen v tomto oboru, ale i celkově ve zdravotnictví pracovat lidi, které to očividně nebaví a svou nepohodu pak přenáší bohužel i na pacienty. I když si uvědomuji, že práce ve zdravotnictví je psychicky náročná, tak profesionalita zaměstnanců by podle mého názoru měla převládat.

Radioterapie je lékařský obor, který se neustále vyvíjí, proto i pracovníci se musí neustále sebevzdělávat, aby měli přehled o nejnovějších trendech a technologiích.

Na závěr musím konstatovat, že informace, které jsou uvedeny v odborné literatuře, se nijak zásadně neliší v tom, jak jsou aplikovány v praxi.

## 11. Závěr

Radioterapie se řadí mezi nejmladší lékařské obory. Její podstatou je ozařování zhoubných nádorů citlivých na ozáření za cílem jejich zničení. Ozařování se provádí před operací, po operaci nebo samostatně u nádorů, které jsou neoperabilní. Často se také radioterapie kombinuje s chemoterapií. V případě mnou popisovaného onemocnění – karcinomu anu – se nejčastěji používá jako hlavní možnost léčby radikální konkomitantní chemoradioterapie, v případě jejího neúspěchu eventuálně doplněná chirurgickou léčbou. Jelikož se tento obor stále vyvíjí, tak vyžaduje celoživotní vzdělávání všech pracovníků.

Ve své teoretické části jsem se zaměřila na popsání obecních informací o radioterapii, což je charakteristika ionizujícího záření, fyzikální veličiny a jednotky v radioterapii, radioaktivita, interakce záření s látkou, biologické účinky záření, zdroje IZ v radioterapii a historie radioterapie.

Dále jsem se zaměřila na stručný popis anatomie rekta a anu. Popsala jsem výskyt, příčiny, příznaky, diagnózu, TNM klasifikaci a prognostické faktory ca anu. Asi 70% ze všech karcinomů anu tvoří spinocelulární karcinom, 20 – 25% kloakogenní a mukoepidermoidní karcinom, zbylých cca 5% tvoří tumory, jejichž výskyt je velmi vzácný. V terapii jsem popsala léčbu karcinomu anu, postupy po léčbě a celkový souhrn.

V praktické části jsem charakterizovala kompetence a náplň práce radiologického asistenta a popsala postup při zevním ozařováním karcinomu anu.

Cílem bakalářské práce bylo uvedení do problematiky nádoru anu a popsání úlohy radiologického asistenta při zevním ozařováním karcinomu anu.

Díky této bakalářské práci jsem si rozšířila své znalosti a načerpala mnoho nových poznatků jak v celkovém pohledu na obor radioterapie tak i přímo na diagnostiku a léčbu karcinomu anu.

## SOUPIS BIBLIOGRAFICKÝCH CITACÍ

1. BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská Univerzita v Ostravě, 2010, 252 s. ISBN 978-80-7368-701-4.
2. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 2*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002, 470 s. ISBN 80-247-0143-X.
3. ČOUPEK Petr, Irena ČOUPKOVÁ, Aleš KUDLÁČEK, Denis PRINC, Barbora ONDROVÁ a Petra HÜBNEROVÁ. Linkos. *Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyňe*. [online]. 24.10.2009 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.linkos.cz/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/abstrakta/cislo/3507/>.
4. HUŠÁK, Václav a kol. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 138 s., ISBN 978-80-244-2350-0.
5. HYNKOVÁ Ludmila, Pavel, ŠLAMPA, a kol. *Základy radiační onkologie*. Brno: Masarykova univerzita, 2012, 247 s. ISBN 978-80-210-6061-6.
6. KISS, Igor a Jiří TOMÁŠEK. Linkos. *Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyňe*. [online]. 18.5.2014 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.linkos.cz/nadory-travici-trubice-jicen-zaludek-tenke-strevo-tluste-strevo-konecnik-rit-c15-21/o-karcinomu-riti-a-ritniho-kanalu/>.
7. Linkos. *Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyňe*. [online]. [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://www.linkos.cz/slovnicek/nezadouci-ucinky-radioterapie/>.
8. NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Ondřej ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2. vyd. Praha: Galén, 2009, 416 s. ISBN 978-80-7262-612-0.
9. SABOL, Jozef a Petr VLČEK. *Radiační ochrana v radioterapii*. Praha: Vysoké učení technické v Praze, 2011, 300 s. ISBN 978-80-01-04757-6.
10. SKALICKÁ, Zuzana, Jiří HALAŠKA, Renata HAVRÁNKOVÁ, Jiří KUBEŠ, Leoš NAVRÁTIL, Václav NAVRÁTIL, Jozef SABOL, Ladislav SIROVÝ a Friedo ZÖLZER. *Radiobiologie*. . [online]. [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/6-kapitola/63.html>.
11. Srobf. *Společnost radiační SROBF onkologie, biologie a fyziky*. [online]. [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://www.srobf.cz/cz/Ucinky/>.
12. ŠLAMPA, Pavel a kol. *Radiační onkologie v praxi*. 2. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08.

13. ŠLAMPA, Pavel. Linkos. *Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně*. [online]. 14.10.20011 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.linkos.cz/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/abstrakta/cislo/4860/>.
14. ULLMAN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská Univerzita v Ostravě, 2009, 173 s. ISBN 978-80-7368-669-7.
15. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef, NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012, 153 s., ISBN 978-80-244-3126-0.