

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Eva Stejskalová

**Současné možnosti léčby stereotaktickou radiochirurgií a
radioterapií**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Vlastislav Šrámek, Ph.D., MBA

Olomouc 2017

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně a použila pouze uvedené prameny a literaturu.

Olomouc 30. dubna 2017

podpis

Děkuji MUDr. Vlastislavu Šrámkovi, Ph.D, MBA, za podnětné připomínky.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Stereotaktická radioterapie a radiochirurgie

Název práce v ČJ: Současné možnosti léčby stereotaktickou radiochirurgií a radioterapií

Název práce v AJ: Current treatment options for stereotactic radiosurgery and radiotherapy

Datum zadání: 2016-06-01

Datum odevzdání: 2017-04-28

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta zdravotnických věd, Ústav radiologických metod

Autor práce: Eva Stejskalová

Vedoucí práce: MUDr. Vlastislav Šrámek, Ph.D., MBA

Oponent práce: MUDr. Yvona Klementová

Abstrakt v ČJ: Bakalářská práce se zabývá moderními metodami léčby stereotaktickou radiochirurgií a radioterapií. Stereotaxe je velmi pokrokovou metodou, která je založena na aplikaci velmi vysoké dávky záření přesně do lokalizovaného cílového objemu, tak aby byla maximálně chráněna nádor obklopující zdravá tkáň. K včasnému stanovení správné diagnózy musíme zvolit vhodnou zobrazovací metodu. Velký pokrok zaznamenala stereotaxe s rozvojem zobrazovacích metod a ozařovací techniky. Zaměřila jsem se hlavně na princip stereotaktické radiochirurgie a radioterapie. Poslední kapitolu jsem věnovala nejčastějším indikacím, které jsou léčeny pomocí stereotaxe.

Abstrakt v AJ: This Bachelor thesis is focused on modern methods of treatment by stereotactic radiosurgery and stereotactic radiotherapy. Stereotactic is highly progressive method, which is based on application of very high dose of radiation directed to precisely located tumour with maximum protection of healthy tissue surrounding tumour. For a right and on time diagnosis, we need to choose appropriate imaging technique. Great progress of stereotactic comes with development of imaging methods and radiation technology. I had

focused on principle of stereotactic radiosurgery and stereotactic radiotherapy and to procedure during irradiation. Last chapter is dedicated to most common cases of using stereotactic radiosurgery and stereotactic radiotherapy.

Klíčová slova v ČJ: Stereotaktická radioterapie, stereotaktické radiochirurgie, lékařská robotika, obrazem modulovaná terapie, nádor, lineární urychlovač, cyberknife, gama nůž, tomotherapy, indikace

Klíčová slova v AJ: Stereotactic radiotherapy, stereotactic radiosurgery, medical robotics, image-guided treatment, tumor, linear accelerator, cyberknife, gamma knife, tomotherapy, indication

Rozsah: 35 stran /3 přílohy

OBSAH

ÚVOD	7
1 EXTRAKRANIÁLNÍ STEREOTAKTICKÁ LÉČBA	9
1.1 Lineární urychlovač-linear accelerator	9
1.2 Kybernetický nůž-cyberknife	12
1.3 Tomoterapie-tomoteraphy	13
2 INTRAKRANIÁLNÍ STEREOTAKTICKÁ LÉČBA	14
2.1 Leksellův gama nůž	15
2.2 Lineární urychlovač	17
2.3 Fixační pomůcky	18
3 PLÁNOVÁNÍ STEREOTAKTICKÉ RADIOCHIRURGIE A RADIOTERAPIE	19
4 ZÁKLADNÍ PŘEHLED INDIKACÍ STREOTAKTICKÉ RADIOTERAPIE A RADIOCHIRURGIE	20
4.1 Extrakraniální indikace	20
4.2 Intrakraniální indikace	23
ZÁVĚR	28
REFERENČNÍ SEZNAM ZDROJŮ	29
SEZNAM ZKRATEK	32
SEZNAM PŘÍLOH	33

ÚVOD

Stereotaxe je velmi pokrokovou metodou v léčbě nevelkých cílových objemů v těle pacienta. Hlavními rysy této terapie je ozáření velmi vysokou dávkou a rozdělení frakcí do nejmenšího možného počtu. Dále je to maximální šetření okolních struktur, tedy prudký pokles dávky ve zdravé tkáni obklopující nádorovou tkáň. Léčbu stereotaxí lze popsat také jako velmi přesné prostorové vymezení cílového ložiska bez možnosti přímé kontroly zraku, kdy zaměření objemu probíhá pomocí souřadnicového systému. Přesnost při rozložení dávky do cílového objemu a do okolních zdravých struktur je zajištěna pomocí 3D zaměřovacího systému s doplněním o příslušnou zobrazovací metodu. Mezi užívané zobrazovací metody řadíme magnetickou rezonanci (MR), počítačovou tomografii (CT), angiografii a také pozitronovou emisní tomografii (PET). V současné době je velkým pokrokem léčby obrazem navigovaná terapie (Image guide therapy-IMRT), která umožňuje těsně před ozařováním nebo v jeho průběhu verifikovat polohu cílového objemu pomocí vhodné zobrazovací metody (Šlampa, Petera, 2007, s. 413). Pokud je terapie provedena v jednorázové frakci mluvíme o stereotaktické radiochirurgii. V případě rozložení dávky do několika frakcí se jedná o stereotaktickou radioterapii. Základní rozdělení stereotaktické léčby z hlediska lokalizace je podle anatomického uložení cílového objemu. Lokalita uložení nádoru je buď intrakraniální, nebo extrakraniální. Neinvazivní alternativa chirurgického zákroku je léčba pomocí kybernetického nože (cyberknife), kterou je možné užít pro terapii nezhoubných i zhoubných nádorů. (Stieberová, Jelenová, Cvek et al., 2016, s. 170, [online]).

K tomuto tématu jsem formulovala otázky, které chci blíže zpracovat:

1. Jaké jsou informace o rozdílech stereotaktické radiochirurgie a radioterapie?
2. Pomocí kterých přístrojů je prováděna stereotaktická léčba?
3. Ovlivnily modernější ozařovací přístroje a postupy počet léčených indikací pomocí stereotaktické radiochirurgie nebo radioterapie?

Cílem mé práce bude tyto otázky zpracovat za pomoci prostudované literatury a doložit poznatky jak o léčbě stereotaktickou radiochirurgií, tak i stereotaktickou radioterapií. Dále pak popsat ozařovací techniky současné doby a nejčastější indikace, léčené pomocí stereotaxe.

Pro vytvoření základních otázek a cílů bakalářské práce byla použita tato vstupní literatura:

1. Pavel Šlampa a Jiří Petera. *Radiační onkologie v praxi*. 4. vydání. Brno: Masarykův onkologický ústav, 2014. ISBN 978-80-86793-34-4.
2. LIŠČÁK, Roman VLADYKA, Vilibald ŠIMONOVÁ, G. ŠUBRT, O. Stereotaktická léčba meningiomů Leksellovým gama nožem. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*, 1996, Roč. 59/92, č. 2, s. 73-79. ISSN: 1210-7859.
3. FELTL, David a Jakub CVEK. *Klinická radiobiologie*. Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2008, 105 s. ISBN 978-80-7311-103-8.
4. URGOŠÍK, Dušan. Stereotaktická léčba bolesti a gama nůž. In: *Bolest: monografie algeziologie*. 1. vyd. Praha: Tigris, 2006. 2006, s. 614-619.

Rešeršní činnost:

Při vyhledávání odborných publikací jsem použila elektronický informační zdroj PubMed, internetový vyhledávač Postgraduální medicíny a webovou stránku Linkos. Celkem bylo dohledáno 39 zdrojů v českém a anglickém jazyce. Ve své práci jsem zpracovala 15 článků, z nichž dva byly v anglickém jazyce. Zbýlých 24 článků znatelně nevyhovovalo tématu bakalářské práce. Při tvorbě bakalářské práce bylo použito také 6 monografií. Vyhledávacím jazykem byl zvolen český a anglický. Pro vyhledávání odborné literatury byla použita tato anglická klíčová slova: stereotactic radiosurgery, stereotactic radioteraphy, intracranial tumors, extracranial tumors, stereotactic, cancer, leksell gama knife, cyberknife, linear accelerator, tomoteraphy.

1 EXTRAKRANIÁLNÍ STEREOTAKTICKÁ LÉČBA

Stereotaktická radioterapie se vyznačuje rozložením větší dávky mezi jednotlivé frakce. Tímto způsobem lze ozářit i větší ložiska, nejsme již limitováni současnou hranicí 3 - 4 cm jako v radiochirurgii. Extrakraniální neboli nacházející se vně lebky. Extrakraniální stereotaktická radioterapie je spojena s léčbou určitých onemocnění, například inoperabilního nemalobunečného plicního karcinomu. Před samotným ozářením se provádí kontrolní snímky, které ověřují správné nastavení pacienta. Problémem je poměrně dlouhý časový interval mezi zaměřením a ozářením. I když pacient leží klidně a nepohybuje se, tak stále hrozí nepřesnosti kvůli pohybům. Například dýchání, peristaltika a další vnitřní pochody, které člověk nemůže vůlí ovlivnit. Dochází tedy ke změně lokalizace a v případě ozáření by došlo k poškození zdravé tkáně. V některých případech se může změnit lokalizace během ozařovacího procesu, velmi často u cílových ložisek v plicích. Extrakraniální stereotaktická terapie je tvořena nejenom terapeutickým zařízením, ale také verifikujícím zařízením. Pomocí zobrazovacích metod se před každou jednotlivou terapií provedou kontrolní snímky, které porovnáváme se snímky z plánovacího CT. Tímto způsobem se provádí verifikace, terapie, která se po kontrolách může provést je nazývána zobrazením navigovaná terapie (Image guide therapy). Verifikace správné polohy se provádí v oblasti baze lebky, krku, krční páteře, hrudní páteře, jater, plic, slinivky břišní, ledvin a prostaty. Jedná se o cílové objemy ležící v blízkosti kritických struktur, jako jsou mícha, plicní, jaterní a ledvinový parenchym, sliznice tenkého střeva, rekta a močový měchýř (Binarová, 2010, s. 68).

1.1 Lineární urychlovač (Linear accelerator)

Stereotaktická radioterapie zahrnuje léčbu pomocí lineárního urychlovače. Ten je potřebně upraven a především doplněn o tzv. mnoholistový kolimátor (MLC), který umožňuje velmi přesné tvarování cílového ložiska. Princip lineárního urychlovače spočívá v urychlení vysokoenergetických částic v urychlovací trubici, které vznikají díky vysokému napětí. Konkrétně jsou to vysokoenergetické svazky elektronů nebo fotonů. Působením magnetického a elektrického pole dojde k rychlému pohybu a následnému prudkému zabrzdění fotonů v hlavici přístroje. Za vzniku fotonového, brzděného nebo rentgenového záření vzniká také elektronové záření. Pro elektronové záření, vycházející z urychlovací trubice platí že, po průchodu není zabrzděno na terčiku hlavice přístroje. Záření je rozptýleno na široký svazek monoenergetických elektronů. To znamená, že nevyzařují záření pouze jedné energie. Tvar a velikost ozařovacího pole širokého svazku elektronů jsou následně

upraveny pomocí tubusů a systémem kolimátorů. Tubusy jsou připevněny na ozařovací hlavici. Elektronové záření využíváme k ozáření povrchově uložených ložisek. Další možnost využití elektronového záření je při terapii nádoru prsu. Společně s fotonovou radioterapií využíváme takzvané dosycení (boost) pomocí elektronů (Hynková, Doležalová, Šlampa, 2012, s. 7). Lineární urychlovač má jen jeden zdroj záření, kterým vyzařuje izocentricky fokusované rentgenové záření. Ke změně vstupu záření do částí plánovaného cílového objemu dochází díky posunům ozařovacího stolu a také pohybem ramene urychlovače. Aby ozařování bylo přesné, je nutné, aby se všechny osy protínaly v izocentru (stejném bodu), jehož poloha se nemění. Jsou tři hlavní osy: osa ramena lineárního urychlovače, osa rotace stolu a osa kolimátoru. Při kolimaci stereotaktického ozařování, kde je svazek záření s poměrně velkým polostínem a clony neumožňují ozářit cílový objem s dostatečnou přesností, musíme použít speciální nástavec s kruhovým průměrem (5 - 40 mm). V dnešní době se využívá standardně již varianta vícelamelového mikrokolimátoru, který je tvořen lamelami o malé velikosti 2 – 5 mm. V závislosti na hloubce cílového ložiska jsou nastaveny různé energie fotonů tak, abychom dosáhli maximální dávky. Platí přímá úměra, že čím vyšší je energie fotonů, tím budeme ozařovat objemy ve větší hloubce. Vycházející svazek fotonů je následně kolimován pomocí clon. Stereotaktická radiochirurgie je doplněna o vícelistový mikrokolimátor, který mnohonásobně zlepšuje postupy stereotaxe. Jednou ze základních ozařovacích technik je metoda ozáření v několika **nonkonplanárních izocentrických kyvech**. S použitím cirkulárních kolimátorů se provádí ozáření cílového objektu v nonkonplanárních izocentrických kyvech, neboli ozáření cílových bodů neležících ve stejné rovině daného 3D objektu, soustředěných do jednotlivých ohnisek. Zmiňované kyvy se skládají z posunů ramene lineárního urychlovače a ozařovacího stolu. Podle cílového objemu volíme velikost kolimátoru a také počet nonkonplanárních kyvů. Ty mohou být čtyři, ale také jich může být více než deset. Dalším důležitým parametrem je úhlový rozsah, umístění a také určení počátku a konce jednotlivých nonkonplanárních kyvů. Vhodně zvolenou polohou nonkonplanárního kyvu docílíme ušetření kritických struktur v blízkosti ozařovaného objemu. Právě tak docílíme správné dávkové distribuce. Nepravidelná ložiska mohou mít větší množství izocenter, poté je možné použít pro každé ohnisko libovolný váhový faktor (Šlampa, Petera, 2007, s. 416). **Radiační váhový faktor** je důležitý při určování radiobiologického efektu, proto je v radioterapii nahrazován pojmem radiobiologická účinnost. Radiační váhový faktor zohledňuje druh záření, kterým byl pacient ozáren. Podle typu záření určujeme ionizaci. Méně radiobiologicky nebezpečné pro buňky jsou elektrony. Naopak protony jsou částice,

kteře mají velmi silnou ionizaci a zapřičiňují větší množství lokálních poškození. Fotony a elektrony dosahují hodnoty váhového faktoru 1, protony 5. Jedná se o bezrozměrnou jednotku (SÚJB, 2005, s. 10, [online]). V současné době se nejčastěji užívají tři izocentra vzhledem k časové náročnosti vyšetření. Samotný proces ozařování začíná uložením pacienta na pohyblivé lůžko, kde se mu hlava upevní pomocí speciálního úchyty do stereotaktického rámu, který je fixován k lůžku. Průnik hlavních os mechanického lineárního urychlovače musí odpovídat středu naplánovaného ohniska ozařovaného objektu. Pro přesné nastavení využíváme souřadnicového systému, kdy pomocí os x, y, z lze vyznačit přesnou polohu ložiska. Tento souřadnicový indikátor se nasadí před ozářením na stereotaktický rám. Takto jsou ozářena jednotlivá izocentra. Záleží na velikosti cílového objemu, podle tohoto parametru následně volíme velikost kolimátoru. Technika pomocí konformních statických izocentrických svazků využívá několika polí k ozáření cílového objemu ze všech možných úhlů, které se následně sbíhají v jednom ohnisku daného ložiska. Jednotlivá pole nemají typický kruhový tvar, naopak jsou tvarově přizpůsobena morfologii určitého ložiska ve směru vstupujícího svazku. Specifickým tvarem jednotlivých polí je dosaženo maximálního šetření okolní zdravé tkáně. Typem tvarovaných kolimátorů, které jsou v současné době velmi často používány, jsou vícelamelové mikrokolimátory. Hlavní výhodou je značné urychlení ozařování a zjednodušení procesu. Spojením techniky nonkonplanárních izocentrických kyvů a konformních statických izocentrických svazků vznikne technika ozařování skřze **konformní nonkonplanární izocentrické kyvy**. Je založena na využití nonkonplanárních kyvů a zároveň na technice tvarovaných ozařovacích polí. Jednomu kyvu odpovídá jeden tvar pole. Tvar pole je přizpůsoben tak, aby se dané ohnisko ložiska ozářilo co nejlépe po celé délce úhlu kyvu. Pole je tvarováno díky vícelamelového mikrokolimátoru nebo pomocí speciálních kolimátorů. Další technika, velmi podobná výše popsané, je založena na **dynamický konformních nonkonplanárních kyvech**. Jako předešlá metoda i tato využívá nonkonplanární izocentrické kyvy a tvarovaná ozařovací pole. Rozdíl je v provedení ozáření jednotlivých ohnisek, kdy u dynamicky konformních nonkonplanárních kyvů dochází ke změně tvaru pole i v průběhu jednotlivých kyvů dle tvaru cílového objemu. Změny tvaru polí probíhají díky vícelamelového mikrokolimátoru. Další současně užívanou technikou při stereotaktické radiochirurgii a radioterapii u lineárních urychlovačů je využití IMRT (Šlampa, Petera, 2007, s. 416).

1.2 Kybernetický nůž (Cyberknife)

CyberKnife je lineární urychlovač speciálně vylepšený pro stereotaktickou léčbu. Přístroj je umístěn na robotickém rameni, které umožňuje pohyb téměř kolem celého těla pacienta. Je schopen rotace 358 stupňů kolem pohyblivého stolu, kde je položen pacient. Tenké svazky záření vycházejí z více než dvanácti set odlišných pozic. Lineární urychlovač má energii 6 MV. Během terapie kontinuálně sledujeme ložisko a také polohu pacienta. Tímto způsobem lze dávku aplikovat přesně do cílového objemu a omezit tak nechtěné ozáření blízkých struktur. Ozařovací pole je upraveno pomocí kolimátoru. Podle ozařovaného objektu je zvolen jeden z dvanácti kolimátorů kruhového průřezu. Velikost kolimátorů se pohybuje v rozmezí 5 - 60 mm. Alternativou je automatický Iris kolimátor, který funguje podobně jako clona fotoaparátu. Přístroj umožňuje použít jak izocentrické, tak i nonizocentrické ozáření díky speciálně kolimovaným svazkům. Pro kontinuální sledování polohy cílového objektu využíváme dvou rentgenových snímačů, které jsou připevněny ke stropu ozařovny po obou stranách pohyblivého stolu. Po průchodu cílovým objemem dopadne záření na protilehlý detektor z amorfního silikonu, který je umístěn na podlaze. Tímto způsobem je možné kontinuálně sledovat polohu cílového objektu buď skrze markéry umístěné na pacientově těle, anebo pomocí anatomických struktur. Když přístroj zaznamená změnu polohy ložiska, terapeutické ozařování je přerušeno a pohyblivé rameno přístroje změni polohu tak, aby svazek záření směřoval přesně do maligního ložiska. Samotný přístroj neumožní pokračovat, dokud není poloha dopadu záření zcela přesná. Další velkou výhodou tohoto přístroje je doplnění o systém Synchrony, který sleduje pozici cílového objektu v závislosti na dýchacích pohybech pacienta. Systém synchrony tvoří vesta, kterou oblékneme pacientovi. Na ní v nejvyšším bodě, tedy na hrudníku, jsou umístěny sondy, které vyzařují světelné paprsky, podle kterých se vytvoří matematický model pohybu cílového objektu v době trvání jednoho dýchacího cyklu. Dýchací pohyby pacienta jsou poté směrodatné pro robotický systém, který se podle nich přizpůsobí v průběhu celé terapie. Pro synchronizaci pohybu kolimačního systému přístroje a pohybu cílové struktury využíváme u lézí vykazující pohyb, využíváme tzv. trackingu (Knybel, Cvek, Otahal et al., 2014, s. 192, [online]). Systém Xsight Spine Tracking se zaměřuje na oblast páteře a její skeletální struktury. Oblast páteře sleduje komplexně od krční páteře až po oblast křížovou. V souvislosti s užitím cyberknifu se využívá označení cílového objemu pomocí tzv. zlatých zrn (fiducials). Nicméně v případě ozařování ložiska v blízkosti páteře není potřeba označení pomocí zlatých zrn a postačí pouze užití tohoto systému. Systém zajistí správnou polohu pacienta a přesnost dodání svazku záření

do cílového objemu. Xsight Spine Traking se využívá spolu se systémem Xsight Lung Traking a systémem Synchrony pro léčbu a pozorování nádorů během dýchacího procesu (Otahal, Knybel, Skácelíková et al., 2012, s. 509-510, [online]). Ozařování prostaty je zdokonaleno o systémem InTempo, který zaznamenává typy pohybů v blízkosti prostaty během terapie. Jakmile dojde k sebemenší odchylce, kompenzuje pohyby cílového objektu během ozařování. Cyberknife má stejnou možnost přesného zaměření ložiska jako gama nůž. Můžeme ho využít jak při extrakraniální tak i při intrakraniální stereotaktické terapii. Snadná fixace pacienta a také kontinuální sledování cílového objemu jsou velkou výhodou tohoto přístroje. Některá ozáření trvají delší dobu pro neustále úpravy a kompenzaci odchylek. To společně s vysokou cenou přístroje jsou jediné nevýhody přístroje (Stieberová, Jelenová, Cvek, et al., 2016, s. 171–172, [online]).

Obrazová dokumentace přístroje cyberknife uvedena v přílohách 1, 2, a 3.

1.3 Tomoterapie (Tomoteraphy)

Tomoterapie zahrnuje jak technologii diagnostickou, tak i terapeutickou. Během vyšetření dochází k fúzi lineární urychlovače a počítačové tomografie (Binarová, 2010, s. 88). Systém je tvořen lineárním urychlovačem, který v gantry po elipsoidní dráze rotuje kolem pacienta uloženého na polohovatelném stole. Lineární urychlovač vytváří svazek, který využíváme jak k vlastní terapii, tak i k předcházející kontrolní megavoltážní počítačové tomografii (CT) (Šlampa, Petera, 2007, s. 417). Pro diagnostické ozáření není použita klasicky rentgenka, ale lineární urychlovač o energii 6 MV, vyzařující fotonové záření v módu „low dose“, to znamená užití nižší energie a intenzity svazku (Binarová, 2010, s. 88). Pro přesnou kontrolu se před každým ozářením provádí takzvané kontrolní CT vyšetření, kde se ověřuje poloha cílového objemu a okolních struktur, zda je vše jako při vzorovém plánovacím CT, se kterým se snímky porovnávají. Tímto způsobem jsou eliminovány nepřesnosti a případné odchylky od plánovaného zaměření cílového objemu a také je průběžně kontrolována velikost a změny ložiska (Šlampa, Petera, 2007, s. 417). Lineární urychlovač, jako zdroj záření pro verifikaci, má jisté nevýhody a to především v nízké zobrazovací schopnosti, malém kontrastu a také poměru signál - šum. V případě, že jsou zjištěny odchylky od prvotního plánovacího CT, dojde k automatické úpravě polohy stolu, na kterém je pacient uložen. Po provedení těchto korekcí můžeme ozařovat. Výhodou užití lineárního urychlovače pro diagnostickou odpověď je schopnost redukovat přítomnost kovových artefaktů, jako jsou například totální endoprotézy (TEP). Modulace úzkého svazku záření je realizována díky vícelamelového kolimátoru, který se pohybuje společně s lineárním

urychlovačem po spirále kolem pacienta. Během ozáření dojde k současnému pohybu lineárního urychlovače, vícelamelového kolimátoru a také polohovacího stolu, který zajíždí s pacientem do gantry. Po kontrolním CT, kdy přístroj funguje v režimu „low dose“ CT, následuje terapeutická část v režimu „high dose“. Lineární urychlovač v tomto případě rotuje po elipse kolem pacienta a soustřeďuje úzce modulovaný svazek záření do cílové tkáně, která byla v předešlém kroku lokalizována. Velkou výhodou tomoterapie je nenáročnost na prostor a také on-line zobrazení, díky němuž je možné průběžné přizpůsobení ozařovacího plánu. Součástí přístroje jsou zabudované stínící bloky, proto požadavky na stínění jsou méně náročné. Nicméně součástí terapie je také proces verifikace, který sice zvyšuje radiační zátěž pacienta, ale díky kterému dochází k přesnému zaměření a ke snížení radiobiologického efektu a šetření kritických okolních struktur. Proces verifikace je prováděn díky megavoltažního Fan beam CT před každým ozáření pacienta. Verifikaci, prováděnou pro objemy hlavy nebo krku před samotnou terapií, odpovídá přibližně dávka 15 cGy (Binarová, 2010, s. 89).

2 INTRAKRANIÁLNÍ STEREOTATICKÁ LÉČBA

Intrakraniální stereotaktické ozařování realizujeme pomocí stereotaktické radiochirurgie. Radiochirurgii můžeme definovat také jako aplikaci velmi vysoké dávky ionizujícího záření do cílového objemu. Záření je aplikované v jedné nebo mnoha dávkách s jediným cílem zničit nádor nebo patologickou oblast. Klinické požadavky radiochirurgie zahrnují: a) vysoce přesné ozáření cílového objemu v těle pacienta, b) distribuci vysoké konformní dávky, c) schopnost ozářit jak malé, tak větší nádorové léze, spolu s minimálním ozářením sousední radiosenzitivní tkáně, d) možnost kontinuálně sledovat změny polohy cílového objemu především pro neustálé vnitřní pohyby (Coste-Manière, Olender, Kilby et al., 2005, s. 28, [online]). Stereotaktickou radiační chirurgii využíváme pro terapii především oblasti hlavy a krku. V poslední době, díky rozvoji intenzitou modulované terapie, také k léčbě plicních malignit. Stereotaktická radiochirurgie je založena na jednorázové dávce cílené do postiženého ložiska tak, aby v jeho okolí dávka prudce klesla a byly tak co nejméně ozářeny okolní orgány. Stereotaktická radiochirurgie se liší od stereotaktické radioterapie především počtem frakcí. Zatímco radioterapie využívá rozložení celkové dávky do jednotlivých frakcí, v radiochirurgii aplikujeme dávku jednorázově. Dalším rozdílem je radiobiologický efekt, který je díky jednorázové aplikaci u stereotaktické radiochirurgie

mnohem závažnější než u radioterapie. Současným limitem pro využití metody stereotaktické radiochirurgie je velikost cílového ložiska, které nesmí překročit průměr 3 - 4 cm. Stereotaktická radioterapie umožňuje, ozařování i větších ložisek (Šlampa, Petera, 2007, s. 413). Abychom zaměřili cílový objem pacienta přesně, využíváme trojrozměrné zobrazovací metody. Tento systém se jmenuje stereotaktický indikátor. Protože stereotaktickou radiochirurgii používáme u ozařování mozkové tkáně, je nutná aplikace referenční dávky přesně do daného ložiska, kdy při plánování je vyznačen jakýkoliv i nepravidelný objem ozařované malignity. Pacient je fixován ke stolu pomocí stereotaktického rámu, který je buď invazivně nebo neinvazivně připevněn k lebce nemocného. Tím je zajištěná neměnná poloha a je tedy možné přesné zaznačení cílových mozkových struktur. Stereotaktický rám musí být konstruován tak, aby bylo možné provést všechny důležité vyšetřovací metody a zároveň abychom byli schopni skrze něj označit libovolnou oblast v mozku pomocí tří souřadnic x, y, z, které jsou nastaveny podle předem zvoleného počátku (Šimonová, Liščák, 2011, s. 77, [online]).

2.1 Leksellův gama nůž (Leksell gamma knife)

Švédský neurochirurg Lars Leksell se v padesátých letech intenzivně zabýval stereotaxí a právě díky němu je dnes gama nůž využíván pro léčebné účely. Gama nůž se pojí se stereotaktickou léčbou nejvíce a je dokonce prvním stereotaktickým přístrojem užívaným v radiační onkologii. Gama nůž je používán během neurochirurgických operací, kdy se ozařují malé cílové objemy lokalizované intrakraniálně. Léčba malignit v oblasti centrální nervové soustavy (CNS) je riziková především v souvislosti s poškozením okolní zdravé tkáně. Právě proto se využívá metod stereotaktické léčby, která se vyznačuje velmi přesnou léčbou a krátkou dobou trvání terapie. Leksellův gama nůž je zdroj gama záření, které vychází z velkého počtu zdrojů. Konkrétně se jedná o radioizotopy Co60. Doba ozařování se mění podle stáří radionuklidu. Tím se ozařovací čas prodlužuje a nakonec je nutná opakovaná výměna zdroje. Přístroj je terapeuticky využitelný pouze pro oblast hlavy a krční páteře, což je jeho nevýhodou. Dis komfortem může být pro pacienta fixace v rámu, která znemožňuje pohyb hlavou, nicméně je při terapii nezbytná (Binarová, 2010, s. 76). Stereotaktický rám je u tohoto přístroje fixován pomocí čtyř hliníkových šroubů, zakončených hrotem z titanu, které sahají až k lamina externa (lebečním kostem). Kolimátor představuje filtr, který propouští záření jen v požadovaném směru. Dříve používané manuálně vyměňované kolimátory jsou nahrazeny automatickým systémem osmi nezávisle se pohybujících segmentů, které spolu

s 576 otvory nahrazují manuální kolimátory. Celý systém je umístěn kónicky, což umožňuje rozšířit terapii i na oblast krční páteře. Rozšířil se tak polohovací systém pacienta. Gama paprsky, vyzařované jednotlivými zdroji, jsou filtrovány dohromady třemi různými kolimátory. Dva z nich, které tvoří stacionární část, obsahuje radiační jednotka a ve výměnné kolimační helmici je třetí kolimátor. Přístroj obsahuje 201 zdrojů, kdy každému zdroji patří kolimační otvor, kterým se může šířit záření. Jednotlivé kolimační otvory jsou umístěny v kolimační helmici. Pokud je kolimační helmice v ozařovací poloze, vytvoří kolimační otvory kuželovitý kanál kruhového průřezu. Osa tohoto kanálu směřuje do ohniska v centru radiační jednotky, odchylky jsou v desetinách milimetrů. Délka kolimačního kanálu je 217,5 mm. V případě, kdy nechceme průchod záření daným kolimačním kanálem, zastíníme jej zátkou. Právě tímto způsobem se sníží radiobiologický efekt zdravých okolních struktur a dojde ke správné dávkové distribuci. Klidová poloha přístroje se vyznačuje zavřenými stínícími dveřmi radiační jednotky a vysunutím pohyblivého lůžka a kolimační helmice. Pacient je uložen na lůžko a hlava je připevněna do stereotaktického rámu. Ozařovaný objekt pacienta musí ležet v ohnisku kolimační helmice. Poté, co jsou nastaveny počáteční hodnoty léčby, stínící dveře radiační jednotky se otevřou a pohyblivé lůžko s pacientem zajede do radiační jednotky do nastavené terapeutické polohy. Před průchodem záření dojde k přesnému zakrytí dvou primárních stacionárních kolimátorů a kolimátoru výměnného, který je umístěn v kolimační helmici. Všechno kontroluje systém mikrospínačů s přesností desetin milimetrů. Po skončení ozařovací intervalu, který je nastaven podle ozařovacího plánu, se lůžko vrátí do původní polohy a stínící dveře se uzavřou. Tak se postupně ozařují jednotlivá izocentra. Pro správnou dávkovou distribuci v ozařovaném objektu je jich zpravidla více než patnáct. S kolimačními systémy lze pracovat. Podle cílového objemu a blízkých kritických struktur je potřeba naplánovat jednotlivé průměry. Ty se mohou překrývat nebo naopak kombinovat vzájemně, tak bychom dosáhli vhodného dávkového rozložení a ušetřili tím kritické okolní struktury. Pacient se během výkonu vůbec nepohybuje, jeho hlava je umístěna do stereotaktického rámu, kde je fixována. Terapie je prováděna plně automatizovaným systémem, kdy pacient volně leží na polohovacím lůžku a pohybuje se jen stůl (Šimonová, Liščák, 2011, s. 78, [online]). Leksellův gama nůž nemá jednotný model. V současné době v mnoha nemocničních zařízeních jsou využívány modely B a C, jejichž zdroje a radiační jednotka jsou prakticky shodné. Ve Spojených státech k terapii užívají model U, nicméně ten se již přestal vyrábět. Jednotlivé zdroje leksellova gama nože jsou tvořeny válcovými peletami radioaktivního kobaltu (^{60}Co) a jsou umístěny v hermeticky uzavřených válcových pouzdrech. Zdroje jsou umístěny v kónické centrální jednotce a jsou tvořeny 201 malými

kobaltovými radioizotopy, které jsou seskupeny do pěti cirkulárních řad (Šlampa, Petera, 2007, s. 414).

2.2 Lineární urychlovač

Lineární urychlovač je nejrozšířenějším přístrojem v radioterapii. Nicméně pro stereotaktickou radiochirurgii, doplněný o vícelistový mikrokolimátor, se dnes již běžně také užívá. Vícelistový mikrokolimátor má menší velikost lamel, to je prvek zdokonalující stereotaktickou techniku. Další nezbytnou součástí přístroje je speciální pohyblivý stůl, jehož velkou výhodou je možnost ozařování z různých směrů a rovin. Přístroj je užíván pro léčbu extrakraniálních i intrakraniálních indikací. Nicméně v porovnání s gamanožem nebo cyberknife vykazuje mnohem menší přesnost. Indikační spektrum léčby pomocí lineárního urychlovače bylo značně rozšířeno s nástupem extrakraniální stereotaxe (Feltl, Skácelíková, 2013, [online]). Velkou výhodou je doplnění lineárního urychlovače o diagnosticky verifikační systém, neboli o dva zdroje elektromagnetického záření. Konkrétně se jedná o rentgenové záření a dva detektory, na které dopadá svazek záření. Ty jsou umístěny na pravé a levé straně pohyblivého stolu. Před samotnou terapií se provedou kontrolní snímky pro ověření správné polohy pacienta. Pokud verifikační systém objeví odchylky, lůžko pacienta jde naklonit přímo z ovladovny tak, aby poloha pacienta byla shodná jako při plánovacím CT vyšetření. Robotický stůl lze naklánět ve všech třech osách x, y, z. Po korekcích je teprve provedeno ozáření pacienta. Verifikace polohy pacienta je vyhodnocena téměř okamžitě. Po vyhodnocení odchylek a úpravě lůžka je zahájena terapie, tento proces je v dnešní době běžným standardem (Binarová, 2010, s. 69).

Více dohledaných informací, shodujících se s podkapitolou o lineárním urychlovači, je uvedeno v kapitole Extrakraniální stereotaktická léčba.

2.3 Fixační pomůcky

Terapeutický přístroj vytvoří záření potřebné k terapii, které je uzpůsobeno pro univerzální použití. Pro lepší využití terapeutického přístroje se uplatňuje příslušenství zajišťující například zefektivnění polohy pacienta, ale především dokonalejší využití záření. Součástí sady lineárního urychlovače jsou aplikátory, které mají velikost otvoru elektronového pole běžných rozměrů (5x5 cm, 10x10 cm, 15x15 cm, 20x20 cm, 25x25 cm). Pokud je potřebná menší velikost elektronového pole nebo úprava tvaru, je možné vytvoření individuální apertury. Apertury se vyrábí ze specifické slitiny s nízkou teplotou tání. Ta je vložena do speciálního rámečku, který může nahradit poté jednu z apertur základní sady. Další důležitou součástí sady jsou fixační pomůcky. Jejich správné umístění a stabilita je stěžejní pro správné ozáření ložiska a nastavení pacienta na opakované terapie. Správná poloha a fixace pacienta je posuzována v závislosti na výstupní svazek ionizujícího záření. Používají se například speciální držáky, podpěry pod hlavu nebo nohy, zajišťující větší komfort pacienta a zároveň lepší ozáření cílového objektu. Speciální pomůckou je termoplastická vložka, kterou je za tepla možné tvarovat přímo podle pacientova těla. Poté na jednotlivých terapiích se do ní pacient uloží. Důležitou podmínkou pomůcek, které jsou každodenně přikládány bezprostředně na těla pacientů, je zdravotní nezávadnost materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Výrobce musí vyrobit pomůcky, které se mohou pravidelně omývat a dezinfikovat. Pomůcky, které jsou umístěny v bezprostřední blízkosti pole záření, kde je potencionální možnost absorpce, musí záření pohlcovat minimálně nebo přesně určeným způsobem. Právě užití fixačních pomůcek zkvalitňuje léčbu v radioterapii, například technika svazků s modulovanou intenzitou, kde je nepostradatelné jejich užití (Hynková, Šlampa, 2012, s. 81). Důležitá je správná fixace pacienta v případě stereotaktické radioterapie. Jedním z neinvazivních způsobů fixace pacientovy hlavy je stereotaktická maska. Jedná se o pomůcku vyrobenou z termoplastického materiálu, což umožňuje v teplé lázni masku připravit a poté individuálně podle pacientovy tváře vytvarovat. Tvoří ji spodní a vrchní část, které se dají zafixovat a tím se vyvarovat nechtěných pohybů během terapie. Maska je spojena během ozařování spolu se stereotaktickým rámem půlkruhovitěho tvaru. Ten slouží pouze k připevnění masky ke stolu, jedná se tedy neinvazivní fixaci. Společně s aplikací masky se užívá také dentální fixace a otisk kořeně nosu. Koordinační systém, pomocí něhož je pacient poté při terapii uložen, je umístěn na stereotaktickou masku. Další možností, jak omezit pohyby způsobené dýcháním, je komprese žaludeční krajiny, což způsobí menší pohyb bránice. Protože v případě užití lineárního urychlovače není nutná invazivní fixace

stereotaktické rámu, je možné dávku rozložit do více frakcí. To znamená, že aplikujeme nižší dávku s vícečetným opakováním (Binarová, 2010, s. 74).

3 PLÁNOVÁNÍ STEREOTAKTICKÉ RADIOCHIRURGIE A RADIOTERAPIE

Výchozí zobrazovací metodou při plánování léčby stereotaxí pro malignity je intrakraniální a intraokulární magnetická rezonance. MR je často doplněna o angiografické vyšetření kvůli vyloučení cévních malformací. Protože tato zobrazovací metoda je nejvhodnější pro zobrazení vnitřních orgánů lidského těla, poskytuje diagnosticky nejkvalitnější obraz mozkové tkáně i patologických dějů. Pro plánování léčby je preferována axiální rovina, nicméně obrazy je možné vytvořit i v koronární a sagitální rekonstrukci. Ty jsou užívány pro určení průběhu optické dráhy a jiných kritických struktur. Během plánování léčby jsou užívány i další zobrazovací metody a to v případě kontraindikace pro MR vyšetření nebo v případě lepší diagnostické odpovědi. Užíváme i několik modalit zobrazovacích metod najednou. Například CT, angiografii nebo vyšetření pozitronovou emisní tomografií. Následná fúze obrazů poskytne přesnější anatomickou odpověď, která společně s PET poskytne kompletní odpověď na lokalizaci nádorové léze. Pomocí těchto zobrazovacích metod je přesně lokalizována nádorová léze a rizikové orgány v její blízkosti. Fúzí obrazů jednotlivých diagnostických metod se vytvoří ozařovací plán, který je zformován z trojrozměrných obrazů. Následně je vyznačen cílový objem a jsou stanoveny potřebné dávky, spolu s nimi jsou nastaveny také tzv. dávkové limity pro okolní zdravé struktury (Burkoň, 2012, s. 793, [online]). Pro oblast hlavy a krku se dávkové limity vztahují především k rizikovým orgánům jako je krční mícha, oči, oční nervy, mozkový kmen a parotidy a jiné (Mechl et al., 2012, s. 777, [online]). Stanovení aplikované dávky na okraji nádorového ložiska je závislé na objemu, umístění, předchozí provedené léčbě a na histologickém typu nádoru. Rozdíl histogramů, odpovídající cílovému objemu maligního ložiska a okolních kritických struktur, je ukazatelem kvalitního ozařovacího plánu. V případě metody stereotaxe je běžný velmi malý dávkový zásah pro zdravou tkáň, obklopující patologickou lézi. Tím je možné terapii opakovat. Například u nově vzniklých mozkových metastáz nebo opětovném návratu malignity v blízkosti lokalizace primárního nádoru tedy lokální recidivy (Šlampa, Petera, 2007, s. 417-418).

4 ZÁKLADNÍ PŘEHLED INDIKACÍ STEREOTAKTICKÉ RADIOTERAPIE A RADIOCHIRURGIE

4.1 Extrakraniální indikace

Nemocné, kteří mají kontraindikace k operaci, léčíme lokální léčbou. Mezi kontraindikace řadíme zdravotní stav, kdy je riziko radikálního chirurgického výkonu vzhledem k anestezii a celkovému stavu pacienta, přesahující očekávaný benefit a radiační léčba je vhodnější volbou. Lokální léčba má určité spojitosti s chirurgií, nicméně je nebolestivá, neinvazivní a také bez nutnosti narkózy. V současné době se již upustilo od méně efektivní terapie, kdy byl pacient léčen pomocí konvenční radioterapie nebo systémovou léčbou. Obě tyto metody jsou pro organismus toxické a ukázalo se, že i málo účinné (Stieberová, Jelenová, Cvek et al., 2016, s. 172, [online]). Konvenční radioterapie vnímá cílový objem v jedné rovině na rozdíl od stereotaktické radioterapie, kde ložisko odpovídá trojrozměrnému objektu (Kubecová, Jindlová, Brychta et al., 2011, s. 27). Léčba byla nahrazena za mnohem šetrnější a efektivnější stereotaxi (Stieberová, Jelenová, Cvek et al., 2016, s. 173, [online]).

Časný nemalobuněčný karcinom plic je inoperabilní z interních příčin. Léčba tohoto karcinomu je realizována pomocí stereotaktické ablativní radioterapie. Tento typ léčby svými výsledky překonává konvenční radioterapii a naopak podobnost v úspěchu léčby je stejná jako u chirurgického zákroku. Frakcionace je závislá na poloze nádorové léze a také její velikosti. Pokud se nádor vyskytuje v blízkosti mediastina, jedná se o tzv. centrální tumor a aplikovaná dávka je rozložena do pěti frakcí po 10 - 12 Gy. Jedná-li se o nádor periferně uložený, preferujeme tři frakce po 20 Gy. Dalším stěžejním faktorem je velikost tumoru. Pokud je menší než 1 cm, je efektivnější jej ozářit jednorázovou dávkou 30 - 33 Gy. Čas od počátku stanovení diagnózy nebo počátku léčby, ve kterém polovina pacientů s daným onemocněním žije nebo je podle výsledků klinických studií předpokládáno, že žít bude, nazýváme střední doba přežití (median survival). U pacientů s časným nemalobuněčným karcinomem plic je střední doba přežití pět let a toxicita způsobená terapií je minimální. Jeden z nejmodernějších přístrojů umožňující léčbu karcinomu je cyberknife.

Mezi extrakraniální indikace řadíme **plicní metastázy solidních nádorů**. Léčba plicních metastáz je uskutečňována pomocí stereotaktické ablativní radioterapie. Metastázy jsou spojeny s onemocněním oligometastatického systému. Terapie je provedena u pacientů v dobrém zdravotním stavu, kdy je očekávaná doba dožití v řádu měsíců až let. Střední délka života bez ohledu na rozdílné úrovně zdravotních stavů je u tohoto onemocnění tři až šest měsíců. Velmi záleží na velikosti a počtu ložisek, kterými jsou plíce zasaženy. Hraniční hodnotou jsou tři ložiska a velikost je přímo úměrná dávce. Proto při větších rozměrech cílového objemu není možné aplikovat odpovídající dávku, protože by došlo k překročení toleranční dávky zdravých plic. Plicní metastázy lze léčit také chirurgicky, nicméně velkou výhodou metody stereotaxe je možnost současné léčby pravé i levé plíce, což chirurgicky nelze provést (Stieberová, Jelenová, Cvek et al., 2016, s. 173, [online]). Metoda, zdokonalující stereotaktickou radioterapii, se nazývá online řízení obrazem (Image guide therapy). Jedná se o trojrozměrné zobrazení nádorové léze a kritických struktur před provedeným ozáření. V případě zjištění odchylek systém provede korekci polohy pacienta. Tímto způsobem je zajištěna větší přesnost při aplikaci dávky a je sníženo riziko ozáření okolních struktur (Vybíralová, Feltl, 2009, [online]).

Jaterní nádory a metastázy mohou být léčeny resekcí primárního hepatocelulárního karcinomu, ale tento zákrok není možný u všech pacientů. Chirurgické odstranění nádorové léze je možné pouze u pacientů, u kterých se vyskytuje ložisko hepatocelulárního karcinomu osamoceně v necirhotických játrech nebo v cirhózou postižených játrech s jejich nepostiženou funkcí a bez vyskytující se portální hypertenze. V případě resekce dochází k odstranění tzv. zdravého okraje, což jsou minimálně 2 cm. Pětileté přežití po resekci nádoru dosahuje 60 – 80 %. Největším rizikem resekce nádorové léze je tzv. rekurence, neboli opětovný návrat nádoru, která se nejčastěji projevuje metastázemi nebo vznikem nádoru de novo. V druhém případě rekurence nádoru musí být proveden opětovný staging nádoru dle měřítek Barcelona Clinic Liver Cancer staging (BCLC) na základě kterého je stanovena další léčba. Podle klinických výsledků se problematika rekurence nádoru týká 70 % chirurgicky léčených pacientů (Brůha, 2012, [online]). V případě nemožnosti uskutečnit resekci jsou pacienti odkázáni na paliativní léčbu. Paliativní způsob léčby lze realizovat pomocí tzv. multikinázových inhibitorů, což jsou léky, které jsou schopny vyvolat v těle procesy charakteristické pro maligní bujení. To je například blokáce signálních

drah, útlum buněčného dělení, stimulace apoptózy a na ni navazující zpomalení růstu hormonů. Systémová léčba je účinná, ale pouze pro komplexní zlepšení kvality života nemocného, který se nachází nebo brzy bude v terminální fázi svého onemocnění. Z klinických výsledků vyplývá, že díky stereotaktické léčbě bylo u poloviny pozorovaných pacientů dosaženo dvouleté přežití bez známek progresu nádoru. Léčba jaterních metastáz solidních tumorů je opět jako u léčby metastáz plic omezena jejich počtem. Pro terapii jsou přijatelné tři metastázy přiměřené velikosti, tak aby při odpovídající dávce nebyla překročena toleranční hranice zdravého jaterního parenchymu. Velmi často jsou stereotaktickou radioterapií léčeni pacienti, kteří absolvovali masivní systémovou léčbu. Nemocní jedinci, mající kontraindikace k odstranění nádorové léze z anatomického nebo interního důvodu, jsou odkázáni na stereotaxi. V současné době je velmi efektivním způsobem léčby spojení operace resekabilní metastázy a poté léčba pomocí stereotaktické ablativní radioterapie zbytkového ložiska. Během operace, kdy chirurg provádí resekci metastázy jednoho laloku, dochází k stereotaktické terapii druhého laloku, u kterého není možné operaci provést. Frakcionace je standardně rozdělena do pěti frakcí s jednotlivou dávkou 10 - 12 Gy (Stieberová, Jelenová, Cvek et al., 2016, s. 173, [online]).

Karcinom pankreatu je potenciálně kurabilní pouze v případě resekce, nicméně tu lze provést jen u velmi malého množství karcinomů, pouze 15 - 20 % je resekabilních. Inoperabilní karcinom pankreatu je vždy inkurabilní onemocnění s poměrně krátkou dobou přežití. Ta se pohybuje kolem jednoho roku života. Léčba inoperabilních karcinomů slinivky břišní je proto zaměřena především na kvalitu života. Jedná se o paliativní léčbu, snažíme se odstranit pacientovi bolesti a pokud možno nepřivodit žádné nežádoucí účinky, které by pacientovi ještě přitížily. V současné době není určen standartní způsob léčby, ale je individuálně zvolen podle nemocného. Jednou z možností je radiochemoterapie, popřípadě samotná chemoterapie nebo chemoterapie a na ní navazující radiochemoterapie. Novou léčebnou metodou, která je také paliativní, je právě stereotaktická radioterapie. Výhody léčby spočívají v krátké době trvání terapie a nízké toxicitě. Paliativní léčba spočívá v tom dopřát pacientovi co možná nejlepší kvalitu zbývajících života. Stereotaktickou radioterapii lze konkomitantně nebo sekvenčně spojit s léčbou pomocí chemoterapie. Při aplikaci potřebné ablativní dávky je třeba dbát na toleranční hodnoty pro žaludek a duodenum, které jsou limitujícím faktorem během terapie. Frakcionace pro radiochirurgii je realizována v jednorázové aplikaci dávky 20 - 25 Gy (Stieberová, Jelenová, Cvek et al., 2016, s. 173, [online]).

Karcinom prostaty patří celkově mezi nejlépe léčitelné maligní onemocnění. Velkou výhodou je možnost volby hned několika rovnocenných léčebných metod. Jednou z nich je radikální prostatektomie, která spočívá v úplném odstranění prostaty společně s vyříznutím nádorového ložiska. Operace nepředstavuje významná pooperační rizika a také je zachována mikční a erektilní funkce. V současné době je zákrok velmi šetrný a efektivní, neboť v minulých třiceti letech se velmi zdokonalila technika výkonu a to především z důvodu lepší anatomické znalosti prostaty a okolních struktur. Tím pádem lékaři získali mnohem větší kontrolu nádorového onemocnění (Babjuk, 2010, [online]). Léčebná metoda radioterapie s modulovanou intenzitou je vhodná pro geometricky komplikovanější ozařované léze. Její velkou výhodou je šetření okolních struktur. Během terapie karcinomu prostaty je vhodné ji užít v případě polohy nádoru, který by ohrožoval rektum. Díky možnostem modulované intenzity lze tuto kritickou strukturu uchránit (Hynková, Doležalová, Šlampa, 2016, [online]). Stereotaktická radioterapie je pro léčbu karcinomu prostaty velmi efektivní metoda. Jedná se o velmi krátký časový úsek, kdy je terapie rozložena na pět frakcí. Stereotaktická radioterapie se vyznačuje minimální pozdní toxicitou a dobře tolerovatelnou léčbou. Frakcionace je tedy rozdělena do pěti jednotlivých terapií, jednotlivá dávka má hodnotu 7,25 Gy. Tento způsob rozložení dávky nazýváme jako tzv. stanfordskou frakcionaci, kdy je v průběhu deseti dní pacient vystaven celkové dávce 36,25 Gy. Speciální frakcionace, užívaná u stereotaktické radioterapie, je tzv. virtuální brachyterapie, kdy je ve čtyřech frakcích aplikovaná dávka 38 Gy. Název virtuální brachyterapie je odvozen dle podobnosti s brachyterapií o vysokém dávkovém příkonu (Ishiyama, Bin S. Teh, Simon S. Lo et al., 2011, s. 1077, [online]).

4.2 Intrakraniální indikace

Arteriovenózní malformace je vrozené onemocnění, které je delší dobu klinicky němé a agresivně se projevuje až v období hormonálních změn. Dalším možným iniciátorem arteriovenózní malformace může být vyvolané trauma. Onemocnění se začíná projevovat po 40 roce života. U arteriovenózní malformace můžeme pozorovat nápadnou podobu s bujením nádoru díky molekulárním změnám, které nemoc doprovází. Tyto změny mají potenciál nezávislého růstu. Arteriovenózní malformace je tvořena shlukem abnormálního cévního lůžka, které je specifické prouděním krve z arteriálního systému rovnou do systému venózního. Chybí tedy normálně vyvinutý kapilární systém. Arteriovenózní malformace je život ohrožující onemocnění, které doprovází časté epileptické záchvaty spolu s rizikem

masivního krvácení (Jakubíková, 2012, s. 171). Léčba probíhá primárně resekci malformace. Dále také pomocí endovaskulárních výkonů, kdy je do cévy vloženo drobné tělíčko, tzv. umělý embol, pro zastavení krvácení v těžko přístupných oblastech. Stereotaktická radiochirurgie má význam především u menších nidů dosahujících velikosti do 3 cm. K uzávěru průsvitu dochází v řádu měsíců, u některých případů i v řádu několika let. Protože se jedná o stereotaktickou radiochirurgii, není dávka rozložena na jednotlivé frakce, ale je aplikována dávka 16-20 Gy v jediné aplikaci.

Velmi častou intrakraniální indikací jsou **benigní nádory mozku**. Pomalu rostoucí kalcifikované nádory jsou meningiomy. Jejich původ je v arachnoidálních buňkách. Meningiomy tvoří 20 - 30% všech primárních nádorů intrakraniálního původu. Klinické projevy meningiomů jsou závislé na místě výskytu a také velikosti. Nádor se nejčastěji vyskytuje v 50. roku života a častější výskyt byl pozorován u žen. Incidence těchto benigních nádorů je 2000 - 6000 nemocných na 100 000 obyvatel. Velká část meningiomů je klinicky němá (Stieberová, Jelenová, Cvek et al., 2016, s. 172, [online]). Díky zobrazovacím metodám získáme přesnou diagnostickou odpověď. Pro detekci meningiomů využíváme magnetické rezonance. Během vyšetření aplikujeme kontrastní látku tzv. Gadolinium (Duba, Mrlan, Musil et al., 2011, s. 221, [online]). Stereotaktická radiochirurgie a radioterapie je nejčastěji u intrakraniálních indikací využívána právě pro léčbu meningiomů. Snaha léčby je přerušit růst nádoru nebo nádorovou masu zmenšit. Frakcionace je závislá na poloze nádoru, konkrétně záleží na kritických orgánech, které by vlivem záření mohly být poškozeny. Rozhodující je také velikost nádoru. Když nejsou ohroženy okolní struktury, aplikujeme dávku 13 - 14 Gy. Druhou možností je rozdělit dávku do více frakcí, ve třech aplikacích dávku 6 - 7 Gy nebo v pěti aplikacích dávku 5 - 6 Gy. Této frakcionace využíváme u rozsáhlejších nádorů nebo u meningiomů, které jsou v blízkosti kritických struktur například mozkového kmene nebo optického traktu. Dávka je uzpůsobena podle tolerance daných orgánů a struktur (Stieberová, Jelenová, Cvek et al., 2016, s. 172, [online]).

Sekundární mozkové nádory neboli mozkové metastázy jsou nejčastěji způsobeny karcinomy plic, prsu a ledvin. Jejich příčinou mohou být však také melanomy, anebo jeden z nejčastěji vyskytujících se karcinomů tzv. kolorektální. U pacientů, kteří mají zhoubný nádor, se v 25 % zastoupení vyskytují mozkové metastázy. Až 50 % mozkových metastáz se klinicky manifestuje. Až polovina zkoumaných pacientů s generalizovaným nádorovým onemocněním má mozkové metastázy v sekčním materiálu. U dětí s diagnostikovaným generalizovaným solidním nádorem je metastatické poškození mozku velmi vzácné. V malém zastoupení do 5 % mohou být mozkové metastázy zapříčiněny přítomností jiných nádorů,

například se jedná o karcinom močového měchýře, těla děložního nebo ovariální karcinom. Nejčastější lokalizace mozkových metastáz, a to až v 75 % případů, je supratentoriálně. Infratentoriálně jsou detekovány metastázy karcinomu prsu nebo nádoru kolorekta. U desetiny tohoto generalizovaného onemocnění je prvním projevem nádoru přítomnost metastáz. V některých případech, jako je karcinom ledvin anebo melanom, bývá klinickým projevem krvácení, díky němuž bývají odhaleny. Pro zjištění primárního zdroje nádorového onemocnění užíváme celotělové vyšetření PET. Pokud nevede PET k diagnostice primárního nádoru, je zapotřebí provést stereotaktickou biopsii, kdy u zkoumaného vzorku provedeme histologii, která by měla odhalit přítomnost patologické léze. Charakter mozkových metastáz je rozšiřující se a málo pronikající do okolí. Proto je vhodný pro léčbu stereotaktickým ozářením. Mozkové metastázy jsou dobře detekovatelné magnetickou rezonancí. Metastatická ložiska jsou znatelně oddělena od nepostižené mozkové tkáně, tuto hranici mezi patologickou a zdravou tkání tvoří tzv. edém (Šlampa, Petera, 2007, s. 421). Dochází ke vzniku otoku, který vzniká nahromaděním tekutiny v buňkách, tkáních a orgánech, což často vede k jejich zvětšení a následné disfunkci. Mezi léčebné strategie patří chirurgické odstranění metastáz, radioterapie, stereotaktické radiochirurgie a radioterapie anebo léčba pomocí antiedematózní terapie. Neurochirurgický zákrok, během kterého je provedena resekce metastáz, je prováděn u pacientů, u kterých se nežádoucí neurologické příznaky musí rychle eliminovat. U všech ostatních pacientů je z důvodu rizika operace zvažována možnost chirurgické resekce. Zohledňuje se předchozí operační zátěž jedince a také prognostické faktory, které ovlivňují dobu života nemocného. V současné době se často při léčbě mozkových metastáz o vhodném objemu volí varianta léčby pomocí stereotaktické radiochirurgie a stereotaktické radioterapie. Limitace velikosti při léčbě stereotaxí v případě mozkových metastáz jsou 3 cm. Proto se léčba pomocí stereotaktických metod stala preferovanou především u solitárních mozkových lézí. Nicméně s vývojem stereotaktické terapie došlo k rozšíření léčby i na vícečetná ložiska radiorezistentních nádorů. Mozkové metastázy jsou během terapie přesně zaměřeny tak, aby docházelo k co nejpřesnějšímu ozáření cílového objemu s ohledem na okolní kritické struktury. Obzvláště v případě lokalizace malignit v mozku je nezbytné chránit zdravé struktury. Terapie je minimálně invazivní, je možná bez hospitalizace pacienta anebo je pacient hospitalizován na velmi krátkou dobu. Další velkou výhodou léčby stereotaxí je nízká přítomnost komplikací. Během plánování léčby je vyznačen tzv. plánovací léčebný objem (PTV), který je tvořen vyznačením nádorového objemu (GTV) a 1 mm lemu. Aplikovaná dávka při stereotaktické radiochirurgii je 18 - 20 Gy. Její přesná hodnota se odvíjí od rozsahu malignity, uložení a histologického složení. Metastázím, lokalizovaným v oblasti mozkového

kmene a thalamu, odpovídá dávka 18 Gy. Pokud jsou metastázy v oblasti mozkových hemisfér, je dávka vyšší, dosahuje hodnot 18 - 20 Gy. Vyšší dávka 20 - 23 Gy je aplikována do ložisek o velikosti středního průměru 20 mm a dále poté metastázám radiorezistentních nádorů. Mezi radiorezistentní nádory, metastazující do mozku, patří například melanom nebo karcinom ledvin. Dávka, aplikovaná během terapie mozkových metastáz, by neměla překročit hodnotu 25 Gy pro vysoké riziko markantního vzrůstu postradiační reakce. Množství ložisek, při kterém by bylo vhodné zvolit léčbu pomocí stereotaktické radiochirurgie, není přesně stanoveno. Dalším diskutabilním krokem je množství opakování u dlouho přežívajících pacientů s dalšími mozkovými metastázemi. Léčba je uskutečnitelná také pomocí stereotaktické radioterapie. Konkrétně užíváme lineární urychlovač. Při volbě metody léčby je opět nedůležitějším parametrem velikost, která v případě maligního ložiska přesahujícího průměr 3 cm představuje nutnost rozložení dávky do většího počtu frakcí. V případě mozkových metastáz, způsobených malobuněčným plicním karcinomem a mnohočetnou diseminací, je nezbytné ozáření celého mozku. Jedná se o základní metodu, která je užívána bez ohledu na velikost ložisek a jejich počet. Společně se stereotaktickou radiochirurgií nebo stereotaktickou radioterapií má zevní radioterapie zdatelně vyšší lokální kontrolu, bez ovlivnění doby dožití nemocných. Mozkové metastázy jsou velmi nebezpečným rizikem nádorových onemocnění. Medián přežití neléčených mozkových metastáz je přibližně jeden měsíc (Šlampa, Petera, 2007, s. 421 - 422).

Adenom hypofýzy řadíme mezi primární mozkové nádory s poměrně častou incidencí 10 – 15 % ze všech intrakraniálních nádorů. Typický je pomalý růst tohoto nádoru, většinou benigní povahy. Nicméně existují případy, kdy karcinom roste velmi rychle a agresivně. Funkční adenomy jsou diagnostikovány pomocí klinického obrazu. Důležitým ukazatelem výskytu adenomu je patologicky zvýšená hodnota tzv. hypofyzárních hormonů, mezi něž patří prolaktin, somatotropní hormon (STH) a adrenokortikotropní hormon (ACTH). Protože hypofýza neboli podvěsek mozkový je centrální endokrinní žláza, je diagnosticky nejefektivnější provést magnetickou rezonanci. Nádory dorůstající do velikosti nad 10 mm jsou detekovatelné u nativních skenů. Pro zobrazení mikroadenomů je nezbytné užití kontrastní látky (KL), kdy po aplikaci paramagnetické KL čekáme na tzv. postkontrastní skeny. Po aplikaci KL provádíme dynamické sekvence v řádu několika sekund, které opakujeme. Časový úsek těchto sekvencí je 5 - 7 minut. Velmi často jsou nádory menší než 10 mm zobrazeny díky defektu v kontrastním syčení (Nekula, Chmelová, 2009, s. 48). Léčebný proces se odvíjí od velikosti nádoru, dalším důležitým faktorem při volbě léčby je stav poškození vulnerabilní optické dráhy. Svou roli hraje také charakter nádoru, který

způsobí buďto nadprodukcí STH, ACTH nebo prolaktinu. Proto během terapie je nejdůležitější snížit patologickou nadprodukcí hormonů této centrálně endokrinní žlázy. Léčba je primárně endokrinologická a neurochirurgická. Stereotaktická radiochirurgie je užívána také při léčbě adenomu hypofýzy, aplikovaná jednorázová dávka je 25 - 35 Gy. Cílem léčby je omezit patologickou nadprodukcí hypofyzárních hormonů. V případě afunkčního adenomu, kdy je snaha zabránit proliferaci, se aplikuje dávka 16 - 20 Gy. U malých funkčních adenomů je upřednostňována primární léčba pomocí stereotaktické radiochirurgie. Během terapie je velmi důležitý tzv. spád dávky do okolí, díky němuž jsou okolní zdravé tkáně ušetřeny. Jedná se především o kritickou strukturu optické dráhy a zachování funkce nepostižené hypofýzy. Toleranční dávka pro optickou dráhu je 8 - 10 Gy, hypofyzární tkáň by neměla překročit limitní dávku 15 Gy. Pozdní postradiační reakce přichází v průběhu dvou let po terapii. Hlavním příznakem postradiační reakce je pokles hladiny hormonů a následná regrese léčeného nádoru. Pacienti mající nádor velkých rozměrů, uložený v blízkosti optické struktury, jsou léčeni pomocí stereotaktické radioterapie. Také u nemocných jedinců s kontraindikací k neurochirurgickému výkonu je jako léčba zvolena stereotaktická radioterapie. Frakcionace je závislá na toleranční dávce pro optickou dráhu, která je 50 Gy. V průběhu léčby je standardně aplikovaná dávka 1,8 - 2 Gy každý den po dobu jednoho týdne.

Stereotaktická radiochirurgie je dále využívána k léčbě **melanomu uvey**. Uvea je cévnatá pigmentovaná vnitřní část oka zabezpečující jeho výživu.

Neurinom akustiku je další malignitou, léčenou obdobně pomocí stereotaktické radiochirurgie. U některých maligních nádoru CNS je možné využít stereotaxe při reiradiaci (Šlampa, Petera, 2007, s. 419-420).

ZÁVĚR

Ve své práci jsem postupně zpracovala stanovené cíle, které jsem si stanovila v úvodu. V práci jsem shromáždila údaje o principu léčby pomocí stereotaktické radioterapie a radiochirurgie. Potenciál stereotaktické radioterapie je ohromný, především pro vzájemný vztah vysoké efektivity léčby a velice nízké toxicity. Nejdůležitějším aspektem je aplikovat dostatečně vysokou dávku záření do cílového objemu a zároveň maximálně šetřit okolní nepostiženou tkáň. V současné době s rozvojem techniky v onkologii je možné přístroj užívat pro opravdu široké spektrum indikací. Vyhledáním informací o postupech a metodách užívaných při plánování stereotaktické léčby jsem zjistila, že nejdůležitější vyšetřovací metodou pro zobrazení intrakraniálních a intraokulárních malignit je magnetická rezonance. Pro zobrazení extrakraniálních ložisek je mnohdy velmi výtěžná fúze zobrazovacích modalit. V plánování není důležité jen vymezení cílového objemu, ale také stanovení dávky a času aplikace neboli frakcionace. V závěru práce jsou popsány nejčastější intrakraniální a extrakraniální indikace. Na základě dohledaných poznatků jsem došla ke stanovisku, že nejčastějšími nádory, které jsou pomocí stereotaktické radiochirurgie léčeny, jsou mozkové léze. Stereotaktická léčba v porovnání s neurochirurgickým zákrokem znamená pro pacienta mnohem menší zátěž. Šlampa uvádí, že lze v blízké budoucnosti předpokládat, vzhledem k velmi rychlému rozvoji této ozařovací techniky, rozšíření léčených indikací stereotaktickou radiochirurgií a radioterapií (Šlampa, Petera, 2007, s. 424). Hlavním důvodem výběru daného tématu byl především můj zájem o léčbu stereotaxí. Ta je dle mého mínění, budoucnost léčby nádorů s jakoukoliv velikostí a polohou.

REFERENČNÍ SEZNAM

BABJUK, Marko. 2010. Radikální prostatektomie v léčbě lokalizovaného a lokálně pokročilého karcinomu prostaty. *Postgraduální medicína*. [online] Univerzita Karlova v Praze, 2. lékařská fakulta a Fakultní nemocnice Motol, Urologická klinika 2010, 3, 295-299 [cit. 1. 4. 2017] ISSN 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/radikalni-prostatektomie-v-lecbe-lokalizovaneho-a-lokalne-pokrocileho-karcinomu-prostaty-450142>

BINAROVÁ, Andrea. *Radioterapie*. 1. vyd. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. 251 s. ISBN 978-80-7368-701-4

BRŮHA, Radan. 2012. Hepatocelulární karcinom. *Postgraduální medicína*. [online] Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta a Všeobecná fakultní nemocnice, IV. interní klinika 12(6), 51-54 [cit. 4. 4. 2017] ISSN 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/hepatocelularni-karcinom-466724>

BURKONĚ, Petr, 2012. Radioterapie nádorů hlavy a krku. *Postgraduální medicína*. [online] 14(7), 793-799 [cit. 20. 1. 2015] ISSN: 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/radioterapie-nadoru-hlavy-a-krku-466763>

Coste-Manière, È., Olender, D., Kilby, W., Schulz, R. A. 2005. Robotic whole body stereotactic radiosurgery: clinical advantages of the Cyberknife® integrated system. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* [online]. Paříž, Sunnyvale at California: 1 (2), 28-39 [cit. 10. 4. 2017]. ISSN: 1478-596X Dostupné z: 10.1581/mrcas.2005.010211

DUBA, Miloš, MRLIAN, Andrej, MUSIL, Josef, et al. 2015. Komplexní léčba meningeomů mozku. *Onkologie*. [online]. Neurochirurgická klinika LF MU a FN Brno: Grada 9 (5), 221-225 [cit. 4. 4. 2017]. ISSN 1803-5345. Dostupné z: <http://www.onkologiecs.cz/pdfs/xon/2015/05/04.pdf>

FELTL, David a SKÁCELÍKOVÁ, Eva. 2013. Stereotaktická radioterapie. *Postgraduální medicína*. [online] 15(3), 290-294 [cit. 30. 3. 2017] ISSN 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/stereotakticka-radioterapie-469561>

HYNKOVÁ, Ludmila, DOLEŽALOVÁ, Hana, Šlampa, Pavel. Radioterapie - učební texty pro studenty 5. Ročníku [online]. Klinika radiační onkologie, LF MU, 1-18 [cit. 4. 4. 2017]

HYNKOVÁ, Ludmila, ŠLAMPA, Pavel. 2012 *Základy radiační onkologie*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 247 s. ISBN 978-80-210-6061-6.

ISHIYAMA, Hiromichi, TEH, Bin, LO, Simon, et al. 2011. Stereotactic body radiation therapy for prostate cancer. *Future Oncology*. [online]. 7 (9), 1077–1786 [cit. 4. 4. 2017]

DOI: 10.2217/fon.11.86. Dostupné z: <http://www.futuremedicine.com/doi/pdf/10.2217/fon.11.86>

JAKUBÍKOVÁ, Janka. *Vrozené anomálie hlavy a krku*. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. 244 s. ISBN 978-80-247-4064-5.

KNYBEL, Lukáš, CVEK, Jakub, OTAHAL, Břetislav, et al. 2014. The analysis of respiration-induced pancreatic tumor motion based on reference measurement. *Radiation Oncology*. [online]. London, England: 9, (192), 509-510 [cit. 10. 4. 2017]

DOI: 10.1186/1748-717X-9-192. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4158040/>

KUBECOVÁ, Martina, KINDLOVÁ, Eva, BRYCHTA, Milan, et al. *Onkologie: Učební texty pro studenty 3. lékařské fakulty UK*. 1 vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta, Radioterapeutická a onkologická klinika 3. LF a FNKV. 178 s. ISBN 978-80-254-9742-5.

MECHL, Zdeněk, BRANČÍKOVÁ, Dagmar, MECHL, Marek a BURKONĚ, Petr. 2012. Nádory hlavy a krku. *Postgraduální medicína*. [online] 14(7), 777 [cit. 4. 4. 2017] ISSN 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/nadory-hlavy-akrku-466759>

NEKULA, Josef a CHMELOVÁ, Jana. *Základy zobrazování magnetickou rezonancí*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Zdravotně sociální fakulta, 2007. 67 s. ISBN 978-80-7368-335-1.

OTAHAL, Břetislav, KNYBEL, Lukáš, SKÁCELIKOVÁ, Eva, et al. 2012. EP-1341 incidence of significant deviation between raytracing and monte carlo dose calculation of lung tumors. *Radiotherapy and Oncology*, [online]. 2012 (103) 509-510 [cit. 4. 4. 2017]

DOI: 10.1016/S0167-8140(12)71674-2. Dostupné z: [http://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140\(12\)71674-2/abstract](http://www.thegreenjournal.com/article/S0167-8140(12)71674-2/abstract)

Státní úřad pro jadernou bezpečnost. 2005. Zabezpečení osobního monitorování při činnostech vedoucích k ozáření. *Radiační ochrana*. Část II- vnitřní ozáření [online]. Praha: SÚJB, 1-65 [cit. 10. 4. 2017] Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/>

STIEBEROVÁ, Natálie, JELENOVÁ, Táňa, CVEK, Jakub, et al. 2016 Zkušenosti a výsledky extrakraniální stereotaktické radioterapie přístrojem Cyberknife. *Postgraduální medicína*. [online]. Ostrava Lékařská fakulta a Fakultní nemocnice Ostrava-Klinika onkologie, 18(2), s. 170 – 174 [cit. 30. 3. 2017]. ISSN 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/zkusenosti-a-vysledky-extrakranialni-stereotakticke-radioterapie-pristrojem-cyberknife-481954>

ŠIMONOVÁ, Gabriela, Roman LIŠČÁK. 2011. Stereotaktická radiochirurgie a radioterapie gama nožem. *Onkologie*. [online]. Oddělení stereotaktické a radiační neurochirurgie Nemocnice Na Homolce, Praha: Grada 5(2), 77-83 [cit. 4. 4. 2017]. ISSN 1803-5345. Dostupné z: http://onkologiecs.cz/artkey/xon-201102-0005_Stereotakticka_radiochirurgie_a_radioterapie_gama_nozem.php

ŠLAMPA, Pavel, Jiří PETERA et al. *Radiační onkologie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2007. 458 s. ISBN 978-80-7262-469-0

VYBÍRALOVÁ, Martina a FELTL, David. 2009. Radioterapie řízená obrazem. *Postgraduální medicína*. [online] Fakultní nemocnice Ostrava, Klinika onkologická 11(3), 303-307 [cit. 4. 4. 2017] ISSN 1212-4184. Dostupné z: <http://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/radioterapie-rizena-obrazem-414588>

SEZNAM ZKRATEK

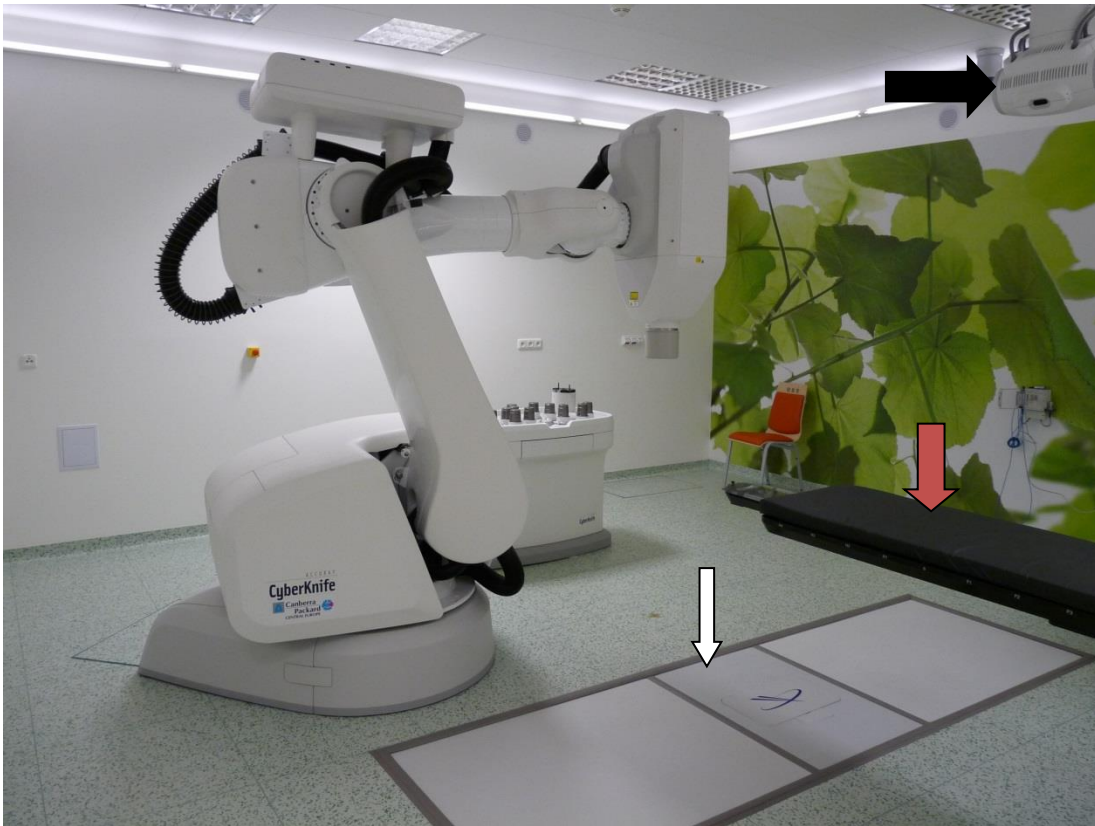
3D	Dávkový příkon
CT	Výpočetní tomografie
MR	Magnetické rezonance
PET	Pozitronová emisní tomografie
IMRT	Intensity Modulated Radiation Therapy (Radioterapie s modulovanou intenzitou)
Gy	Gray
KL	Kontrastní látka
CNS	Centrální nervový systém
Co	Cobalt
MLC	Multileaf kolimátor (Vícemelový mikrokolimátor)
PTV	Planning target volume (Plánovaný léčebný objem)
GTV	Gross tumor volume (objem nádoru viditelný na zobrazovacích a klinických vyšetřeních)
ACTH	Adrenokortikotropní hormon
STH	Somatotropní hormon
TEP	Totální endoprotéza
MV	Megavolty
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Cyberknife, černá šipka ukazuje detekční RTG přístroj, červená šipka míří na polohovací stůl a bílá směřuje na detektory náležící RTG přístroji.

Příloha č. 2 Cyberknife, černá šipka ukazuje na lineární urychlovač, červená šipka směřuje na robotické rameno přístroje a bílá šipka poukazuje na LED kamerový systém.

Příloha č. 3 Součástí cyberknife přístroje jsou také měnitelné kruhové kolimátory, a jeden automatický Iris kolimátor, který je tvořen šesti lamelami.



Příloha č. 1: Cyberknife, černá šipka ukazuje detekční RTG přístroj, červená šipka míří na polohovací stůl a bílá směřuje na detektory náležící RTG přístroji.

Zdroj: Oddělení onkologie, FNO



Příloha č. 2: Cyberknife, černá šipka ukazuje na lineární urychlovač, červená šipka směřuje na robotické rameno přístroje a bílá šipka poukazuje na LED kamerový systém.
Zdroj: Oddělení onkologie, FNO



Příloha č. 3: Součástí cyberknife přístroje jsou také měnitelné kruhové kolimátory, a jeden automatický Iris kolimátor, který je tvořen šesti lamelami.

Zdroj: Oddělení onkologie, FNO