

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014

Lenka Tomšová

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Radioterapie mozkových nádorů
a úloha radiologického asistenta při ní

Lenka Tomšová

Bakalářská práce

2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lenka Tomšová**
Osobní číslo: **Z10280**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Radioterapie mozkových nádorů a úloha radiologického asistenta při ní**
Zadávací katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

Zásady pro vypracování:

1. Studium literatury, sběr informací.
2. Stanovení podmínek, metod, cílů.
3. Stanovení výzkumných záměrů.
4. Výběr metody výzkumu.
5. Analýza a interpretace dat.
6. Diskuse k tématu.

Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 35 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


1. MAČÁK, J., MAČÁKOVÁ, J. Patologie. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 978-80-247-0785-3
2. DUŠEK, L. Czech Cancer Care in Numbers 2008 - 2009. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3244-2
3. BAJČIOVÁ, V., ŠTÉRBA, J., TOMÁŠEK, J. Nádory adolescentů a mladých dospělých. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 9788024735542
4. HYNKOVÁ, Ludmila. Základy radiační onkologie. 1. vyd. Editor Pavel Šlampa. Brno: Masarykova univerzita, 2012, 247 s. ISBN 978-80-210-6061-6
5. GUEST EDITORS, Jill Lacy. Central nervous system malignancies. 1. vyd. Editor Pavel Šlampa. Philadelphia: Saunders, 2012, 247 s. ISBN 978-145-5749-409
6. KLEINBERG, L. R. Brain metastasis: a multidisciplinary approach. 1. vyd. Editor Pavel Šlampa. New York: Demos, 2009, 224 p. ISBN 19-338-6443-5

Vedoucí bakalářské práce: prof. MUDr. Jiří Petera, Ph.D.
Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 9. května 2014


prof. MUDr. Arnošt Pellaš, DrSc.
děkan

I.S.


Ing. Jana Holá, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. března 2014

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 7. 5. 2014

Lenka Tomšová

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Prof. MUDr. Jiřímu Peterovi, Ph.D. za čas, pomoc a rady při psaní mé práce.

Poděkování patří zaměstnancům Kliniky onkologie a radioterapie ve Fakultní nemocnici Hradec Králové, kteří mi pomohli doplnit informace k vypracování praktické části práce.

ANOTACE

Tato práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou popsány druhy záření používaných v radioterapii a jejich zdroje, včetně jejich biologických účinků (stochastické, deterministické). V práci je uvedeno několik druhů mozkových nádorů včetně klinických příznaků, jejich diagnostika a léčebná strategie. V praktické části je stručný popis úlohy radiologického asistenta na pracovišti radiační onkologie s popisem plánované a provedené radioterapie u pacienta s nádorem mozku.

KLÍČOVÁ SLOVA

Radioterapie, ionizující záření, zevní radioterapie, stereotaktická radioterapie, protonová léčba, intersticiální brachyterapie, radiologický asistent, nádor mozku

TITLE

Radiotherapy for brain tumours and the role of the radiologist assistant in it

ABSTRACT

The graduate thesis is divided into a theoretical part and a practical part. The theoretical part includes the description of the types of radiation used in radiotherapy, their sources, their biological effects (stochastic, deterministic).

The paper includes the description of some types of brain tumours, their clinical symptoms, their diagnostics and treatment strategy. The practical part is focused on the role of a radiologist assistant in department of radiation oncology. This part includes the description of radiotherapy in a patient with a brain tumour.

KEYWORDS

Radiotherapy, ionising radiation, external radiotherapy, stereotactic radiotherapy, proton treatment, interstitial brachytherapy, radiologic assistant, brain tumour

Obsah

.....	
ÚVOD.....	12
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 Ionizující záření.....	14
1.1 Veličiny charakterizující ionizující záření.....	14
1.1.1 Aktivita.....	14
1.1.2 Dávka	14
1.1.3 Expozice	15
1.1.4 Kerma.....	15
2 Fyzikální informace o elektromagnetickém záření.....	16
2.1 Fotoelektrický jev	16
2.2 Comptonův rozptyl.....	17
2.3 Elektro-pozitronové páry	17
3 Radioaktivita	19
3.1 Radioaktivita alfa.....	19
3.2 Radioaktivita beta minus	19
3.3 Radioaktivita beta plus	19
3.4 Radioaktivita gama.....	20
3.5 Neutronové záření.....	20
4 Zdroje ionizujícího záření v radioterapii.....	21
4.1 Lineární urychlovač.....	21
4.2 Betatron	22
4.3 Cyklotron.....	23
4.4 Kobaltové a cesiové zářiče.....	24
4.5 Cyberkníže	25
4.6 Leksellův gama nůž	26
4.7 Tomoterapie	27
5 Biologické účinky	28
5.1 Stochastické účinky ionizujícího záření	29
5.2 Deterministické účinky ionizujícího záření	29
6 Historie radioterapie.....	31
7 Nádory mozku	33
7.1 Anatomie mozku	33

7.2 Nádory mozku	34
7.3 Rozdělení nejčastěji se vyskytujících nádorů mozku	34
7.3.1 Vysoce maligní nádory- HIGH-GRADE GLIOMY	34
7.3.2 Gliomy s nízkou malignitou- LOW-GRADE GLIOMY	35
7.3.3 Meningeomy	35
7.3.4 Meduloblastomy	36
7.3.5 Ependymomy	36
7.3.6 Další nádory mozku.....	37
7.4 Klinické příznaky.....	38
7.5 Diagnostika.....	39
7.6 Léčebné strategie.....	39
7.6.1 Zevní radioterapie.....	40
7.6.2 Stereotaktická radioterapie	41
7.6.3 Protonová terapie.....	42
7.6.4 Intersticiální brachyterapie	42
8 Klinické využití radioterapie	43
8.1 Kurativní radioterapie	43
8.2 Adjuvantní radioterapie.....	43
8.3 Neadjuvantní radioterapie	43
8.4 Paliativní radioterapie.....	43
9 Cílové objemy	44
II PRAKTICKÁ ČÁST	45
10 Stručná charakteristika práce a odpovědnosti radiologického asistenta	46
10.1 Radiologický asistent provádí:	46
10.2 Radiologický asistent při práci zejména:.....	46
11 Algoritmus léčby zářením	48
11.1 Popis případu:	48
11.2 Léčebná strategie:	48
11.2.1 Indikace léčebného ozáření	48
11.2.2 Fixace, výroba fixační pomůcky	48
11.2.3 Plánovací CT/MR zobrazení a lokalizace nádorového objemu.....	49
11.2.4 Zakreslení kontur GTV, CTV, PTV a sestavení ozařovacího plánu	50
11.2.5 Kontrola správného nastavení	52
11.2.6 Ukončení léčby.....	52
11.3 Vyhodnocení.....	53
12 Diskuze.....	54
13 Závěr	56

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma fotoelektrického jevu	16
Obrázek 2 Schéma Comptonova rozptylu	17
Obrázek 3 Schéma tvorby elektro-pozitronových párů	18
Obrázek 4 Princip lineárního urychlovače	22
Obrázek 5 Lineární urychlovač ve FNHK	22
Obrázek 6 Schéma betatronu	23
Obrázek 7 Schéma cyklotronu	24
Obrázek 8 Cobaltový ozařovač	25
Obrázek 9 Cyberknife	26
Obrázek 10 Leksellův gama nůž	26
Obrázek 11 Řez mozkem ve střední rovině	33
Obrázek 12 Fixační maska, pacienta s HGG z FNHK	49
Obrázek 13 Zakreslení kostěnných struktur	50
Obrázek 14 DVH	51
Obrázek 15 Rozložení dávky v procentech	51
Obrázek 16 Ozařovací plán	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Toleranční dávky při normofrakcionaci	41
---	----

SEZNAM ZKRATEK

IZ - ionizující záření (positron emission tomography)

IMRT - radioterapie s modulovanou intenzitou (intensity-modulated radiation therapy)

keV - kilo elektronvolt

MeV- mega elektronvolt

Sv - sievert, jednotka ekvivalentní dávky ionizujícího záření

Gy - gray, jednotka absorbované dávky

MLC - vícelistový (lamelový) kolimátor (multileaf collimator)

MR - magnetická rezonance

RTG - rentgen, rentgenový

X záření - rentgenové záření

CT - počítačová tomografie (computerized tomography)

GTV - gross tumor volume

CTV - clinical target volume

PTV - planning target volume

IM - internal margin

SM - set-up margin

OBI - metoda k ověřování polohy pacienta (on board imagine)

AP, PA - předozadní, zadopřední (anterior posterior, posterior anterior)

HDR - vysoký dávkový příkon (high dose rate)

WHO - světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

DVH - histogram dávkového rozložení (dose volume histogram)

OBI - on board paging

SÚJB - Státní úřad pro jadernou bezpečnost

TERMINOLOGIE

Proton - kladně nabitá částice v jádře atomu

Neutron - částice v jádře atomu, bez náboje

Elektron - záporně nabitá částice v obalu atomu

Pozitron - antielektron, má kladný elementární náboj

Foton - elementární částice Popisující kvantum elektromagnetické energie

Radioaktivita - samovolná přeměna nestabilních jader za uvolňování energie

Nukleární medicína - lékařský obor pracující s otevřenými zářiči

Stochastický - náhodný jev

Deterministický - předem určitelný jev

Staging - rozsah onemocnění

Gantry - portál přístroje

Verifikace - ověřování, potvrzování správnosti

Laterální - boční

Izocentrum - bod, který je vždy ve stejné vzdálenosti od otáčející se hlavice

ÚVOD

Bakalářská práce s názvem Radioterapie mozkových nádorů a úloha radiologického asistenta při ní se skládá z teoretické a praktické části. V teoretické části najdeme stručný popis ionizujícího záření, radioaktivity alfa, beta, gama, neutronového záření a zdrojů účinků ionizujícího záření v radioterapii. V této části je popsána anatomie mozku a vybrané nádory mozku, jejich klinické příznaky, diagnostika a léčebná strategie. V práci najdeme mimo jiné popis radioterapie, stereotaktické radioterapie, protonové léčby, intersticiální brachyterapie.

V praktické části je stručně popsána charakteristika práce radiologického asistenta. Tato část zahrnuje popis plánování a provádění léčby použitím zevní radioterapie u pacienta s high-grade gliomem.

Cíl

Cílem je popis náročné a zodpovědné úlohy radiologického asistenta při radioterapii mozkových nádorů, která je předmětem výuky v bakalářském studiu na Fakultě zdravotnických studií na Univerzitě Pardubice. K odborné přípravě jsou, mimo dovednosti komunikace s lékařem a pacientem, se kterými je během diagnostiky a léčby radiologický asistent v kontaktu, nezbytně nutné znalosti o přístrojích, které jsou k dispozici v daném oboru.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 Ionizující záření

Ionizující záření je záření, jehož kvanta mají natolik vysokou energii, že jsou schopna vyřázet elektrony z atomového obalu a tím ionizují látku. Rozeznáváme přímo ionizující záření, představované nabitými částicemi (protony, elektrony, ionty) a nepřímo ionizující záření představované nenabitými částicemi (elektromagnetické či fotonové záření, neutrony). Ionizující záření dělíme na korpuskulární, je-li klidová hmotnost jeho částic nenulová (elektrony, protony, neutrony, ionty) a nekorpuskulární, jehož kvanta mají nulovou klidovou hmotnost. Těžištěm radioterapie je využití svazků elektromagnetického záření a elektronů. (Lit.1)

1.1 Veličiny charakterizující ionizující záření

Jsou to veličiny, které mají fyzikální charakter. Výsledný biologický účinek dané tkáně na ozáření jsou biofyzikální veličiny. Uvádím zde nejpoužívanější veličiny v radioterapii. (Lit.2)

Jednotkou ionizujícího záření je *elektronvolt (eV)*: $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

1.1.1 Aktivita

Aktivita (A) vyjadřuje počet radioaktivních přeměn (dN) za jednotku času (dt). $A = dN/dt$. V praxi jsou zavedeny i další důležité veličiny charakterizující radioaktivní zdroje. Aktivita daného radioaktivního zdroje postupně klesá (přeměnová konstanta lambda). Používá se poločas rozpadu - doba, za kterou se rozpadne polovina všech přítomných jader. (Lit.2)

1.1.2 Dávka

Dávka (D) je definovaná podílem střední energie (dE) předané ionizujícím zářením uvažované látky o hmotnosti (dm) v daném bodě. Jednotkou dávky je gray (Gy), má rozměr $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$. (Lit.2) $D = dE/dm$.

Dávkový přírůstek je definován jako přírůstek dávky za časový interval a jednotkou je $\text{Gy} \cdot \text{s}^{-1}$.

1.1.3 Expozice

Expozice je definována jako poměr absolutní hodnoty celkového elektrického náboje iontů jednoho znaménka, které byly uvolněny při interakci fotonů v hmotnostním elementu vzduchu o dané hmotnosti při úplném zabrzdění všech vzniklých elektronů a pozitronů.

Expozice je definována výhradně pro vzduch. Jednotkou je **C.kg⁻¹**.(Lit.2)

1.1.4 Kerma

Kerma je nejmladší dozimetrickou veličinou a je používána pro nepřímo ionizující záření. Je definována jako podíl kinetické energie všech nabitých částic uvolněných nenabitými ionizujícími částicemi v uvažovaném objemu látky o dané hmotnosti. (Lit.2) **$D=dE_k/dm$** .

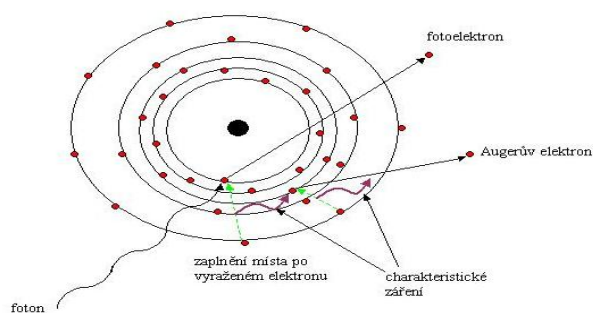
Jednotkou je **Gy**.

2 Fyzikální informace o elektromagnetickém záření

Elektromagnetické záření je tvořeno elektrickým a magnetickým polem, jejichž intenzity jsou na sebe kolmé. Spektrum elektromagnetického záření je tvořeno nepředstavitelně širokým rozmezím energií a vlnových délek. Kvanta elektromagnetického záření jsou nazývána fotony, a proto se označuje jako fotonové záření. Ionizující elektromagnetické záření používané v radioterapii se dělí podle mechanismu vzniku na rentgenové záření, vznikající při zabrzdění urychlených elektronů atomy prostředí a záření gama, generované při deexcitaci atomových jader při radioaktivním rozpadu jader radionuklidů a jaderných interakcí. K přenosu energie fotonů na látkové prostředí dochází interakcí s elektrony atomů a molekul absorbujícího prostředí. Jsou tři základní typy interakcí s elektronovými obaly atomů a molekul:

2.1 Fotoelektrický jev

Fotoelektrický jev - k fotoefektu dochází při nízkých energiích fotonů. Foton, který dopadá, předá veškerou svou kinetickou energii elektronu ve valenční vrstvě atomu a zaniká. Z atomu se elektron vyváže a sníží se mu kinetická energie. Poté dochází k rekombinaci jiným atomem za současného uvolnění charakteristického rentgenového záření. Záření, které má nízkou energii, je převážně vychytáváno v kostech. Na obrázku 1 vidíme schéma fotoelektrického jevu.



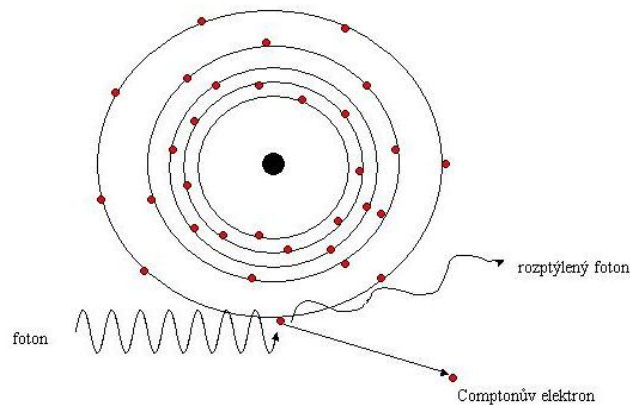
Obrázek 1 Schéma fotoelektrického jevu¹

¹ Vlastní zdroj

2.2 Comptonův rozptyl

Comptonův rozptyl - je charakteristický nejčastěji u středních energií záření 110 keV- 10 MeV. Foton předá část své energie elektronu, tím vznikne foton s nižší energií a odražený elektron. Odražený elektron způsobuje další ionizaci, dává vzniknout sekundárním a terciálním elektronům, až ztratí získanou energii a dojde k rekombinaci s jiným atomem a může zaniknout i fotoefektem. Nedochází k neúměrnému vychytávání v kostech.

Na obrázku 2 vidíme schéma Comptonova rozptylu.



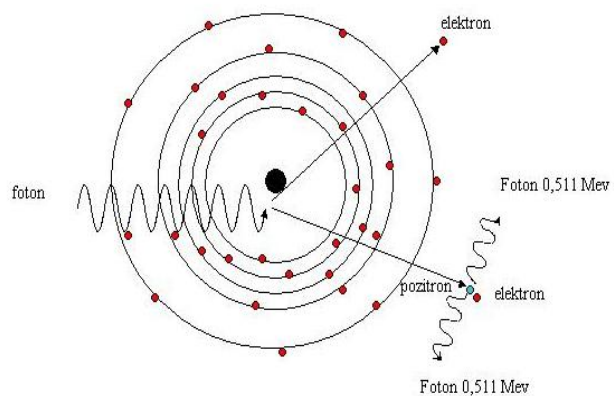
Obrázek 2 Schéma Comptonova rozptylu¹

2.3 Elektro-pozitronové páry

Tvorba *elektro-pozitronových párů* vzniká při energii fotonů vyšší než 1,02 MeV. Projde-li foton silovým polem jádra atomu, může dojít k přeměně fotonu na elektron a pozitron. Pozitron postupně ztrácí svou kinetickou energii, až dojde k interakci s elektronem a dojde k jejich zániku (anihilace). Současně vzniká emise dvou stejných fotonů o energii 0,511 MeV.

¹ Vlastní zdroj

Na obrázku 3 vidíme schéma tvorby elektron-pozitronových párů.



Obrázek 3 Schéma tvorby elektro-pozitronových párů¹

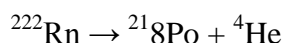
¹ Vlastní zdroj

3 Radioaktivita

Radioaktivita je jev, kdy dochází k samovolné přeměně nestabilních jader prvků, při kterém je emitováno vysokoenergetické záření. Jádra, která vykazují tuto vlastnost, se nazývají radionuklidy. Tyto radionuklidy dělíme na přirozené a umělé. Přirozené radionuklidy jsou např. ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{40}K . Umělé jsou např. $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I , ^{18}F . Každý radionuklid má svůj poločas přeměny. Poločas přeměny je doba, za kterou se přemění polovina jader daného radionuklidu. (Lit.3)

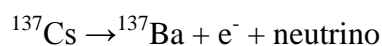
3.1 Radioaktivita alfa

Částice alfa se skládá ze dvou protonů a dvou neutronů, jde tedy o heliové jádro, které je emitováno radionuklidy s protonovým číslem větším než 82. Vyskytuje se tedy u těžkých atomů. Dosah alfa záření ve tkáni je několik μm , a proto je vhodný pro terapii. (Lit.3)



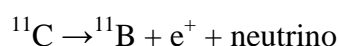
3.2 Radioaktivita beta minus

Je to emise záporně nabitých elektronů. K rozpadu beta^- dochází u jader s přebytkem neutronů. Neutron se rozdělí na proton, který zůstává v jádře a záporně nabitý elektron, který vyletí z jádra za vzniku doprovázejícího záření - neutrina. Dosah beta^- záření ve tkáni je několik mm, a proto je vhodný pro terapii. (Lit.3)



3.3 Radioaktivita beta plus

Emise kladně nabitých pozitronů. K rozpadu beta^+ dochází u jader s přebytkem protonů. Proton se přemění na neutron, kladně nabitý pozitron a neutrina, a ty jsou emitovány z jádra. Dosah ve tkáni maximálně 2 mm a pak se spojí s elektronem za vzniku dvou kvant anihilačního záření o energii 511keV, což využijeme v nukleární medicíně v pozitronové emisní tomografii. (Lit.3)



3.4 Radioaktivita gama

Jádro po spontánní nebo vynucené přeměně nebývá stabilní. Nadbytečné energie se při svém návratu do základního stavu zbavuje emisí částic a také emisí jednoho nebo několika fotonů gama. Jelikož je doba excitovaného jádra velmi krátká, dokonce neměřitelná, tak fotony vyrážejí z jádra téměř současně s emisí nabitě částice. Záření gama má díky své velmi krátké vlnové délce velkou pronikavost. Gama je vždy doprovodné záření u přeměny alfa nebo beta. (Lit.3)

3.5 Neutronové záření

Neutronové záření nemá elektrický náboj a průchodem látkou samo neionizuje. Ionizaci prostředí způsobují až sekundární částice, které vznikají po interakci neutronů s jádry atomů látky. (Lit.3)

Neutrony po vstupu do látky reagují pouze s atomovými jádry:

- pružným rozptylem (nejčastější způsob interakce),
- nepružným rozptylem,
- radiačním záchytem.

4 Zdroje ionizujícího záření v radioterapii

4.1 Lineární urychlovač

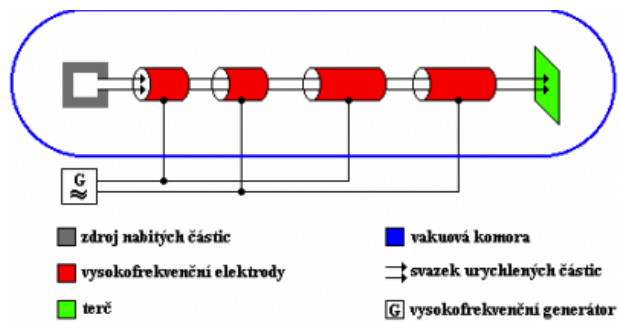
Nejvíce rozšířeným ozařovacím přístrojem pro zevní radioterapii je v současné době lineární urychlovač (LU). Bazálním principem je urychlení částic, většinou elektronů, působením elektrického a magnetického pole. Urychlovač se skládá ze zdrojů iontů a urychlovacího systému. Urychlovače jsou přístroje, které uměle zrychlují elektricky nabitě částice tak, že získají vysokou kinetickou energii a při nárazu o terčík vzniká brzdné záření o vysoké energii. Svazek fotonů je homogenizován, tvarován a ohraničen v hlavici přístroje systémem vykrývacích clon nazývaných kolimátor. Při potřebě přesnějšího tvarování využíváme drobné clony nazývané vícelamelový kolimátor, který nahrazuje časově náročnější výrobu individuálních stínících bloků. Na přístroji se dají zvolit různé energie fotonů např. 6 MV, či 18 MV. Větší energie se využívají při ozařování cílového objemu ve větší hloubce. (Lit.1)

Duální typy lineárních ozařovačů produkují i urychlené elektrony o různých energiích (od 4 do 20 MeV). Elektronový svazek záření vychází z urychlovací trubice jako tenký svazek, který vede rozptylovací folií a tím vzniká široký svazek monoenergetických elektronů. Velikost svazku se upravuje dále přidanými tubusy a kolimačním systémem. Záření elektrony se využívá při léčbě kožních či podkožních ložisek, kdy se šetří tkáň. Ozařovací technikou je jedno pole, kde se nastavuje vzdálenost ohnisko-kůže. Součástí LU je také dálkově ovladatelný polohovatelný stůl s plovoucí deskou, který umožňuje ozařování tzv. izocentrickou technikou. (Lit.1)

U lineárních urychlovačů je také možnost provádět kontrolu správné polohy pacienta pomocí zobrazovací techniky, která je součástí přístroje. Využívají se megavoltážní zdroje s portálovým snímkováním či kilovoltážní zdroje nebo jejich kombinace.

Na hlavici lze upevnit systémy, které umožňují provádění stereotaktického intrakraniálního ozařování, kde se využívá mikrokolimátor nebo konické kolimátory. (Lit.1)

Na obrázku 4 vidíme princip lineárního urychlovače. Obrázek 5 zobrazuje lineární urychlovač



Obrázek 4 Princip lineárního urychlovače¹



Obrázek 5 Lineární urychlovač ve FNHK²

4.2 Betatron

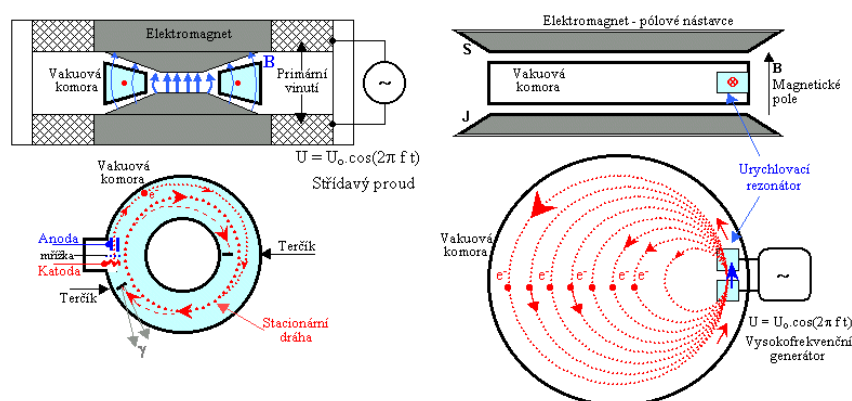
Betatron byl poprvé využit k léčbě v roce 1948. Betatron je zařízení, které urychluje elektricky nabitě částice na kruhové dráze. Skleněná nebo porcelánová vakuová trubice je

¹ http://fyzika.jreichl.com/data/Mikro_5detekce_soubory/image020.png

² http://www.fnhk.cz/temp/photo_small_zoom_313.jpg

umístěna mezi dva póly elektromagnetu a jsou do ní tangenciálně v pravidelných časových intervalech vystřelovány elektrony z katody. Tím jak se elektrony dostanou do magnetického pole, tak se jejich dráha zakřivuje a získává kruhový tvar, na které se elektrony soustavně urychlují. Ve vakuové skleněné trubici elektrony nenarážejí na téměř žádný odpor a jejich rychlost se blíží rychlosti světla. Potom se začne elektromagnetické pole oslabovat a elektrony se začnou pohybovat po spirálové dráze, kde na konci narazí na wolframový terčík. Zabrzděním elektronů o wolframový terčík vzniká velmi tvrdé rentgenové brzdové záření dosahující až desítek MeV.

Na obrázku 6 vidíme schéma betatronu.



Obrázek 6 Schéma betatronu¹

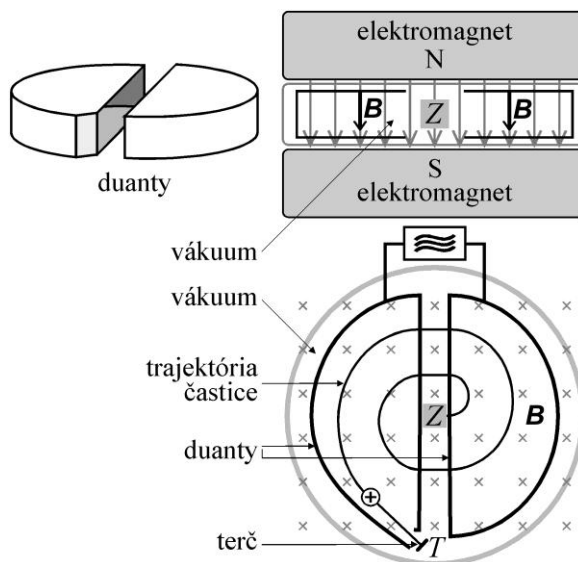
4.3 Cyklotron

Jde o cyklický urychlovač, který slouží k urychlování těžkých částic. Kladné částice jsou urychlovány po spirálové dráze v mezerách mezi elektrodami-duanty napojenými na vysokofrekvenční napětí s oscilující polaritou. Duanity jsou uloženy ve vzduchoprázdném prostoru mezi pólovými nástavci silného elektromagnetu produkující uniformní magnetické pole, které zakřivuje dráhu částic do půlkruhu. Duanity mají opačný náboj, proto, když se těžká částice uvnitř duantu dostane na jeho okraj, přitahuje se druhým opačně nabitým duantem. Samotné urychlování těžkých částic probíhá právě při jejich přechodu mezi duanty. Těžké částice mají kladný náboj, proto je zapotřebí přesné synchronizace změny náboje na

¹ <http://astronuklfyzika.cz/UrychlovacBetatron.gif>

duantu s pohybem částic. Dostatečně urychlené protony jsou vychýleny záporně nabitou destičkou z cyklotronu.

Celý tento proces je vidět na obrázku 7.



Obrázek 7 Schéma cyklotronu ¹

4.4 Kobaltové a cesiové zářiče

Oba tyto zářiče jsou zdrojem gama záření. ⁶⁰Co má poločas rozpadu 5,29 let a emituje záření o energiích 1,33 MeV a 1,17 MeV. ¹³⁷Cs má poločas rozpadu 30,07 let a emituje záření o energii 0,66 MeV. Ochranná hlavice má průměr 60 cm a je z olova a z wolframové slitiny, která má lepší absorpci gama záření. Hlavice má kanálový otvor, z kterého vystupuje svazek gama záření. (Lit.1)

¹ http://www.ddp.fmph.uniba.sk/~koubek/UT_html/G3/kap1/1-6_soubory/1_19.jpg

Obrázek 8 prezentuje gantry kobaltového zářiče.



Obrázek 8 Cobaltový ozařovač¹

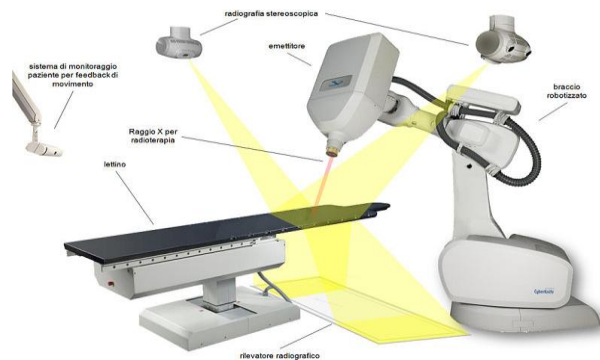
4.5 Cyberknife

Cyberknife je robotický ozařovač. Lineární urychlovač o velmi malé hmotnosti s energií 6 MV je umístěn v robotickém rameni. Cyberknife lze používat k intrakraniální i extrakraniální radiochirurgii. Svazek je tvarován pomocí fixních, vyměnitelných kruhových kolimátorů nebo automatickým kolimátorem. Robotické je také lůžko pro pacienta. Součástí systému jsou dva rentgenové snímače, které jsou zavěšeny u stropu v ozařovně a umístěné detektory na podlaze pod polohovacím stolem. Snímky pacienta se v oblasti ložiska z úhlu 45% v opozici registrují na detektor a jsou přeneseny na monitor počítače řídicího ozařování. Snímkováním v krátkých časových intervalech se získá prostorová lokalizace. Software porovná současnou pozici srovnáním s 3D daty z plánovacího CT. V průběhu ozařování se robotické rameno přesouvá do různých pozic a sleduje nádorové ložisko. Pokud poloha nádoru nebo pacienta překročí limity, které koreluje, je ozáření přerušeno a dochází k úpravě polohy pacienta.

Součástí je systém, který sleduje dýchací pohyby pacienta, tím přispívá k větší přesnosti ozáření. Nedílnou součástí je série dotykových senzorů, které hlídají kontakt pacienta s ramenem. (Lit.4) Léčba je prováděna v 1-5 frakcích. (Lit.4)

¹ ozařovač http://www.nemkladno.cz/userfiles/Image/body/46/pic1_b.jpg

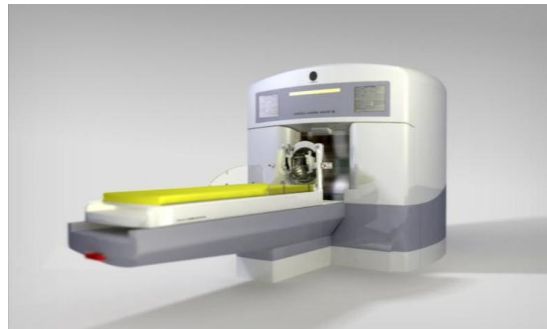
Na obrázku 9 je Cyberknife s příslušenstvím.



Obrázek 9 Cyberknife¹

4.6 Leksellův gama nůž

Jedná se o stereotaktický přístroj s 201 zdroji gama záření. Jako radionuklid je využíván ⁶⁰Co. Všechny 201 zdrojů je umístěno tak, že se protínají ve společném ohnisku. To umožňuje relativně malou dávku jednoho paprsku. V ohnisku, kde se všechny paprsky protnou, se jejich dávky sčítají. Pro léčbu je tedy nutné zacílit ohnisko do potřebné lokalizace. Je to ohromná výhoda, jelikož je možné dostat potřebnou dávku do tumoru bez poškození okolních tkání. Vzhledem k tomu, že zdroje jsou rozloženy ve tvaru polokoule, Leksellův gama nůž se využívá k léčbě nádorů na mozku. (Lit.4) Na obrázku 10 vidíme Leksellův gama nůž



Obrázek 10 Leksellův gama nůž²

¹ <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c6/Cyberknife.jpg>

² <http://multivu.prnewswire.com/mnr/elekta/12463/images/12463a.jpg>

4.7 Tomoterapie

Tomoterapie je jednou z nejnovějších a zároveň nejdokonalejších metod radioterapeutických technologií. Na světě je nejvíce přístrojů v USA. Technologie spočívá v kombinaci CT scanneru s lineárním urychlovačem, který produkuje svazek záření potřebný k terapii. V ČR zatím nemáme tuto technologii k dispozici. (Lit. 18)

5 Biologické účinky

Biologické a lékařské poznatky o účincích ionizujícího záření jsou rozsáhlé, ale nejsou úplné. Získávají jsou již od začátku 20. století. Účinky ionizujícího záření na organismus nám vysvětluje tzv. radikálová teorie, která vychází především z toho, že každý organismus je složen převážně z vody. Ve vodě jsou biologicky aktivní látky, proto interakce záření s živou tkání probíhá na molekulách vody. Díky této ionizaci dochází k radiolýze vody a vznikají přitom reaktivní volné radikály H^+ a OH^- . Tyto volné radikály napadají molekuly biologicky aktivních látek a chemicky je ovlivňují nebo ničí. Z toho vychází řada škodlivých změn, ze kterých sice značná část může být reparačními mechanismy organismu napravena, ale některé změny mohou být trvalé nebo se mohou reprodukovat. Nejcitlivější tkáně vůči ionizujícímu záření jsou ty, které mají intenzivní přeměnu buněk, jako např. krvetvorné, zárodečné nebo nádorové buňky. Účinky záření na buňku můžeme rozdělit do dvou skupin. Skupina jedna se nazývá smrt buňky a skupina dva se nazývá změna cytogenetické informace. Smrt buňky znamená, že buňka může být usmrcena již v klidovém období interfázi (interval mezi dvěma mitózami). Tento účinek se předpokládá při velké dávce záření. Významnějším typem buněčné smrti je zánik vázaný na mitózu. Toto poškození buňky se neprokáže hned, ale tím, že buňka není schopna se dále dělit. Říká se jí tzv. mitotická smrt buňky, pozoruje se při menších dávkách záření, které nestačí na vyvolání smrti v interfázi. Změna cytogenetické informace tvoří druhou skupinu účinků záření na buňku, při této změně se bezprostředně nenarušuje průběh buněčného dělení. Jde o změny genetické informace buňky, která je uložena v jejím jádře. Záření vyvolává změny-mutace, které mohou být gametické nebo somatické. Gametické mutace jsou odpovědné za genetické účinky záření a mutace somatické se týkají ostatních orgánů a tkání a důsledky se projevují u jejich nositele v ozářené tkáni. Mají vztah ke vzniku rakoviny.

Lidské tělo je funkční celek jednotlivých tkání a orgánů, které nemají stejnou citlivost k ozáření. Při stejné absorbované dávce se v různých tkáních projeví různé biologické účinky. Obecně platí, že zvláště vysokou radiosenzitivitu vykazují tkáně, v nichž probíhá rychlé buněčné dělení. (Lit.8)

Rozlišujeme dva typy radiobiologických účinků – stochastické a deterministické.

5.1 Stochastické účinky ionizujícího záření

Organismus se díky svým reparačním procesům dokáže vyrovnat s většinou poškození biologicky aktivních látek, ke kterému došlo ozářením malou dávkou ionizujícího záření. Nicméně zde stále existuje pravděpodobnost, že některá poškození opravit nedokáže a dojde k následné mutaci buněk. Po dalším dělení těchto mutovaných buněk může vzniknout pozdní trvalé genetické poškození nebo výskyt rakovinných buněk. Stochastické účinky jsou tedy náhodné a nepředvídatelné a projevují se pouze pravděpodobnostmi, a to znamená, že s dávkou se nám nezvyšuje závažnost poškození, ale pravděpodobnost pozdního výskytu. Velký pozor si musíme dávat hlavně u dětí, jelikož musíme předpokládat, že u nich bude víc času na projevení pozdních stochastických účinků a dále proto, že buňky v dětském věku se dělí rychleji a tím jsou radiosenzitivnější. Průměrné riziko vzniku zhoubného onemocnění je 0,005Sievertů. (Lit.8)

5.2 Deterministické účinky ionizujícího záření

Deterministické účinky ionizujícího záření jsou opakem stochastických účinků ionizujícího záření. Nemluvíme zde o náhodných poškozeních, ale o zcela předvídatelných, jelikož deterministické účinky se ve skutečnosti projevují od určité prahové dávky. Výše dávky je přímo úměrná k závažnosti poškození. Jsou to tedy poškození po tak vysokých dávkách, které už není organismus, ani jeho reparační procesy, schopen opravit, a vzniká nemoc z ozáření.

Akutní nemoc z ozáření vzniká po jednorázovém celotělovém ozáření vyšší dávkou. Klinický obraz akutní nemoci z ozáření závisí na dávce. Podle velikosti dávky se nejprve projeví příznaky podmíněné poruchou krevetvorných orgánů, dále poruchou trávícího ústrojí, nakonec poruchou nervového ústrojí.

Akutní poškození kůže je nejčastější typ poškození při nehodách s přenosnými zdroji ionizujícího záření. Pokud se zářič vyskytl v malé blízkosti těla po určitou dobu, pak může dojít k poškození kůže v tomto místě. Nejlehčí formou je zarudnutí, při vyšších dávkách se vytvoří zarudnutí postupně přecházející v zánětlivý stav a tvorbu puchýřů. Nejtěžší formou je vytvoření nekrotické tkáně a vředy. Prahovou hodnotou pro vznik nejlehčí formy poškození kůže je dávka cca 3 Gy, zarudnutí se projeví v období 1 – 3 týdny po ozáření.

Mezi další poškození patří například: sterilita v důsledku ozáření zárodečného epitelu. Tato se liší pro muže a ženy. Muži jsou citlivější, přechodná sterilita u nich byla zjištěna pro dávky 0,5 – 2 Gy. V průběhu 1 – 3 let dojde k regeneraci. Trvalou sterilitu způsobují dávky 3 Gy a vyšší. U žen je trvalá sterilita způsobena dávkami v rozmezí cca 2,5 – 8 Gy. Dále dochází k zákalu oční čočky, k němuž může dojít již po jednorázovém ozáření dávkou 1,5 Gy. (Lit.8)

6 Historie radioterapie

Radioterapie se pokládá historicky za jeden z nejmladších lékařských oborů. Počátky jsou spjaty s fyzikálně-chemickými objevy z konce 19. století a počátku 20. století. V roce 1895 W. C. Röntgen objevil záření, které nazval „paprsky X“ a které bylo po něm později pojmenované. První odborné zmínky o pokusech s paprsky X v českých zemích se datují už do ledna roku 1896 a následné veřejné demonstrace paprsků X se staly oblíbenou atrakcí. Nadšené praktické využití však často předbíhalo vědecké poznatky o biologických účincích záření. Začala být tedy i potřeba záření kvantifikovat. V roce objevu rentgenového záření je datován i první léčebný pokus a o rok později je použito u čtyřletého dítěte. Někteří byli ovšem vůči rtg. záření dost nedůvěřiví. Dalším mezníkem historii radioterapie je objev přirozené radioaktivity A. H. Becquerelem roku 1896 a izolace radia z jáchymovského smolince. Následuje jeho léčebné, ale i komerční využití. Prvně se v léčbě aplikovaly muláže, kdy se na kůži přikládaly radiové tuby. Radium se stalo hlavním, ale i na dlouho dobu jediným používaným radioizotopem. Pro léčbu se vžil termín radiumterapie, později se změnil název na brachyterapii. První polovina 20. století je dobou rozvoje rentgenoterapie. Tehdy se významně využívala i v některých léčbách nenádorových onemocnění. I přes technické pokroky bylo obtížné léčit hluboko uložené nádory. Následný vývoj vysokoenergetických zdrojů záření již umožnilo aplikovat dostatečnou dávku záření do hlouběji uložených cílových objemů. V roce 1951 je prvně instalován v Londýně kobaltový ozařovač, který se následně rychle rozšířil po světě. V roce 1952 je v Kalifornii instalován lineární urychlovač. V dnešní době jsou LU považovány za standardní vybavení pracovišť radioterapie. V České republice je v provozu (stav roku 2012) 43 LU, jeden robotický lineární urychlovač a jeden gama nůž. (Lit.5)

Ve vývoji české radioterapie se první léčebné použití datuje roku 1902 profesorem R. Jedličkou. Celkem 20mg rádia, které profesor Jedlička objednal z Německa, bylo vyrobeno z českého smolince. V Československu vznikala spousta nových léčebných metod. Ve 20. letech vyvinul profesor A. Ostrčil metodu ozařování karcinomu děložního hrdla, díky němu se stala léčba nádoru hrdla děložního učebnicovou metodou. Mezi další světově uznávané osobnosti v první polovině minulého století patřil profesor F. Běhounek. První

oddělení pro léčbu zářením vznikly v Brně a Praze ve třicátých letech minulého století. Po 2. světové válce začali vznikat nová pracoviště na různých místech ČR. Dalším krokem v první polovině 20. století dochází v oblasti experimentální i klinické k významným radiobiologickým objevům. Významný pokrok v plánování radioterapie přinesl rozvoj zobrazovacích metod. Roku 1973 byla objevena počítačová tomografie. Došlo ke zlepšení nejen lokalizace nádorového ložiska s možností zobrazení okolním zdravých tkání, ale i k přechodu od ručního sčítání isodózních křivek k dvojrozměrnému plánování v 90. letech a k trojrozměrnému, prostorovému plánování. Dalším velkým pokrokem bylo IMRT-radioterapie s modulovanou intenzitou. 4D radioterapie je spojena s IGRT technikou. Vykřivací bloky se nahrazují vícelamelovými kolimátory. Rozvoj verifikačních systému, který slouží ke kontrole klinicko-léčebných fyzikálních, technických i geometrických parametrů průběhu ozařování. Rovněž se využívají další zobrazovací metody jako je MR či PET/CT. Velký rozvoj nastal i v brachyterapii, a to díky umělým radioizotopům. V 60. letech se zavedl automatický afterloading. Za zmínku ještě stojí využití urychlených částic-protonů, neutronového záření, vývoj intraoperační radioterapie, kombinace radioterapie s různými léčebnými modalitami jako je chemoterapie, hypertermie a další. (Lit.5)

7 Nádory mozku

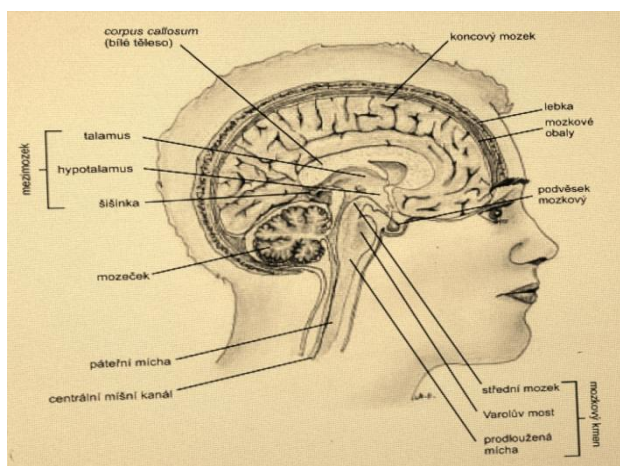
7.1 Anatomie mozku

Lidský mozek je organizační a řídicí centrum nervové soustavy a je uložen v lebeční dutině, která jej chrání před zraněním. Mozek se skládá z několika oddílů:

1. zadní mozek, který obsahuje prodlouženou míchu a další dvě části- Varolův most a mozeček
2. střední mozek
3. přední mozek, který obsahuje mezimozek a koncový mozek

Struktury jsou v mozku oddělené pouze anatomicky, funkčně je mezi nimi mnoho drah a spojů nejrůznějšího významu. Mozek je z funkčního hlediska velice komplikovaný orgán. Rozlišujeme šedou a bílou hmotu mozkovou. Šedou hmotu tvoří převážně těla nervových buněk neuronů, bílou hmotu tvoří výběžky nervových buněk axony. Uvnitř mozku najdeme čtyři mozkové komory, mezi nimiž jsou mozkové obaly (meningy) a koluje v nich likvor. Mozek je z buněčného hlediska složen především z nervových a gliových buněk. (Lit.6)

Obrázek 11 ukazuje řez mozkem ve střední rovině.



Obrázek 11 Řez mozkem ve střední rovině¹

¹ (Lit.6)

7.2 Nádory mozku

Základní rozdělení primárních nádorů mozku je podle místa vzniku. Primární nádory vyrůstají z mozkové tkáně (neurony, glie), nebo z okolních struktur (meningy, nervové pochvy, cévy). Řadí se k nim také vzácné primárně vyskytující se germinom a lymfom.

Sekundární nádory mozku jsou převážně zapříčiněné metastázami maligních nádorů z jiných oblastí a jejich incidence je až desetkrát vyšší, než incidence primárních mozkových nádorů.

Primární nádory mozku tvoří 1,4 - 4,2% všech maligních nádorů. (Lit.2)

Mezi rizikové faktory patří chemikálie, předchozí iradiace, onkogenní viry, úrazy (astrocytom, meningeom), poruchy embryonálního vývoje nebo genetické poruchy (neurofibromatóza 1 a 2, Von Hippel-Lindauova choroba, tuberózní skleróza, retinoblastom, Li-Fraumeniho syndrom, Turcotův syndrom, a další).

7.3 Rozdělení nejčastěji se vyskytujících nádorů mozku

7.3.1 Vysoce maligní nádory- HIGH-GRADE GLIOMY

Mezi nejčastější CNS malignity dospělých se objevují převážně tyto typy: *astrocytomy*, *glioblastomy*:

- Anaplastický oligodendrogliom,
- Anaplastický astrocytom,
- Glioblastoma multiforme.

Výskyt narůstá s věkem, většinou ve 45-55 letech. Projevuje se bolestí hlavy nebo epileptickým záchvatem.

Léčebná strategie

U operovatelných a částečně operovatelných nádorů je vždy prováděna pooperační radioterapie o 60 Gy/ 30 frakcí se současným užíváním adjuvantní konkomitantní chemoterapie temozolomidem, který zvyšuje účinek radioterapie.

Neoperovatelné nádory se řeší radikální radioterapií 60Gy/30 frakcí s adjuvantní konkomitantní chemoterapií temozolomidem.

U operovatelného nádoru se provádí resekce a chemoterapie.

U neoperovatelného nádoru se provádí chemoterapie.

7.3.2 Gliomy s nízkou malignitou- LOW-GRADE GLIOMY

Představují zhruba 10% primárních nádorů CNS, obvykle se objevují v mladší populaci 30-40 let. Prvním příznakem bývá bolest hlavy, částečná ztráta pohybu a může se projevit epileptickým záchvatem. Typy nejčastěji se vyskytujících gliomů s nízkou malignitou jsou:

- Pilocytický astrocytom
- Fibrilární, protoplasmatický, gemistocytární astrocytom
- Low-grade oligodendrogliom
- Low-grade oligoastrocytom

Principem terapie je radikální resekce a následné pozorování s použitím adjuvantní radioterapie. Vždy se zohledňují nežádoucí účinky radioterapie na kognitivní funkce a kvalitu života.

Po subradikální resekci se volí radioterapie do 54 Gy.

U neoperovatelných nádorů je metodou volby radikální radioterapie do 54 Gy.

Při recidivě po radikální resekci je volba buď reresekce nebo radioterapie do 54 Gy.

7.3.3 Meningeomy

Meningeomy jsou nejčastějším benigním nádorem CNS u dospělých. Meningeom je nádor mozkového obalu, který roste z pavučnice. (Lit.15) Typickým nádorem s rychlým invazivním růstem je:

- Anaplastický meningeom

Výskyt narůstá s věkem, ženy jsou dvakrát častěji postiženy než muži. Příznaky se liší dle lokalizace nádoru. Bolesti hlavy, změna osobnosti, zmatenost, poruchy zraku, parézy, epilepsie a další mohou být příznakem anaplastického meningeomu.

Princip terapie je sledování u bezpříznakových a pomalu rostoucích meningiomů.

U operovatelných nádorů s radikální resekci je adjuvantní radioterapie 50-54 Gy.

Neradikální resekce by měla být následovaná radioterapií do 54 Gy.

U neoperovatelných nádorů by měla být použita radioterapie do 60 Gy či stereotaktická radiochirurgie.

Při recidivě se může použít definitivní radioterapie do 54 Gy nebo SRS.

7.3.4 Meduloblastomy

Meduloblastom zahrnuje 20% dětských nádorů CNS. Je to specifický nádor mozkové tkáně a je nejčastěji lokalizován v zadní jámě lební. Jedná se o variantu embryonálního primitivního neuroektodermálního tumoru. V 40% je rozsev po likvoru a u 5% lze pozorovat hematogenní diseminaci mimo neuroaxiální osu. Tyto rozsevy u dětí do 5 let jsou negativním prognostickým faktorem.

Příznaky jsou nevolnost, zvracení, bolest hlavy, svalová slabost, špatná koordinace.

Diagnostikuje se pomocí magnetické rezonance mozku a páteře, provádí se chirurgický odběr a histologie, lumbální punkce s cytologií, trepanobiopsie kostní dřeně.

Principem terapie je radikální chirurgická resekce a pooperační radioterapie kraniospinální osy do 23.4 Gy s boostem do 54 Gy společně s konkomitantní chemoterapií vinkristinem. Následně probíhá chemoterapie (patina, CCN, vinkristin).

7.3.5 Ependymomy

Vycházejí z výstelky mozkových komor a centrálního kanálu míchy, nejčastěji lokalizujeme nádor v zadní jámě lební (4. komora).

Ependymomy tvoří 60% primárních nádorů míchy.

Kompletní resekce má nejvýznamnější prognostický faktor.

Principy terapie

Operovatelné ependymomy

- Radikální resekce s následnou radioterapií na oblast původního postižení 54-60Gy

- Subradikální resekce konvenčního nebo radikální resekce anaplastického ependymomu je následována radioterapií na oblast původního postižení 54-60 Gy

Neoperovatelné ependymomy

- Radikální radioterapie do 54-60 Gy v mozku a do 45 Gy v míše, v případě positivity LP nebo MRI spolu s radioterapií kraniospinální osy 36 Gy
- Při subradikální resekcí následuje chemoterapie založená na platině, radioterapie teprve s časovým odstupem a odkladem pro toxicitu, u dětí vždy zvažovat případné zařazení do klinické studie, tento postup je prováděn u dětí do 4 let.

7.3.6 Další nádory mozku

Nádory hypofýzy

Nádory hypofýzy tvoří 10-15% nádorů CNS , většinou nádor vyrůstá z adenohypofýzy, vzácněji z neurohypofýzy. 75% nádorů je způsobeno funkční produkcí hormonů a 25% nádorů je způsobeno nefunkční produkcí hormonů. (Lit.14)

Nádory se projevují bolestí hlavy, poruchami zraku, změnami chování, spánku a příjmu jídla, poruchami růstu (akromegalie), Cushingovou chorobou a dalšími příznaky. Diagnostikují se na základě magnetické rezonance a kompletní endokrinologie.

Provádí se endokrinní terapie, která obvykle navodí remisi u funkčních adenomů, po vysazení bývá relaps onemocnění. Chirurgická resekce je výhodná pro případnou stereotaktickou radiochirurgii rezidua. Radioterapii preferujeme u endokrinně neovlivnitelných. Dávka u nefunkční produkce hormonů je 45-50 Gy a dávka u funkční produkce hormonů je 50-54 Gy.

Primární lymfomy CNS

Okolo 2% primárních malignit CNS. (Lit.12)

Predispozicí většího výskytu nádorů jsou imunodeficitní stavy.

Často multifokální výskyt s leptomeningeální rozsevem, postižení sklivce a sítnice oka až u 20 % případů. U primárních nitroočních lymfomů dojde během 9 měsíců u 80 % případů k leptomeningeálnímu rozsevu. Lymfom se projevuje fokálními výpadky, paroxysmem, bolestí hlavy, zmateností, rozmazaným viděním u postiženého oka, bolestí zad a krku při

rozsevu po míše. Diagnostikuje se pomocí magnetické rezonance mozku a míchy, biopsie, vyšetření oftalmologem, lumbální punkcí s cytologií, vyloučení HIV, CT hrudníku, břicha a pánve, punkce kostní dřeně. (Lit.7)

Radikální léčbou je chemoterapie s následnou radioterapií celého crania do 24-36 Gy a boostem na primum do 45 Gy.

Nádory epifýzy

Vyskytující se u 1 % nádorů dospělých a 5 % nádorů dětského věku, nejčastěji se objevují terminální nádory nebo pinealocyty. (Lit.12) Pinealocyty se vyskytují u adolescentů, pomalu rostou a jsou z parenchymu epifýzy. Vzácně se objevují i pinealoblastomy, které jsou vysoce maligní.

Projevy jsou předčasný či opožděný sexuální vývoj, hydrocefalus a další. Diagnostikuje se pomocí magnetické rezonance mozku i páteře, lumbální punkcí, cytologií, očním perimetrem, markery.

Princip terapie je zvolen podle typu nádoru. U pinealoblastomu je léčba jako u meduloblastomu. U pinealocytomu je léčba jako u low-grade gliomů. Seminom, dysgerminom se používá samostatná radioterapie do 50 Gy, nebo chemoterapie s následnou radioterapií.

7.4 Klinické příznaky

Příznaky primárních mozkových nádorů i mozkových metastáz jsou hlavně závislé na jejich umístění, velikosti a stupni rozvoje kolaterálního edému a nitrolební hypertenze. (Lit.9)

Nádory, které vznikají ve frontálním laloku, se u pacienta projevují zmateností a dezorientací. Nádory temenního laloku vedou k výpadkům čítí, plegiím, či k epileptickým příznakům. V oblasti temporálního laloku jsou nádory dlouho bez příznaků, později mohou způsobit psychomotorickou formu epilepsie. Epileptické příznaky jsou iniciálním příznakem u 20-30 % pacientů s nádory CNS. (Lit. 5) Tumory okcipitálního laloku vedou ke ztrátě zraku a výpadkům zorného pole, i zde bývá epilepsie častá. Hypotalamické nádory mění emoční chování pacienta a mohou se projevit hormonálními syndromy. Nádory uložené v mozečku vedou k nesprávné koordinaci pohybu těla ve stoji, v chůzi nebo k pasivitě těla. (Lit. 9)

7.5 Diagnostika

Standardní postupy diagnostiky nádorových lézí v oblasti mozku jsou vyšetření pomocí počítačové tomografie, magnetické rezonance a pozitronová emisní tomografie, která dokáže rozlišit recidivu nádoru od nekrotických ložisek v mozkové tkáni. Nádor musí být histologicky verifikován operačním způsobem nebo stereotaktickou punkcí. U pacientů dětského věku je přínosné cytogenetické vyšetření, v oblasti mozkového kmene je verifikace nemožná. Stanovuje se rozsah nádoru s možností propagace do spinálního vaku, provádí se cytologické vyšetření mozkomíšního moku. U pacientů s nádory metastazujícími také hematogenně je nutno doplnit vyšetření plic, skeletu a parenchymatózních orgánů. Nelze vynechat ani pooperační kontrolní CT vyšetření nebo MRI lůžka tumoru ihned po operaci, z důvodu rozlišení možných zbytků nádoru od pooperačního edému. V dnešní době se často používá fúze CT/MRI pro lepší zakreslení cílového objemu. (Lit. 5)

CT je počítačová tomografie a její princip spočívá v počítačové rekonstrukci dat, získaných soustavou emitů a detektorů RTG záření. Pomocí CT se získává řez těla v axiální, koronární, sagitální rovině a 3D.

MRI je magnetická rezonance. MRI zaznamenává relaxační časy spinů atomu vodíku po působení radiofrekvenčního impulzu v magnetickém poli. Užívá se pro svou vysokou rozlišovací schopnost a diferenciaci tkání.

7.6 Léčebné strategie

Strategie léčby závisí na biologickém charakteru nádoru, na jeho velikosti a lokalizaci v mozku, na věku a celkovém stavu pacienta. Mezi základní možnost terapie nádoru mozku patří chirurgická resekce. Radikalita a úspěšnost výkonu je rozhodujícím prognostickým faktorem. Částečné odstranění má vždy horší výsledky. Histologické ověření nádoru je pro další léčbu rozhodující. Radioterapie je hned za radiochirurgií nejčastější volba léčby. Adjuvantní chemoterapie může zlepšit výsledky léčby u astrocytomů s vyšším stupněm malignity, ependyomomů a PNET tumorů. Určité zlepšení léčebných výsledků ukazují studie s použitím vysokodávkované chemoterapie s transplantací kostní dřeně (u PNET a germinomů) a aplikace nových preparátů s vyšší možností průniku přes hematoencefalickou

membránu, např. fotemustin, temozolomid. Léčba imunopreparáty se v léčbě mozkových nádorů zatím pro standardní využití neosvědčila. V případě recidivy nádorů CNS je vhodné řešit strategii léčby s účastí radiochirurga, radioterapeuta, onkologa, neuroradiologa, neurologa a neuropatologa. (Lit.5)

7.6.1 Zevní radioterapie

Radioterapie má v léčení mozkových nádorů klíčovou roli hlavně u dospělých pacientů. Cílem radioterapie je podat maximálně možnou dávku při současné maximální ochraně zdravé tkáně. Dávku nemůžeme aplikovat najednou, překročením tolerančních dávek by se poškodila okolní zdravá tkáň. Ozařuje se frakcionovaně. Nejčastěji se používá normofrakcionace, kdy se ozařuje 5 x týdně dávkou 1,8 až 2,0 Gy na frakci v celkovém počtu 30-34 frakcí, Obvyklá doba trvání ozařování je 6-7 týdnů. (Lit.10)

Před zahájením léčby zářením je důležité vyšetření nádoru, zjištění jeho rozsahu a histologie. Ten samý postup platí i u recidivujících nádorů, které je nutno odlišit. U nádorů středových struktur jako je mozkový kmen, se histologický nálezní ani v radioterapii nevyžaduje, protože by biopsie mohla mít negativní vliv na pacientův stav. Některé nádory lze i určit ze zobrazovacích metod. Důležitou součástí při plánování radioterapie jsou fixační pomůcky, konkrétně termoplastické masky. Termoplastická maska nám pomáhá k zabránění nežádoucím pohybům hlavy, dobře se zakresluje izocentrum a pozice laserů a vyhýbáme se kreslení na kůži pacienta. Termoplastická maska se tvoří pro každého pacienta zvlášť. (Lit.11)

U rozsahem malých nádorů nebo pooperačních reziduí (o průměru 1-3 cm), především vysoce diferencovaných histologických typů, je vhodné zvažovat stereotaktický radioterapeutický zákrok (jednorázový radiochirurgický zákrok nebo frakcionovaná stereotaktická radioterapie). Princip radioterapie u dětí je obvykle při indikaci, plánování a provádění daleko přísněji hlídáno a podléhá přísnějším pravidlům než léčba dospělých pro vyšší riziko nežádoucích následků. V posledních letech se uplatňuje také protonová terapie.(Lit.11)

Tabulka 1 Toleranční dávky při normofrakcionaci

část mozku	toleranční dávka
celý mozek	50 Gy
část mozku	60 Gy
mozkový kmen 1/3 objemu	60 Gy
mozkový kmen 2/3 objemu	50 Gy
mícha	45 Gy
chiasma optiku	50-54 Gy
retina a bulbus oční	45 Gy
oční čočka	6-10 Gy
vnitřní ucho	30 Gy
slzná žláza	60 Gy

7.6.2 Stereotaktická radioterapie

Stereotaktická radioterapie je metoda přesného dodávání vysoké dávky do malého cílového objemu. Jedná se o velmi perspektivní metodu, která se velmi rychle vyvíjí a v radiační onkologii se její indikace zvyšují. Oproti konvenční radioterapii je rozdíl v jednotlivých dávkách, které jsou vysoké (5-80 Gy). Také se liší nižším počtem frakcí (1-5 frakcí), celkovou dobou léčby (dny), menším cílovým objemem a indikací, které je užší a speciální. Záření je kolimováno do úzkých svazků, které se kříží v jednom ohnisku. Nejobecnější možnou charakteristickou indikací stereotaxe jsou malá ložiska a dobrým stavem pacienta. Stereotaktickou radioterapií lze léčit maligní i benigní nádory.

Výhody: stejná přesnost jako u gamanóže, univerzální použití pro intrakraniální i extrakraniální stereotaxi, jednoduchá fixace pacienta, možnost sledování pohyblivých cílů v reálném čase.

Nevýhody: relativně málo klinických zkušeností, delší trvání jedné frakce kvůli extrémně přesnému sledování cíle, vysoká cena. Používá se Leksellův gama nůž, který se využívá pro léčbu nádoru CNS. Hlava je pevně fixována do speciálního rámu s návraty do kostí mozkovny. LGN je tvořen 201 malými kobaltovými zářiči rovnoměrně umístěnými v hlavici přístroje v pěti cirkulárních řadách. Každý zdroj se skládá z 12-20 válcových pellet radioaktivního kobaltu, které jsou hermeticky uzavřeny ve dvou válcových pouzdrech. Záření je kolimováno třemi kolimátory. Svazky jsou směřovány do centra s přesností 0,3 mm. Dalším přístrojem může být stereotaktický systém pro LU a Cyberknife. Cyberknife je složen

z robotického ramene se spoustou možností pohybu LU. Cyberknife je založen na technologii LU o velmi malé hmotnosti o energii 12 MV s celkem 12 kolimátory kruhového průřezu. Lze kontinuálně snímat pohyby pacienta během ozařování. (Lit.12)

7.6.3 Protonová terapie

Při ozařování tkáně svazkem urychlených protonů s energií o 200 MeV a více, má křivka hloubkové závislosti zcela jiný tvar. Je zde lineární přenos energie přímo úměrný elektronové hustotě a nepřímo úměrný druhé mocnině rychlosti protonu. Z tohoto důvodu rychlé protony způsobují nízkou ionizaci. Když se proton zpomalí, jeho ionizační účinky rostou. Při pomalejším pohybu protonu roste efektivní čas elektrického Coulombovského působení na elektrony v atomech, a tím se protonům podaří předat více energie. U konce doletu v tkáni absorbovaná dávka v tkáni prudce stoupá a následuje strmý pád dávky k nule. Největší část své energie předají protony v úzké části tzv. Braggův pík. V této části dochází k nejhustší radiaci a největší radiční dávce a je to okolo 70% energie protonu. Tím pádem tkáně ležící před Braggovým píkem jsou ozářeny daleko menší dávkou a tkáně za píkem neobdrží téměř žádnou dávku. Svazky protonu představují vhodný nástroj pro radioterapeutické využití. Výhody protonové terapie jsou: vysoká konformita ozařování, nízká integrální dávka, nízké riziko sekundárních nádorů a radiobiologické výhody. Její nevýhody jsou hlavně cena, nedostatek randomizovaných studií, široké svazky a s tím související vznik sekundárních neutronů a v neposlední řadě problém výpočtu nehomogenity v cílových objemech. (Lit.2)

7.6.4 Intersticiální brachyterapie

Intersticiální brachyterapie je velmi výhodná z fyzikálního hlediska, vzhledem k tomu, že poskytuje relativně vysoké dávky záření v nádorovém ložisku při nízkém zatížení okolních struktur zdravých tkání. Je obecně akceptovatelnou metodou v léčbě recidivujících maligních gliomů. Dnes se více uplatňuje stereotaktická radiochirurgie. (Lit.10)

8 Klinické využití radioterapie

Klinické využití radioterapie můžeme rozdělit do několika skupin:

8.1 Kurativní radioterapie

Kurativní terapie je primární volbou léčby. Jejím cílem je odstranit nádor a vyléčit pacienta. Při kurativní radioterapii je aplikována maximální dávka záření, což bývá okolo 60-80 Gy. Léčba trvá zpravidla 6-8 týdnů a používá se standardní frakcionace 2 Gy jednou denně, pět dní v týdnu. (Lit.5)

8.2 Adjuvantní radioterapie

Cílem adjuvantní radioterapie je zničit předpokládanou zbytkovou mikroskopickou chorobu. Pomocí toho se snižují rizika vzniku lokální či regionální recidivy onemocnění. Nejčastěji se využívá po chirurgickém zákroku. Dávky, které se aplikují, jsou obvykle nižší než u kurativní radioterapie. (Lit.5)

8.3 Neadjuvantní radioterapie

Cílem neadjuvantní terapie je zmenšení nádoru před základním léčebným výkonem, zpravidla před operací. Tím je v řadě případů možno dosáhnout operability u původně neoperovatelného nádoru, či se zmenší operovaná oblast. (Lit.5)

8.4 Paliativní radioterapie

Hlavním cílem paliativní léčby je odstranění či zmírnění příznaků nádorového onemocnění. Příznaky nádorového onemocnění mohou být bolesti, útlaky, krvácivé stavy. Druhotným cílem je prodloužení přežití. Nejčastěji jsou paliativně ozařovány metastatická ložiska ve skeletu, mozku nebo uzlinách. Dále se paliativní radioterapie využívá při obtížích vyplývajících z obstrukce či útlaku orgánů či krvácení. Obvykle je aplikována v několika málo frakcích s vyšší dávkou na frakci a jednoduchými ozařovacími technikami. U paliativní radioterapie s dlouhodobým záměrem se aplikují dávky vyšší, zpravidla standardní frakcionací. (Lit.5)

9 Cílové objemy

V konformní radioterapii se přesně vymezují cílové objemy. Rozdělujeme je na GTV, CTV a PTV. GTV - nádorový objem - gross tumor volume je objem nádoru prokazatelně určený pomocí diagnostických zobrazovacích metod či klinickým vyšetřením. CTV - klinický cílový objem - clinical target volume zahrnuje nejen objem GTV, ale i lem, který zahrnuje mikroskopické šíření nádoru a případně i svodný lymfatický systém. Přidává se k němu ještě další lem, který kompenzuje nepřesnosti způsobené pohybem či změnou orgánu. PTV - plánovací cílový objem - planning target volume zahrnuje CTV a vzniká plánovací cílový objem. Celý PTV musí být ozářen předepsanou dávkou. (Lit.1)

Dále rozlišujeme další cílové objemy. TV - léčebný objem - treated volume je to objem, který je obklopen správnou izodózou k dosažení léčebného záměru. Jestliže se prokáže nepřesnost, musí být ozařovací plán přehodnocen. IV - ozářený objem - irradiated volume je objem, který je ozařován vhodnou dávkou k toleranci zdravé tkáně, ale bere se v úvahu i ozáření zdravé tkáně. Za OR - kritické orgány - organs at risk se považují zdravé tkáně, kde radiosenzitivita může mít vliv na plánování léčby či změny předepsané dávky. (Lit.1)

II PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část se zabývá charakteristikou úlohy radiologického asistenta v radioterapii popisuje práci radiologického asistenta při plánování a provádění zevní léčby pacienta s nádorem mozku, přesněji s high-grade gliomem.

10 Stručná charakteristika práce a odpovědnosti radiologického asistenta

Po konzultacích s týmem pracovníků Kliniky onkologie a radioterapie Fakultní nemocnice v Hradci Králové, po studiu standardních postupů a na základě vlastní praxe je možné shrnout charakteristiku práce a odpovědnosti radiologického asistenta následovně:

10.1 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. (Lit.2)

10.2 Radiologický asistent při práci zejména:

- obsluhuje ozařovací a další přístroje – zdroje ionizujícího záření v radioterapii (simulátor, CT simulátor, lineární urychlovač, kobaltový ozařovač, césiový ozařovač, terapeutický rentgenový ozařovač aj.),
- sleduje chod přístrojů, odchylky a poruchy hlásí biomedicínskému inženýrovi, radiologickému fyzikovi, popřípadě pracovníkovi pověřenému soustavným dohledem nad radiační ochranou,
- provádí odpovídající část zkoušek provozní stálosti v souladu s metodikami posouzenými SÚJB a dle kompetencí stanovených v Programu zabezpečování jakosti schváleném SÚJB a kompetencí stanovených v místním radiologickém standardu,
- kontroluje totožnost pacientů před každým ozářením,

- zodpovídá za správné používání fixačních pomůcek a pečlivé nastavování pacienta do ozařovací polohy,
- sleduje pacienta v průběhu ozařování, změny jeho zdravotního stavu hlásí ošetřujícímu lékaři,
- vede dokumentaci o každém provedeném ozáření, včetně archivace předepsané obrazové a jiné dokumentace (skiagrafické snímky, parametry nutné ke stanovení dávky, fotografie, apod.),
- vypracovává ozařovací plány a výpočty na plánovacím systému dle dat zadaných lékařem a pod supervizí radiologického fyzika,
- sleduje soustavné dodržování zásad radiační ochrany a Programu zabezpečování jakosti. (Lit.17)

11 Algoritmus léčby zářením

11.1 Popis případu:

Pacient: muž, věk 41 let

V roce 2008 pacient přišel s nádorem mozku, typ low-grade gliome astrocytom, byla provedena částečná chirurgická resekce, poté pacient docházel na zevní ozařování technikou IMRT s celkovou dávkou 54 Gy, kdy měl 1,8 Gy pět dní v týdnu v 30 frakcích. Stav pacienta po dokončení léčby byl dle WHO II.

V roce 2014 přichází pacient s diagnózou high-grade gliome, glioblastom multiforme. Pacientovi je předepsaná paliativní radioterapie s chemoterapií (temozolomid 140 mg denně). Ozařovací technika je zvolena třemi poli s celkovou dávkou 30 Gy po deseti frakcích s třemi Gy. Chirurgická resekce není možná.

11.2 Léčebná strategie:

11.2.1 Indikace léčebného ozáření

Nejprve se provádí indikace léčebného ozáření lékařem se specializovanou způsobilostí v oboru radiační onkologie na ambulanci. Pacient je vždy před zahájením radioterapie lékařem dobře poučen o plánované léčbě a jejich nežádoucích účincích. Pacient podepisuje informovaný souhlas s léčbou. Před zahájením plánování radioterapie u pacienta lékař vyplní ozařovací protokol.

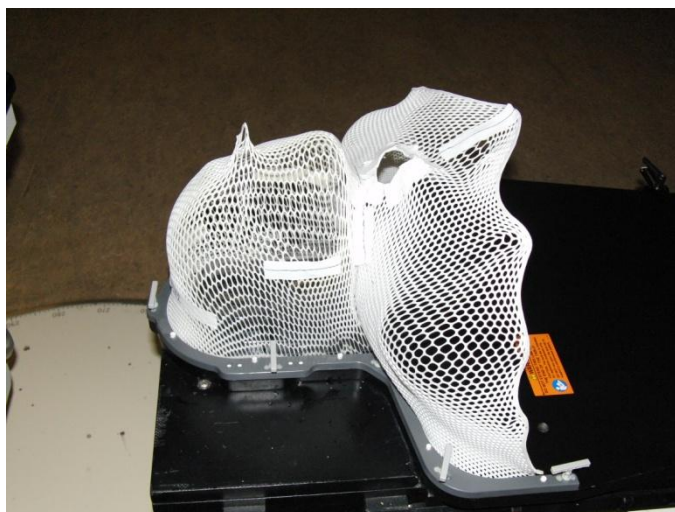
11.2.2 Fixace, výroba fixační pomůcky

Lékař určuje polohu pacienta, použití fixačních pomůcek, plánovací CT. Další práci provádí radiologický asistent pod dohledem lékaře či vrchního radiologického asistenta.

Radiologický asistent si u pacienta s nádorem mozku nejdříve vyrobí termoplastickou fixační masku hlavy pomocí horké vodní lázně (60°C). Do lázně se ponoří maska a s opatrností se

vyndá a přiloží se pacientovi na obličej a ramena. Po obepnutí se přichytí k podložce pod pacientem.

Fotografii masky vidíme na obrázku 12.



Obrázek 12 Fixační maska, pacienta s HGG z FNHK¹

11.2.3 Plánovací CT/MR zobrazení a lokalizace nádorového objemu

S maskou provedeme CT vyšetření, jako podklad pro vytvoření ozařovacího plánu a CT simulace. Radiologický asistent provede identifikaci pacienta. Následně uloží pacienta na stůl CT do polohy specifikované v ozařovacím protokolu. Radiologický asistent označí nulový CT řez přilepením kontrastní značky na tělo pacienta. Poté posune pacienta, tak aby byl nulový řez zaměřen lasery CT. Vytvoří 3D rekonstrukci a vše pošle do plánovacího systému i s MR obrazy z nemocničního systému PACS. Fúze zobrazovacích modalit provádí lékař. Radiologický asistent vytvoří fotografii pacienta a vloží ji do ozařovacího protokolu, připraví v konturovacím režimu výchozí kontury pro plánování. Konturují se kostěnné struktury mozku a rizikové struktury jako jsou oční bulby.

¹ Zdroj vlastní

Na obrázku 13 vidíme zakreslení kostěnných struktur.



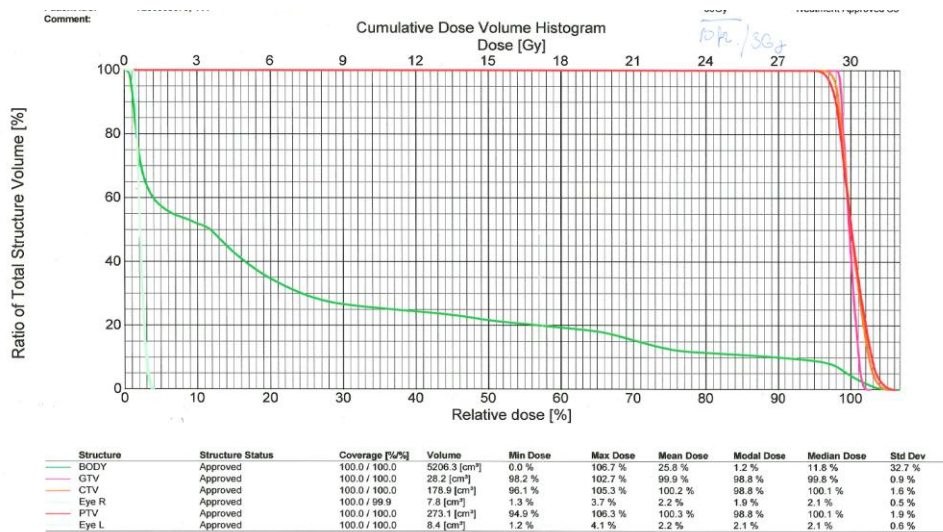
Obrázek 13 Zakreslení kostěnných struktur¹

11.2.4 Zakreslení kontur GTV, CTV, PTV a sestavení ozařovacího plánu

Lékař zakreslí kontury GTV, CTV, PTV a rizikové struktury. CTV obsahuje GTV s okrajem a PTV obsahuje i celé PTV. Návrh ozařovacího plánu zhotovuje radiologický asistent, zapíše ho do ozařovacího plánu. Radiologický fyzik zkontroluje plán po fyzikální stránce. Lékař se způsobilostí schválí daný ozařovací plán a přebírá zodpovědnost za ozařování pacienta. Důležitá je kontrola distribuce dávky, souhlas dávky, způsob normalizace, velikost polí a použití MLC, správnost zadání do verifikačního systému, zadání set-up polí pro verifikaci polohy izocentra. Po dokončeném ozařování se pomocí počítačového softwaru provádí výpočet dávkové distribuce a kontrola DVH (dose volume histogram) křivek.

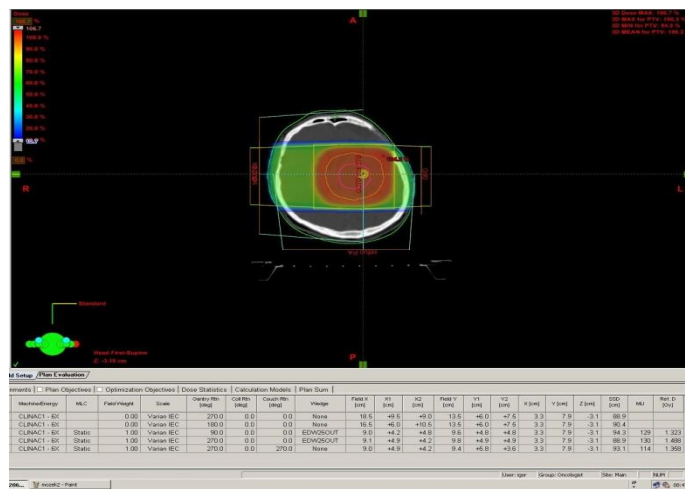
¹ Zdroj z dokumentace pacienta FNHK

Na obrázku 14 je znázorněn DVH pacienta s paliativní léčbou.



Obrázek 14 DVH¹

Na obrázku 15 vidíme zakreslení rozložení dávky v procentech.



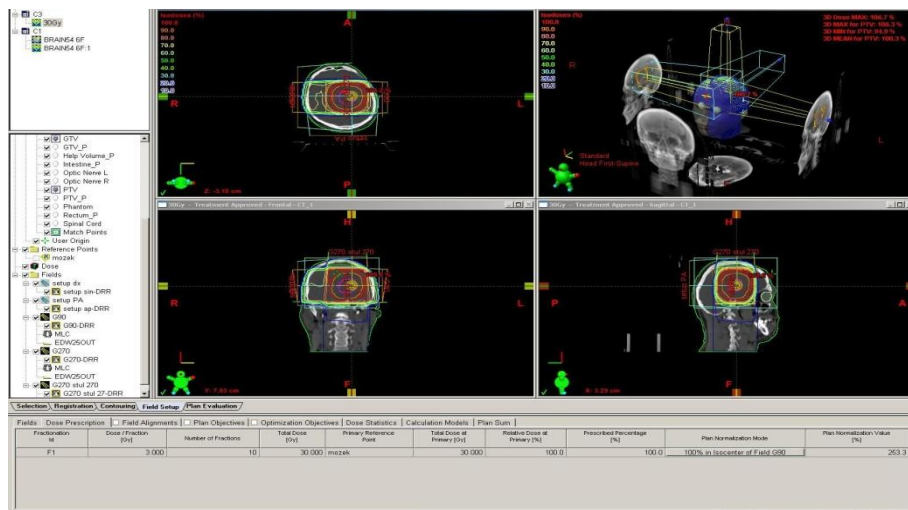
Obrázek 15 Rozložení dávky v procentech²

¹ zdroj dokumentace pacienta FNHK

² zdroj dokumentace pacienta FNHK

Schválený ozařovací plán se zapíše do verifikačního systému k zahájení radioterapie na lineárním urychlovači. Po podpisu fyzika i odpovědného lékaře se zahájí léčba zářením.

Na obrázku 16 vidíme náhled ozařovacího plánu



Obrázek 16 Ozařovací plán¹

11.2.5 Kontrola správného nastavení

U pacienta s nádorem mozku bude při prvním ozáření radiologický asistent zahajovat léčbu standardně v přítomnosti lékaře. Před prvním ozařováním se vysvětlí pacientovi postup zákroku, doba trvání ozařování, a to přiměřeným způsobem věku a chápání pacienta. Provedeme identifikaci, nastavíme pozici ozařovače a uložíme pacienta do správné polohy i s fixační maskou, dle údajů v ozařovacím protokolu a zadání ve verifikačním systému. Definitivní poloha izocentra bude v podobě promítnutých laserů zakreslena na fixační masce. Prvních pět frakcí záření se provádí s kontrolou a následnými OBI kontrolami jednou týdně. Radiologický asistent po každém ozáření provádí zápis do ozařovacího protokolu, před každým ozářením identifikuje pacienta.

11.2.6 Ukončení léčby

Po ukončení léčby se provádí kontrola výstupů z verifikačního systému.

¹ zdroj dokumentace pacienta FNHK

11.3 Vyhodnocení

Jedná se o pacienta z Fakultní nemocnice Hradec Králové, který v minulosti prošel chirurgickou resekcí a následně podstoupil cílenou radioterapii na nádor mozku low-grade gliome astrocytom. Pacient docházel na pravidelné kontroly v šestiměsíčních intervalech. Po pěti letech je zjištěn nový nález na mozku. Dle lékařských zpráv se jedná o nový nález high-grade gliome glioblastom multiforme. Neurolog tento nález označuje za neoperativní.

Pacient podstupuje paliativní radioterapii s chemoterapií za účelem zmírnění příznaků nádoru a zvýšení kvality života pacienta. Pacient vykazuje parézu horní pravé končetiny a částečnou parézu levé horní končetiny a má potíže s komunikací. Toto je zřejmě způsobeno nádorem mozku. Pacient není hospitalizován, jeho doprava do nemocnice je zajišťována rodinnými příslušníky, kteří jej denně doprovází na ozařování. V březnu 2014 je paliativní radioterapie s chemoterapií dokončena.

12 Diskuze

Radiologický asistent je nezbytnou součástí týmu, který se skládá z lékaře - onkologa, radiologického fyzika, radiologického asistenta a zdravotní sestry. Aby léčba pacientů byla pro pacienta co nejméně zatěžující, musí znát každý člen týmu svou úlohu a vykonávat ji co nejlépe. Radiologický asistent je jednou z osob, která je s pacientem v nejčastějším přímém kontaktu.

Pacientovi bezprostředně po chirurgické resekci v oblasti mozku musí být pořízeny snímky z MR, a to z důvodu rozlišení eventuelních zbytků nádoru od pooperačního edému. Po adjuvantní radioterapii a chemoterapii pacient dochází 1x za půl roku na kontrolu prováděnou magnetickou rezonancí, a to z důvodu zjištění možné recidivy nádoru.

Důležitou součástí všech ozařovacích plánů jsou cílové objemy, GTV má okraj CTV, do kterého by mohl prorůst mikroskopicky nádor, který nelze diagnostickými metodami zjistit. K CTV se přidává vnitřní lem (internal margin), ten zohledňuje fyziologický pohyb (dýchání, pohyb srdce, peristaltika, atd.). Vnitřní lem při radioterapii nádoru mozku není zas tak důležitý. Další lem (set-up margin) zohledňuje nepřesnosti v nastavení pacienta, pro radioterapii nádoru mozku je velmi důležitý. PTV je tedy definován jako součet CTV, IM, SM. Přesnost nastavení se může minimálně změnit také pohybem pacienta ve fixační masce či s tloušťkou laserových čar.

Radiologický asistent se musí chovat trpělivě při komunikaci s pacientem a při jeho pokládání i polohování na stole. Vzhledem k tomu, že pacient s nádorem mozku může být často zmaten, může dojít k záměně pacientů. Jakýmkoli záměnám se dokážeme vyhnout pomocí ověření fotografie, čtecích karet, nejpřesnější metodou ověření by byl otisk prstu.

Velký význam v radioterapii má CT a MR, nejvhodnějším je fúze CT/MR. Pomocí CT dokážeme naplánovat hloubku dávky a pomocí MR se nám velice přesně zobrazují struktury mozku.

Verifikace izocentra pomocí OBI snímků je nezbytná alespoň 1x týdně, nebo dle potřeby je nezbytná, protože OBI umožňuje provádět radioterapii řízenou obrazem a výrazně přispívá k přesnému uložení pacienta, a tím zvyšuje kvalitu léčby. Nestačí se spoléhat pouze na

zakreslené čáry, protože se může stát, že pacient během léčby zhubne, nebo mu po kortikoidech nateče obličej, a to může způsobit, že se pacient nesprávně uloží do fixační masky. Pro grafické hodnocení dávkové distribuce se používají DVH, slouží k posouzení alternativních plánů.

Při ozařování pacienti docházejí jednou týdně na ambulanci, a jestliže je provází v léčbě i chemoterapie, odebírá se jednou, někdy i dvakrát týdně krev pro kontrolu krevního obrazu.

13 Závěr

Radioterapie je poměrně mladé odvětví medicíny, které se stále rozvíjí. Používá se k léčbě nádorů před operací, po operaci i u neoperovatelných nádorů. Cílem radioterapie je zničení nádoru. Radiologický asistent je součástí týmu, který pečuje o onkologického pacienta.

Teoretická část této práce popisuje fyzikální aspekty radioterapie - ionizující záření, fyzikální veličiny v radioterapii. Je zde popsána radioaktivita a druhy záření : α , β , β^- , γ , zdroje ionizujícího záření v radioterapii, kde lineární urychlovač hraje velkou roli. V práci jsou popsány biologické účinky ionizujícího záření, které mohou být stochastické nebo deterministické. Nedílnou součástí radioterapie jsou přístroje jako cyklotron, betatron, synchrotron, cyberknife, Leksellův gama nůž.

Teoretická část této práce zahrnuje stručný popis anatomie mozku a radioterapie mozkových nádorů. Mozkové nádory se nejčastěji dělí na high-grade gliomy, low-grade gliomy, meningeomy, meduloblastomy, ependymomy, nádory hypofýzy, primárních lymfomů, a další. Součástí typů nádorů je i popis jejich klinických příznaků, diagnostiky, rizikových faktorů, léčebné strategie.

V praktické části je stručně definována náplň a odpovědnost radiologického pracovníka. Tato část popisuje léčebný postup u pacienta s high-grade gliomem a zaměřuje se na práci radiologického asistenta a jeho úlohu při radioterapii mozkového nádoru.

Plnění náročné a zodpovědné úlohy radiologického asistenta při radioterapii mozkových nádorů vyžaduje odbornou přípravu, která se realizuje v bakalářském studiu na Fakultě zdravotnických studií Univerzity Pardubice. Teoretická a praktická část výuky a zodpovědný přístup studentů oboru jsou předpoklady k tomu, aby absolvent měl odpovídající kompetence k výkonu svého povolání. Odbornou přípravu musí doplňovat i o další dovednosti, mezi které patří komunikace s lékaři a sestrami a především s pacientem, se kterým je během diagnostiky a léčby radiologický asistent v kontaktu. Vzhledem ke stále se vyvíjejícím metodám a poznatkům je nezbytně nutné celoživotní vzdělávání radiologického pracovníka a sledování všech nových trendů v této oblasti medicíny.

POUŽITÉ ZDROJE

- (1) *BINAROVÁ, Andrea. Radioterapie. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2010, 253 s. ISBN 978-80-7368-701-4.*
- (2) *HYNKOVÁ, Ludmila a Pavel ŠLAMPA. Základy radiační onkologie. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2012, 247 s. ISBN 978-802-1060-616.*
- (3) *ASTRONUKLFYZIKA [online]. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>.*
- (4) *Neurologie pro praxi. 2003, Roč. 4, č. 5, s. 242-248. ISSN: 1213-1814; 1803-5280. Lit: 21.*
- (5) *ŠLAMPA, Pavel. Radiační onkologie v praxi. 3. aktualiz. vyd. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2011, 319 s. ISBN 978-808-6793-191.*
- (6) *MERKUNOVÁ, Alena a Miroslav OREL. Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory. Vyd. 1. Praha: Grada, 2008, 302 s. Psyché (Grada). ISBN 978-802-4715-216.*
- (7) *KOZLER, Petr. Intrakraniální nádory. 1. vyd. Praha: Galén, 2007, xv, 277 s. ISBN 978-807-2624-522.*
- (8) *www.suro.cz. [Online] 2014. [Citace: 14. únor 2014.] <http://www.suro.cz/cz/radiacni-ochrana/biologicke-ucinky-ionizujiciho-zareni>.*
- (9) *NOVOTNÝ, Jan, Pavel VÍTEK a Luboš PETRUŽELKA. Klinická a radiační onkologie pro praxi. Praha: Triton, 2005, 308 s. ISBN 80-725-4736-4.*
- (10) *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie: časopis českých a slovenských neurologů a neurochirurgů. 2000, Roč. 63/96, č. 3, s. 175-179. ISSN: 1210-7859; 1802-4041. Lit: 26 Souhrn: eng.*
- (11) *Interní medicína pro praxi. 2010, roč. 12, č. 7-8, s. 376-381. ISSN: 12-12-7299; 1803-5256; 1803-5868.*
- (12) *Postgraduální medicína: odborný časopis pro lékaře. 2013, roč. 15, č. 3, s. 290-294. ISSN: 1212-4184.*
- (13) *Klinická onkologie: časopis České a Slovenské onkologické společnosti. 2012, roč. 25, č. 6, s. 445-451. ISSN: 0862-495x; 1802-5307.*

- (14) *GUEST EDITORS, Jill Lacy. Central nervous system malignancies. Philadelphia, Pa: Saunders, 2012. ISBN 978-145-5749-409.*
- (15) *KLEINBERG, Lawrence R. Brain metastasis: a multidisciplinary approach. Vyd. 1. New York, NY: Demos, c2009, xiii, 224 p. ISBN 19-338-6443-5.*
- (16) *Návrh věstníku MZ ČR z 6. 11. 2007, ročník 2007.*
- (17) *Věstník MZ ČR, ročník 2011, částka 9, vydáno dne 24. 8. 2011.*
- (18) *TomoTherapy [online]. [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: <http://www.tomotherapy.com>.*