

Univerzita Pardubice

Fakulta zdravotnických studií

Možnosti radioterapie v léčbě benigních chorob, úloha radiologického asistenta

Nikola Vaňková

Bakalářská práce

2016

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Nikola Vaňková**  
Osobní číslo: **Z13071**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Název tématu: **Možnosti radioterapie v léčbě benigních chorob, 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. ČIHÁK, Radomír, GRIM, Miloš a Oldřich FEJFAR (eds.). Anatomie. 3. vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3817-8
2. ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5
3. FELTL, David a Jakub CVEK. Klinická radiobiologie. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2008, 105 s. ISBN 978-80-7311-103-8
4. DOROTÍK, Jan. Radioterapeutické přístroje. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2006, 113 s. ISBN 80-7368-220-6

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. David Buka  
Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: 1. prosince 2014  
Termín odevzdání bakalářské práce: 9. května 2016

  
prof. MUDr. Josef Fusek, Dr.Sc.  
děkan

L.S.

  
Ing. Lukáš Čegán, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. března 2016

**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 o 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 26. 5. 2016

Nikola Vaňková

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala MUDr. Davidu Bukovi za vedení mé bakalářské práce, za jeho cenné rady, připomínky a podklady pro psaní bakalářské práce, které mi byly poskytnuty.

Také bych ráda poděkovala svým rodičům za umožnění studia a za jejich podporu během studia na Univerzitě Pardubice.

## **ANOTACE**

Do oboru radioterapie nezahrnujeme pouze léčbu maligních (tedy zhoubných) nádorů. Radioterapie se také zabývá léčbou benigních chorob. Nejčastěji se jedná o degenerativní onemocnění pohybového aparátu, dále Dupuytrenovy kontraktury, vzácněji lze radioterapií řešit symptomy vyplývající z Graves – Basedowy choroby (retrobulbární oftalmopatie), keloidy i další vzácnější diagnosy. Mezi výhody nenádorové radioterapie můžeme zařadit její nízké náklady, efektivnost, rychlost. Na druhou stranu musíme brát na vědomí, že i tato léčba je pro pacienta velice náročná, jelikož využívá ionizujícího záření. Ze stejného důvodu vyžaduje i přesnost a odbornost aplikujícího personálu. V důsledku používání ionizujícího záření se mohou projevovat stochastické účinky, jejichž pravděpodobnost se snažíme vždy minimalizovat. Ve své práci se budu zabývat rolí radiologické asistentky při této terapii, v praktické části se pak budu věnovat konkrétním kazuistikám pacientů včetně fotodokumentace a průběhu radioterapie od indikace až po dokončení léčby.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

radioterapie, benigní choroby, terapie, radiologická asistentka, radioterapeutické přístroje

## **TITLE**

Possibilities of radiotherapy in the treatment of benign diseases, the role of radiology assistant

## **ANNOTATION**

Not only treatment of malignant tumours is part of radiotherapy field. It also deals with treatment of benign diseases. The most often case is degenerative musculoskeletal disorder, Dupuytren's contracture. Radiotherapy can also heal symptoms of Graves - Based's disease (retro-bulbar oftalmopathy), keloids, etc. Low expenses, effectivity, and quickness are the biggest advantages of non-malignant radiotherapy. On the other hand, we also have to take into consideration that the treatment is very hard for the patient because of usage of ionising radiation. Therefore, precision and high expert skills of staff are required. Stochastic effects can appear as consequence of the radiation, which are tended to be minimalized as much as possible. I will deal with the role of radiology assistant during the therapy in my thesis. Practical part will describe particular examples of patients with photo-documentation of process of the cycle from indication to finishing the treatment.

## **KEYWORDS**

radiotherapy, benign disease, therapy, radiology assistant, radiotherapy devices

# OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK .....	11
TERMINOLOGIE.....	12
ÚVOD.....	13
CÍLE .....	14
TEORETICKÁ ČÁST.....	15
1 Radiobiologie .....	15
1.1 Radioterapie .....	15
1.1.1 Radikální radioterapie.....	16
1.1.2 Pooperační radioterapie .....	16
1.1.3 Paliativní radioterapie.....	16
1.2 Klasifikace nádorů.....	17
1.2.1 TNM klasifikace.....	17
1.3 Radioterapeutické přístroje .....	18
1.3.1 Urychlovače nabitých částic .....	18
2 Ionizující záření.....	27
2.1 Dělení zdrojů ionizujícího záření .....	27
2.2 Interakce ionizujícího záření s látkou.....	27
2.2.1 Fotoelektrický jev.....	28
2.2.2 Comptonův rozptyl.....	29
2.2.3 Tvorba párů elektron – pozitron.....	29
3 Účinky ionizujícího záření .....	31
3.1 Deterministické účinky .....	31
3.1.1 Akutní nemoc z ozáření.....	31
3.1.2 Akutní lokální poškození .....	32
3.2 Stochastické účinky .....	33
4 Principy radiační ochrany .....	34
4.1 Princip optimalizace .....	34
4.2 Princip zdůvodnění.....	34
4.3 Princip nepřekročení limitů.....	34
4.4 Princip fyzické bezpečnosti zdrojů.....	35
5 Nenádorová radioterapie.....	36



5.1	Zásady nenádorové radioterapie.....	36
5.2	Absolutní kontraindikace nenádorové radioterapie.....	37
5.2.1	Relativní kontraindikace .....	37
5.3	Zdroje záření u nenádorové radioterapie .....	38
5.4	Častější nenádorová onemocnění indikovaná radioterapií .....	38
5.4.1	Degenerativní kloubní onemocnění.....	38
5.4.2	Graves-Basedowa oftalmopatie.....	39
5.4.3	Keloidy.....	41
5.4.4	Heterotopická osifikace .....	42
5.4.5	Povrchové tromboflebitidy .....	43
5.5	Méně časté indikace k nenádorové radioterapie .....	43
5.5.1	Makulární degenerace.....	43
5.5.2	Gynekomastie.....	44
5.5.3	Pterygium.....	44
5.5.4	Radiokastrace .....	44
5.5.5	Dupuytrenova kontraktura .....	44
5.5.6	Induratio penis plastica – Peyronie´s disease.....	45
5.5.7	Ekzémy a psoriáza.....	45
5.5.8	Hydradenitis axillaris.....	45
5.5.9	Perzistující pooperační lymfatické fistuly a lymfokély .....	45
5.5.10	Paronychia, panaritia .....	46
5.5.11	Endovaskulární radioterapie .....	46
5.6	Sledování po léčbě.....	46
6	Anatomie.....	47
6.1	Radiologická anatomie .....	47
7	Kosti nohy – ossa pedis .....	48
7.1	Kosti zánártní – ossa tarsi .....	50
7.2	Kosti nártní – ossa metatarsi .....	50
7.3	Kosti prstů (na noze) – ossa digitorum (pedis) .....	50
7.4	Sesamské kůstky nohy – ossa sesamoidea pedis.....	50
PRAKTICKÁ ČÁST.....		51
8	Patní ostruha – calcar calcanei .....	52
9	Radioterapeutické oddělení .....	53

9.1	Pacientka č. 1 .....	54
9.2	Pacientka č. 2 .....	57
10	Diskuze .....	64
11	Závěr .....	65
12	Seznam použité literatury .....	66

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 Schématické znázornění cyklotronu (Binarová, 2010) .....	19
Obrázek 2 Schématické zobrazení betatronu (Binarová, 2010).....	20
Obrázek 3 Cyberknife (Hynková a kol., 2012).....	22
Obrázek 4 Leksellův gama nůž (Hynková a kol., 2012) .....	23
Obrázek 5 Kobaltový ozařovač (Hynková a kol., 2012) .....	24
Obrázek 6 Rentgenový přístroj (Hynková a kol., 2012) .....	25
Obrázek 7 Tubusy pro vymezení ozařovacího pole (Hynková a kol., 2012) .....	26
Obrázek 8 Schématické znázornění fotoefektu (Šlampa, 2007).....	28
Obrázek 9 Schématické znázornění Comptonova rozptylu (Šlampa, 2007) .....	29
Obrázek 10 Schématické znázornění tvorby páru elektron - pozitron (Šlampa, 2007) .....	30
Obrázek 11 Plánování ozařování kyčle, (MUDr. Buka, FN HK 2015) .....	39
Obrázek 12 Plánování ozařování retrobulbárních prostor, distribuce dávky (MUDr. Buka, FN HK 2015) .....	41
Obrázek 13 Plánování ozařování kyčelního kloubu, distribuce dávky (MUDr. Buka, FN HK 2015).....	42
Obrázek 14 Kostí nohy (Čihák, 2011).....	49
Obrázek 15 Ovládací místnost na radioterapeutickém oddělení Multiscan v Ústí nad Orlicí. (Vaňková, 2016).....	54
Obrázek 16 Poloha pacientky při ozařování, planární projekce. (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016).....	56
Obrázek 17 Vymezení ozařovacího pole, planární projekce. (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016).....	57
Obrázek 18 Vymezení ozařovacího pole pacientky č. 2, pata plantárně. (Vaňková, 2016).....	60
Obrázek 19 Ozařování pacientky č. 2, pata laterálně. (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016).....	61
Obrázek 20 Ozařování pacientky č. 2, pata dorsálně (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016).....	62
Obrázek 21 Ozařování pacientky č. 2, pata mediálně. (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016).....	63
Tabulka 1 TNM klasifikace (Hynková a kol., 2012) .....	17
Tabulka 2 Ozařovací plán pacientky č. 1 .....	55
Tabulka 3 Ozařovací plán pacientky č. 2 .....	59

## TERMINOLOGIE

metalurg = pracovník s kovem

restenóza = obnovení stenózy

malformace = vada, chybný tvar

gonartróza = degenerativní poškození kolenní chrupavky

coxartróza = degenerativní poškození chrupavky kyčelního kloubu

omartróza = degenerativní poškození chrupavky ramenního kloubu

tendosynovitidy = zánět šlach

calcar calcanei = patní ostruha

epicondylitis humeri = zánět lokte, tenisový loket

burzitida = zánět vaku s kapalinou obklopující kloub

periartritida = zánětlivé onemocnění okolních tkání kloubu a jeho pouzdra

exoftalmus = vysunutí očních bulbu dopředu

retrobulbální = ležící za oční koulí

korium = prokrvená a inervovaná vazivová vrstva kůže pod pokožkou, škára

hermeticky = vzduchotěsně

kolimace = soustřeďování světelných paprsků do určitého směru

# ÚVOD

Benigními chorobami vhodnými k ošetření radioterapií onemocní v České republice mnoho set pacientů ročně. Jedná se o celosvětovou problematiku, a proto se blíže seznámíme s jednotlivými chorobami, jejich léčbou a možnými nežádoucími účinky léčby radioterapií.

Tato práce je rozdělená na praktickou a teoretickou část. V teoretické části objasním co vlastně radioterapie je a jaké přístroje řadíme mezi radioterapeutické. Také se zaměřím na to, jaký účinek má na náš organismus ionizující záření. Uvedu stručnou charakteristiku nenádorové radioterapie, nejčastější benigní choroby vhodné k terapii ionizujícím zářením a jejich konkrétní léčbu.

## **CÍLE**

Cílem této bakalářské práce je obeznámit čtenáře s radioterapií benigních onemocnění a s úlohou radiologického asistenta při jejich léčbě.

V praktické části se budu především zabývat chodem radioterapeutického oddělení, dále popíši proces průběhu aplikace radioterapie na příkladu diagnosy calcar calcanei od indikace až po dokončení včetně fotodokumentace.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1 Radiobiologie

Vlastnostmi a účinky IZ na živé organismy se zabývá obor, který se nazývá radiobiologie. Radiobiologie nám vytváří spekulativní podklad v oboru radiační onkologie. Bez všech těchto znalostí bychom nebyli srozuměni s principem vzniku vedlejšího působení radioterapie, nemohli bychom aplikovat terapeutické dávky IZ, nezvládli bychom zlepšovat frakcionační režimy a mnoho dalšího.<sup>1</sup>

### 1.1 Radioterapie

Již více než 100 let využíváme radioterapii jako nejúčinnější konzervativní protinádorovou léčebnou modalitu. Díky svému objevu „paprsků X“, který učinil tehdy padesátiletý Wilhelm Conrad Röntgen na půdě würzburgské university 8. listopadu 1895, položil základy tohoto oboru. O dva měsíce později tento objev publikoval. Součástí publikace byl i velmi proslulý snímek, na které je ruka jeho manželky. V té době představil neuvěřitelné diagnostické možnosti, ale ještě nepředpokládal, že by paprsky mohly mít i terapeutické využití. Za další dva měsíce po představení epochálního Röntgenova objevu byly RTG paprsky využity v léčbě maligního nádoru. Emil Grubbe, chicagský metalurg, použil RTG záření při léčbě pětapadesátileté pacientky se zvředovatělým maligním nádorem prsu a vypožoroval nadmíru dobrý efekt.

Dalším průlomovým bodem v historii byl rok 1901. Francis Williams z Bostonu představil případ pacienta s karcinomem dolního rtu, jehož se zdařilo RTG zářením zcela vyléčit. Po této zkušenosti, se vyléčení pacienti začali rozšiřovat i v Evropě, nejvíce však ve Skandinávii. Začátek v léčebné revoluci v onkologii nastal na počátku 20. století.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> FELTL, David a Jakub CVEK. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2008, str. 5, 105 s. ISBN 978-80-7311-103-8

<sup>2</sup> FELTL, David a Jakub CVEK. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2008, str. 5, 105 s. ISBN 978-80-7311-103-8.

### **1.1.1 Radikální radioterapie**

Radikální radioterapie má za cíl vyléčit nádor. Často se aplikuje dávka blízka maximální tolerované dávce okolními zdravými tkáněmi, vždy musí být brán zřetel na pravděpodobnost a stupeň nežádoucích reakcí. Radioterapie se mnohdy spojuje s chemoterapií a to proto, že v některých situacích ulehčuje léčbu nádoru při nižším stupni nežádoucích účinků. Dávky, které jsou používány v radikální radioterapii, jsou v rozmezí 30 – 80 Gy v době 6 – 8 týdnů v závislosti na histologickém typu maligního onemocnění. Dávky, které se aplikují v rámci jednotlivého ozáření, jsou nejčastěji v rozmezí 1,8 – 2 Gy.<sup>3</sup>

#### **1.1.1.1 Předoperační radioterapie**

Cílem této terapie je nádor zmenšit tak, aby byl možný operační zákrok, nebo umožnit zmenšení velikost zásahu.<sup>4</sup>

### **1.1.2 Pooperační radioterapie**

Terapie, která se provádí po operačním zákroku má za cíl zničit poslední velmi drobné části nádoru. Dávky, které se používají, jsou nižší než u radikální radioterapie, pohybují se v rozsahu 50 – 60 Gy.<sup>5</sup>

### **1.1.3 Paliativní radioterapie**

Paliativní radioterapii využíváme při potížích, které způsobuje nevléčitelný nádor. Používáme dávky v rozsahu 2 – 40 Gy. Pokoušíme se snížit vedlejší účinky a zkrátit čas, který pacient stráví ve zdravotnickém zařízení. Nejčastěji se využívá velkých dávek záření na jednu frakci.<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně. [www.linkos.cz](http://www.linkos.cz) [online] 2006

Dostupné z: <<http://www.linkos.cz/radioterapie-1/indikace-radioterapie/#paliativni-radioterapie>>

<sup>4</sup> Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně. [www.linkos.cz](http://www.linkos.cz) [online] 2006

Dostupné z: <<http://www.linkos.cz/radioterapie-1/indikace-radioterapie/#paliativni-radioterapie>>

<sup>5</sup> Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně. [www.linkos.cz](http://www.linkos.cz) [online] 2006

Dostupné z: <<http://www.linkos.cz/radioterapie-1/indikace-radioterapie/#paliativni-radioterapie>>

<sup>6</sup> Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně. [www.linkos.cz](http://www.linkos.cz) [online] 2006



## 1.2 Klasifikace nádorů

Velmi důležitá je znalost anatomického rozsahu nádorového onemocnění při plánování strategie terapie neboli staging. Podle stupně pokročilosti nádorového onemocnění se terapie liší. V současné době se používá uznávaná TNM klasifikace.

### 1.2.1 TNM klasifikace

Tato klasifikace byla vytvořena pro mezinárodní i regionální sjednocení podmínek při stanovování rozsahu nemoci. Rozsah má velký vliv na prognózu a strategii terapie, proto se TNM klasifikace využívá jako nejuniverzálnější systém, který vypracovala společnost UIAC (International Union Against Cancer).<sup>7</sup> Podrobné rozdělení TNM klasifikace vidíme v tabulce č. 1.

Tabulka 1 TNM klasifikace (Hynková a kol., 2012)

<b>T</b>	rozsah primárního nádoru	TX – primární nádor, jehož rozsah nelze hodnotit
		T0 – není žádná informace o přítomnosti primárního nádoru
		Tis – známky primárního nádoru
		T1-4 – objem nádoru se postupně zvětšuje (u T4 převážně nádor prorůstá do okolních orgánů)
<b>N</b>	stav regionálních mízních uzlin	NX – nelze posoudit regionální uzliny
		N0 – žádné známky poškození regionálních uzlin
		N1-3 – uzlinové poškození se postupně zvětšuje
<b>M</b>	(ne)přítomnost vzdálených metastáz	MX – nelze hodnotit vzdálené metastázy
		M0 – není žádná informace o vzdálených metastázách
		M1 – jsou přítomné vzdálené metastázy

Dostupné z: <<http://www.linkos.cz/radioterapie-1/indikace-radioterapie/#paliativni-radioterapie>>

<sup>7</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 11. ISBN 978-80-7368-701-4.

## 1.3 Radioterapeutické přístroje

V radioterapii využíváme zejména fotonové záření – rentgenové a gama záření, dále pak záření elektronové. Na několika pracovištích či pouze experimentálně se využívají i další typy záření - těmi jsou urychlené protony, lehké ionty a neutrony.<sup>8</sup>

### 1.3.1 Urychlovače nabitých částic

Jsou to přístroje, které pomocí působení silného elektrického a magnetického pole urychlují nabitě částice. Vlastního urychlení nabitých částic dosáhneme pomocí elektrického pole a ke změně směru nabitých částic používáme pole magnetické. Podle dráhy pohybu nabitých částic rozdělujeme urychlovače na lineární nebo kruhové.<sup>9</sup>

#### 1.3.1.1 Cyklotron

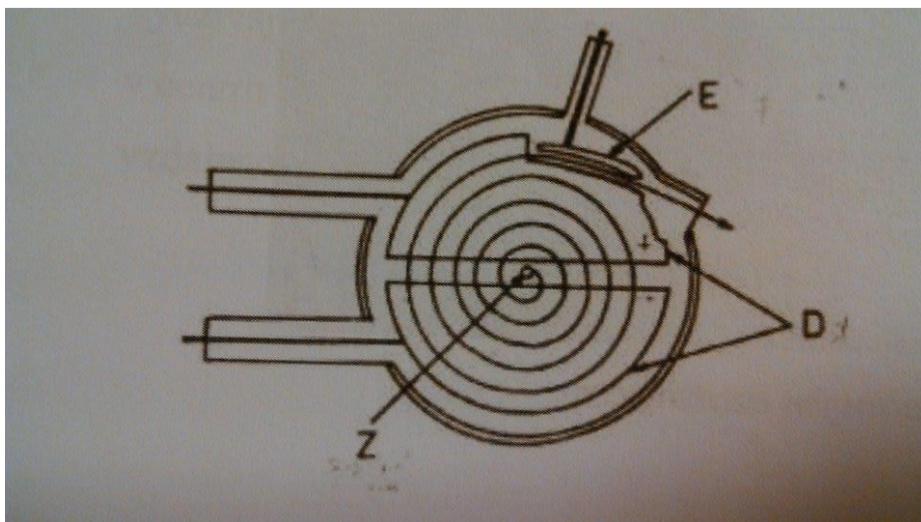
Cyklotron se používá k výrobě neutronového záření a umělých radioizotopů, které se dále využívají v terapii maligních onemocnění. Po spirálové dráze v cyklotronech jsou kladně nabitě částice urychlovány. Mezi dvěma elektrodami je umístěn zdroj částic, které jsou následně urychlovány mezi duanty, které jsou umístěny mezi póly silného elektromagnetu. Zakřivená dráha částic, kterou způsobuje magnetické pole, opisuje půlkruhovou dráhu. K urychlení částic dochází právě při přechodu z jednoho duantu na druhý, když se částice dostane na okraj duantu a následně je přitažena opačně nabitým duantem. Částice mají stejný náboj a tak musí měnit polarizace a synchronizovat s pohybem částice. Některé urychlené částice jsou vyvedeny ven z cyklotronu, a některé jsou odkloněny vychylovací elektrodou a ostřelují terčík.<sup>10</sup> Schéma cyklotronu můžeme vidět na obrázku č. 1.

---

<sup>8</sup> HYNKOVÁ, Ludmila a Pavel ŠLAMPÁ. *Základy radiační onkologie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, str.103. ISBN 978-80-210-6061-6.

<sup>9</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 118. ISBN 978-80-7368-701-4.

<sup>10</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 118. ISBN 978-80-7368-701-4.



**Obrázek 1** Schématické znázornění cyklotronu (Binarová, 2010)

Z – zdroj elektronu, D – duanty, E – deflektor na vyvedení částic

### 1.3.1.2 Betatron

Jedná se o urychlovač urychlující elektrony, kde jsou jeho dráhy uspořádány do kruhu. Elektrony se zde pohybují ve vakuovém prstenci, kde na ně působí velká síla vytvořena elektromagnetickou indukcí. Pracuje na principu transformátoru a obsahuje vakuovanou trubici neboli urychlovací komoru. Pomocí injektoru jsou částečně urychlené elektrony (50 – 70 keV) vstříkovány do magnetického pole, kde se jejich dráha spirálovitě zakřivuje, až se elektrony dostanou na dráhu kruhovou, tam se jejich rychlost zvětšuje v závislosti na rostoucím napětí. Po stočení dráhy elektronu k zevnímu okraji prstence naráží na terčík a dochází k emisi záření.<sup>11</sup> Schématické zobrazení betatronu můžeme vidět na obrázku č. 2.

<sup>11</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 119. ISBN 978-80-7368-701-4.



**Obrázek 2** Schématické zobrazení betatronu (Binarová, 2010)

T – terčík, I - injektor

### 1.3.1.3 Lineární urychlovač

V lineárním urychlovači se nabitě částice urychlují pomocí elektrického pole, které působí na urychlené částice pohybující se po přímkové dráze. Ionty nebo elektrony jsou v urychlovači urychlovány el. polem a využije se buď svazku těchto nabitých částic či sekundárních částic, které vznikají při interakčních procesech na vhodných terčících. Lineární urychlovače rozdělujeme na **elektrostatické** a **vysokofrekvenční**.<sup>12</sup>

#### **Elektrostatický lineární urychlovač**

Elektrostatický lineární urychlovač je složen ze zdroje vysokého napětí a urychlovací trubice, která je vakuovaná a na jejím katodovém konci je žhavená spirála. Na anodové straně je terčík z wolframu, kam dopadají urychlené elektrony. Z terčíku se stává zdroj rentgenového záření. Mezi katodou a anodou se nachází systém urychlovacích elektrod.

Mezi vyzářenými elektrony do urychlovacího systému pomocí elektronového děla postupně vzrůstá napětí. Celkový potenciál, který získáme z vysokonapětového zdroje, nám umožní rozložit urychlovací proces podél celé osy trubice za současného soustředění svazku elektronu. Elektrostatické pole nám umožňuje postupné urychlování částic. K napájení

<sup>12</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 120. ISBN 978-80-7368-701-4.

urychlovacích elektrod využíváme vysoké napětí elektrického kaskádního násobiče nebo Van de Graafův generátor.<sup>13</sup>

### **Vysokofrekvenční lineární urychlovač**

Vysokofrekvenční urychlovače tvoří urychlovací trubice s řadou válcových elektrod, které jsou připojeny ke zdroji vysokofrekvenčního napětí konstantní frekvence. Elektrody jsou připojeny ke zdroji střídavého napětí. K jednomu pólu vysokofrekvenčního napětí jsou připojeny liché válce a sudé k druhému. Ke zvýšení kinetické energie a ke zvýšení rychlosti částice dochází, když se kladná částice přiblíží k elektrodě s opačným nábojem. Jestliže je souběh mezi délkou elektrod, frekvenci a napětí zvolen tak, aby se vždy při průchodu částice mezi jednotlivými elektrodami obrátila polarita střídavého napětí, budou se tyto částice opakovaně urychlovat při průchodu každou elektrodou. Při vývoji lineárních urychlovačů se stále zvyšovala frekvence a místo válcových elektrod se již používají dutinové rezonátory.<sup>14</sup>

#### **1.3.1.4 Cyberknife**

Lze také použít označení robotický ozařovač. V robotickém rameni je umístěn lineární urychlovač o velmi malé hmotnosti a s energií 6 MV. Svazek záření tvarujeme pomocí dvanácti fixních, vyměnitelných, kruhových kolimátorů nebo s pomocí automatického Iris kolimátoru, který je tvořen šesti lamelami. Automatické je i lůžko pro pacienta. Cyberknife se skládá ze dvou rentgenových přijímačů, které jsou zavěšeny u stropu ozařovny a z detektorů, které jsou umístěny na podlaze pod polohovacím stolem. Snímky pacienta jsou zachytávány pomocí detektorů a jsou přenášeny na monitor počítače, který řídí ozařování. Při snímkování (kdy použijeme krátký časový interval) získáme prostorovou lokalizaci, a následně se porovnávají 3D data z plánovacího CT. Robotické rameno v průběhu ozařování a v různých pozicích sleduje nádorové ložisko. Jestliže se nějakým způsobem změní poloha pacienta nebo nádoru a tím se překročí limity, které systém toleruje, ozařování se přeruší a dojde k úpravě polohy pacienta.

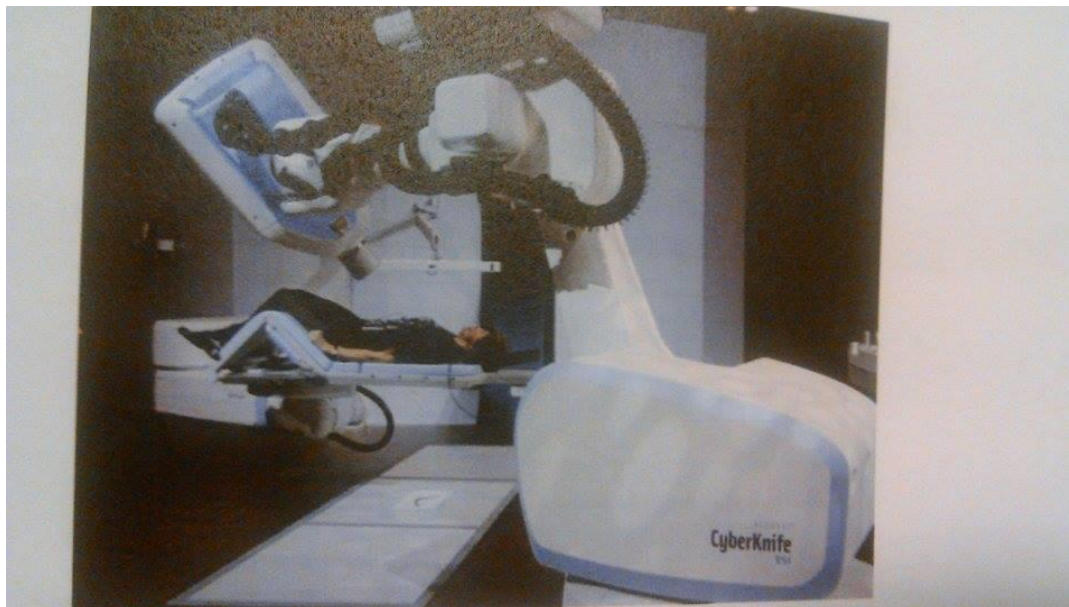
Dalšími součástmi přístroje je systém, který sleduje dýchací pohyby a série dotykových senzorů, to vše přispívá k přesnosti ozáření a chrání pacienta. Cyberknife se dá využít

---

<sup>13</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 120. ISBN 978-80-7368-701-4.

<sup>14</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 121. ISBN 978-80-7368-701-4.

k intrakraniální a extrakraniální radiochirurgii, terapie nejčastěji probíhá v 1 – 5 frakcích. Profesor Adler vyvinul kybernetický nůž díky poznatkům, které získal při učení u profesora Leksella.<sup>15</sup> Cyberknife můžeme vidět na obrázku č. 4.



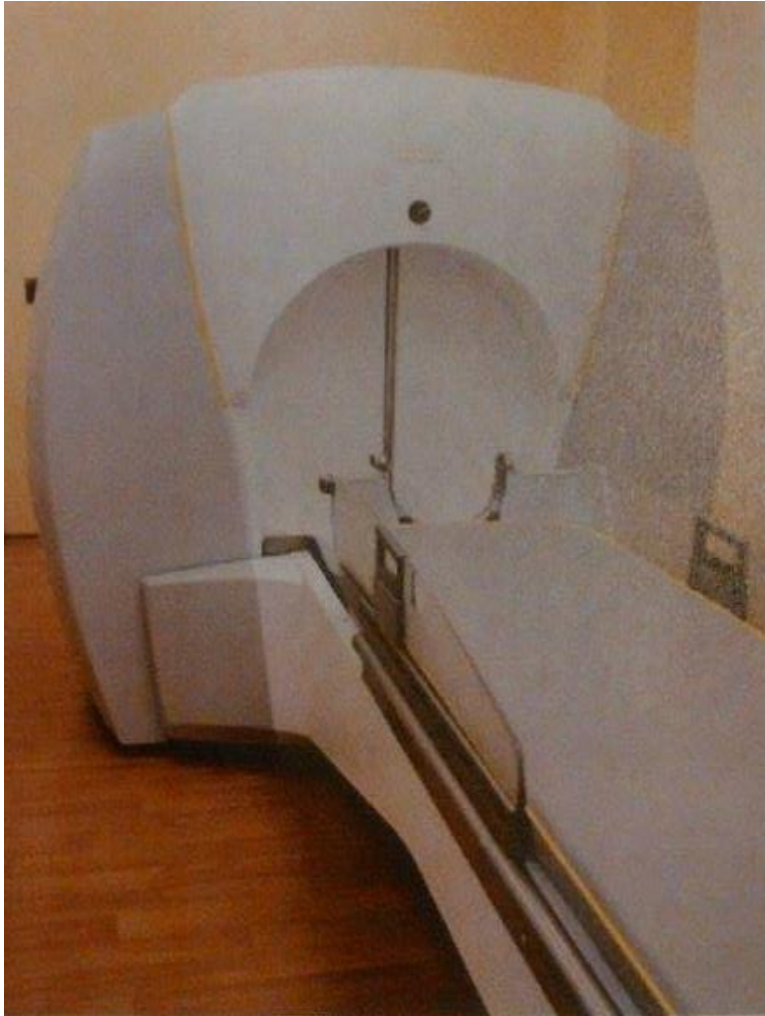
**Obrázek 3** Cyberknife (Hynková a kol., 2012)

### 1.3.1.5 Leksellův gama nůž (dále LGN)

I LGN využívá izotopové záření gama z  $^{60}\text{Co}$  zdrojů. Je mnoho modelů LGN. U starších přístrojů nalezneme 201 zdrojů  $^{60}\text{Co}$ , které jsou fixně uloženy v hemisférické jednotce v hlavici přístroje. Zdroje jsou rozloženy rovnoměrně v pěti řadách po celém obvodu jednotky. Každý zdroj je složen z 12-20 hermeticky uzavřených válcových pelet  $^{60}\text{Co}$  jejichž průměr a délka je 1 mm. Záření je kolimováno pomocí dvou stacionárních kolimátorů. Jeden kolimátor se nachází v radiační jednotce a jeden ve výměnné kolimační helmici. U moderních modelů LGN najdeme 192 zdrojů  $^{60}\text{Co}$  se třemi rozlišnými průměry kolimačního systému (4,8 a 16 mm), které jsou uspořádány v osmi nezávisle pohyblivých segmentech s automatickou manipulací kolimačního systému. Tento manipulační prostor umožňuje provádět intrakraniální ozáření i v oblasti cervikální části páteře. Také umožňuje provádět stereotaktickou radioterapii.<sup>16</sup> Přístroj je zobrazen na obrázku č. 4.

<sup>15</sup> HYNKOVÁ, Ludmila a Pavel ŠLAMPA. *Základy radiační onkologie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, str. 104 - 105. ISBN 978-80-210-6061-6.

<sup>16</sup> HYNKOVÁ, Ludmila a Pavel ŠLAMPA. *Základy radiační onkologie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, str. 105. ISBN 978-80-210-6061-6.



**Obrázek 4** Leksellův gama nůž (Hynková a kol., 2012)

### **1.3.1.6 Kobaltový ozařovač**

Zdrojem záření je stejně jako u LGN radionuklid  $^{60}\text{Co}$ , který emituje záření o energiích 1,17 MeV a 1,33 MeV a jeho poločas rozpadu je 5,3 roku, tudíž se musí každých pět let měnit. Zdroj je uložen ve speciálních obalech v ozařovací hlavici a má tvar válečku. Svazek záření se vymezuje dvěma páry clon. V praxi se kobaltový ozařovač využívá především u paliativní terapie a u vybraných nádorových onemocnění. V dnešní době se pomalu kobaltové ozařovače vyřazují z provozu.<sup>17</sup> Kobaltový ozařovač můžeme vidět na obrázku č. 5.

---

<sup>17</sup> HYNKOVÁ, Ludmila a Pavel ŠLAMPA. *Základy radiační onkologie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, str. 105. ISBN 978-80-210-6061-6.



**Obrázek 5** Kobaltový ozařovač (Hynková a kol., 2012)

### **1.3.1.7 Rentgenové ozařovací přístroje**

*„Rentgenové ozařovací přístroje pracují na principu rentgenky“* (rentgenka se skládá z katody a anody, elektrony se vyzařují ze žhavené katody, mezi katodou a anodou je vysoké napětí

a tím jsou elektrony urychlovány, elektrony se zabrzdí na anodě a jejich kinetická energie se mění na energii tepelnou a nepatrná část se změní na energii fotonů rentgenového záření). U rentgenových přístrojů je možnost volby různých druhů napětí, OK a filtrů, tím je možné regulovat pronikavost záření a průběh hluboké dávky. Mezi tubus a rentgenku se vkládají filtry, které jsou složeny z mědi (pro vyšší energie) a z hliníku (pro nižší energie). Pro vymezení radiačního pole se využívají různé druhy tubusů. Maximální dávka je v oblasti povrchu kůže. Vyšší absorpce v kostní tkáni se používá především v terapii kožních infiltrací, v nenádorové radioterapii a v paliativní radioterapii. Zdravé tkáně se vykrývají pomocí



olovnaté gumy nebo tenkou vrstvou olova.<sup>18</sup> Na obrázku č. 6 je zobrazen rentgenový přístroj a na obrázku č. 7 jsou vyobrazeny tubusy, které nám vymezují radiční pole.



**Obrázek 6** Rentgenový přístroj (Hynková a kol., 2012)

---

<sup>18</sup> HYNKOVÁ, Ludmila a Pavel ŠLAMPA. *Základy radiační onkologie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, str. 105 - 106. ISBN 978-80-210-6061-6.



**Obrázek 7** Tubusy pro vymezení ozařovacího pole (Hynková a kol., 2012)

## 2 Ionizující záření

„Ionizujícím zářením nazýváme takové záření, jehož kvanta mají natolik vysokou energii, že jsou schopna vyrážet elektrony z atomového obalu a tím látku ionizovat“.<sup>19</sup>

**Přímo ionizující záření** – nabité částice /elektron, pozitron, proton/ s dostatečnou kinetickou energií k vyvolání ionizace.

**Nepřímo ionizující záření** – elektricky neutrální částice /fotony, neutrony/, které mohou uvolňovat částice přímo ionizující nebo vyvolat jadernou přeměnu, provázenou emisí přímo ionizujících částic.<sup>20</sup>

Podle charakteru můžeme IZ rozdělit na korpuskulární (částicové) a elektromagnetické záření.

- korpuskulární (elektrony, protony, deutrony, alfa částice, těžké ionty, neutrony)
- elektromagnetické (rentgenové a gama záření)<sup>21</sup>

### 2.1 Dělení zdrojů ionizujícího záření

Podle vyhlášky 307/2002 Sb. můžeme zdroje IZ rozdělit do pěti kategorií podle jejich vzestupného ohrožení na životním prostředí a zdraví (nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné).<sup>22</sup>

### 2.2 Interakce ionizujícího záření s látkou

Typickým rysem pro interakci elektromagnetického záření s hmotou je fakt, že interakční akty fotonů s elektrony prostředí jsou velice vzácné. Elektromagnetické záření lze z praktického hlediska považovat za nepřímo ionizující záření, které je schopno interagovat s hmotným

---

<sup>19</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 17. ISBN 978-80-7368-701-4.

<sup>20</sup> KRYŠTOF, Vladimír, Josef PECINA a Oldřich OTT. *Fyzikální podklady radioterapie*. 1. vyd. Brno: Ústav pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků, 1981, 84 s. Učební texty (Ústav pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků)

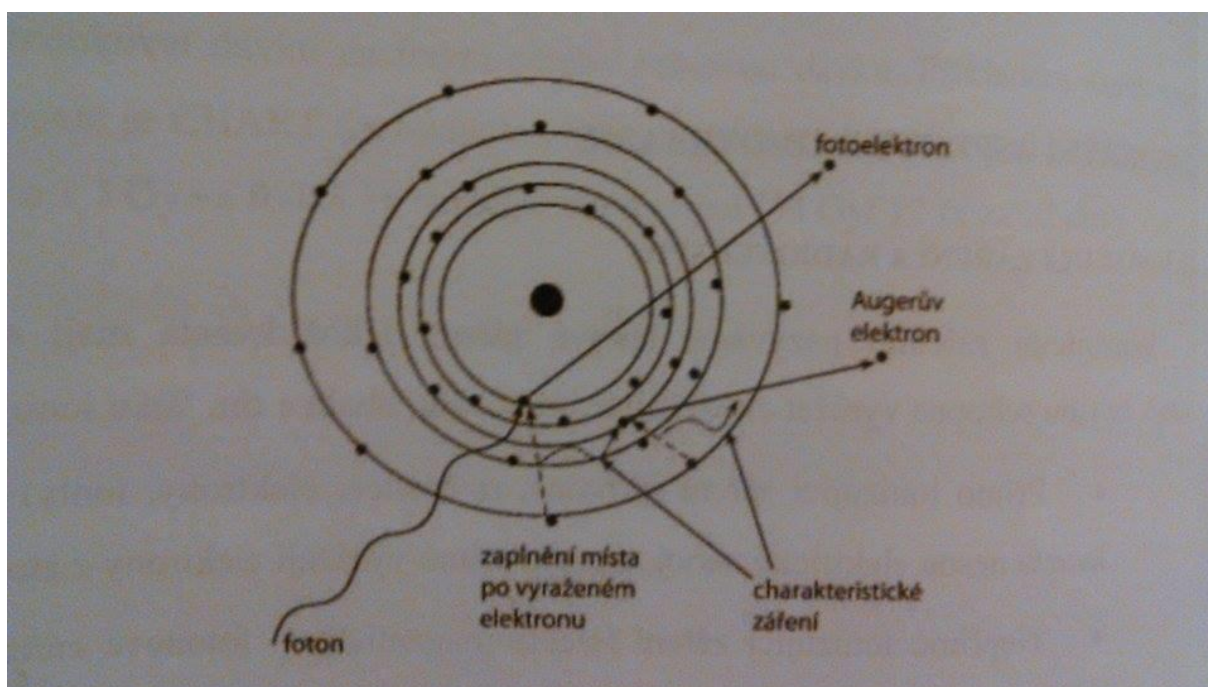
<sup>21</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 13, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

<sup>22</sup> Vyhláška 307/2002 Sb., Státní úřad pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně.

prostředím několika způsoby (fotoelektrický jev, Comptonův rozptyl, tvorba páru elektron – pozitron).<sup>23</sup>

### 2.2.1 Fotoelektrický jev

Tato interakce nastává při nízkých energiích fotonů. Elektron přijme veškerou kinetickou energii dopadajícího fotonu. Následně foton, předávající energii zaniká, elektron však způsobuje další ionizace. Současně se uvolňuje charakteristické rentgenové záření.<sup>24</sup> Záření, které má nízkou energii, se převážně absorbuje v kostech.<sup>25</sup> Princip fotoelektrického jevu je zobrazen na obrázku č. 8.



**Obrázek 8** Schématické znázornění fotoefektu (Šlampa, 2007)

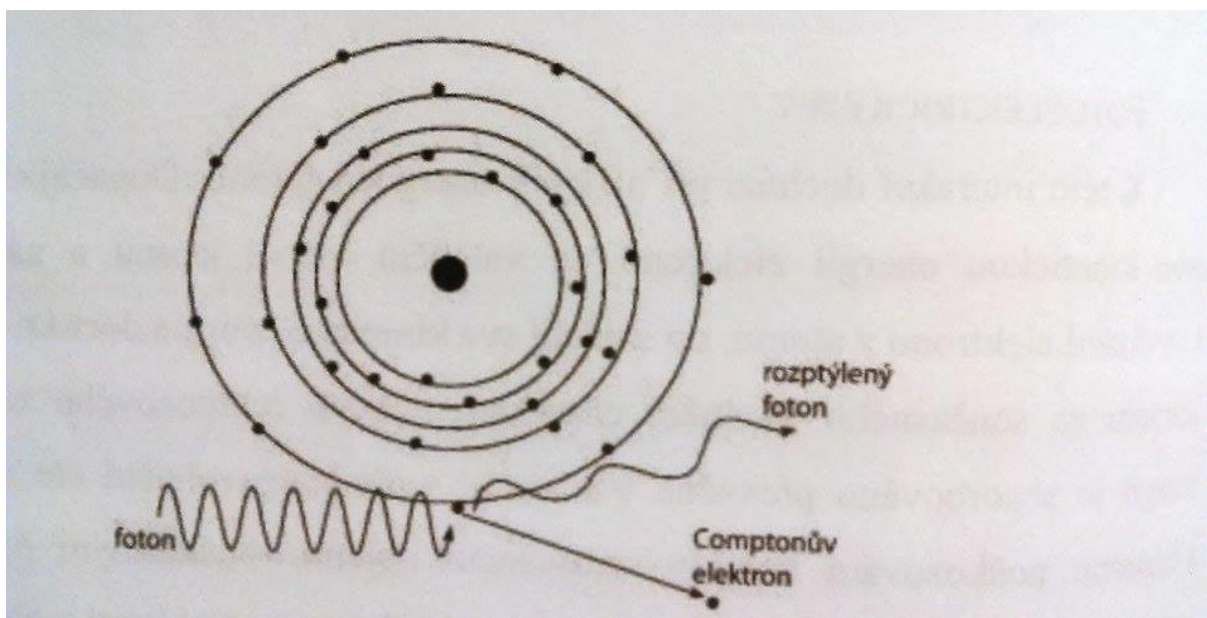
<sup>23</sup> MÚČKA, Viliam. Aplikace radiačních metod. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, str. 15-16. ISBN 80-01-02777-5.

<sup>24</sup> MÚČKA, Viliam. Aplikace radiačních metod. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, str. 19. ISBN 80-01-02777-5.

<sup>25</sup> BINAROVÁ, Andrea. Radioterapie. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 17. ISBN 978-80-7368-701-4.

## 2.2.2 Comptonův rozptyl

„Comptonův rozptyl představuje interakci fotonu s volným, nebo slabě vázaným elektronem“. Při této interakci dojde k předání části fotonové energie elektronu. Elektron s nižší energií, ve směru odkloněném od původního, ve většině případů ozařovaný objekt opouští.<sup>26</sup> Vyražený elektron způsobuje další ionizaci, dochází ke vzniku sekundárních a terciálních elektronů. Když elektron ztratí veškerou energii, kterou získal, dojde ke sloučení s jiným atomem a může zaniknout fotoelektrickým jevem. Comptonův rozptyl je charakteristickým znakem převážně pro střední energie záření (100 keV – 10 MeV).<sup>27</sup> Princip Comptonova rozptylu vidíme na obrázku č. 9.



Obrázek 9 Schématické znázornění Comptonova rozptylu (Šlampa, 2007)

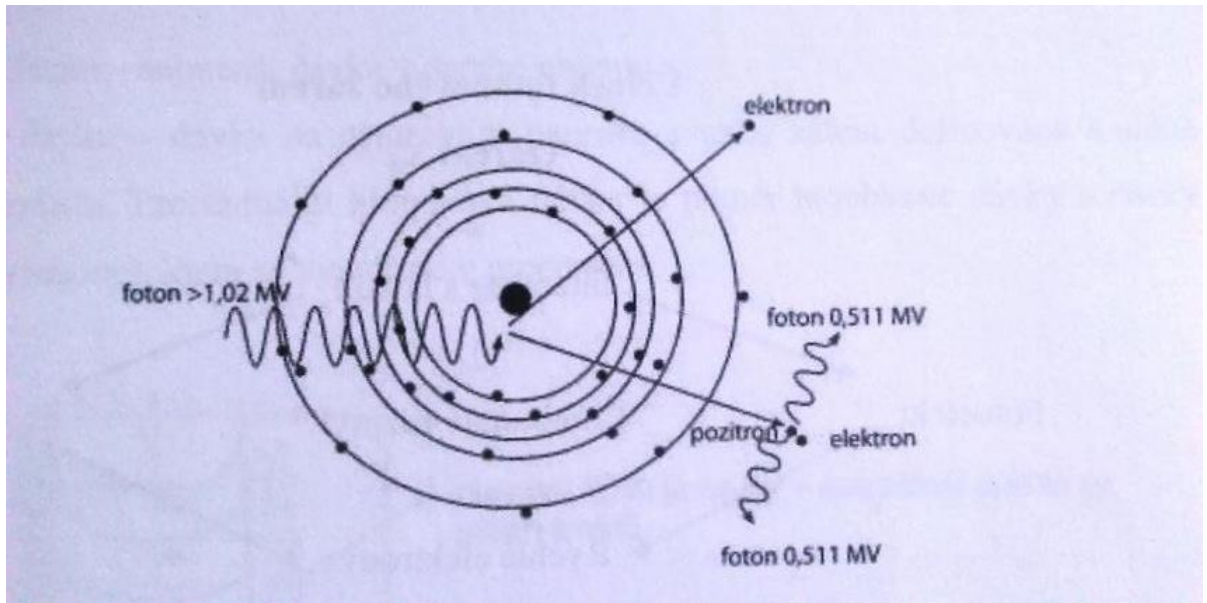
## 2.2.3 Tvorba párů elektron – pozitron

K tvorbě párů elektron – pozitron dochází při energiích fotonů vyšších než 1,02 MeV. Jestliže foton prochází silovým polem jádra atomu, mohou se fotony přeměnit na elektron a pozitron. Pozitron postupně vytrácí svou kinetickou energii, tím dojde k interakci s elektronem a dojde

<sup>26</sup> MÚČKA, Viliam. Aplikace radiačních metod. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, str. 16. ISBN 80-01-02777-5.

<sup>27</sup> BINAROVÁ, Andrea. Radioterapie. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 18. ISBN 978-80-7368-701-4.

k jejich zániknutí za soudobou emisí dvou stejných fotonů o energii 0,511 MeV. Takové to elektrony mají opačný vektor.<sup>28</sup> Princip vzniku těchto párů zobrazuje obrázek č. 10.



**Obrázek 10** Schématické znázornění tvorby páru elektron - pozitron (Šlampa, 2007)

<sup>28</sup> BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, str. 18-19. ISBN 978-80-7368-701-4.

### 3 Účinky ionizujícího záření

Použití ionizujícího záření na člověka může způsobit jisté patologické změny, které se projevují postupem několika nejen dnů až týdnů, ale také v průběhu několika let a desetiletí. Právě toto vedlo v historii k rozdělení následků ozáření na časně a pozdní. V předešlých desetiletích se zavedlo zcela odlišné rozdělování, které se vztahuje k základním typům vztahu dávky a účinku na základě poznání biologických a medicínských studií, jejichž cíl je zaměřen na ochranu před ionizujícím zářením. Toto vedlo ke změně cílů a kritérii radiační ochrany, případů mimořádných situací v souvislosti s ozářením lidí, posoudit pravděpodobné následky i úkoly zdravotnické pomoci pro činnost za kontrolovaných podmínek. Vliv ionizujícího záření se z hlediska celistvosti savčího organismu rozděluje na účinky **deterministické a stochastické**. U deterministických účinků je rozhodující určitá dávka IZ po kterých účinky zákonitě nastanou. Zato u stochastických účinků platí, že čím máme větší dávku, tím více stoupá pravděpodobnost poškození.<sup>29</sup>

#### 3.1 Deterministické účinky

Deterministické účinky můžeme charakterizovat tím, že jsou závislé na prahové dávce. S rostoucí dávkou po dosažení dávky prahové se zvyšuje i závažnost poškození. Pokud pacienta jednorázově celotělově ozáříme vyšší dávkou pronikavého záření, vzniká akutní nemoc z ozáření. Naštěstí se při denní praxi radiační ochrany nesetkáváme s takovými případy.<sup>30</sup>

##### 3.1.1 Akutní nemoc z ozáření

Akutní nemoc z ozáření se projevuje po ozáření celého těla jednorázovou dávkou nebo velké části těla vysokou dávkou prostupujícího záření.<sup>31</sup>

---

<sup>29</sup> Státní ústav radiační ochrany (SURO). [www.suro.cz](http://www.suro.cz) [online] 2000

Dostupné z: <<https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>>

<sup>30</sup> Státní ústav radiační ochrany (SURO). [www.suro.cz](http://www.suro.cz) [online] 2000

Dostupné z: <<https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>>

<sup>31</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 36, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

3 stadia:

- Hematologická dřeňová forma

-> již při dávce 3 – 4 Gy celotělově (v některých případech už od 1 Gy)

- Střevní forma

-> při dávce vyšší než 6 Gy celotělově

- Neuropsychická forma

-> při dávce 20 – 50 Gy celotělově<sup>32</sup>

### 3.1.2 Akutní lokální poškození

Velkou pozornost bychom měli věnovat především kůži, ta je nejčastěji vystavena vnějšímu záření.

**Prvním stupněm** akutního lokálního poškození je erytematózní dermatitida. Objevuje se po dávkách od 2 do 4 Gy. Doba než se vůbec dermatitida projeví, je cca 2 – 4 týdny, záleží však na obdržené dávce. Po této době se začínají projevovat první příznaky, kterými jsou zčervenání a zánětlivý výpotek ve škáře (koriu). Po dávce 3 Gy se ukáže přechodné odchlupení.

**Druhým stupněm** je deskvamativní dermatitida, která se projevuje po dávce ozáření cca 20 Gy. Po takové dávce se v časných hodinách nebo nejdéle 2 dny po ozáření projevuje časný erytém. Když odezní počáteční zčervenání, nastupuje fáze latence, která setrvává až do plných projevů příznaků přibližně za 2 – 3 týdny. „*Vlastní odezvou je pozdní erytém - zduření a prosáknutí i hlubších vrstev kůže a vznik puchýřů*“.<sup>33</sup>

**Třetím stupněm** dermatitidy jsou černající, neboli nekrotické změny na kůži, které se objevují po dávkách vyšších než 50 Gy. Následkem jsou cévní změny a komplikující infekce, následkem je vznik vředů. Vředy, které jsou uloženy v hlubších vrstvách, se poměrně dlouhou dobu a těžce léčí důsledkem cévních změn v okolí. Tyto změny mohou ovlivnit funkčnost v hlouběji uložených tkáních např. kostech a ve svalstvu. I po zhojení následkem

---

<sup>32</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 36, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

<sup>33</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 37, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.



degenerativních změn dochází k rozvoji pozdního vředu, tudíž vřed vyžaduje plastochirurgický výkon.<sup>34</sup>

### **3.2 Stochastické účinky**

Stochastické účinky můžeme také označit jako pravděpodobnostní účinky. Mají za následek změny v buňkách přeživších ozáření. Takováto buňka se může ve velkém časovém odstupu změnit v buňku nádorovou. Není určena žádná prahová dávka při které s jistotou toto poškození nastane. Stochastické účinky mají i dědičný dopad ozáření, mohou se projevit u potomstva ozářených osob.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 37, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

<sup>35</sup> Státní ústav radiační ochrany (SURO). [www.suro.cz](http://www.suro.cz) [online] 2000

Dostupné z: <<https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>>

## 4 Principy radiační ochrany

- princip optimalizace
- princip zdůvodnění
- princip nepřekročení limitů
- princip fyzické bezpečnosti zdrojů

### 4.1 Princip optimalizace

*„Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen dosáhnout a udržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek.“<sup>36</sup>*

Tento princip můžeme také nazvat jako princip ALARA, který je převzat z anglického jazyka a zní **“as low as reasonably achievable”**, který lze jednoduše přeložit jako **“tak nízké jak je rozumně dosažitelné”<sup>37</sup>**

### 4.2 Princip zdůvodnění

*„Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo zásahy k omezení ozáření v důsledku radiačních nehod musí dbát na to, aby každá činnost byla zdůvodněna přínosem, který vyváží rizika, jež při těchto činnostech vznikají či mohou vzniknout.“<sup>38</sup>*

### 4.3 Princip nepřekročení limitů

*„Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen omezovat ozáření osob tak, aby celkové ozáření nepřesáhlo v součtu stanovené limity ozáření.“<sup>39</sup>* Princip nepřekročení limitů se nevztahuje na lékařské ozáření - to znamená ozáření klientů v rámci terapie a diagnostiky.

---

<sup>36</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 63, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

<sup>37</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 63, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

<sup>38</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 63, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

<sup>39</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 63, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

Expozice pro lékařské ozíření se usměrňuje pomocí principu optimalizace a principu zdůvodnění.<sup>40</sup>

#### **4.4 Princip fyzické bezpečnosti zdrojů**

Jestliže využíváme zdroje ionizujícího záření, musíme zařídit takový dohled, aby za podmínek, které se dají předvídat, nedošlo k nežádoucí události. Tento princip bezpečnosti zdrojů obsahuje kroky proti krádeži a přístupu nepovolaným osobám.<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 63, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

<sup>41</sup> HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, str. 64, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.

## 5 Nenádorová radioterapie

Hlavním cílem této terapeutické metody je zmírnit a ulevit od příznaků (nejčastěji od bolesti) a potíží vzniklých nenádorovým onemocněním, nebo také zabránit zhoršení funkce postiženého orgánu. Pokaždé než vůbec začneme s radioterapií, musíme zhodnotit možná dlouhodobá radiační rizika, především stochastické účinky. Tudíž radioterapeutické ozáření vykonáváme, až když jsou všechny ostatní léčebné metody vyčerpány.<sup>42</sup>

V doporučených případech je terapie benigních nemocí ionizujícím zářením efektivní, a to s nízkým rizikem ozáření, a je poměrně levná. Velkou pozornost bychom měli věnovat indikacím radioterapie benigních stavů. Léčbu vždy indikuje radioterapeut, který přihlíží na všechny absolutní i relativní kontraindikace této terapie.<sup>43</sup>

Terapie se nedoporučuje mladým pacientům a ženám ve fertilním věku.<sup>44</sup>

Radioterapie se v praxi s velkou úspěšností užívá u bolestivých degenerativních onemocnění pohybového aparátu (artrózy, tenisový loket, patní ostruha, heterotopické osifikace po operaci kyčelních a kolenních kloubů), dále se využívá u těchto onemocnění: induratio penis plastica, Dupuytrenova kontraktura, Graves-Basedowova oftalmopatie aj. U takových onemocnění se používají nízké dávky záření.<sup>45</sup> „Vyšší dávky, které mají fibrotizující efekt, jsou efektivně používány v léčbě AV malformací či jako prevence restenóz.“<sup>46</sup>

### 5.1 Zásady nenádorové radioterapie

- k aplikaci vždy používat co nejmenší a nejefektivnější celkovou a jednotlivou dávku
- záření
- posuzovat rozsah ozáření velkým poli
- využívat jednoduché provedení (dvě protilehlá nebo přímá pole)
- svazek záření směřovat od radiosenzitivních orgánů a od trupu pacienta (oční čočka,

<sup>42</sup> HYNKOVÁ, Ludmila, Hana DOLEŽALOVÁ a Pavel ŠLAMPA. Radioterapie - učební texty pro studenty 5. roč. LF MU Brno. Klinika radiační onkologie, LF MU, 2015, str. 5.

<sup>43</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 238.

<sup>44</sup> HYNKOVÁ, Ludmila, Hana DOLEŽALOVÁ a Pavel ŠLAMPA. Radioterapie - učební texty pro studenty 5. roč. LF MU Brno. Klinika radiační onkologie, LF MU, 2015, str. 5.

<sup>45</sup> HYNKOVÁ, Ludmila, Hana DOLEŽALOVÁ a Pavel ŠLAMPA. Radioterapie - učební texty pro studenty 5. roč. LF MU Brno. Klinika radiační onkologie, LF MU, 2015, str. 5.

<sup>46</sup> HYNKOVÁ, Ludmila, Hana DOLEŽALOVÁ a Pavel ŠLAMPA. Radioterapie - učební texty pro studenty 5. roč. LF MU Brno. Klinika radiační onkologie, LF MU, 2015, str. 5.

- gonády, štítná žláza)
- upravovat tvar ozařovaného pole dle potřeby pro každého zvlášť
- využívat pomůcky k ochraně pacienta (zvláště u RTG léčby), např.: olovený límec (na oblast krku), olovená zástěra (na oblast pánve), olovené krytí varlat (pro muže)
- věk klienta by měl být vyšší než 30 – 40 let
- pokud bychom měli mladšího klienta, musíme zhodnotit veškerá rizika vedlejších účinků
- záření (riziko vzniku kancerogeneze nebo chronického poškození aj.) oproti pozitivům
- nenádorové radioterapie<sup>47</sup>

## 5.2 Absolutní kontraindikace nenádorové radioterapie

- neurčitá či nedokázaná diagnóza
- poruchy kožní integrity v oblasti ozařovaného pole
- užívání kortikoidů krátkodobě před zahájením terapie (kratší dobu než jeden měsíc)
- ozařování částečně pohyblivých nebo nepohyblivých pacientů v místech, kde hrozí riziko vzniku dekubitů
- jestliže nemáme informace o ozařovacích podmínkách a dávkách z předchozí radioterapie
- těhotenství a ozařování pánve u žen v reprodukčním věku
- onemocnění krve
- ozařování mladistvých a dětí<sup>48</sup>

### 5.2.1 Relativní kontraindikace

- Ozařování osob, které pracují s ionizujícím zářením,
- předchozí nenádorové ozáření na jiném pracovišti.<sup>49</sup>

---

<sup>47</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 238.

<sup>48</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 238.

<sup>49</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 238.

### 5.3 Zdroje záření u nenádorové radioterapie

- Při nenádorové radioterapii nejčastěji využíváme rentgenový ozařovací přístroj (kontaktní či ortovoltážní) – používá se nejčastěji u kožních onemocnění, zánětlivých chorob a degenerativních onemocnění aj.,
- dále se využívá lineární urychlovač, který používáme u heterotopických osifikací a orbitopatií aj.,
- v brachyterapii se využívá  $^{192}\text{Ir}$  v prevenci keloidních jizev a u cévních chorob,
- stereotaktický systém neboli mikromultileaf kolimátor lineárního urychlovače - využívá se při léčbě arteriovenózních malformací<sup>50</sup>.

### 5.4 Častější nenádorová onemocnění indikovaná radioterapií

- Degenerativní kloubní onemocnění
- Graves - Basedowova oftalmopatie
- Keloidy
- Heterotopická osifikace
- Povrchové tromboflebitidy

#### 5.4.1 Degenerativní kloubní onemocnění

Jedná se o nezářlivé degenerativní postižení kloubů (gonartrózy, coxartrózy, omartrózy) a postižení úponů šlach neboli tendosynovitidy (calcar calcanei, epicondylitis humeri, periartritidy ramenního kloubu).<sup>51</sup>

#### Zdroj, technika, dávka a frakcionace

- používá se ortovoltážní RTG přístroj, kde se využívá technika přímých ozařovacích polí,
- ve výjimečných případech 2 – 3 polí,
- dává se 4 až 6 krát 0,5 – 1 Gy denně (ob den), či dvakrát týdně dávka 1,5 Gy, nebo

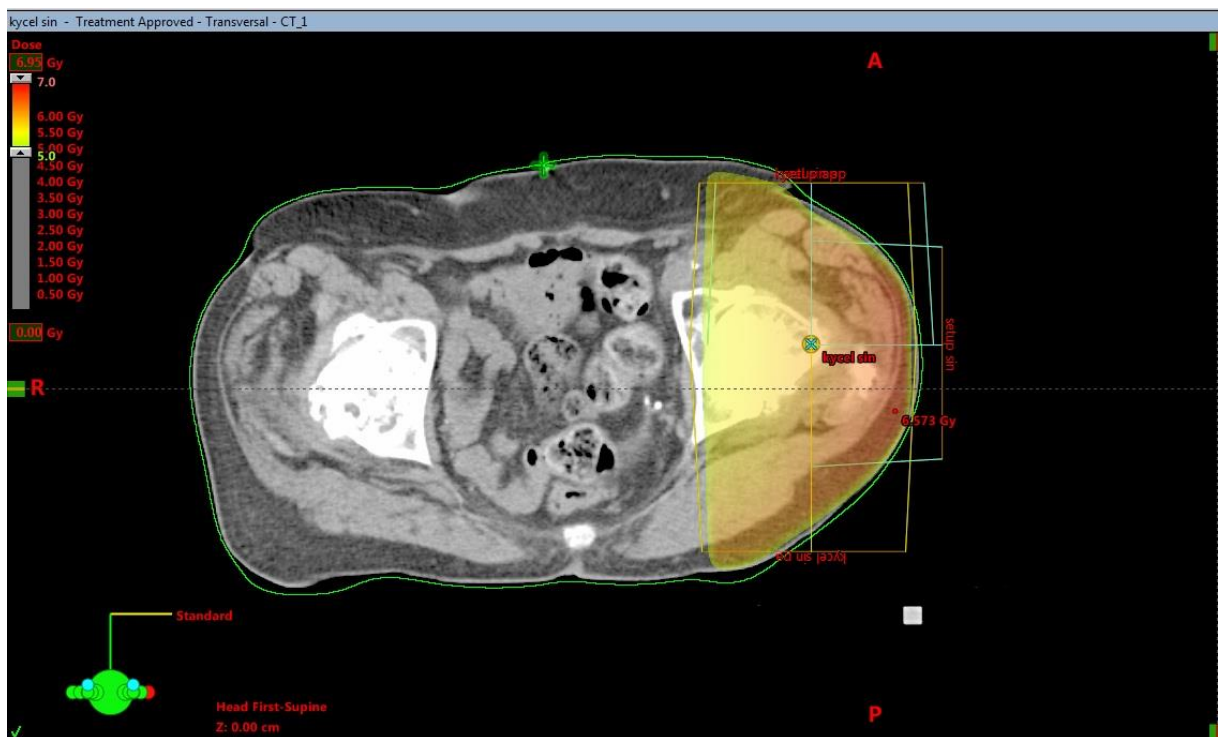
---

<sup>50</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 239.

<sup>51</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 239.

- jednou týdně dávka 2,5 Gy do celkové dávky dle diagnózy 6 – 8Gy v rámci 1 cyklu,
- pokud obtíže přetrvávají, je možné po třech měsících terapii opakovat, nesmí se aplikovat,
- více než tři série na jednu oblast.<sup>52</sup>

Na obrázku č. 11 je vidět plánování ozařování kyčle z důvodu těžké bolestivé coxartros.



Obrázek 11 Plánování ozařování kyčle, (MUDr. Buka, FN HK 2015)

#### 5.4.2 Graves-Basedowova oftalmopatie

Onemocnění štítné žlázy (hyperfunkce) – autoimunitní thyreoidita - může být ve svém klinickém obraze doprovázena lymfocytární infiltrací retrobulbárních prostorů a okoohybných svalů, následkem může být neuropatie optiku a exoftalmus. Ozáření je indikováno společně s endokrinologem až po vyčerpání všech medikamentózních možností úprav stavu. Společná

<sup>52</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 239.

léčba glukokortikoidy s radioterapií může zmírňovat zánětlivé změny, například vedlejší účinky záření. Glukokortikoidy se můžou nasadit 5 – 6 týdnů po ukončení ozařování.<sup>53</sup>

### **Zdroj, technika, PTV, dávka a frakcionace**

Využívá se lineární urychlovač s brzdým svazkem 6 MeV. Používají se dvě na sebe protilehlá laterolaterální pole s použitím asymetrických clon (hranice pole je směrem k čočce tvořena rovinou centrálního paprsku) nebo se dělá individuální úprava tvaru pole pomocí bloků nebo vícelamelovým kolimátorem. Centrální paprsek se může sklonit i dorzálním směrem (asi 5. stupňů) – kvůli šetření čočky, mozku, hypofýzy, kostní dřeně. Cílovým plánovacím objemem neboli PTV jsou retrobulbární prostory. Poloha pacienta je na zádech, kdy je hlava fixovaná umělohmotnou maskou. Před samotným ozařováním je nutné CT plánování, 3D plánovací systém a úprava vstupních polí. Celková dávka je 18 – 20 Gy, pětkrát 1,8 – 2 Gy/týden. Kontraindikacemi radioterapie retrobulbárních prostorů je diabetická retinopatie a předchozí ozáření.<sup>54</sup>

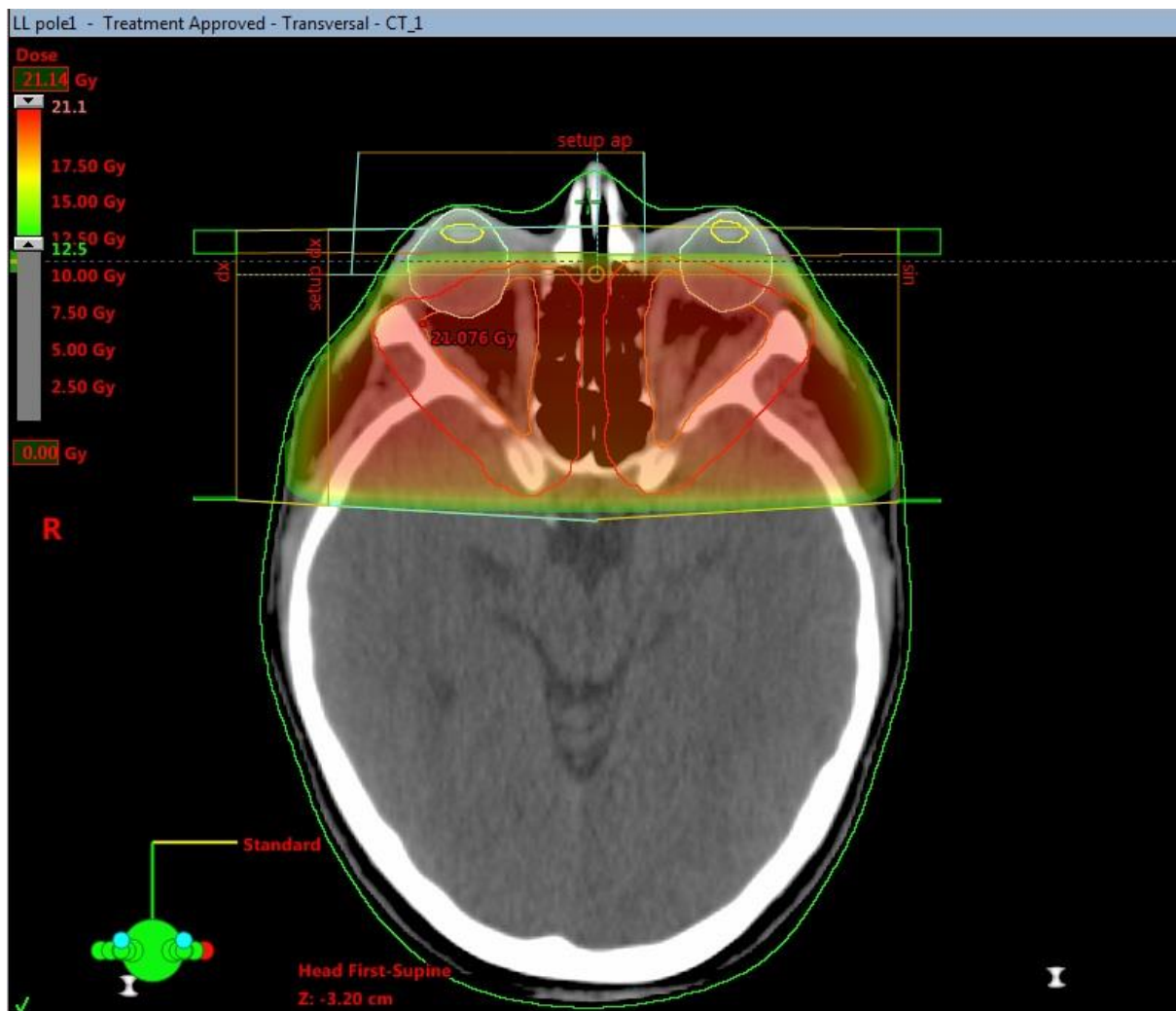
Na obrázku č. 12, je vidět distribuce dávky, PTV konturováno červeně.

---

<sup>53</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 239.

<sup>54</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 240.





Obrázek 12 Plánování ozařování retrobulbárních prostor, distribuce dávky (MUDr. Buka, FN HK 2015)

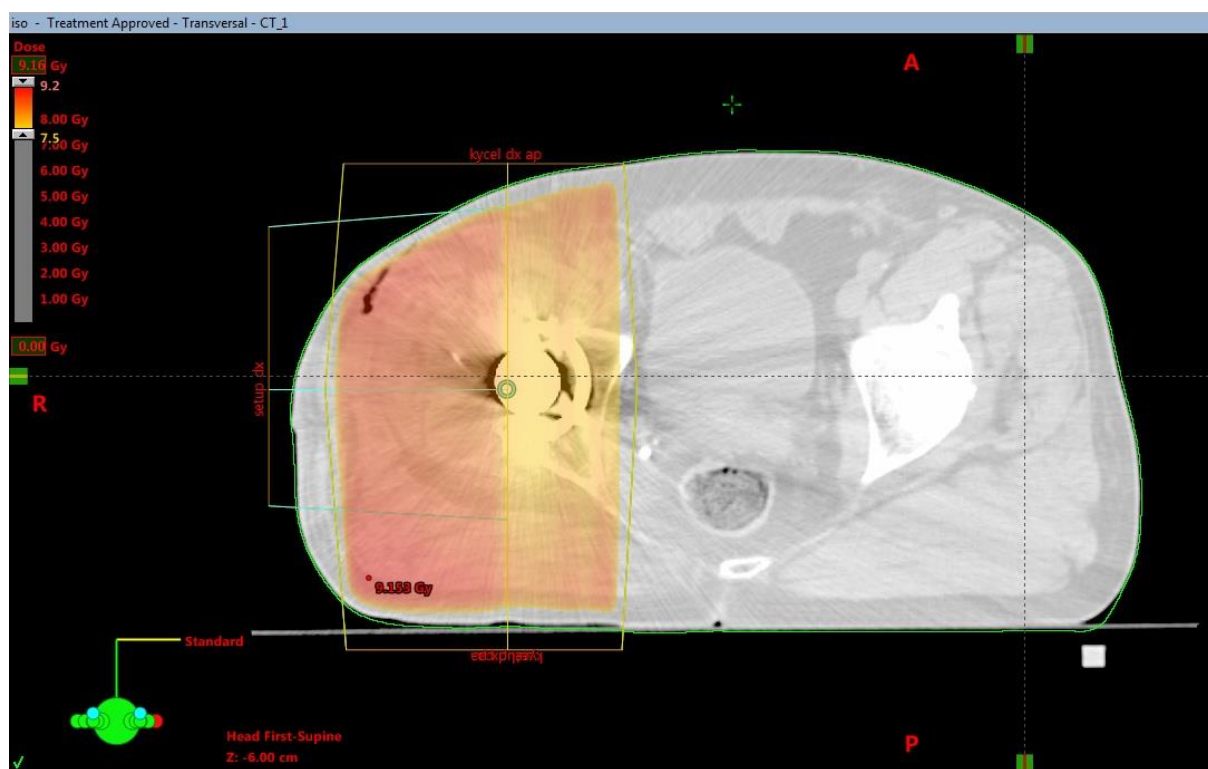
### 5.4.3 Keloidy

Ozařování se využívá ke zmírnění vzniku keloidních jizev u pacientů, kteří mají predispozice k tomuto stavu nejčastěji poznanou po reexcizi keloidů. Ozáření musí být zahájeno nejdéle do 24 hodin po zákroku, nejlépe však ihned. Jako zdroje se ve většině případů využívá kontaktní rentgenový přístroj (na krátké jizvy). K ozáření se používá dávka 10 – 15 Gy na 2 – 4 frakce, kolem jizvy se ozařuje lem o velikosti 1 – 2 cm. Také se může použít HDR brachyterapií. V průběhu operace je zaveden vodič do kůže v oblasti jizvy a aplikují se čtyřikrát 3 Gy 1 cm od osy nebo 10 – 20 Gy v 5mm/1 v 1 – 2 frakcích. Pokud se použije jako zdroj záření lineární urychlovač, bude dávka 10 – 15 Gy/2 – 4 frakce. Ozařuje se 1 – 2 cm okolo jizvy.<sup>55</sup>

<sup>55</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav,

#### 5.4.4 Heterotopická osifikace

Ozáření se provádí z preventivních důvodů po zákrocích u pacientů, kde je vysoké riziko pooperačního kostnatění (operace kolenních a kyčelních kloubů imobilních pacientů, tříselných úponů, po resekcích osifikací v rámci prevence jejich znovuvytvoření). Ozařování se indikuje po domluvě s ošetřujícím lékařem (ortopedem/chirurgem), také se může doporučit s cílem zmírnit již postupující kostnatění. Aplikace radioterapie v daném případě může být jak před, tak i po samotném chirurgickém výkonu. Ozáření před operací je nejlepší provést 4 hodiny před zákrokem, pooperační ozáření se zahajuje mezi 24 – 48 hodinami. Jednorázová dávka předoperačně a pooperačně je 7 – 8 Gy v jedné dávce, čtyřikrát 3 Gy nebo pětkrát 2 Gy pooperačně, 1 frakce denně. Do cílového objemu při ozařování kyčelního kloubu se zahrnuje kloubní jamka kyčelního kloubu a periartikulární měkké tkáně proximální třetiny femuru<sup>56</sup> Na obrázku č. 13 je zobrazeno plánování distribuce dávky při ozařování kyčle v této indikaci.



**Obrázek 13** Plánování ozařování kyčelního kloubu, distribuce dávky (MUDr. Buka, FN HK 2015)

2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 240.

<sup>56</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 240.

### 5.4.5 Povrchové tromboflebitidy

Ozařování využívá antiflogistického účinku pomocí nízkých dávek zářené při akutním zánětu povrchových žil. Ozařování probíhá 1 – 2× denně nebo 5 – 8× denně dávkou 0,5 – 1 Gy na postiženou oblast.<sup>57</sup>

## 5.5 Méně časté indikace k nenádorové radioterapii

Méně časté indikace se používají u následujících druhů diagnóz:

- Makulární degenerace
- Gynekomastie
- Pterygium
- Radiokastrace
- Dupuytrenova kontraktura
- Induratio penis plastica – Peyronie´s disease
- Ekzémy a psoriáza
- Hydradenitis axilliaris
- Perzistující pooperační lymfatické fistuly a lymfokély
- Paronychia, panaritida
- Endovaskulární radioterapie

### 5.5.1 Makulární degenerace

Makulární degenerace, neboli žlutá skvrna na oku, zhoršuje zrak a může vést až k slepotě. V exsudativní formě ozáření pomáhá stabilizovat onemocnění, ve výjimečných případech i ke zlepšení vizu. K plánování je nutné použít plánovací CT a 3D plánovací systém a vyrobit fixační masku. Využívají se dvě izocentrická pole, která mají asymetrické clony a klíny, úhel ozařování je 90°, který je cílený na dorsální části očního bulbu. Jako zdroj záření se využívá brzdný svazek lineárního urychlovače 6 MeV. Dávka je pětkrát 2,4 Gy.<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 240.

<sup>58</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 241.

### 5.5.2 Gynekomastie

Ozařování gynekomastie se využívá při bolestech prsou, nejčastěji při hormonální léčbě karcinomu prostaty. Jako zdroj záření se využívá ortovoltážní přístroj či elektronový svazek lineárního urychlovače. Dávka je čtyřikrát 3 Gy nebo pětkrát 2 Gy 2 – 3× týdně.<sup>59</sup>

### 5.5.3 Pterygium

Ozáření se indikuje vzácně v terapii pooperačních návratů tohoto onemocnění. Indikovat lze i profylaktické ozáření, které výrazně snižuje riziko návratů. Využívají se stronciové aplikátory, dávkou je třikrát 8 – 10 Gy v den operace, dále 7. a 14. den.<sup>60</sup>

### 5.5.4 Radiokastrace

Ve stanovených případech se u pacientek s karcinomem mammy a výjimečně u benigních chorob (hyperplastické endometrium) musí vyřadit funkce vaječnicků. K ozařování se využívá brzdový svazek lineárního urychlovače. Pomocí plánovacího CT se lokalizuje cílový objem, kterým je oblast ovarií. Provádí se jednoduše dvě protilehlá AP a PA pole. Dávka je pětkrát 3 Gy 5 dní v týdnu (pondělí – pátek). U starších žen může být dávka 3 Gy čtyřikrát týdně.<sup>61</sup>

### 5.5.5 Dupuytrenova kontraktura

V časném stadiu je ozáření vysoce efektivní jako prevence zhoršení. Ozařovacím zdrojem je ortovoltážní rentgenový přístroj. Dávka je pětkrát 3 Gy po 2 sériích, mezitím je pauza 10 týdnů nebo sedmkrát 3 Gy ob den.<sup>62</sup>

---

<sup>59</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 241.

<sup>60</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 241.

<sup>61</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 241.

<sup>62</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 241.

### **5.5.6 Induratio penis plastica – Peyronie´s disease**

Projevem je deformace penisu a bolestivá erekce. Nejlepší je terapii zahájit v aktivní fázi onemocnění a to do 5 měsíců od zjištění příznaků. Energie záření se volí dle velikosti a lokalizace plaku, eventuálně se může přidat bolusový materiál. Častou technikou je jedno přímé pole. Zdrojem jsou rentgenový ortovoltážní přístroj či elektronový svazek lineárního urychlovače. Dávky jsou buď čtyřikrát 3 Gy 2x týdně nebo devětkrát 1 – 1,5 Gy ob den. Důležité je stínit gonády, skrotum a suprapubické oblasti i s ochlupením.<sup>63</sup>

### **5.5.7 Ekzémy a psoriáza**

Radioterapie se v tomto případě používá velmi zřídka, pouze když selže konzervativní léčba. Zdrojem je kontaktní rentgenový přístroj. Dávek je 6 – 12 o velikosti 0,5 – 1 Gy, na ozařování se dochází dvakrát týdně.<sup>64</sup>

### **5.5.8 Hydradenitis axillaris**

Ozáření se využívá k vyřazení funkce axilárních potních žláz při jinak nezvládnutelném nadměrném pocení v této lokalizaci. Zdrojem záření je kontaktní či ortovoltážní rentgenový přístroj. Ozařuje se dávkou 0,5 – 1,5 Gy 3 - 5× týdně. Celková dávka je 3 – 8 Gy.<sup>65</sup>

### **5.5.9 Perzistující pooperační lymfatické fistuly a lymfokély**

Nejčastěji vznikají po operacích při porušení lymfatické drenáže. Při selhání konzervativní a chirurgické léčby je možné indikovat ozáření, ve výjimečných případech se indikuje primárně místo chirurgické léčby. Jako pomocná metoda při plánování se může provést lymfoscintigrafie. Zdrojem je ortovoltážní rentgenový přístroj, elektronový nebo brzdový svazek lineárního urychlovače. Celková dávka je 3 – 12 Gy, pětkrát 1 Gy/týden.<sup>66</sup>

---

<sup>63</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 242.

<sup>64</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 242.

<sup>65</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 242.

<sup>66</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 242.

### **5.5.10 Paronychia, panaritíia**

Ozáření můžeme využít u akutních a bolestivých stavů, které nereagují na standartní léčbu. Zdrojem je kontaktní či ortovoltážní přístroj. Celková dávka jsou 4 – 10 Gy, rozdělené do 0,75 – 1 Gy třikrát týdně.<sup>67</sup>

### **5.5.11 Endovaskulární radioterapie**

Pro prevenci restenóz po cévních operacích (koronární, femoropoplietální) se intravaskulárně zavede brachyterapeutický zářič a lze provést intraluminální ozáření pomocí HDR zdroje<sup>68</sup>

## **5.6 Sledování po léčbě**

Sledování pacientů po ozáření nenádorových chorob je posuzováno individuálně. Jestliže se jedná o analgetické ozáření degenerativních chorob, neprovádí se v rámci radioterapeutického oddělení vůbec. Pacient se předává zpět do péče lékaři, který ho k léčbě odeslal.<sup>69</sup>

U diagnóz které jsou vzácnější (jako je například Graves-Basedowova oftalmopatie, ozáření keloidů, pterygia, makulární degenerace, induratio penis plastica apod.) je důležité na radioterapeutické ambulanci provést výstupní vyšetření a zhodnotit ústup akutních vedlejších účinků radioterapie i léčebný efekt. S časovým odstupem 6 – 12 měsíců se hodnotí vznik chronických změn po ozáření.<sup>70</sup>

---

<sup>67</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 242.

<sup>68</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 242.

<sup>69</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 242.

<sup>70</sup> ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5, str. 242.

## 6 Anatomie

Anatomie má svůj původ v Řecku. Pochází z řeckého slova **anateminein**, což v překladu znamená rozřezávat. V podstatě jde o poznání stavby těla rozřezáváním neboli rozborem při pitvě. Pitva není ovšem jedinou technikou, využívají se různé zobrazovací techniky v lékařství; rentgenové paprsky, počítačová tomografie, magnetická nukleární rezonance, ultrazvuk apod. Anatomii se rozumí učení o stavbě lidského těla, o poloze a struktuře jeho částí a o vzájemných vztazích i vzhledem k celku organismu.<sup>71</sup>

### 6.1 Radiologická anatomie

Radiologická anatomie využívá ke studiu lidského těla ionizující záření (RTG) a neionizující záření (ultrazvuk). Znalost anatomie je nezbytně nutná pro posuzování rentgenových snímků. Radiologická anatomie pomáhá rozeznávat normální snímky od abnormálních snímků. Tkáně mají odlišnou hustotu a jsou na rentgenovém snímku dobře rozeznatelné. Tkáně, které jsou relativně husté, absorbují více rentgenového záření než tkáně, které jsou méně husté. Kost je velmi hustá, tuk je středně hustý a měkké tkáně jsou nejméně husté.<sup>72</sup>

---

<sup>71</sup> ČIHÁK, Radomír. Anatomie 1: Třetí, upravené a doplněné vydání. 3. Praha: Grada, 2011, str. 3. ISBN 978-80-247-3817-8.

<sup>72</sup> ASTANA, Ashihs Kumar. Radiological Anatomy. Delhi. Pee - Pee, 2005, str. 1. ISBN 81-88867-15-2.

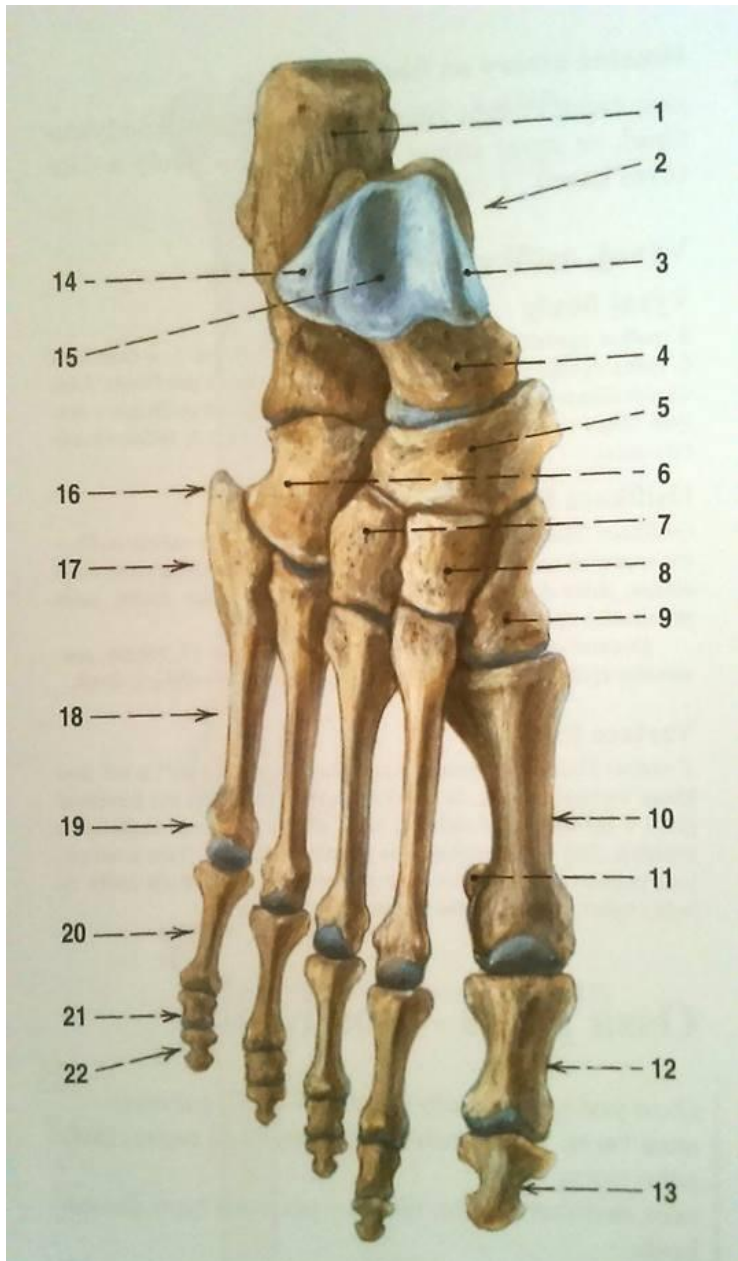
## 7 Kostí nohy – ossa pedis

Kostra nohy se skládá z kostí zánártní (ossa tarsi – sedm kostí, které mají nepravidelný tvar), kostí nártní (ossa metatarsi – pět dlouhých kostí), článků prstu (ossa digitorum pedis – dva články má palec, tři články mají ostatní prsty nohy), sesamkové kůstky (ossa sesamoidea – drobné kůstky, které jsou uloženy ve šlachách při metatarsofalangovém kloubu palce a jsou dvě).<sup>73</sup>

---

<sup>73</sup> ČIHÁK, Radomír. *Anatomie I: Třetí, upravené a doplněné vydání*. 3. Praha: Grada, 2011, str. 297. ISBN 978-80-247-3817-8.





**Obrázek 14** Kosti nohy (Čihák, 2011)

„1 – calcaneus, 2 – talus, 3 – trochlea tali, facies malleolaris medialis, 4 – caput tali, 5 – os naviculare, 6 – os cuboideum, 7 – os cuneiforme laterale, 8 – os cuneiforme intermediale, 9 – os cuneiforme mediale, 10 – os metatarsi primum, 11 – os sesamoideum laterale, 12 – phalanx proximalis, 13 – phalanx distalis, 14 – trochlea tali, facies malleolaris lateralis, 15 – trochlea tali, facies superior, 16 – tuberositas ossis metatarsi quinti, 17 – basis ossis metatarsi quinti, 18 – corpus ossis metatarsi quinti, 19 – caput ossis metatarsi quinti, 20 – phalanx proximalis, 21 – phalanx media, 22 – phalanx distalis“ (Čihák, 2011)

## 7.1 Kostí zánártní – ossa tarsi

Zánártí se skládá ze sedmi zánártních kostí – **kost hlezenní** (talus – kloubí se s kostmi bérce), **kost patní** (calcaneus – zezdola přikloubená k talu a posunutá fibulárně), **kost loďkovitá** (os naviculare – vpředu se pojí s talem), **tři kosti klínové** (ossa cuneiformia (os cuneiforme mediale, intermedium et laterale) – zřepdu přikloubené ke kosti loďkovité), **kost krychlová** (os cuboideum – zřepdu přikloubená ke kosti patní).<sup>74</sup>

## 7.2 Kostí nártní – ossa metatarsi

Je to pět kostí tvořících část kostry nohy nazývanou nárt (metatarsus). Každá nártní kost má 3 hlavní části: **basis** (proximální širší úsek), **corpus** (štíhlé protáhlé tělo), **caput** (hlavice, která nasedá na distální konec kosti). Ossa metatarsi I – V, kdy os metatarsi II je ze všech nejdelší.<sup>75</sup>

## 7.3 Kostí prstů (na noze) – ossa digitorum (pedis)

Články prstů tvoří kostru prstů, které jsou po dva na palci a zbytek prstů po třech článcích. Rozeznáváme tři hlavní části na každém článku: **basis phalangis** (baze článku – proximální úsek), **corpus phalangis** (štíhlejší tělo článku), **caput phalangis** (hlavice, článek tím distálně končí).<sup>76</sup>

## 7.4 Sesamské kůstky nohy – ossa sesamoidea pedis

Dvě oválné kůstky, které jsou zanořené v úponových šlachách v krátkých svalech palce.<sup>77</sup>

---

<sup>74</sup> ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1: Třetí, upravené a doplněné vydání*. 3. Praha: Grada, 2011, str. 297 – 298. ISBN 978-80-247-3817-8.

<sup>75</sup> ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1: Třetí, upravené a doplněné vydání*. 3. Praha: Grada, 2011, str. 303. ISBN 978-80-247-3817-8.

<sup>76</sup> ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1: Třetí, upravené a doplněné vydání*. 3. Praha: Grada, 2011, str. 304. ISBN 978-80-247-3817-8.

<sup>77</sup> ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1: Třetí, upravené a doplněné vydání*. 3. Praha: Grada, 2011, str. 305. ISBN 978-80-247-3817-8.

## **PRAKTICKÁ ČÁST**

V praktické části své bakalářské práce se zaměřím na patní ostruhy. Během praxe jsem měla možnost pracovat na oddělení nenádorové radioterapie v zařízení Multiscan sídlící v Ústí nad Orlicí v areálu místní nemocnice.

## 8 Patní ostruha – calcar calcanei

Tento typ onemocnění podrobněji popsaného v kapitole 5.4.1 způsobuje obtěžující bolesti paty v plosce nebo na vnitřním okraji oblasti paty. Nejhorší je tato bolest ráno při vstávání z postele nebo po delším sezení. Patní ostruha je odpovědí pohybového aparátu na přetížení či důsledek nošení nevhodné obuvi. Za příčinou vzniku může být i profese, kde se vyžaduje dlouhé stání na nohou.<sup>78</sup> V terapii tohoto onemocnění se uplatňují zejména rehabilitační metody – správná obuv, měkčené podpatěnky/vložky do bot, redukce hmotnosti pacienta. V případě selhání těchto přístupů pacient často podstupuje sonografické, termální či laserové aplikace na oblast paty s cílem zmírnění zánětu a ústupu symptomů, zejména tedy bolesti. Mohou se také aplikovat kortikoidové injekce do měkkých tkání paty. Žádná z těchto metod však nedokáže odstranit již vzniklou osifikaci – patní ostruhu. Radioterapie je nejčastěji indikována po selhání výše popsaných metod, a to po ambulantní návštěvě pacienta u radiologického specialisty.

---

<sup>78</sup> MUDr. Zbyněk Mlčoch <http://www.zbynekmlcoch.cz/> [online] 2014

Dostupné z: <<http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/zdravi/vboceny-palec-plocha-noha-patni-ostruha-pricina-lecba-informace>>

## 9 Radioterapeutické oddělení

Pacient přichází na radioterapeutické oddělení s doporučením k vyšetření od svého praktického nebo ortopedického lékaře. Pacient při první návštěvě radioterapeutického oddělení navštíví ordinaci radioterapeutického lékaře, který provede vyšetření pacienta, zájmové oblasti a eventuálně provede vlastní indikaci radioterapie. Následně rozepíše ozařovací plán. Když mají pacienti ozařovací plán, přichází do kontaktu s radiologickou asistentkou, která jim vysvětlí detaily aplikace radioterapie a domluví termíny, kdy budou pacienti docházet na ozařování. Před prvním vstupem do kontrolovaného pásma a podstoupení aplikace radioterapie musí pacient podepsat, že je obeznámen s možnými riziky a také s tím, jak se správně v kontrolovaném pásmu chovat.

Radiologická asistentka ukládá pacienty na aplikační stůl a vyměřuje si ozařované pole tak, aby bylo co nejmenší a zbytečně nebyla zatěžována okolní tkáň, zároveň však dostatečně veliké, aby bylo dosaženo terapeutického efektu. Asistentka vždy kontroluje změny na kůži v místě ozařovacího pole. V případě defektů, zarudnutí nebo puchýře je pacientka poslána k radioterapeutickému lékaři k zhodnocení stavu a následnému pokračování v ozařování. Když je vše správně nastavené, asistentka odchází do ovládací místnosti, odkud na dálku ovládá přístroj. Na kameře, která je umístěna ve vyšetřovací místnosti, sleduje pacienta a ujistňuje se, zda nemění polohu během záření a zda je vše v pořádku. Následně zapne radioterapeutický přístroj a provede vlastní aplikaci radioterapie. Po skončení ozařování pacient odchází a přichází pak opět na další domluvený termín ozařování, nebo je po poslední frakci daného cyklu pacient předán lékaři, který radioterapii doporučil k dalšímu sledování.

Pokud bolesti neustoupí, mohou pacienti podstoupit ozařovací cyklus znovu, ne však dříve než po 3 měsících od předešlé radioterapeutické série, a to zejména pro ponechání dostatečného časového okna, kdy může terapeutický efekt nastoupit a tedy aby nedošlo ke zbytečnému navyšování dávky radioterapie na problematickou oblast. V současné době je radioterapie na jednu oblast omezena na 3 ozařovací cykly, tedy v případě dg. calcari calcanei max. celková aplikovaná dávka 18Gy, a to zejména s ohledem na stochastické účinky radioterapie.



**Obrázek 15** Ovládací místnost na radioterapeutickém oddělení Multiscan v Ústí nad Orlicí. (Vaňková, 2016)

Se svolením pacientek jsem sledovala jejich cestu radioterapeutickou léčbou od prvního kontaktu s radioterapeutickým oddělením až po její dokončení.

## 9.1 Pacientka č. 1

Pacientka ve věku 54 let přichází na radioterapeutické oddělení s doporučením od svého ortopedického lékaře. Odeslána pro dlouhodobé bolesti pravé paty. Po terapeutickém UZ je bolest asi 80%.

**Subjektivně:** bolesti pravé paty trvalá, zesponu, trvá přes půl roku, hlavně při došlapu

**Objektivně:** pokožka paty klidná, bez defektu

**Hlavní diagnóza:** M773

**RTG P paty:** plantární ostruha cca 10mm, jinak bez patologie

**Rozhodnutí radioterapeuta:** Indikují ozáření pravé paty plantárně  $6 \times 0,5$  Gy, 1 pole plantárně, za standardních ozařovacích podmínek, aplikace 2x týdně.

V případě, že by potíže neustupovaly je možná reiradiace za 3 měsíce.

**Závěr:** calcar calcanei plantaris I. dex.

### Ozařovací plán pacientky

Calcar I. dextra

Celková dávka: 3,00 Gy

Dávka na frakci: 0,50 Gy

Počet frakcí: 6

Dávka z pole: 0,50 Gy

Hodnota OK: 35 cm

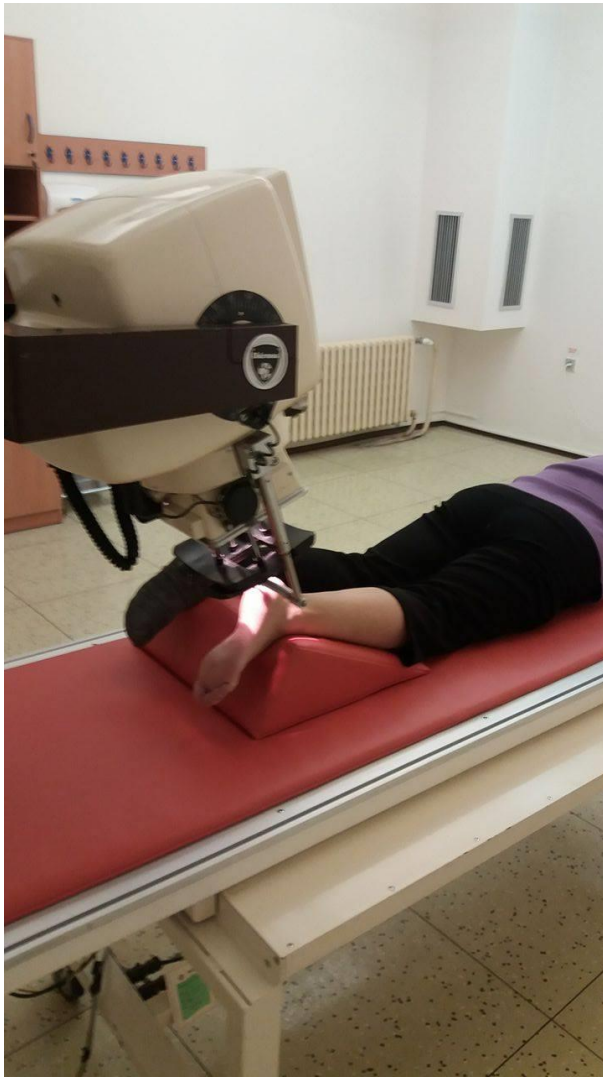
Velikost pole 6 × 8 cm

Zdroj záření: <sup>137</sup>Cs

Poloha pacientky v plantární projekci: pacientka leží na boku s podloženými chodidly

**Tabulka 2 Ozařovací plán pacientky č. 1**

Datum	Plán	Poznámka	Laborant	Lékař	Jednotná dávka	Kumulativní dávka	Ozařovací čas
16.3. 2016	calcar I. dex.	dx. pata plantárně	D. K.	M. L.	0,50 Gy	0,50 Gy	1'33 min.
18.3. 2016	calcar I. dex.	dx. pata mediálně	D. K.	M. L.	0,50 Gy	1,00 Gy	1'33 min.
22.3. 2016	calcar I. dex.	dx. pata laterálně	D. K.	M. L.	0,50 Gy	1,50 Gy	1'33 min.
30.3. 2016	calcar I. dex.	dx. pata dorsálně	D. K.	M. L.	0,50 Gy	2,00 Gy	1'33 min.
4.4. 2016	calcar I. dex.	dx. pata plantárně	D. K.	M. L.	0,50 Gy	2,50 Gy	1'33 min.
7.4. 2016	calcar I. dex.	dx. pata plantárně	D. K.	M. L.	0,50 Gy	3,00 Gy	1'33 min.



**Obrázek 16** Poloha pacientky při ozařování, planární projekce. (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016)





**Obrázek 17** Vymezení ozařovacího pole, planární projekce. (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016)

## **9.2 Pacientka č. 2**

Pacientka ve věku 35 let přichází již podruhé po šesti letech pro bolesti pravé paty. V předchozím případě ozářena levá pata.

**Subjektivně:** měla terapeutický UZ, bez efektu, má masáže, pichlavá bolest v klidu stále

**Objektivně:** kůže klidná, bez defektu

**RTG P paty:** plantární ostruha cca 8mm, jinak bez patologie

**Primární diagnóza:** M773

**Rozhodnutí radioterapeuta:** Indikují ozáření pravé paty mediálně, laterálně, plantárně a dorsálně  $6 \times 0,50$  Gy za použití standardních ozařovacích podmínek ob den. V případě přetrvávání obtíží je možná reiradiace za 3 měsíce.

**Závěr:** calcar calcanei I. dex.

#### Ozařovací plán pacientky

Calcar I. dextra

Celková dávka: 3,00 Gy

Dávka na frakci: 0,50 Gy

Počet frakcí: 6

Dávka z pole: 0,50 Gy

Hodnota OK: 35 cm

Velikost pole  $6 \times 8$  cm

Zdroj záření:  $^{137}\text{Cs}$

Poloha pacientky v plantární projekci: pacientka leží na boku s podloženými chodidly

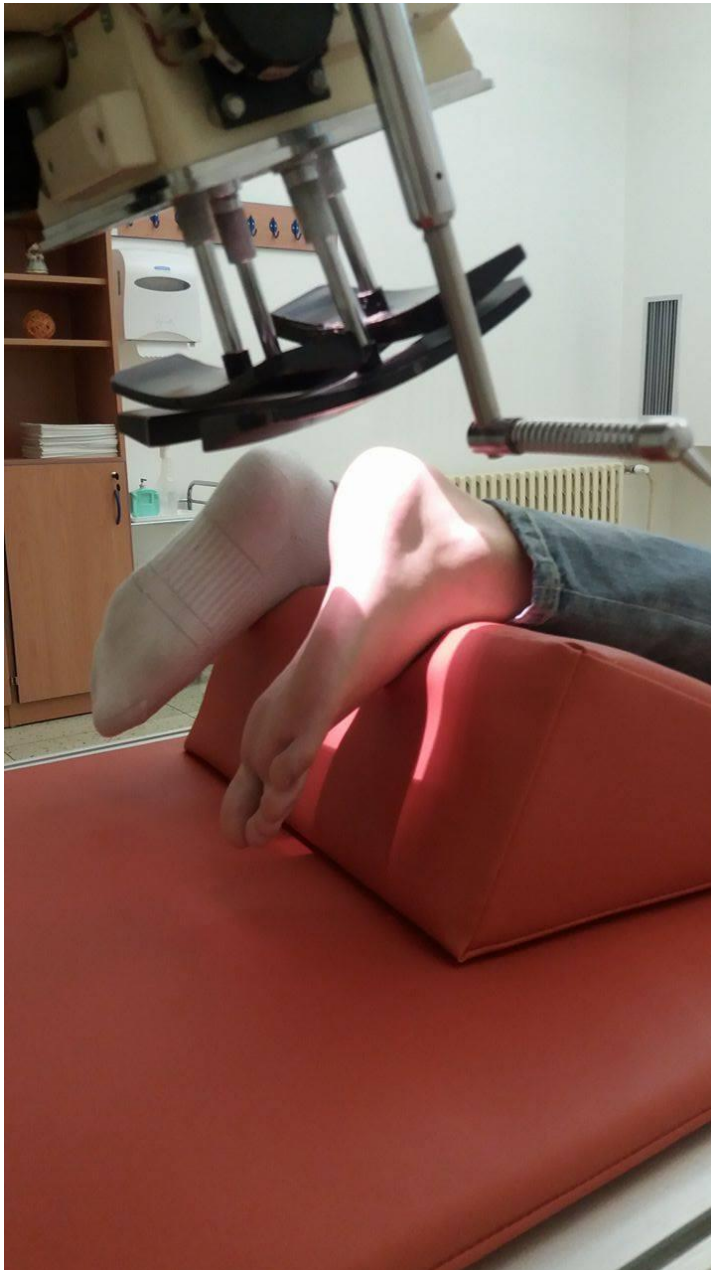
Poloha pacientky v mediální projekci: pacientka leží na stejném boku, jako je ozařovaná končetina

Poloha pacientky v laterální projekci: pacientka leží na opačném boku, než je ozařovaná končetina

Poloha pacientky v dorsální projekci: pacientka leží na boku s podloženými chodidly

**Tabulka 3 Ozařovací plán pacientky č. 2**

<b>Datum</b>	<b>Plán</b>	<b>Poznámka</b>	<b>Laborant</b>	<b>Lékař</b>	<b>Jednotná dávka</b>	<b>Kumulativní dávka</b>	<b>Ozařovací čas</b>
16.3. 2016	Calcar I. dx.	dx. pata plantárně	D. K.	L. K.	0,50 Gy	0,50 Gy	1'33 min.
18.3. 2016	Calcar I. dx.	dx. pata laterálně	D. K.	L. K.	0,50 Gy	1,00 Gy	1'33 min.
21.3. 2016	Calcar I. dx.	dx. pata dorsálně	D. K.	L. K.	0,50 Gy	1,50 Gy	1'33 min.
29.3. 2016	Calcar I. dx.	dx. pata mediálně	D. K.	L. K.	0,50 Gy	2,00 Gy	1'33 min.
31.3. 2016	Calcar I. dx.	dx. pata plantárně	D. K.	L. K.	0,50 Gy	2,50 Gy	1'33 min.
4.4. 2016	Calcar I. dx.	dx. pata plantárně	D. K.	L. K.	0,50 Gy	3,00 Gy	1'33 min.



**Obrázek 18** Vymezení ozařovacího pole pacientky č. 2, pata plantárně. (Vaňková, 2016)



**Obrázek 19** Ozařování pacientky č. 2, pata laterálně. (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016)



**Obrázek 20** Ozařování pacientky č. 2, pata dorsálně (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016)



**Obrázek 21** Ozařování pacientky č. 2, pata mediálně. (Vaňková, Multiscan Ústí nad Orlicí, 2016)

## 10 Diskuze

Radiologický asistent je nedílnou součástí týmu radioterapie. Nejen na radiologické asistenty jsou kladené vysoké nároky v ovládní stále modernějších přístrojů a nových vyšetřovacích postupů, proto by se měl každý zdravotnický pracovník stále vzdělávat. Nedílnou součástí při práci radiologického asistenta je komunikace s pacientem. Radiologický asistent by se měl v každé situaci zachovat profesionálně a zároveň se vcítit do situace pacienta a umět se v dané situaci správně zachovat. Každý zdravotnický pracovník by se měl chovat empaticky a svým projevem působit na pacienta příjemným dojmem.

Vykonávat profesi radiologického asistenta sebou nese velkou zodpovědnost, asistent musí provádět správnou identifikaci pacienta, aby nedošlo k ozáření jiné osoby a následně k mimořádné události, kterou je nutno řešit. K této události by však dojít nikdy nemělo.

V dnešní době je možnost studia v oboru radiologický asistent pouze v tříletém oboru na vysokých školách.

Během psaní bakalářské práce jsem zjistila, že spousta lidí nosí nekvalitní obuv, která byla jedním z důvodů vzniku patní ostruhy. Tudiž je nutné, aby lidé dbali na výběru správné a pohodlné obuvi.



## 11 Závěr

Ve své bakalářské práci „Možnosti radioterapie v léčbě benigních chorob, úloha radiologického asistenta“ jsem si jako cíl dala detailně popsat ozařování nenádorového onemocnění calcar calcanei a roli radiologického asistenta během tohoto procesu.

V teoretické části jsem se zaměřila především na obecné informace týkající se radioterapie nenádorových onemocnění, radiační ochranu, TNM klasifikaci nádorů, anatomii dolní končetiny, přístroje používané v radioterapii a druhy radioterapie. Veškeré tyto informace jsem čerpala z literatury, přednášek a konzultací na radioterapeutickém oddělení.

V praktické části jsem zaměřila na dvě pacientky, které jsem sledovala po dobu jejich léčby na radioterapeutickém oddělení, vytvořila fotodokumentaci a jejich ozařovací plán dle ordinace radioterapeutického lékaře.

Během své praxe jsem se setkala s několika pacienty, které trápily velice podobné problémy. Aplikace radioterapie je léčba relativně rychlá, při správně proškoleném personálu bezpečná a pacienta příliš nezatěžující.

V průběhu zpracovávání bakalářské práce jsem rozšířila své znalosti a zkušenosti v oboru nenádorové radioterapie, konkrétně při léčbě calcar calcanei.

## 12 Seznam použité literatury

- 1) ASTANA, Ashihs Kumar. *Radiological Anatomy*. Delhi. Pee - Pee, 2005, ISBN 81-88867-15-2.
- 2) BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010. ISBN 978-80-7368-701-4.
- 3) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1: Třetí, upravené a doplněné vydání*. 3. Praha: Grada, 2011, ISBN 978-80-247-3817-8.
- 4) FELTL, David a Jakub CVEK. *Klinická radiobiologie*. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2008, 105 s. ISBN 978-80-7311-103-8
- 5) HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0.
- 6) HYNKOVÁ, Ludmila a Pavel ŠLAMPA. *Základy radiační onkologie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012. ISBN 978-80-210-6061-6.
- 7) KRYŠTOF, Vladimír, Josef PECINA a Oldřich OTT. *Fyzikální podklady radioterapie*. 1. vyd. Brno: Ústav pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků, 1981, 84 s. Učební texty (Ústav pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků)
- 8) MUDr. Zbyněk Mlčoch <http://www.zbynekmlcoch.cz/> [online] 2014, [cit. 2016-03-18]
- 9) Dostupné z: <<http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/zdravi/vboceny-palec-plocha-noha-patni-ostruha-pricina-lecba-informace>>
- 10) MÚČKA, Viliam. *Aplikace radiačních metod*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02777-5.
- 11) prof. MUDr. Jirí Petera, Ph.D. Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně. [www.linkos.cz](http://www.linkos.cz) [online] 2006, aktualizace 2014, [cit. 2016-03-12]
- 12) Dostupné z: <<http://www.linkos.cz/radioterapie-1/indikace-radioterapie/#paliativni-radioterapie>>
- 13) Státní ústav radiační ochrany (SURO). [www.suro.cz](http://www.suro.cz) [online] 2000, [cit. 2016-03-27]
- 14) Dostupné z: <<https://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujicich-zareni>>
- 15) ŠLAMPA, Pavel. *Radiační onkologie v praxi*. 2. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2007, 275 s. ISBN 978-80-86793-08-5
- 16) Vyhláška 307/2002 Sb., Státní úřad pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně.