

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Daniel Rejl

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Příprava fixačních pomůcek pro léčbu zářením a jejich indikace

Daniel Rejl

2020

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Daniel Rejl**
Osobní číslo: **Z17462**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Téma práce: **Příprava fixačních pomůcek pro léčbu zářením a jejich indikace.**
Zadávací katedra: **Katedra klinických oborů**

Zásady pro vypracování

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Analýza a interpretace získaných dat.
4. Zhodnocení výsledků práce.

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

Seznam doporučené literatury:

- ADAM, Zdeněk, Marta KREJČÍ a Jiří VORLÍČEK (2011). Obecná onkologie. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-715-8.
- ČIHÁK, Radomír, DRUGA, Rastislav a Miloš GRIM, ed. (2004). Anatomie. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1132-4.
- GRIM, Miloš a Rastislav DRUGA (2005). Základy anatomie. Praha: Galén. ISBN 80-7262-302-8.
- NOVOTNÝ, Jan, Pavel VÍTEK a Zdeněk KLEIBL (2019). Onkologie v klinické praxi: standardní přístupy v diagnostice a léčbě vybraných zhoubných nádorů. 3., přepracované a doplněné vydání. Praha: Mladá fronta. Aeskulap. ISBN 978-80-204-5103-3.
- ŠLAMPA, Pavel a Jiří PETERA (2007). Radiační onkologie. Praha: Galén. ISBN 978- 80-7262-469-0.

Vedoucí bakalářské práce: **MUDr. Iveta Kolářová, Ph.D.**
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2020**

L.S.

doc. Ing. Jana Holá, Ph.D.
děkanka

Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D.
vedoucí katedry

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji:

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

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 11. 6. 2020

Daniel Rejl

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval své vedoucí bakalářské práce, MUDr. Ivetě Kolářové, Ph.D. za veškeré rady, cenné připomínky, trpělivost a ochotu mi pomoci. Dále bych rád poděkoval rodině a přátelům za podporu během studia.

ANOTACE

Tématem bakalářské práce je „Příprava fixačních pomůcek pro léčbu zářením a jejich indikace“. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části rozeberu anatomii, karcinom, TNM klasifikaci, diagnostiku, prostaty, prsu, hlavy a krku, polohu pacienta, fixační pomůcky, historii a vývoj radioterapie, konformní radioterapií, radioterapií s modulovanou intenzitou svazku (IMRT), objemově modulovanou radioterapií kyvem (VMAT), radioterapií řízenou obrazem (IGRT), řízeným dýcháním s využitím 4D, stereotaktickou radioterapií. Část praktická se zabývá představením studií a interpretací jejich výsledků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fixační pomůcky, radioterapie, karcinom prostaty, prsu, hlavy a krku

TITLE

Preparation and indication of fixation aids used for radiotherapy.

ANNOTATION

The topic of the bachelor thesis is "Preparation of fixation aids for radiation treatment and their indications". The work is divided into theoretical and practical part. In the theoretical part I will introduce anatomy, cancer, TNM classification, diagnostics, prostate, breast, head and neck, patient position, fixation aids, history and development of radiotherapy, conformal radiotherapy, intensity- modulated radiotherapy (IMRT), Volumetric- modulated arc therapy (VMAT), image - guided radiotherapy (IGRT), controlled breathing using 4D, stereotactic radiotherapy. The practical part deals with the presentation of studies and interpretation of their results.

KEYWORDS

Fixation aids, radiotherapy, prostate, breast, head and neck cancer

OBSAH

Úvod.....	12
1 Cíl práce.....	13
2 Teoretická část	14
2.1 Anatomie prostaty	14
2.1.1 Karcinom prostaty.....	15
2.1.2 TNM klasifikace prostaty	16
2.1.3 Gleasonovo skóre.....	17
2.1.4 Diagnostika karcinomu prostaty	17
2.2 Anatomie prsu	17
2.2.1 Karcinom prsu.....	19
2.2.2 TNM klasifikace prsu	20
2.2.3 Diagnostika karcinomu prsu	21
2.3 Anatomie hlavy a krku	22
2.3.1 Karcinomy hlavy a krku	25
2.3.2 Diagnostika karcinomu hlavy a krku	28
2.3.3 TNM klasifikace larynxu	28
2.4 Fixační pomůcky a správná poloha pacienta	29
2.4.1 Druhy fixačních pomůcek.....	29
2.4.2 Poloha a fixace při radioterapii prostaty	31
2.4.3 Poloha a fixace při radioterapii prsu	33
2.4.4 Poloha a fixace při radioterapii hlavy a krku	34
2.5 Historie a vývoj zevního ozáření.....	38
2.5.1 Konformní radioterapie.....	38
2.5.2 Radioterapie s modulovanou intenzitou svazku (IMRT).....	38
2.5.3 Objemově modulovaná radioterapie kyvem (VMAT).....	39
2.5.4 Radioterapie řízená obrazem (IGRT)	39

2.5.5	Řízené dýchání při ozařování prsu s využitím 4D	39
2.5.6	Stereotaktická radioterapie	40
3	Praktická část	41
3.1	Metodika	41
3.2	Hodnocení vybraných studií	41
3.2.1	Studie zabývající se fixačními pomůckami v oblasti hlavy a krku.....	41
3.2.2	Studie zabývající se fixačními pomůckami v oblasti prostaty.....	45
4	Diskuze	49
5	Závěr	51
6	Použitá literatura	52

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1: Anatomie prostaty.....	15
Obr. 2: Graf porovnávací incidenci a mortalitu u rakoviny prostaty v České republice.....	16
Obr. 3: Anatomie ženského prsu.....	18
Obr. 4: Graf porovnávací incidenci a mortalitu u rakoviny prsu v České republice.....	19
Obr. 5: Oblasti výskytu nádorů hlavy a krku	25
Obr. 6: Graf porovnávací incidenci a mortalitu u rakoviny tonzil v České republice	26
Obr. 7: Graf porovnávací incidenci a mortalitu u rakoviny ústní spodiny v České Republice.....	26
Obr. 8: Graf porovnávací incidenci a mortalitu u rakoviny hypofaryngu v České Republice.....	27
Obr. 9: Graf porovnávací incidenci a mortalitu u rakoviny kořene jazyka v České Republice.....	27
Obr. 10: Jednotlivé příklady jednoduchých fixačních pomůcek.....	31
Obr. 11: Dual Leg Positioner v FNHK	32
Obr. 12: Vakuová podložka pod nohy	32
Obr. 13: Fixační pomůcka Wing board při ozařování prsu v FNHK.....	33
Obr. 14: Fixační pomůcka Breast Board při ozařování prsu ve FNKV	34
Obr. 15: Vodní lázeň pro přípravu fixační masky ve FNHK	36
Obr. 16: Krátká maska pro fixaci při karcinomu hlavy ve FNHK.....	36
Obr. 17: Pětibodová maska pro fixaci při karcinomu hlavy a krku ve FNKV	36
Obr. 18: Bite block pro pacienty trpící klaustrofobií	37
Obr. 19: Ukázka invazivní intrakraniální stereotaktické radioterapie.....	37
Obr. 20: Ukázka extrakraniální stereotaktické radioterapie ve FNHK	40
Tab. 1: Studie zabývající se fixačními pomůckami v oblasti hlavy a krku.....	44
Tab. 2: Studie zabývající se fixačními pomůckami v oblasti prostaty.....	48

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

cm- centimetr

g- gram

PSA- prostate specific antigen

TNM- Classification of malignant tumours

NCCN- National comprehensive cancer network

RTOG- Radiation therapy oncology group

UICC- Union for international cancer control

TRUS- transrectal ultrasound

CT- počítačová tomografie

MRI- magnetická rezonance

ORL- otorinolaryngologie

ABS- Akrylonitrilbutadienstyren

IMRT- intensity modulated radiotherapy

IGRT- image guided radiotherapy

VMAT- Volumetric Modulated Arc Therapy

FNHK- Fakultní nemocnice Hradec Králové

FNKV- Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

X- rentgenové záření

3D-CRT- three-dimensional conformal radiation therapy

PTV- planning target volume

CTV- clinical target volume

EBT3- gafchromic

KV-CBCT- kilo-voltage cone beam computed tomography

TVE- total vector error

AP- anterior-posterior

CC- cranial-caudal

ML- medial-lateral

T1-T3- fáze stadia karcinomu

MC- moldcare

BB- bluebag

VL- vac-lock

ROIs- regions of interest

ÚVOD

Radioterapie je rychle rozvíjející se obor. V České republice incidence nádorů stoupá, ale mortalita klesá. „Poslední data mají statistici z roku 2016, kdy se nádor nově objevil u téměř 97 tisíc lidí. Před deseti lety bylo takových pacientů o čtvrtinu méně – zhruba 73 tisíc. Počet zemřelých se za stejnou dobu mírně snížil, o zhruba šest set pacientů na 27 261.“ Jedním z důvodů, které přispívají k úspěšné léčbě rakoviny, je právě použití správných fixačních pomůcek. Zaměřil jsem se na tři oblasti. Nejčastější karcinom u mužů- karcinom prostaty, nejčastější karcinom u žen- karcinom prsu a na karcinomy hlavy a krku z důvodu velkého využití fixačních pomůcek. [1]

V teoretické části se nejprve věnuji anatomii, bez které se neobejde určení správné diagnózy a fáze nádoru. Dalším důležitým bodem je poloha a fixace pacienta před začátkem léčby. Fixačních pomůcek je několik druhů (termoplastické masky, vakuové podložky, breast board a mnoho dalších), proto se klade důraz na jejich správnou indikaci, přípravu a typ pro konkrétní karcinom. Imobilizačním pomůckám se věnuji v dalších kapitolách, kde jsou rozdělené přímo na určitý druh karcinomu nebo jednotlivě. Samotné fixační pomůcky, ale nezaručují přesnost v dodání dávky do cílového objemu. K tomu napomáhají moderní metody léčby spojené s radioterapií. Ve stručnosti shrnu jednotlivé metody, ke kterým patří: konformní radioterapie, radioterapie s modulovanou intenzitou svazku (IMRT), objemově modulovaná radioterapie kyvem (VMAT), radioterapii řízenou obrazem (IGRT), řízené dýchání s využitím 4D a stereotaktická radioterapie. Je zřejmé, že jeden bez druhého výrazně ztrácí na účinnosti. Kombinace fixačních pomůcek s moderními IT technologiemi představují pro pacienta větší komfort při terapii, zároveň zvyšují úspěšnost léčby a chrání pacienta před nechtěným ozářením. Právě z tohoto důvodu je ve své práci uvádím.

V praktické části se zaměřuji na vědecké články, které se zabývají fixačními pomůckami. Jednalo se především o ověření a opodstatnění použití fixačních pomůcek v oblasti prostaty, hlavy a krku. V diskuzi a tabulce jsou následně všechna data demonstrována. Ukazují aktuálnost tohoto tématu, výhody fixačních pomůcek, ale i jejich limity, na kterých by bylo potřeba zapracovat.

1 CÍL PRÁCE

- V teoretické části: popsání typů fixačních pomůcek, popis přípravy jednotlivých pomůcek a indikace pomůcek pro 3 vymezené oblasti (prostaty, prsu, hlavy a krku).
- V praktické části bylo mým cílem představení studií a interpretace jejich výsledků.

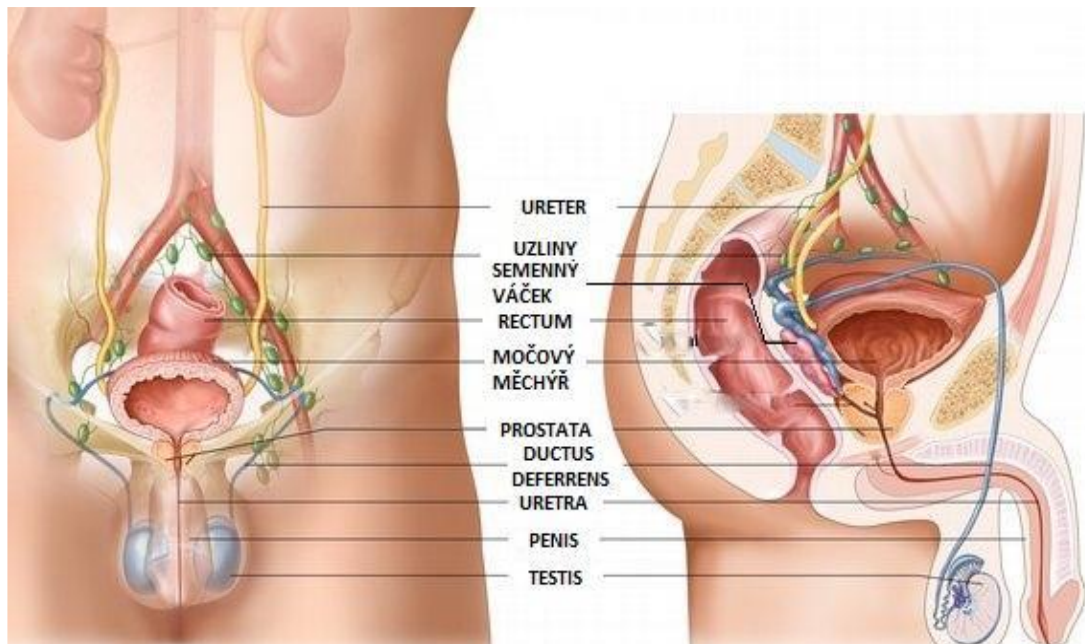
2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Anatomie prostaty

Prostata, rovněž nazývána předstojná žláza je součástí mužských pohlavních orgánů. Jedná se o nepárový orgán. Mezi další pohlavní orgány patří varlata, nadvarlata, skrótum (šourek), semenný provazec, semenné vajíčky a penis s předkožkou. Nachází se v malé pánvi na spodině močového měchýře (pod močovým měchýřem). Zde kolem dokola obepíná začátek močové trubice (uretry). Přední stěna je přivrácená ke stydké sponě a zadní stěna je oddělena od konečníku (rekta) vazivovou ploténkou. Středem prostaty prochází uretra po svém výstupu z močového měchýře. Největší průměr prostaty je 3-5 cm a hmotnost se pohybuje mezi 15 až 20 g. Má elastickou konzistenci, je červenošedě zbarvena a tvarem a velikostí je přirovnávána ke kaštanu. Vyvíjí se stejně jako varlata či penis do své funkční vyzrálosti a velikosti teprve během pohlavního dospívání.

Poloha prostaty je určena, jak jsem již částečně zmínil, v předozadním rozměru stydkou sponou a konečníkem a seshora spodinou močového měchýře a spodní stranou naléhá prostata na svalové dno pánevní. Právě toho, že je v kontaktu s konečníkem, se využívá při vyšetření prostaty per rectum.

Tato žláza je tvořena souborem asi 30-50 tuboalveolárních žláz, svalovinou a pojivovým stroma. Produkuje a vylučuje prostatický (lehce kyselý) sekret hlenovité konzistence, který se následovně mísí se semennou tekutinou. Díky tomuto promíchání se zajišťuje pohyblivost spermií, které jsou do té doby nepohyblivé. Tento sekret rovněž obsahuje PSA (prostate specific antigen), který má mimo vlivu na pohyblivost spermií také významný podíl na detekci a záchytu karcinomu prostaty. [2]



Obr. 1: Anatomie prostaty¹

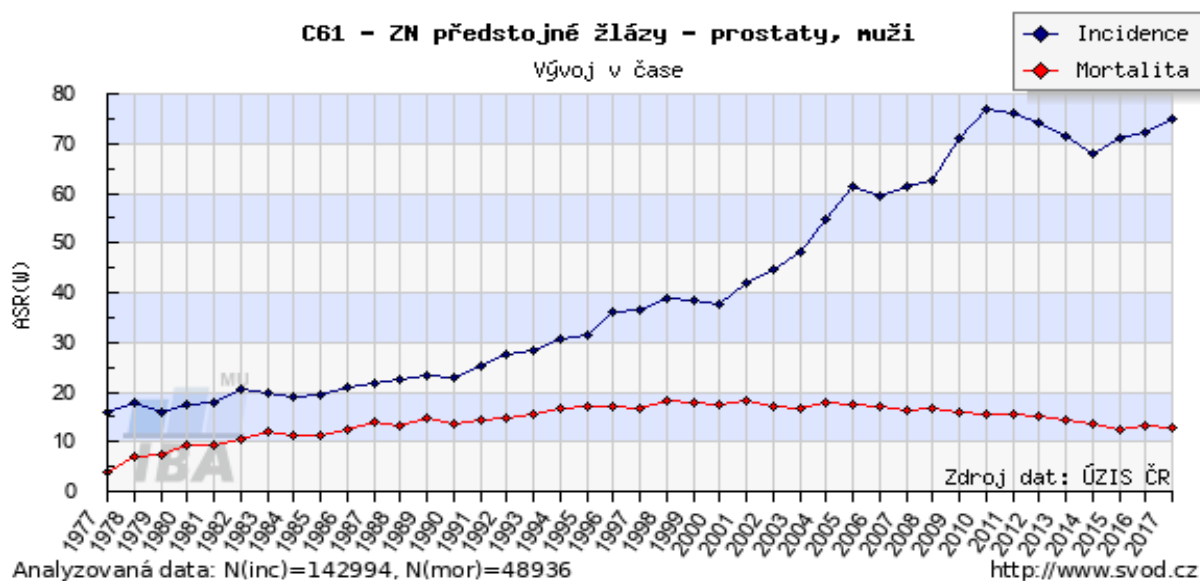
2.1.1 Karcinom prostaty

Jedná se o jeden z nejčastějších karcinomů u mužů, hned po nemelanomových tumorech kůže. V roce 2016 incidence v České republice dosáhla hodnot 140,67/100000 mužů. V porovnání s hodnotami za posledních 20 let je více než dvojnásobná, detailně je to vidět na přiloženém grafu. Mortalita se ale s hodnotou 30,39/100000 u mužů výrazným způsobem nemění.

Největší podíl nádorů prostaty tvoří adenokarcinom (více než 95 %), který vzniká v epitelu acinů. Nejvíce karcinomů pochází z periferní zóny předstojné žlázy (kolem 80 %). Dalších 10-20 % připadá na nádory vzniklé v zóně přechodné. Mezi zřídka se vyskytující patří nádory vycházející z centrální oblasti (intrabulbární, acinární nebo duktální karcinom).

Mezi prognostické faktory řadíme TNM klasifikaci, Gleasonovo skóre (stupeň vyzrávání nádoru), rozsahy postižení a hodnoty PSA. Byly vytvořeny systémy stratifikující rizika (NCCN, RTOG). [3]

¹ National cancer institute [online]. [cit. 5.2.2020]. Dostupné z: https://www.cancer.gov/types/prostate/patient/prostate-treatment-pdq#_102



Obr. 2: Graf porovnávající incidence a mortalitu u rakoviny prostaty v České republice²

2.1.2 TNM klasifikace prostaty

Tato klasifikace byla publikovaná organizací UICC (International Union Against Cancer). Určuje rozsah nádorů, jeho prognózu a z toho vycházející léčbu.

Zavedly se proto tři kategorie:

- T – určující rozsah primárního nádoru (TX, T0, Tis, T1-T4)
- N – určující postižení regionálních uzlin (NX, N0, N1-N3)
- M – určující rozsah metastáz (MX, M0, M1)

Na základě TNM klasifikace se vymezují obvykle 4 klinická stádia (staging):

- stadium I – obvykle znamená malý, lokalizovaný, invazivní nádor (T1a N0 M0, G1)
- stadium II – větší invazivní nádor, malé postižení uzlin (T1a N0, M0, G2-4 T1b- T2 N0 M0)
- stadium III – rozsáhlý invazivní nádor, rozsáhlé postižení uzlin, (T3 N0 M0)
- stadium IV – generalizovaný nádor (T4 a/nebo N1 a/nebo M1)

Mezi další nástroje ke klasifikaci řadíme grading, který určuje stupeň diferenciaci (vyzrálosti):

- GX- diferenciaci nelze stanovit
- G1- dobře diferencovaný
- G2- středně diferencovaný
- G3 – špatně diferencovaný
- G4 – nediferencovaný [4]

² Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. Incidence a mortalita [online]. [cit. 5.2.2020]. Dostupné z: <https://www.svod.cz/analyse.php?modul=incmor#>

2.1.3 Gleasonovo skóre

Skóre popsal v roce 1966 Donald F. Gleason. Toto skóre nám pomáhá hodnotit agresivitu nádoru a určit prognózu. Jedná se o 5- ti stupňové skóre, hodnotící tkáň pod mikroskopem (vzhled a velikost nádorových žlázek). Nejmenší stupeň postižení je značen stupněm prvním a nejzávažnější stupněm pátým. [5]

2.1.4 Diagnostika karcinomu prostaty

Je velice často komplikovaná z důvodů příznaků, které jsou pozorovány až v pozdních stadiích onemocnění. V závislosti na tom, kde nádor roste, rozlišujeme excentrickou lokalizaci (tzn. okrajové části prostaty), centrální lokalizaci (střed prostaty, kolem urethry) a případně oblast spodiny močového měchýře, kam nádor může prorůst. Podle toho, která část je zasažena, můžeme pozorovat různé příznaky. Jestliže roste po okrajích prostaty, se po dlouhou dobu nemusí projevit obtíže a říkáme tomu asymptomatický průběh. Pokud ale roste v centrální části, jež obemyká urethru, tak mezi typické symptomy patří problémy s močením. Pokud do ordinace přijde pacient, jemuž je více než 40 let a udává, že má problémy s močením, je nutné pomýšlet také na to, že se může jednat o karcinom. Lékař by měl při prohlídce provést odběr krve na zjištění PSA (prostate specific antigen), který může být přínosný v diagnostice karcinomu prostaty (nemůžeme ho však považovat za úplně ideální ukazatel, protože specifita a senzitivita nejsou tak vysoké). Zcela rutinní záležitostí při preventivních kontrolách u mužů nad 40 let, by mělo být vyšetření per rectum, kdy si lékař vezme rukavici a ukazovákem pravé ruky při poloze pacienta na všech čtyřech nebo na boku vyšetřuje skrze konečník prostatu. Pokud je lékař zkušený, tak může indikovat i asymptomatický nádor. Tudiž v kombinaci s tím, že se jedná o zcela nenákladné vyšetření, se toto považuje za velice cenný nález pro zjištění abnormalit. Dalším využívaným vyšetřením k objevení patologických změn je transrektální ultrasonografie (TRUS), která slouží k posouzení žlázové struktury jako takové, její uložení a vztahu k ostatním strukturám, které se v okolí prostaty nacházejí. Pokud potřebujeme odebrat klinický materiál, volíme TRUS s biopsií, kdy se v závislosti na odhadu postižení volí i počet vzorků k odběru. [4]

2.2 Anatomie prs

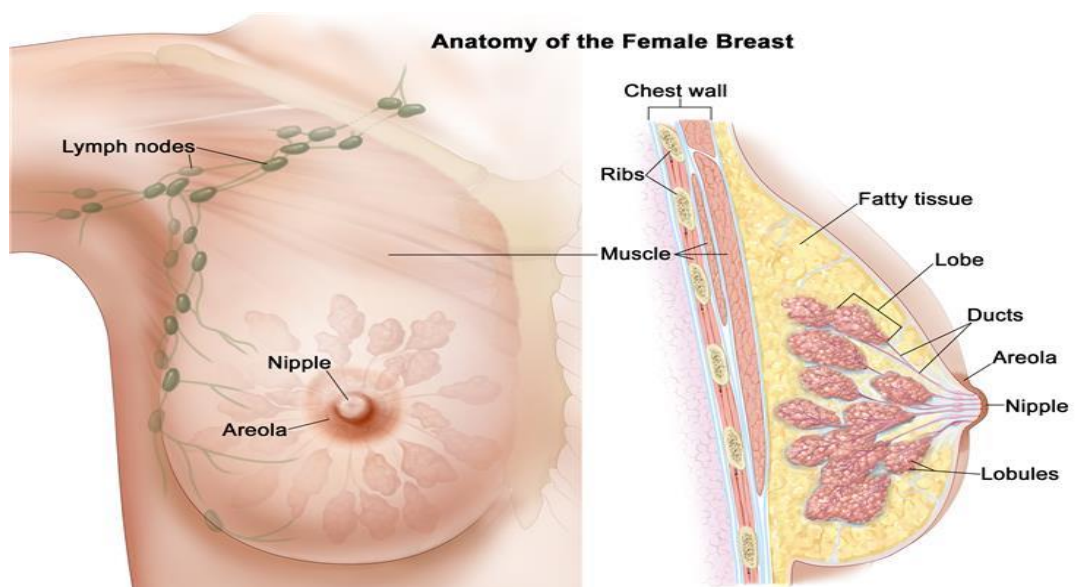
Prs po dokončeném vývoji zasahuje od 3. do 6. žebra, v horizontální rovině zhruba od okraje hrudní kosti až do střední čáry podpaží (axilární). Záleží však na velikosti prs, větší mohou přesahovat i přes uvedené hranice, menší těchto hranic ani nemusí dosahovat. Rozlišujeme různé typy v závislosti na tvaru (mamma disciformis, sphaeroidea, piriformis). V průběhu života se mohou měnit.

V prsu je uložena mléčná žláza (glandula mammae). Mléčná žláza je největší kožní žláza v lidském těle. Skládá se z 15 – 20 laloků, které se dále větví v lalůčky mléčné žlázy, lalůčky se spojují do společných mlékovodů. Ty pak dále probíhají v ose prsu a ústí na prsní bradavce 15 - 20 drobnými otvory. Na vrcholu prsu je dvorec – areola mammae, v jehož středu je papilla mammae (bradavka), na jejímž vrcholu ústí mlékovody – ductus lactiferi. Bradavka má mazové žlázy, ve dvorci jsou drobné hrbolky, které podmiňují glandulae areolares (Montgomeryi). Prostory mezi lalůčky a mléčnou žlázou jsou vyplněny pojivem a tukovou tkání, které tvoří většinu objemu nekojícího prsu. V areole a v papille je hladká svalovina, která reaguje na dotykové podráždění smrštěním dvorce a vyzdvižením bradavky.

Tento orgán během života ženy prochází hormonálními změnami, zejména jej ovlivňují estrogeny a progesteron. Vliv na mléčnou žlázu mají zejména luteální hormon, hormony placenty a prolaktin. Nejvíce se změny prsu projevují v pubertě, v šestinedělí, při kojení a v přechodu.

Prs se dělí na čtyři kvadranty pomocí myšlenkových čar. Tyto kvadranty slouží pro přesnější popis výskytu karcinomu prsu. Prs tedy dělíme na horní zevní kvadrant, horní vnitřní kvadrant, dolní zevní a dolní vnitřní kvadrant.

Míza z prsů je odváděna cévami a poté je filtrována v mizních uzlinách, které jsou rozmístěny v podpaží, mezi žebra a pod a nad klíční kostí. [6]



Obr. 3: Anatomie ženského prsu³

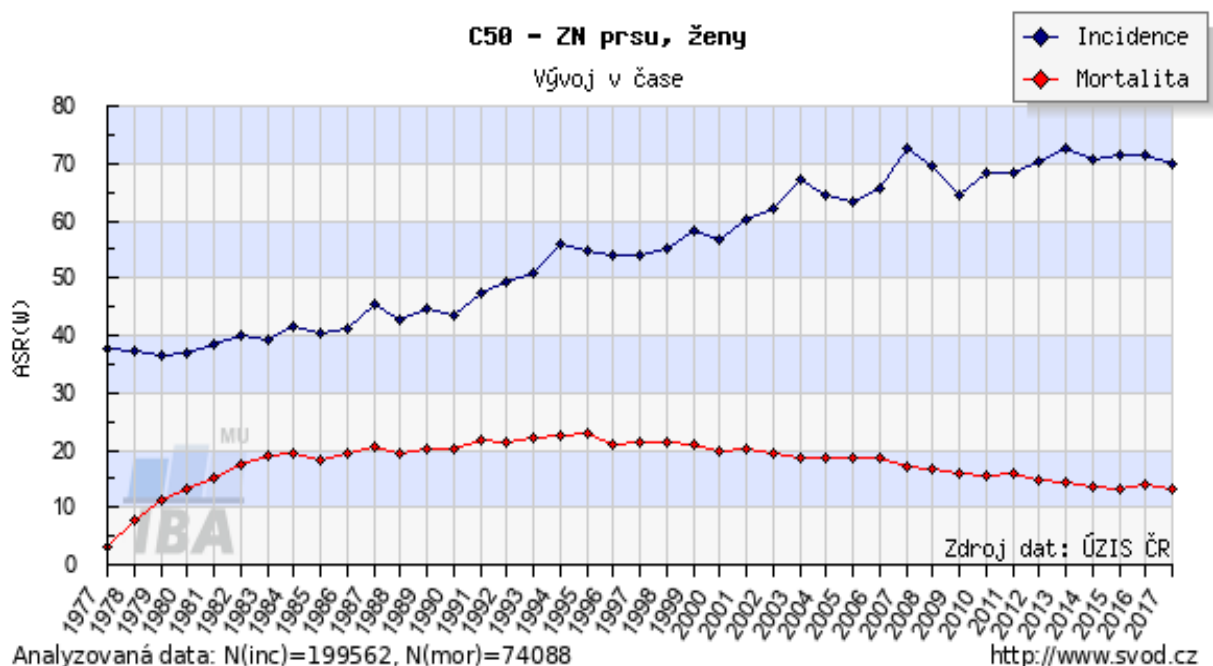
³ Nation cancer institute [online]. [cit. 8.6.2020]. Dostupné z: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/breast-lobe>

2.2.1 Karcinom prsu

Karcinomem prsu označujeme různé histologické formy maligních nádorů, které vznikají z epitelálních buněk mléčné žlázy. Karcinomy prsu dělíme na invazivní a neinvazivní. Invazivní patří mezi nejčastější zhoubná onemocnění žen. Šance výskytu stoupá úměrně s věkem, většinou po 50. roce života. U žen pod 20. rokem života je ojedinělý. Za posledních 50 let se toto onemocnění více jak ztrojnásobilo. Incidence je 132,4/100000 žen, každoročně stoupá při mírném poklesu mortality, která je z grafu vidět. Screeningové vyšetření je v České republice doporučeno každé ženě po 45. roce života alespoň jednou za dva roky.

Druhy karcinomů:

- Duktální karcinom – vyskytuje se převážně u žen po menopauze a vzniká v duktálním systému mléčné žlázy.
- Lobulární karcinom – u žen před menopauzou, vzniká v prsních lalúčcích
- Pagetův karcinom prsní bradavky – je formou duktálního karcinomu
- Cystosarcoma phylloides – velké a ohraničené benigní tumory, někdy přítomnost maligních změn
- Jiné karcinomy prsu – např. sarkom, lymfom atd. [4]



Obr. 4: Graf porovnávající incidenci a mortalitu u rakoviny prsu v České republice⁴

⁴ Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. Incidence a mortalita [online]. [cit. 5.2.2020]. Dostupné z: <https://www.svod.cz/analyse.php?modul=incmor#>

2.2.2 TNM klasifikace prsu

Stejně jako u prostaty se určuje klasifikace, rozsah nádoru a stadium, ve kterém se karcinom nachází. Na základě těchto kritérií se volí co nejvhodnější léčba. TNM klasifikaci můžeme dělit na dva typy - klinická a patologická. Klinická TNM (cTNM) vychází z výsledků klinických vyšetření, tzn. z výsledků zobrazovacích vyšetření a vlastního posudku lékaře. Patologická TNM (pTNM) vyžaduje mikroskopické vyšetření dané tkáně. Tato klasifikace se dá použít, jak na ženský, tak mužský prs. U mužů se toto onemocnění vyskytuje vzácně. Nádory se klasifikují samostatně, pokud se nachází v obou prsech.

- T – primární tumor
- Tx – primární nádor nelze hodnotit
- T0 – bez známek primárního nádoru
- Tis – bez prokazatelného nádoru
- T1 – nádor 2 cm nebo méně v největším rozměru
- T1mic – mikroinvaze 0,1 cm nebo méně v největším rozměru
- T1a – větší než 0,1 cm, ne však více, než 0,5 v největším rozměru
- T1b – větší než 0,5 cm, ne však více než 1 cm v největším rozměru
- T1c – větší než 1 cm, ne však více než 2 cm v největším rozměru
- T2 – nádor větší než 2 cm, ne však více než 5 cm v největším rozměru
- T3 – nádor větší než 5 cm v největším rozměru
- T4 – nádor jakékoliv velikosti s přímým šířením do stěny hrudní či kůže
- T4a – šíření na stěnu hrudní
- T4b – edém, ulcerace kůže hrudníku
- T4c – kritéria 4a a 4b současně
- T4d – zánětlivý karcinom
- N – regionální uzliny
- NX – regionální mízní uzliny nelze hodnotit
- N0 – v regionálních mízních uzlinách nejsou metastázy
- N1 – metastázy v pohyblivé stejnostranné axilární mízní uzlině
- N2 – metastázy ve stejnostranné axilární mízní uzlině, které jsou fixované navzájem nebo k jiným uzlinám
- N3 – metastázy ve stejnostranných mízních uzlinách podél a.mammaria interna
- M – vzdálené metastázy
- MX – vzdálené metastázy nelze hodnotit
- M0 – nejsou vzdálené metastázy
- M1 – vzdálené metastázy [4]

2.2.3 Diagnostika karcinomu prsu

Jako u každého karcinomu je základem úspěšné léčby včasné zachycení, které snižuje negativní dopad léčby na tělo pacienta a zároveň zvyšuje jeho zdárné vyléčení.

Samovyšetření: Toto vyšetření si může provést každá žena sama doma. Pohmatovou prohlídku vykonává žena pátý až osmý den po menstruaci. Při vyšetření se postupuje systematicky. Jako první, co žena udělá, tak zkontroluje prs pohledem. Před zrcadlem vestoje zkontroluje změny barvy, povrchu, viditelné bulky a nerovnosti, vzhled bradavky, popřípadě jiné změny, které jsou zjistitelné pohledem. Kromě pohledového vyšetření před zrcadlem se také provádí vyšetření vleže, které umožní přístup i do dalších oblastí. Tyto dvě polohy jsou důležité pro co největší přístup k celému prsu a jeho následné prohlídce. Po vyšetření pohledem nastává vyšetření pohmatem, kdy žena klade na „plocho“ tři prsty své dominantní ruky. Prsy se rozdělují do již zmíněných kvadrantů pro snadnější orientaci. Krom vyšetření samotného prsu je nutné vyšetřit i podpažní uzliny nacházející se v axile. Mezi nejčastější změny, které žena objeví, náleží hmatné rezistence v prsu nebo axile, jejich velikost a tvar, citlivost, změny teploty prsu. [7]

Po nalezení atypických změn nebo domněnce na výskyt něčeho neobvyklého by se měla žena dostavit k lékaři, který odebere anamnézu (zaměří se především na rodinnou a osobní). Následuje fyzikální vyšetření, na jehož základě doporučí další vyšetření. Jedna z neúčinnějších metod je mamografie, u které se udává výtěžnost mezi 85-95 %. Mezi doplňující vyšetření patří ultrazvuk, jedná se o nezatěžující vyšetření, které se volí u dívek, u žen do 40 let a u těhotných. V některých případech se indikuje magnetická rezonance, např. při těžké dysplazii atd. Dále se používá vyšetření pomocí počítačové tomografie, pomocí ultrazvuku jater a rentgenu plic, pro vyloučení nebo naopak záchyt metastáz v mozku, játrech a plicích. Při výtoky z bradavky se indikuje duktografie, která odhalí intraduktální nádory. Významné je také histopatologické vyšetření, které se vyšetřuje z punktátu nebo z peroperačně zamraženého řezu. Jestliže dojde k výskytu u ženy mladší 30 let, která má buď ve své rodinné anamnéze pozitivní záchyt, bilaterální karcinom nebo karcinomu ovaria, tak je nutné provést genetické vyšetření pro určení mutace genů BRCA-1 a BRCA-2. [4]

2.3 Anatomie hlavy a krku

Dutina ústní (cavitas oris)

Zajišťuje příjem a zpracování potravy (pomocí zubů, jazyka a slinných žláz, které produkují sliny), dýchání, komunikaci. Rty (labia oris) ohraničují vstup do dutiny ústní. Bočně jej ohraničují tváře (buccae), shora měkké a tvrdé patro (palatum), zdola spodina dutiny ústní. Dozadu dutina ústní navazuje na hltanovou úžinu (isthmus faucium). V dutině ústní se nachází jazyk (lingua), svalnatý orgán, sloužící ke zpracování potravy, je zároveň orgánem hmatovým a chuťovým, rovněž má uplatnění v řeči. Dělíme jej na tělo (corpus), zaujímající první dvě třetiny a kořen (radix), který tvoří zbylou třetinu. Tělo je od kořene odděleno rýhou ve tvaru V (sulcus terminalis). V přední části je tělo zakončeno hrotem (apex). Povrch jazyka vybíhá v četné papily (papillae), které dělíme podle jejich vzhledu na papillae filiformes, papillae fungiformes, papillae foliatae, papillae vallatae. V rýhách jsou kolem papil rozmístěny chuťové pohárky. V zadní části jazyka je velké množství lymfatických folikulů. Cévní zásobení obstarává a. lingualis, žilní odvod v. lingualis. Lymfaticky je drénována do nodi lymphatici submentales, submandibulares a také do nodi lymphatici cervicales profundi.

Slinné žlázy (glandulae salivariae)

Jejich vývody vedou do dutiny ústní. Slina je produktem slinných žláz, je bezbarvá a podle množství potravy se ovlivňuje i její sekrece. Mezi funkce patří hlavně lubrikace potravy (usnadňuje polykání), natrávení a zvlhčení. Žlázy rozlišujeme na tři typy: serózní (glandula parotidea, serózní žlázy jazyka), dále žlázy mucinózní (glandulae palatinae, mucinózní žlázy jazyka, zadní skupina žláz v glandula sublingualis) a žlázy seromucinózní (glandula submandibularis, glandula lingualis ant., přední část glandula sublingualis, glandulae labiales, buccales, molares). Nejvíce je malých slinných žláz glandulae salivariae minores, které produkují sliny neustále. Velké slinné žlázy glandulae salivariae majores, produkují sliny jen na určitý podnět. Mezi žlázy které produkují sekret jen omezeně (pouze na nervový podnět) patří párové žlázy: příušní žláza, podjazyková žláza, podčelistní. Největší žlázou je příušní žláza (glandula parotidea), je obalená pouzdrmem a do ústní dutiny ústí u druhé horní stoličky v místě zvaném papilla parotidea. Podčelistní žláza (glandula submandibularis) je smíšená žláza, její vývod (ductus submandibularis) vychází do úst v místě caruncula sublingualis společně s vývodem podjazykové žlázy. Podjazyková žláza (glandula sublingualis) leží na spodině dutiny ústní, jedná se o nejmenší žlázu ze skupiny velkých slinných žláz.

Hltan (pharynx)

Dlouhá, oploštěná trubice obvyklé délky 12-15 cm, která pokračuje od dutiny nosní a ústní. Dále na ní navazuje po rozdělení hrtan a jícen. To znamená, že se zde kříží dýchací a trávící cesty. Komunikaci s dutinou nosní zprostředkovávají choany, s dutinou ústní skrze isthmus faucium a s hrtanem přes aditus laryngis. Na základě těchto souvislostí, dělíme hltan na tři části- nosní, ústní a hrtanovou část. Funkcí hltanu je polykání, dýchání a fonace. Cevní zásobení zajišťují a. pharyngea ascendens, a. palatina ascendens et descendens, a. canalis pterygoidei. Odvodnou síť tvoří plexus venosus pharyngeus. Velice významnou roli hraje lymfatická tkáň, která tvoří tzv. Waldeyerův lymfoepitelový okruh.

Jícen (oesophagus)

Svalová trubice dlouhá 23-28 cm, jež spojuje hltan (od obratle C6) se žaludkem. Proniká skrze bránici v místě zvaném hiatus oesophageus a v úrovni TH11-12 ústí do žaludku. Průměr jícnu se může při průchodu potravou až zdvojnásobit. Dělíme jej na tři části: pars cervicalis (krční část), pars thoracica (hrudní část), pars abdominalis (břišní část). Krční část je kolem 6 cm dlouhá, od páteře je oddělená vrstvou vaziva. Před jícnem leží trachea. Hrudní část je dlouhá 16-20 cm a prostupuje zadním mediastinem. V horní části se nachází před jícnem trachea, která se však ve výši TH4-5 rozděluje na pravý a levý bronchus. Ve spodní části se do prostoru mezi jícnem a páteří zasouvá hrudní aorta. Břišní část je úsekem nejkratším a je vymezená průchodem skrz hiatus oesophageus a ústím do žaludku v oblasti kardií. Na jícnu se fyziologicky pozorují tři zúžení. Hlavní tepenné zásobení pochází z tryoidea inferior a z větví aorty thoracici. Žilní odtok zajišťují vv. Oesophageae, v. azygos, v. hemiazygos.

Hrtan (larynx)

Navazuje na hltan a pokračuje průdušnicí (trachea). Má na starosti oddělení dýchacích cest a trávící soustavy. K jeho uzávěru dochází při polykání, fonaci, kašli a zadržetí dechu. Jelikož je to dutý orgán, jeho stěnu zpevňují chrupavky, svaly a vazy. Hrtan je viditelný díky vyklenutí chrupavek. Po jeho okrajích se nachází laloky štítné žlázy a mezi ním a páteří leží hltan. Pohyb hrtanu zajišťují svaly. Hrtan je u mužů o něco větší a výraznější jak u žen. Chrupavky, které tvoří kostru laryngu, jsou hyalinní, kromě epiglottis (elastická). Největší chrupavkou je cartilago thyroidea. Ze spodní strany na ní navazuje prstencová chrupavka (cartilago cricoidea). Další chrupavkou je hlasivková (cartilago arytenoidae), která je důležitá pro tvorbu hlasu. Hrtanová příklopka (epiglottis) uzavírá vstup do hrtanu a brání

přístupu potravy a cizích těles do trachei. Cévní zásobení zajišťují a laryngea superior et inferior.

Štítná žláza (glandula thyroidea)

Tvoří dva laloky (lobus dexter et sinister), které jsou spojeny můstkem. Má tvar písmene H, velikost i hmotnost jsou velmi variabilní. Nacházíme ji podél průdušnice a hrtanu, směrem dorsálním dosahuje k jícnu. Ze strany od páteře se do ní zanořují příštítná tělíska. Klinicky důležitý je úzký vztah okrajů laloků s nervus laryngeus recurrens. Její funkcí je tvorba hormonů (trijodthyronin, tetrajodthyronin, kalcitonin). Cévní zásobení a. thyroidea superior et inferior. Odtok zajišťuje plexus thyroideus impar.

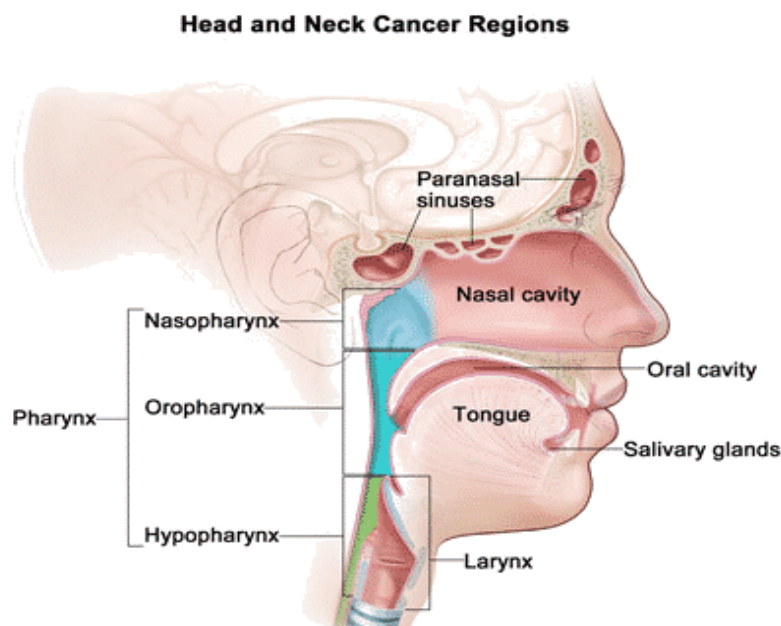
Dutina nosní (cavum nasi) a vedlejší nosní dutiny (sinus paranasales)

Průchodem dvěma nosními dírkami (nares) se dostáváme do nosní předsíně (vestibulum nasi), která pokračuje dále do vlastní dutiny nosní (cavitas nasi). Hranici tvoří hrana (limen nasi). Ve vlastní dutině nosní se nachází přepážka (septum nasi), která rozděluje dutinu na dvě části. Dále se zde nachází skořepky (conchae), které vytváří horní, střední a dolní průchod. V horní části dutiny nosní sídlí čichový orgán. Další funkcí je zahřívání, zvlhčování a zachycení malých částic vzduchu. Společně s vedlejšími dutinami určují charakter hlasu. Vedlejší dutiny nosní komunikují s dutinou nosní. Dutina nosní pokračuje dále do nosohltanu přes dva otvory, kterým se říká choanae. Přední část dutiny a přepážka jsou tvořeny chrupavkami, zbylé ohraničení tvoří splanchnokranium a neurokranium. Vedlejší nosní dutiny jsou v kostech, jsou párové a hraničí s dutinou nosní (komunikace je zajištěna malými otvory). Patří sem čelní dutiny (sinus frontalis), čelistní dutiny (sinus maxillaris), dutiny v čichové kosti (cellulae ethmoidales anteriores et posteriores) a dutina kosti klínové (sinus sphenoidalis). První tři zmíněné komunikují se středním průchodem nosním a poslední dva s horním průchodem. Při narození nejsou přítomny, vznikají v průběhu růstu. Finální velikosti a tvaru dosahují až v dospělosti. Jejich funkcí je odlehčení příslušných kostí a vytvoření vhodných podmínek pro tvorbu hlasu (rezonanční prostor).

Mízní uzliny

V oblasti hlavy se nachází několik uzlin, které vždy drénují určitou vymezenou oblast. Na krku rozlišujeme povrchové (nodi lymphatici cervicales superficiales) a hluboké (nodi lymphatici cervicales profundi). Většinu z nich doprovází větve a. carotis externa. Konkrétně na hlavě jsou nodi occipitales (týlní oblast), nodi mastoidei (retroauriculares; oblast za ušním

boltcem a okolí processus mastoideus), nodi parotidei (před ušním boltcem), nodi faciales (tváře), nodi submandibulares (pod mandibulou), nodi submentales (pod bradou). Povrchové mízní uzliny krku přijímají lymfu z uzlin před a za boltcem a také z uzlin týlních. Dále jsou sváděny do hlubokých krčních uzlin, které jsou situovány kolem vena jugularis interna. Do hlubokých uzlin je tedy mimo povrchových uzlin odvedena i lymfa z celé hlavy a orgánů, které se zde nachází. Nakonec lymfa skončí v hlavních mízních kmenech (ductus lymphaticus dexter a ductus thoracicus). [6]

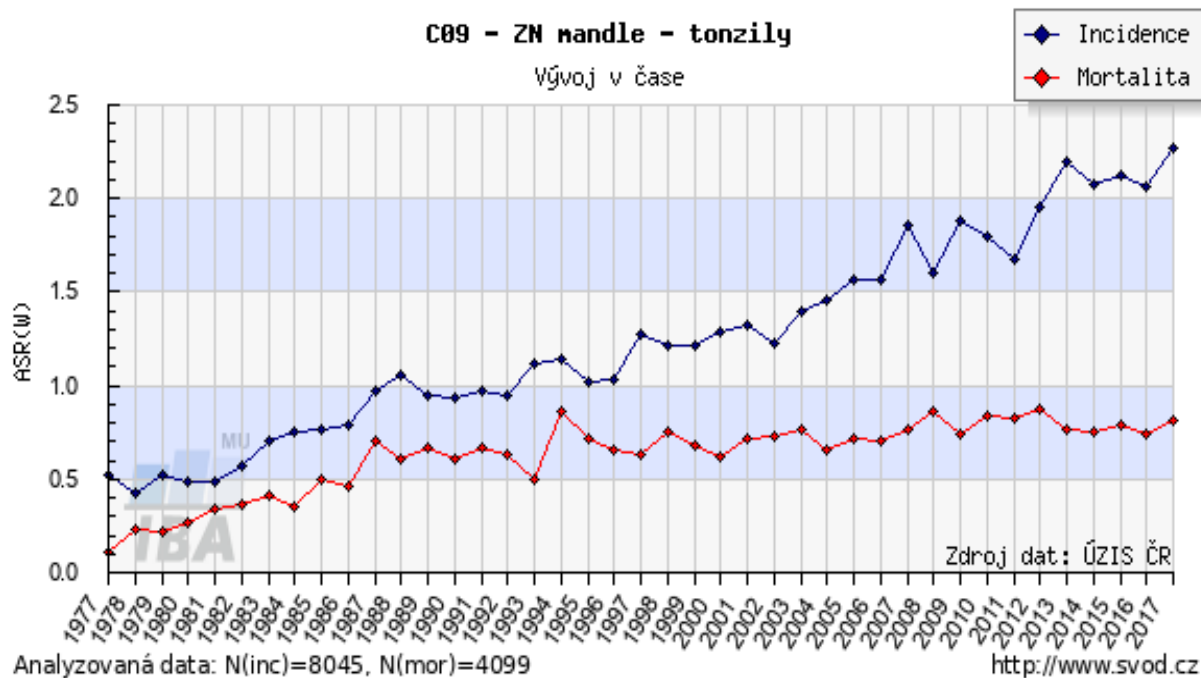


Obr. 5: Oblasti výskytu nádorů hlavy a krku⁵

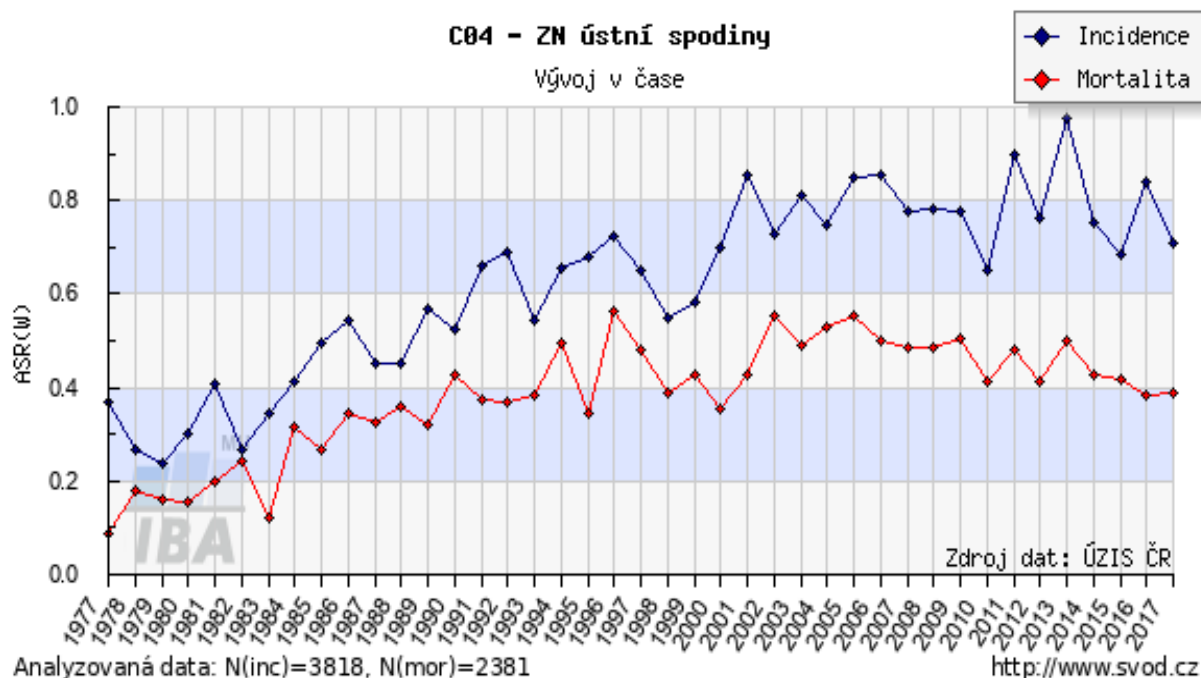
2.3.1 Karcinomy hlavy a krku

V České republice se vyskytují zhoubné nádory hlavy a krku s incidencí 1,5-2 % v populaci (ročně přibude 2000-2300 nových případů a stále tato čísla stoupají), viz grafy dole. Udává se, že u mužů se vyskytuje 2-4krát častěji než u žen. A je to dáváno do souvislosti s kouřením a abusem alkoholu (ženy obecně pijí a kouří méně). Jedná se o velice různorodou skupinu z důvodu mnohých anatomických struktur v této oblasti. Nejčastějším diagnostikovaným zhoubným nádorem v této oblasti je karcinom laryngu, tonzil, spodiny dutiny ústní a dále karcinom hypofaryngu a kořene jazyka. Histologicky nejvíce zastoupeným nádorem je spinocelulární karcinom. Kromě maligních nádorů se v oblasti hlavy a krku vytváří i benigní nádory (lipomy, fibrom, angiomy a papilomy), které ovšem nemají tak agresivní a destruktivní charakter. [8]

⁵ Head and neck cancer alliance [online]. [cit. 25.4.2020]. Dostupné z: <https://www.headandneck.org/types/>



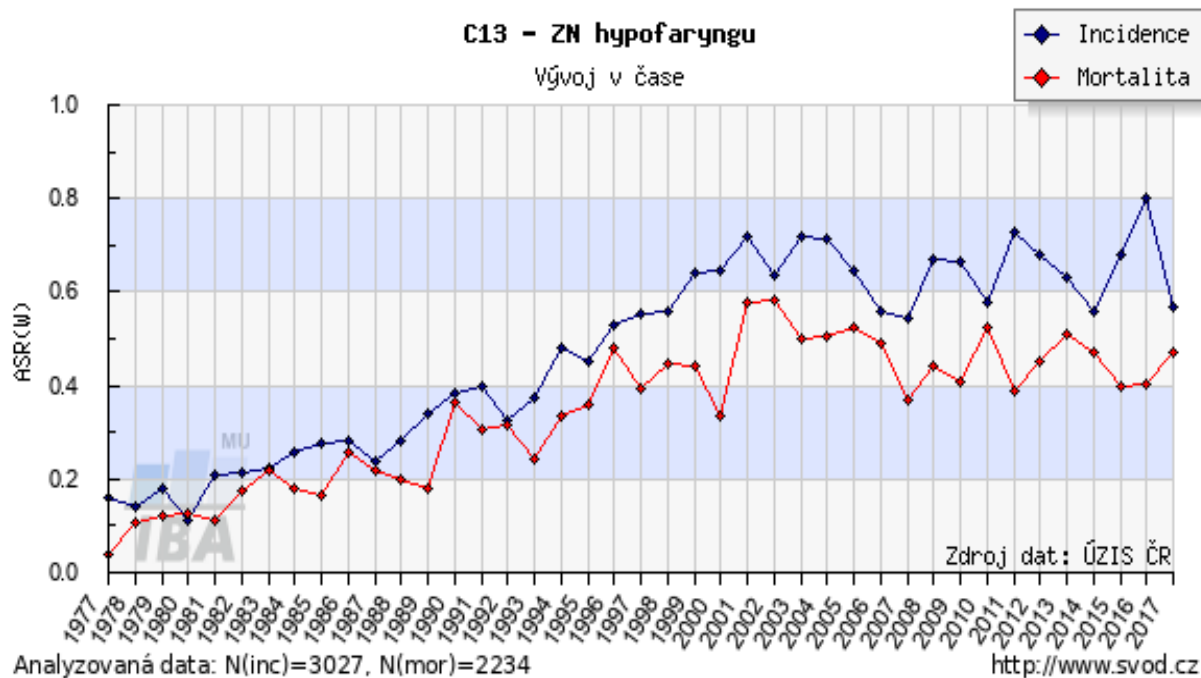
Obr. 6: Graf porovnávající incidenci a mortalitu u rakoviny tonzil v České republice⁶



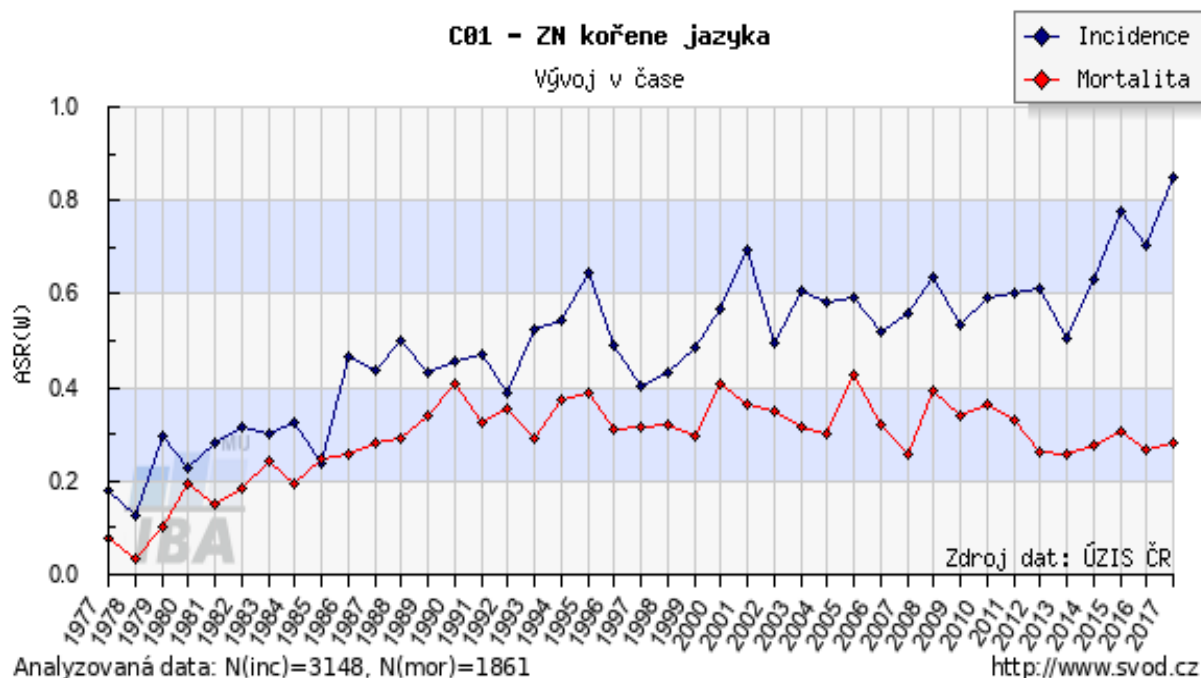
Obr. 7: Graf porovnávající incidenci a mortalitu u rakoviny ústní spodiny v České Republice⁷

⁶ Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. Incidence a mortalita [online]. [cit. 4.6.2020]. Dostupné z: <https://www.svod.cz/analyse.php?modul=incmor#>

⁷ Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. Incidence a mortalita [online]. [cit. 4.6.2020]. Dostupné z: <https://www.svod.cz/analyse.php?modul=incmor#>



Obr. 8: Graf porovnávající incidenci a mortalitu u rakoviny hypofaryngu v České Republice⁸



Obr. 9: Graf porovnávající incidenci a mortalitu u rakoviny kořene jazyka v České Republice⁹

⁸ Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. Incidence a mortalita [online]. [cit. 4.6.2020]. Dostupné z: <https://www.svod.cz/analyse.php?modul=incmor#>

⁹ Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice. Incidence a mortalita [online]. [cit. 4.6.2020]. Dostupné z: <https://www.svod.cz/analyse.php?modul=incmor#>

2.3.2 Diagnostika karcinomu hlavy a krku

Nádory hlavy a krku jsou bohužel ve velké části případů odhaleny až v pokročilejších stádiích. Ze začátku se chovají asymptomaticky a případné projevy (například ulcerace) jsou přisuzovány virovým či jiným agens. Nádory, jež vznikají z epitelu vývodů slinných žlázek, narůstají pod povrchem sliznice a nejsou tedy okem viditelné. Typickým znakem je tendence k perineurálnímu růstu (rostou v, nebo kolem nervového vlákna), kdy se mohou projevit příznaky postižení daného nervu. Dalším příznakem je infiltrace lymfatických uzlin, kdy je uzlina na pohmat tuhá, nebolestivá a proti spodině nepohyblivá. Specifickým znakem v raných stádiích je chrapot (zejména u nádorů glotické oblasti). Pokročilými příznaky jsou bolestivost a poruchy polykání, kašel, zápach z úst atd.

Diagnosticky je nejdůležitější určit histologický typ karcinomu, na základě bioptického odběru vzorku (ten se provádí v průběhu endoskopického vyšetření) a stanovit TNM staging. Pro určení rozsahu a následné vhodné volby léčby je nutné udělat CT vyšetření oblasti krku. Nejlevnější a nejméně zatěžující metodou je ultrazvukové vyšetření. Magnetická rezonance se využívá především v oblastech hlavy, kde nám CT neposkytne tak dobrý obraz. Ovšem z důvodu vysokých nákladů se stále více používá CT zobrazování před MRI.

Prognosticky závisí na gradingu a stagingu, pohlaví, věku a fyzické kondici pacienta. Léčba se stanovuje na základě diagnózy, lokalizace, protože ne všechny struktury jsou v přístupných místech a dále také na funkci orgánu, který je postižený. [8]

2.3.3 TNM klasifikace larynxu

Pro TNM klasifikaci v ORL oblasti se určuje každá oblast jednotlivě. Nejčastěji vyskytující se karcinom v oblasti hlavy a krku je oblast hrtanu. Larynx rozlišujeme na tři části, pro které je stanovena TNM klasifikace. Karcinomy jsou rozdílné lymfatickým šířením a způsobem léčby. První supraglotická oblast bývá nejagresivnější oproti zbylým dvěma nádorům. Do druhé oblasti patří nádory glottis, které tvoří 2/3 všech nádorů larynxu. Poslední oblast tvoří subglotické nádory, které se vyskytují poměrně vzácně.

- Supraglottis: T, T1, T2, T3, T4a, T4b
- Glottis: T, T1, T1a, T1b, T2, T3, T4a, T4b
- Subglottis: T, T1, T2, T3, T4a, T4b
- Regionální mízní uzliny: N, NX, N0, N1, N2a, N2b, N2c, N3
- Vzdálené metastázy: M, MX, M0, M1 [4]

2.4 Fixační pomůcky a správná poloha pacienta

Fixační pomůcky, jak již z názvu vychází, jsou určeny k fixaci a správnému napolohování pacienta. Jsou nedílnou součástí při ozařování pacienta, a to z důvodu, že umožňují co nejlépe nastavit konkrétní ozařovanou část těla do správné polohy, aby při tom došlo k co největší eliminaci ozáření zdravé okolní tkáně. Dalším důležitým aspektem je zdravotní kondice pacienta a také doba, po kterou ozařování probíhá. Z tohoto důvodu, je potřeba, aby nám fixační pomůcky pomohly uvést pacienta do polohy, která je mu v rámci možností příjemná. Pohodlí při ozařování je velice důležité, v případě křečovitě polohy, je vyšší pravděpodobnost pohybu ozařované oblasti, což je nežádoucí. Správné napolohování pacienta pomocí fixačních pomůcek také zajistí, aby po celou dobu radioterapie byla zachována stabilita a reprodukovatelnost ozařovaného místa.

Fixační pomůcky musí splňovat několik kritérií nezbytných pro jejich maximální a nejprínosnější využití. Jedním z těchto kritérií je, že se musí jednat o zdravotně nezávadný materiál, aby v důsledku používání nezpůsobil pacientovi nějaké potíže. Povrch pomůcky musí být z materiálu snadno omyvatelného a dezinfikovatelného. Další zásadní vlastností je schopnost absorbování ionizujícího záření, pomůcky by měly mít zcela minimální vliv na absorpci záření (tzn., aby měly co nejmenší zastínění záření), nebo by mělo být známo, do jaké míry záření pohlcují. Pokud pomůcky tato kritéria splňují a již se využívají k polohování pacienta, tak by měla být každá individuální pomůcka správně značena, aby nedošlo k záměně mezi pacienty. Taktéž by měla být každá pomůcka vedena v dokumentaci ozařovaného pacienta, aby nedošlo opět k případné záměně.

Pomůcky se vyrábějí ze široké škály materiálů, zejména v závislosti na preferencích a zkušenostech farmaceutických firem, které tuto výrobu zajišťují. Nejzásadnějším je však dělení podle využití na jednotlivé partie těla. K výrobcům fixačních pomůcek se řadí například firmy Civco a Klarity. [9] [10]

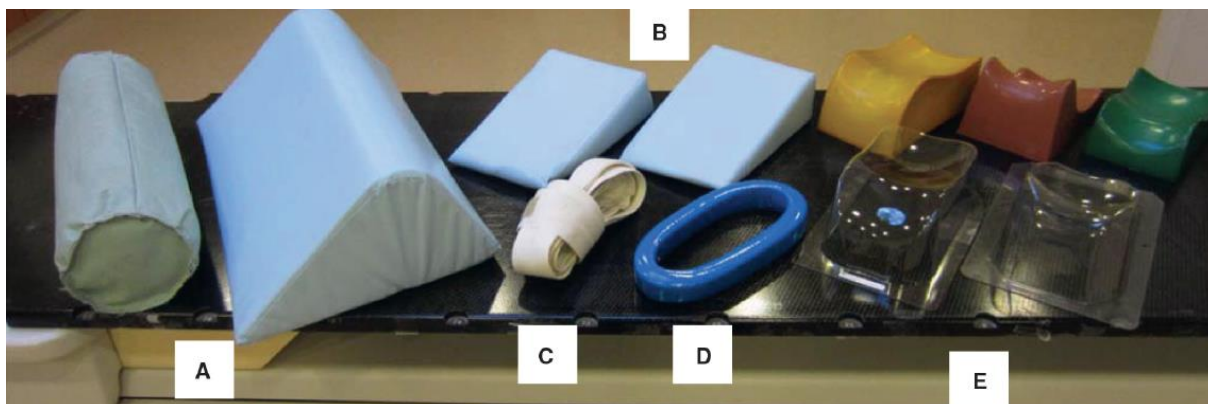
2.4.1 Druhy fixačních pomůcek

Mezi jednoduché fixační pomůcky patří následující. U pacientů léčených v poloze na zádech může pomoci klín nebo válec pod koleno, který sníží tlak na dolní část zad (obrázek A). Pro polohu s pažemi směřujícími dolů, může v pacientově pohodlí pomoci kruh na držení (obrázek D). U ozáření plic a jater může být výhodné, aby měl pacient ruce nad hlavou, pro tyto případy mohou posloužit pěnové klíny pro podepření ramen. (obrázek B). Při některých nádorech hlavy a krku mohou ramena blokovat spodní část ozařovaných polí. V tomto

případě lze použít jednoduchý popruh, kterým stáhneme ramena dolů mimo ozářované pole (obrázek C). Další pomůcka, která pomáhá u ozáření hlavy a krku je opěrka hlavy (klín), který se používá téměř vždy. Slouží k tomu, aby se zvedla hlava a snížila se námaha na krk. Standardní sady od výrobců Silver a Timo mají různé tvary, velikosti a materiály (obrázek E). Pro ty pracoviště, které nejsou standardně vybaveni opěrkou hlavy, nabízí několik výrobců přizpůsobitelné polštáře hlavy, které lze tvarovat podle obrysu hlavy pacienta. Každá nemocnice preferuje různé druhy. Jednoduché fixační pomůcky aplikované během počáteční simulace mohou zlepšit pohodlí pacienta a snížit nežádoucí pohyb. Nemusí však řešit problém v každodenní variaci celkového nastavení pacienta, přesnosti polohy a místa ozáření. Z tohoto důvodu jsou zde ještě propracovanější pomůcky.

Dalším typem jsou už robustnější imobilizační pomůcky. Pro polohování hrudníku, břicha a prsu slouží mechanické systémy se zvednutými rameny. Mezi ně patří například: C-Qual Breastboard z uhlíkových vláken, který je lehký a má zónu s nízkým útlumem IGRT. Pokročilé funkce této podložky přinášejí účinnost nastavení v léčbě prsou. WingBoard je vyroben z odolného a lehkého ABS plastu a poskytuje pacientovi pohodlí a podporu. U pacientek s objemnějším prsem lze použít Prone Breastboard, kde pacientka leží na břiše. Při imobilizaci hlavy a krku jsou důležité 3 základní části. K těm patří masky z termoplastického materiálu. Masek je několik druhů, mohou být dlouhé nebo krátké pro metodu IMRT, masky perforované, zesílené, tříbodové, čtyřbodové, pětibodové nebo masky s možností použití bite blocku. Druhou částí jsou opěrky hlavy, které jsou k dispozici v různých výškách a úhlech, zajišťují lepší polohu, přesnost a pohodlí pacienta. Poslední část se skládá ze základní desky nebo rozšířené desky, ta je většinou z uhlíkových vláken a tvoří základ systému. V oblasti pánve je několik druhů, se kterými se lze v běžné praxi setkat. Carbonová podložka Bellyboard slouží k co nejmenšímu ozáření tenkého střeva, má uprostřed tvarovaný otvor, který pomáhá k co nejmenšímu ozáření střev. Podložka pod kolena (Kneefix) přispívá k lepší stabilitě a reprodukovatelnosti v poloze vleže bez ohledu na cílové oblasti. Jedná se o materiál z lehké pěny, snadno omyvatelný a 16 cm vysoký. Vac-Lok podložky vytvářejí tuhou a bezpečnou oporu kolem pacienta. Z podložky je postupně vysáván vzduch. Díky tomu obepíná pacienta a zaručuje stabilní polohu po dobu až 6 týdnů. Mohou být celotělové nebo jen na určitou část těla. Dual Leg Positioner umožňuje rychlé uchycení dolních končetin pro ozářování kyčle a pánve na zádech. Polohovadlo je konstruováno tak, aby udržovalo nohy ve stejné úrovni, čímž se snižuje rotace pánve. Popruh na suchý zip zajišťuje lýtka a kotníky. Lze jej snadno vyčistit a znovu použít. Termoplastický polohovací systém HipFix lze využít

v oblasti břicha a pánve, čímž poskytuje imobilizaci pro zlepšení fixního referenčního cílení. Fixačních pomůcek je k dispozici celá řada, musí se proto, pro každé radioterapeutické oddělení zvolit ta nejvíce vyhovující k danému typu karcinomu a metodě léčby. [11] [12]



Obr. 10: Jednotlivé příklady jednoduchých fixačních pomůcek¹⁰

2.4.2 Poloha a fixace při radioterapii prostaty

Pacient je po uložení na stůl v supinační poloze (poloha na zádech) a horní končetiny má zkřížené na prsou. Pro správnou fixaci dolních končetin použijeme speciální vakuovou podložku zvanou Vac-lok, Med-Tec, který je vyplněný z polystyrenových kuliček. Další možností fixace je materiál z lehké pěny např. Kneefix nebo Dual Leg Positioner. Podle daného pracoviště se zvolí fixační pomůcka. Podložky pod kolena jsou snadnější na údržbu. Na pracovištích, kde se používají vakuové podložky, je nutné vytvarovat podložku podle nohou pacienta. Správný tvar podložky se reguluje vyfukováním vzduchu, tím docílíme toho, že nohy pacienta jsou nastaveny do správné ozařovací polohy po celou dobu ozařování, která je pro něj ovšem stále relativně komfortní. Odpovídající tvar podložky se nastavuje při simulaci, aby co nejvíce vyhovoval potřebám konkrétního jednoho pacienta. Po celou sérii ozařování je používána pro konkrétního pacientka stále jedna a ta samá sada podložek, je nutné všechny náležitě označit, zapsat do dokumentace a uschovat. Na pacienta a podložku se pomocí laseru zakreslí značky, podle kterých se pacient bude polohovat při dalších ozařováních. Nemocný musí na každé ozařování chodit řádně připravený, což znamená, že musí chodit úplně vyprázdněný a nejlépe s komfortně naplněným močovým měchýřem. Kdyby pacient přišel nevyprázdněný, tak ozáření nebude cílené na požadované ložisko a tím pádem dojde k zásahu do zdravé tkáně a patologická tkáň nebude zasažena v takovém rozsahu. [13]

¹⁰ Oncohemakey. Overview of external beam immobilisation and stabilization. [online]. [cit. 5. 6. 2020]. Dostupné z: <https://oncohemakey.com/methods-of-immobilization-and-stabilization/>



Obr. 11: Dual Leg Positioner v FNHK



Obr. 12: Vakuová podložka pod nohy¹¹

¹¹ MedicalExpo the online medical device exhibition [online]. [cit. 5. 6. 2020]. Dostupné z: <https://www.medicalexpo.com/prod/civco/product-75914-665190.html>

2.4.3 Poloha a fixace při radioterapii prsu

Stejně jako při každém ozařování, tak i při ozařování prsu je nutné zajistit co nejprístupnější a zároveň co nejpohodlnější polohu pro pacientku. Také je důležité, aby zvolená poloha mohla být pro příště snadno reprodukovatelná. Z tohoto důvodu se musí volit poloha také v závislosti na velikosti prsů pacientky (což ovšem není pravidlem). Nejčastější polohou je supinační poloha (poloha na zádech), kdy má pacientka zajištěné ruce za hlavou. Zafixování rukou je zajištěno pomocí podpěrek. Pokud má pacientka prsa objemnější nebo více povislá, tak se volí spíše poloha pronační (poloha na břiše), a to z důvodu zamezení ozáření citlivých tkání jako jsou plíce a srdce. Při ozařování je nutné, aby pacientka měla odvrácenou obličejovou část hlavy od zdroje záření. K zajištění komfortu pacientky se používají různé měkké podložky, které se dávají pod kolena a tím polohují pacientku do přirozenější, a tudíž pohodlnější polohy. Pro správné polohování se používá uhlíková podložka a k ní se používá stavebnicový systém, kterým se přesněji koriguje nastavení polohy dané části těla. Komponenty stavebnicového systému jsou rozlišeny barevně a také písmeny s čísly. Každé pacientce se nastavuje podložka individuálně na míru. Veškeré údaje musí být zaznamenány do ozařovacích dokumentů, aby bylo příště možné nastavit podložku i se všemi součástmi do polohy odpovídající dané pacientce. Před samotným zahájením frakce ozařování se také musí na simulaci pomocí laseru a fixu zakreslit veškeré potřebné čáry, které při každém individuálním ozařování slouží ke kontrole správné polohy pacientky. Tyto čáry musí být na těle po celou ozařovací sérii. Pacientka si čáry doma sama překresluje a zachovává si je tím po celou dobu na těle. [4], [14]



Obr. 13: Fixační pomůcka Wing board při ozařování prsu v FNHK

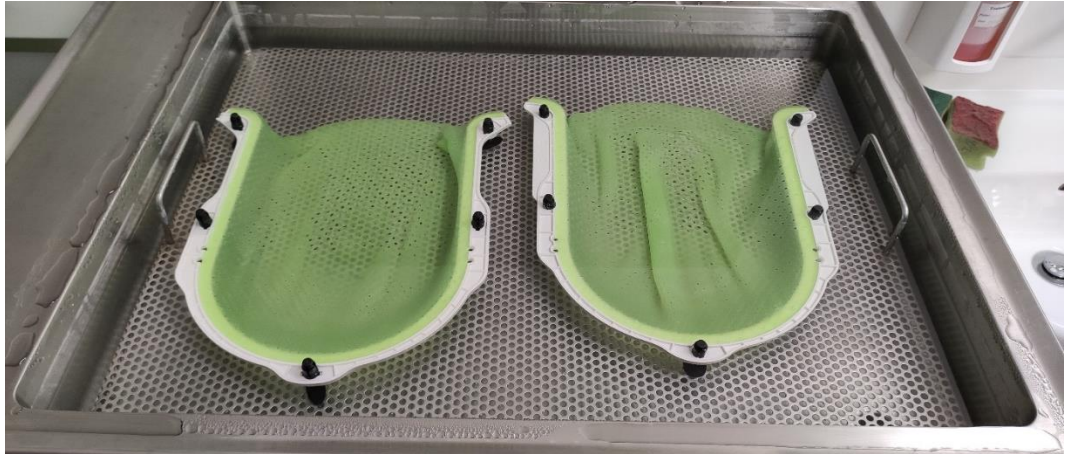


Obr. 14: Fixační pomůcka Breast Board při ozařování prsu ve FNKV

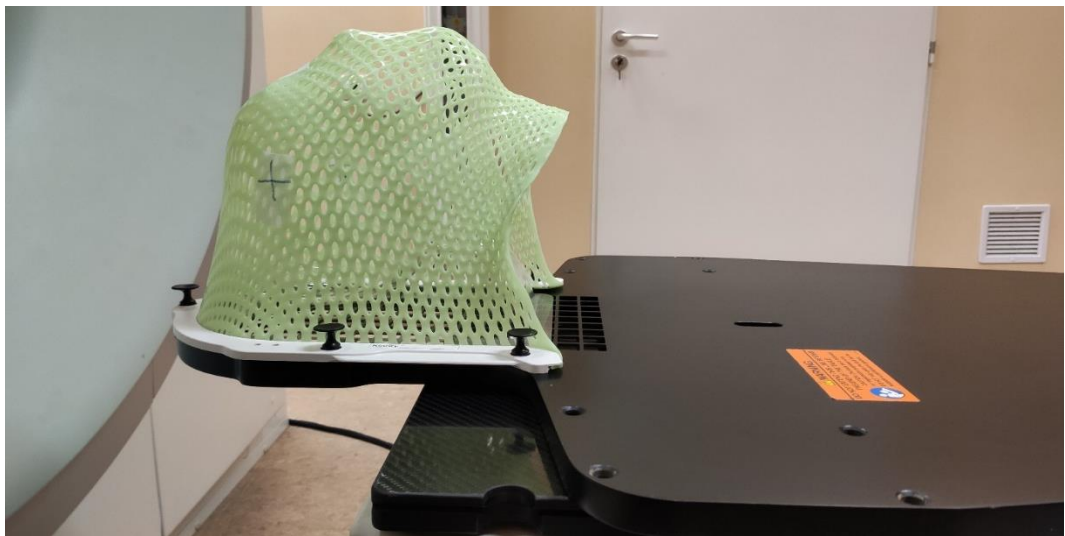
2.4.4 Poloha a fixace při radioterapii hlavy a krku

Základní polohou při radioterapii oblasti hlavy a krku je poloha na zádech. Celý proces opět začíná na CT simulaci. Poloha hlavy pacienta se ve většině případů provádí v rozsahu různých stupňů záklonu hlavy pomocí klínek tak, aby výsledná poloha byla co nejvíce přístupná pro terapii. Pacientova ramena by měla být polohována tak, aby byla co nejvíce kaudálně a také co nejblíže ke stolu. Na různých pracovištích se v závislosti od používané techniky využívají pro polohování a fixaci různé typy pomůcek. Mezi nejčastěji používané patří termoplastické masky a stereotaktický rám. Při některých výkonech se aplikují další pomůcky, například roubík, který se uplatňuje při ozařování jazyka, aby nedocházelo k zbytečnému ozáření tvrdého patra). Dělení pomůcek se odvíjí od invazivity při jejich použití. Mezi neinvazivní pomůcky se řadí již zmíněná termoplastická maska, která se tvaruje přesně podle tvaru hlavy a ramen daného pacienta. Tvarování se provádí během simulace, kdy pacient ulehne na stůl a pod hlavu se mu podkládají variabilní klínky. Ty na jedné straně zajišťují co nejpřesnější napolohování pacientovy hlavy, pro co největší přístupnost při ozařování a zároveň chránění okolních kritických struktur. Na straně druhé je snaha o zajištění pohodlí pacienta, pokud to daný kurativní zákrok dovoluje. Po tomto úkonu přichází na řadu samotná aplikace masky. Ve stavu před prvním použitím je maska zcela rovná. Při použití se musí dát na 3-6 minut do vodní lázně, která má teplotu kolem 65 °C.

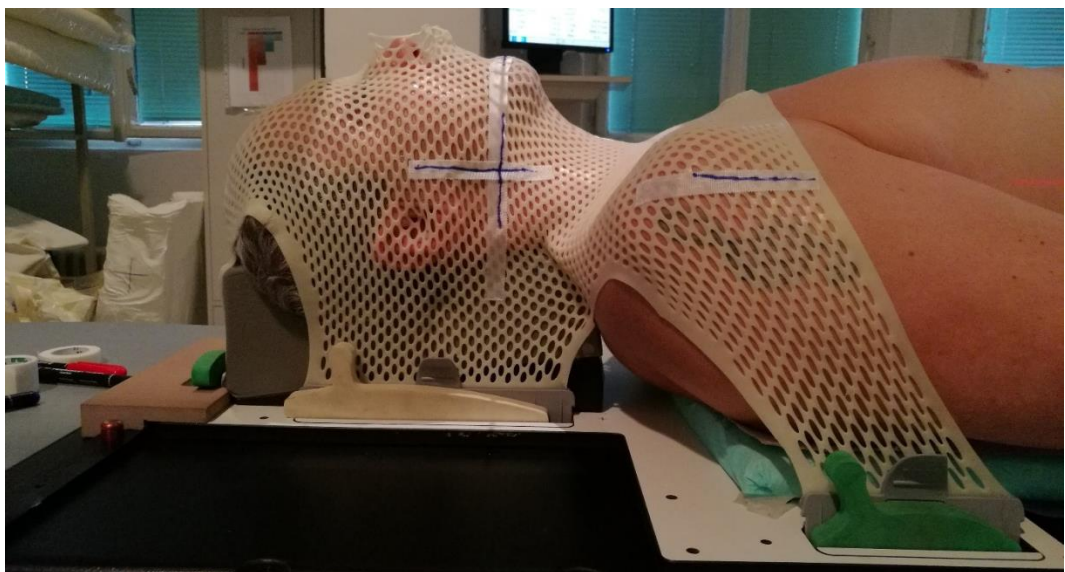
Po vyjmutí se osuší a nechá se pouze lehce zchladnout. Poté dochází k samotnému přiložení na pacientovu hlavu, kde se nechává kolem 10 minut, aby ztuhla a i nadále si udržovala svůj tvar. V praxi nejpoužívanější jsou masky tříbodové, čtyřbodové a pětibodové, kdy se mezi jednotlivými druhy volí v závislosti od typu nádoru. Po sérii těchto úkonů se na masku zakreslují pomocné značky podle zacílených laserů. Na masku se dále uvádí identifikační údaje, protože každá maska je unikátní, přesně definována pro každého pacienta. Je nutno zmínit, že masku má pacient ideálně po celou sérii ozařování jednu a také, že maska je jednorázová (maska se využívá jen a pouze pro jednoho konkrétního pacienta). U pacientů trpících klaustrofobií je možnost využít Bite block systém. Produkt se jmenuje HeadFix. Pod hlavu dostane pacient polštář. Náustek je připevněn k rámu z uhlíkových vláken. Forma kopíruje horní čelist, zuby a vytváří sání na tvrdé patro. Mezi hlavní výhody patří možnost rychlého uvolnění z rámu při pocitu klaustrofobie a přesnost, udává se podobná jako u termoplastické masky v řádu 1-3mm. Mezi nevýhody patří, že vyšetření není vhodné pro lidi se špatným chrupem nebo zubní náhradou. Tuto metodu lze kombinovat i právě se zmíněnou termoplastickou maskou. Kromě imobilizace pacienta, je tu i možnost díky bloku oddělit například jazyk od horního patra, to může pomoci u ozáření dutiny nosní pro snížení dávky na jazyk a naopak. Druhou skupinou jsou pomůcky invazivní, tzv. při použití invazivně zasahují do pacientova těla. Mezi tyto pomůcky patří stereotaktické masky a rámy, se kterými se setkáme v stereotaktické chirurgii a radioterapii. Pacient je umístěn na pohyblivé lůžko do prostředí stereotaktického rámu (ten musí být z takového materiálu, aby nenarušoval zobrazovací techniky), kdy je jeho hlava uchycena pomocí šroubů. Pro tento zákrok je nutná důkladná příprava spočívající v umytí vlasů dezinfekčním šamponem, podání zklidňujících léků a odstranění všech kovových předmětů z těla pacienta. Dále se provádí pod lokálním znecitlivěním zavedení 4 šroubů do lebky pacienta. Následuje připevnění k stereotaktickému rámu. Délka výkonu je variabilní v závislosti od prováděného úkonu, ale obvykle se pohybuje v časovém rozmezí 2-2,5 hodiny. Jedná se o vysoce efektivní (u nezhoubných se udává 95% úspěšnost a 90% úspěšnost u metastáz do mozku) a specifickou metodu. [4] [11] [15]



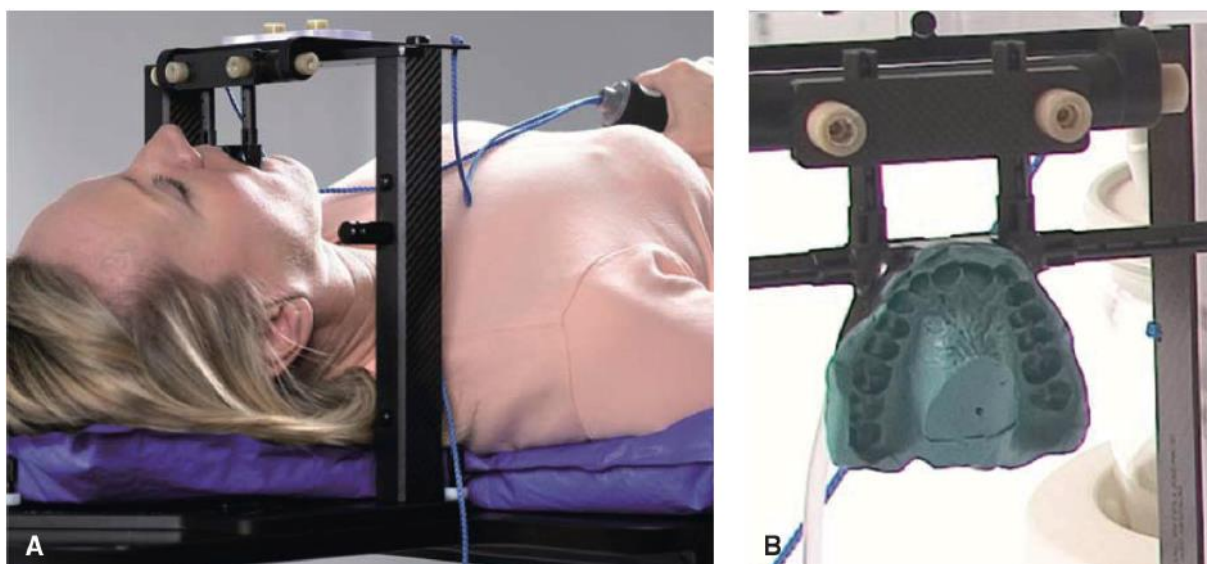
Obr. 15: Vodní lázeň pro přípravu fixační masky ve FNHK



Obr. 16: Krátká maska pro fixaci při karcinomu hlavy ve FNHK



Obr. 17: Pětibodová maska pro fixaci při karcinomu hlavy a krku ve FNKV



Obr. 18: Bite block pro pacienty trpící klaustrofobií¹²



Obr. 19: Ukázka invazivní intrakraniální stereotaktické radioterapie¹³

¹² Oncohemakey. Overview of external beam immobilisation and stabilization. [online]. [cit. 5. 6. 2020]. Dostupné z: <https://oncohemakey.com/methods-of-immobilization-and-stabilization/>

¹³ HALPERIN, Edward C., Carlos A. PEREZ, Luther W. BRADY a David E. WAZER. *Perez & Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology*. 7. United States: Lippincott Williams and Wilkins, 2018. ISBN 9781496386793.

2.5 Historie a vývoj zevního ozáření

Vše začalo objevem paprsků X v roce 1895 fyzikem Wilhelmem Conradem Röntgenem. Zevní ozáření bylo až do poloviny 20. století limitováno nízkou energií terapeutických rentgenových přístrojů. V 50. letech se začaly objevovat první kobaltové ozařovače s vysokoenergetickým zářením. Jednalo se o poměrně dostupné přístroje, díky své ceně a nenáročné údržbě. Dodnes se s nimi můžeme setkat na menších radioterapeutických pracovištích. Za zmínku stojí i léčebné použití betatronu již v roce 1948. Limity tohoto přístroje byly ale velké rozměry, hlučnost nebo omezený dávkový příkon. Lineární urychlovač i přes to, že byl objeven už v roce 1953 v Anglii, zaznamenává významný rozvoj až v 70. letech, díky objevení výpočetní tomografie v roce 1973. Do konce 90. let se v České Republice užívalo dvojrozměrné plánování (2D), které postupně nahradilo prostorové plánování (3D) a s ním spojený rozvoj konformní radioterapie. [4]

2.5.1 Konformní radioterapie

Jedná se o trojrozměrnou ozařovací techniku (3D-CRT), se kterou začal rozvoj výkonnějšího plánovacího systému s možností digitální rekonstrukce 3D obrazu ze zobrazovacích vyšetření jako je CT, MRI nebo PET. Na rozdíl od konvenční (2D) radioterapie umožňuje ozářit cílový objem s minimálním lemem a tím snížit ozáření zdravých tkání. To má za důsledek možnost zvyšování dávky na cílový objem spolu s lokální kontrolou. Přejít na 3D- CRT výrazně snížil toxicitu spojenou s léčbou. Tato metoda se hojně využívá u rakoviny prostaty, kde pacient leží v poloze na zádech fixován například vakuovou podložkou nebo termoplastickým odlitkem. Ke kladům imobilizace vleže patří snadné denní nastavení pro pacienta i personál a schopnost fúze obrazů z CT nebo MRI. Další výhody přináší i příznivé vztahy na dávku, schopnost redukovat záření do sousední zdravé tkáně. Každé pracoviště má svoje standardizované metody spolu s fixačními pomůckami. Krom této metody se používá u karcinomů prostaty, hlavy a krku především speciální metoda IMRT. [4] [16]

2.5.2 Radioterapie s modulovanou intenzitou svazku (IMRT)

Název IMRT vychází z anglické zkratky Intensity Modulated Radiation Therapy, což v překladu znamená radioterapie s modulovanou intenzitou svazku. Tato technika využívá co nejpřesnější kopírování nepravidelných tvarů cílových struktur a zároveň je možné odstupňovat dávku záření v ozařovaném objektu. Tím, že ozařované pole je velice přesně vymezeno, dochází k co nejmenšímu zasažení okolních zdravých struktur. U této techniky je také možné volit rozdílné rozložení dávky v cílovém objemu (nehomogenní distribuci). Pod nehomogenní distribucí si tedy můžeme představit, že oblast, kde je nádor či metastáza

dostává vyšší ozařovací dávku než tkáň v blízkém okolí, ve které hrozí mikroskopický výskyt (simultánní integrovaný boost, SIB). Dalším specifickým požadavkem je i příprava plánu pro ozařování, oproti 3D-CRT se jedná o časově náročnější plánování. Největší využití této metody je v terapii nádorů ORL, mozku a prostaty. Mezi výhody jednoznačně patří menší dávka ozáření zdravých okolních struktur a zároveň možnost zvýšení dávky v cílovém ozařovaném objemu. Také je možnost navýšit dávku v místě očekávané recidivy. Mezi nevýhody patří samotný lineární urychlovač, který musí být speciálně vybaven pro IMRT, dále jsou zde požadavky na přesnou definici jednotlivých ozařovaných struktur a s tím související větší časová náročnost a odbornější požadavky na vykonávající zdravotní personál. Nespornou nevýhodou, která plyne z výše uvedených, je i cenová náročnost. [17]

2.5.3 Objemově modulovaná radioterapie kyvem (VMAT)

Technika VMAT (Volumetric Modulated Arc Therapy), dříve také označována jako IMAT (Intensity Modulated Arc Therapy) je doplňková forma k IMRT. Slouží k tomu, kdy se k modulaci lamel přidává ještě modulována rotace gantry, modulace dávkového příkonu a u novějších přístrojů i dynamická změna polohy clon. Mezi výhody patří vysoce přesné prozáření nádoru, rychlost dodání dávky a strmý pád dávky na okolní zdravou tkáň. Ve výsledku se pomocí této metody výrazně sníží ozařovací doba a tím i riziko nepřesného ozařování. [17]

2.5.4 Radioterapie řízená obrazem (IGRT)

IGRT neboli radioterapie řízená obrazem z anglického Image Guided Radiotherapy je založena na snímkování pacienta před začátkem a v průběhu ozařovací frakce. Nesprávná poloha pacienta může být způsobena jeho pohybem, dýcháním nebo náplní močového měchýře či konečníku. IGRT je technika, která docílí co nejpřesnějšího zaměření svazků na ozařovači, a to právě díky průběžnému snímkování. Rentgenové snímky provede lineární urychlovač a jsou elektronicky uloženy, poté je možnost ihned porovnat snímky z plánovacího CT. Pokud dojde k odchylce, tak se chyba koriguje úpravou srovnávacích značek buď na pacientovi, nebo na fixační masce. Tato metoda je nejvíce využívána pro ozařování karcinomů prsou, prostaty, hlavy a krku aj. [17]

2.5.5 Řízené dýchání při ozařování prsu s využitím 4D

Technika 4D ozařování je na rozdíl od 3D technik rozdílná v tom, že navíc zohledňuje aktuální změny cílové struktury v čase. Tyto změny jsou způsobeny pohyby orgánů, které jsou fyziologické a nelze je ve větší míře ovlivnit. 4D technika se většinou využívá při

tzv. řízeném ozařování prsu (respiratory gating), kdy se snaží co nejvíce eliminovat ozáření srdce. Technika se dá mimo jiné použít i u karcinomu plic, jater, žlučových cest a dalších karcinomů břicha a hrudníku. Tomuto zákroku nejdříve předchází CT snímkování, ze kterého se odečte poloha srdce nebo oblast, která má být ozařována a na základě toho se následně nastavuje zacílení na postiženou strukturu v konkrétní dechové fázi. Technologie respiratory gating používá infračervenou kameru, které sleduje reflexní zařízení umístěné na hrudi pacienta, systém měří rozsah pohybu dýchání a zobrazí jeho průběh. V případě výskytu ložiska blízko srdce se používá tzv. ozařování v nádechu, při kterém si přístroj sám vyhodnocuje fáze výdechu a nádechu a ozařování provádí jen v nádechové fázi, aby došlo k oddálení ozařovaného ložiska od srdce. [17]

2.5.6 Stereotaktická radioterapie

Jedná se o ozařovací techniku, která se dělí se na dva typy první intrakraniální a druhý extrakraniální. Modernizací zařízení je tato metoda čím dál více dostupná. Cílem obou metod je velice přesné zaměření cílové struktury s co nejmenším poškozením okolní zdravé tkáně. Dávka po čase způsobí nekrózu ložiska. Intrakraniální metody jsou využívány pro ozařování velice malých lézí nejčastěji lokalizovaných ve funkčních částech mozku (v dnešní době nejčastěji nádory hypofýzy, meningiomy, mozkové metastázy a jiné). Od invazivního systému fixace se postupně ustupuje a je nahrazeno speciální maskou a otiskovou fixací maxilly. Extrakraniální způsob se využívá při léčbě nádorových ložisek v játrech, dutině břišní, pánvi, skeletu a převážně v plicích. Ve většině případů se jedná o paliaci, ale například u plicních nádorů má i kurativní účinek. U těchto metod hraje významnou roli imobilizace pacienta pomocí fixačních pomůcek a důraz je kladen na vysokou přesnost. K ozáření se používá, vedle speciálně upraveného lineárního urychlovače, Leksellův gama nůž a kybernetický nůž (Cyber knif), což je momentálně jeden z nejmodernějších přístrojů s největší přesností (udává se až 30krát větší přesnost než u lineárního urychlovače). [15] [17]



Obr. 20: Ukázka extrakraniální stereotaktické radioterapie ve FNHK

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 Metodika

Výběr následujících studií byl cílený pro demonstraci funkčnosti a vývoje fixačních pomůcek při léčbě v oblasti hlavy a krku a při radioterapii prostaty. Pro nalezení byly využity vědecké portály Pubmed, Journal of Medical Physics a česká databáze Linkos. Hledání článků a jejich vyřazování probíhalo podle několika kritérií. Při jejich volbě mě zajímal hlavně zvolený druh fixace (rozmanitost a porovnání), ozařovaná oblast, rok uvedení studie (hledisko posouzení vývoje). Pro rozbor jsem si vybral fixaci prostaty, hlavy a krku. Mezi klíčová slova byla zařazena následující: immobilization, No-immobilization, head and neck cancer, thermoplastic mask, prostate cancer, vacuum fixation. Abych do studie zařadil alespoň jeden český článek, zvolil jsem klíčová slova: fixace, termoplastická maska, karcinom hlavy a krku, prostaty. Studie jsem se snažil cílit především na novější časový vývoj (2013-2018), který je krom české studie dodržen.

Pro sadu těchto studií jsem si vybral 6 otázek s tím, že na nejméně 5 otázek mohu odpovědět. Mezi ně patří:

1. Jaké jsou použité fixační pomůcky?
2. Jaký druh radioterapie byl použit?
3. Jaký druh karcinomu byl léčen?
4. Kolik pacientů bylo zařazeno do studie?
5. Rok zveřejnění studie?
6. Jaké byly hodnotící parametry studie – co bylo měřeno?

Tyto otázky jsem následně zhodnotil v tabulce 1 a 2.

3.2 Hodnocení vybraných studií

3.2.1 Studie zabývající se fixačními pomůckami v oblasti hlavy a krku

1. Fixace hlavy při radioterapii mozkových nádorů. Zkušenosti s fixací termoplastickými maskami při vyhodnocování portálovým zobrazováním.

Jedná se o studii z roku 2005 provedenou autory: MUDr. Magda Macháňová; MUDr. Jana Cvejnová; Ing. Lenka Janečková; Ing. Eva Plačková. Výzkum poukazuje na rozšíření a výhody používání termoplastických masek.

Metody: Výzkum probíhal od roku 2002-2005, kde na pracovišti ozařovali 103 pacientů s primárním mozkovým tumorem. K fixaci pacientů byla použita třibodová maska

z termoplastického materiálu. Pro zjištění přesnosti a reprodukovatelnosti ozařovací polohy náhodně vybrali 21 nemocných s primárním mozkovým nádorem. Následně vyhodnotili a statisticky zpracovali měření u 20 těchto nemocných. Jeden pacient byl vyloučen pro motorický neklid v průběhu ozařování, a to i při zpevnění fixace. Při pozorování nemocných byla vyhodnocena přesnost nastavení 119 portálových snímků provedených u 45 různých ozařovacích polí při 72 frakcích. Hodnocení odchylky provedli nezávisle 4 pracovníci oddělení, 2 lékaři a 2 fyzici, kteří měřili odchylku nastavení aktuálního portálového snímku od výchozího snímku ze simulátoru. U obou porovnávaných zobrazení je k dispozici skutečný tvar pole, včetně jeho tvarování pomocí lamel mnoholistového kolimátoru.

Výsledky: Z výsledku vyplývá průměrný absolutní posun ve směru kraniokaudálním činí 1.59 mm se směrodatnou odchylkou 0.44 mm, zjištěný průměrný absolutní posun ve směru laterolaterálním činí 1.53 mm se směrodatnou odchylkou 0.50 mm a konečně absolutní posun ve směru anteroposteriorním činí 1.25 mm se směrodatnou odchylkou 0.39 mm. Při trojdimenzionálním hodnocení činí průměrný posun aktuálního snímku, vyjádřený velikostí vektoru posunutí v prostoru, 2.56 mm se směrodatnou odchylkou 0.43 mm. Ve směru kraniokaudálním byla odchylka ± 1 mm naměřena u 60 % hodnocených snímků, odchylka do ± 2 mm u 80 % a odchylka do ± 3.0 mm u 93 % z celkového počtu snímků. Ve směru laterolaterálním byla odchylka ± 1 mm naměřena u 49 % hodnocených snímků, odchylka do ± 2 mm u 79 % a odchylka do ± 3.0 mm u 97 % z celkového počtu snímků. Ve směru anteroposteriorním byla odchylka ± 1 mm naměřena u 63 % hodnocených snímků, odchylka do ± 2 mm u 86 % a odchylka do ± 3.0 mm u 95 % z celkového počtu snímků

Závěr: Naměřené hodnoty potvrdily tyto faktory: 1. fixace hlavy termoplastickou maskou splňuje požadavky frakcionované radioterapie; 2. tříbodová fixační maska je pro radioterapii mozkových nádorů dostatečná; 3. toleranční limit odchylky ozařovací polohy při radioterapii mozkových nádorů by neměl přesahovat 3mm, optimalizace by měla vést k odchylkám do 2mm. Znalost rizika odchylek v přesnosti nastavování ozařovací polohy pacientů je též cenným vodítkem pro stanovování hranic plánovacího cílového objemu. Kontroly portálovým zobrazováním ukáží však nejen přesnost práce radiologických asistentů, ale mohou upozornit i na změnu ve zdravotním stavu nemocných s mozkovými tumory v průběhu radiačního cyklu např. menší motorický neklid v nepřítomnosti zdravotnického personálu či incipientní Cushingoidní facies při podávání kortikoidů s následnou změnou polohy ve fixační masce. Vzhledem k tomu, že elektronické portálové zobrazování dobře zachytí kostěné struktury, lze

u mozkových nádorů kvalitně hodnotit aktuální nastavení ozařovacího pole ve vztahu k radiosenzitivním kritickým strukturám v oblasti chiasma opticum a vlastního oka. [18]

2. Minimal mask immobilization with optical surface guidance for head and neck radiotherapy

Studie z roku 2018 zabývající se proveditelností a přesností nastavení s minimální imobilizací hlavy pacienta, pomocí optického vedení povrchu IMRT. Autoři: Bo Zhao, Genevieve Maquilan, Steve Jiang a David L. Schwartz

Metody: Dvacet pacientů bylo imobilizováno pouze maskami fixující čelo a bradu. Pohyb ramene byl omezen buď tvarovatelným polštářem, nebo ručními navíječi popruhů. Informace o poloze, včetně umístění izocentra a obrysů CT kůže, byly importovány do systému vedení obrazu. Pacienti obvykle dostávali standardní léčbu IMRT na 60–70 Gy ve 30–33 frakcích. Nejprve byli nastaveni na povrchové značky s optickým vedením obrazu vztaheným k zájmovým oblastem (ROIs) na simulačních CT snímcích. Poloha byla potvrzena na CBCT. Po korekci šestidimenzionálního robotického ramene byl získán nový optický obraz v reálném čase, který sledoval pohyb a sloužil jako referenční rovina pro nastavení v další frakci ozáření. Komfort pacienta byl hodnocen průzkumy prováděnými samostatně.

Výsledky: Chyba nastavení byla měřena v šestidimenzionálních posunech (svislé / podélné / bočné / rotace / pitch / posun). Průměrné hodnoty chyb byly $-0,51 \pm 2,42$ mm, $-0,49 \pm 3,30$ mm, $0,23 \pm 2,58$ mm, $-0,15 \pm 1,01$ °, $-0,02 \pm 1,19$ ° a $0,06 \pm 1,08$ °. Průměrná doba léčby byla $21,6 \pm 8,4$ minut). Komfort během léčby byl potvrzen na průzkumech pacientů.

Výsledky: Potvrdila se proveditelnost s minimální imobilizací v kombinaci s naváděným optickým obrazem. Z výsledků vyplývá, že to byl pro pacienty přínos. [19]

3. Dosimetric Effects of Head and Neck Immobilization Devices on Multi-field Intensity Modulated Radiation Therapy for Nasopharyngeal Carcinoma

Studie je z roku 2018 od autorů: Li Chen, Ying-Lin Peng , Shi-Yong Gu , Hui Shen , Dan-Dan Zhang , Wen-Zhao Sun, Jian-Hua Wu a Xiao-Wu Deng. Zabývá se účinkem dávky při imobilizaci hlavy a krku u nádorů nosohlatu při použití metody IMRT. Studie má ověřit a analyzovat dozimetrický účinek imobilizačních pomůcek.

Metody: Náhodně bylo vybráno deset pacientů s karcinomem nosohltanu. Pro každého pacienta byly vytvořeny dvě sady tělesných kontur. Jedna neobsahovala imobilizační zařízení a druhá sada imobilizační zařízení obsahovala. U každého pacienta bylo provedeny výpočty

dávky pro dvě sady kontur stejného 9- polového plánu IMRT, který byl zaznamenán jako Plan- a Plan +. Rozdíl v dávce způsobený imobilizačními zařízeními na hlavě a krku byl vyhodnocen porovnáním výsledků parametrů histogramu a objemu dávky (DVH) a odečtením plánu. K ověření výpočtu dávky byly použity gafchromický film EBT3 a antropomorfní fantom.

Výsledky: Cílové pokrytí a průměrná dávka Plan + byly nižší než u Plan-: míry pokrytí předepsané dávky pro PTVnx, PTVnd, PTV1 a PTV2 se snížily o 2,4 %, 9,9 %, 1,5 % a 3,6 %, respektive průměrné dávky byly sníženy o 0,9 %, 1,9 %, 1,1 % a 1,5 %. Dávky v kritických orgánech nevykazovaly žádné významné rozdíly ani mírné snížení (maximální snížení průměrné dávky bylo 1,7 %). Z měření EBT3 byla dávka kůže na zadním krku zvýšena přibližně o 53 %.

Závěr: Útlum a bolusové účinky imobilizačního zařízení hlavy a krku snižují míru pokrytí dávky a průměrnou dávku plánovaných cílových objemů u karcinomu nosohltanu a vedou ke zvýšení dávky kůže. Během plánování léčby a výpočtu dávky by mělo být imobilizační zařízení zahrnuto do tělesného obrysu, aby se zohlednil útlum dávky a zvýšení dávky na kůži.

[20]

Tab. 1: Studie zabývající se fixačními pomůckami v oblasti hlavy a krku

Číslo	Otázky	Studie 1	Studie 2	Studie 3
1	Použité fixační pomůcky	Termoplastické masky	Maska fixující pouze bradu a čelo	Termoplastická maska
2	Druh Radioterapie	neuveдено	IMRT	IMRT
3	Druh karcinomu	Primární mozkový tumor	Hlavy a krku-nespecifikováno	Karcinom nosohltanu
4	Počet pacientů	20	20	10
5	Rok provedení studie	2005	2018	2018
6	Hodnotící parametry studie	CC 1,59 mm±0,44 mm LL 1,53 mm±0,50 mm AP 1,25 mm±0,39 mm	Ver. -0,51±2,42mm Long. -0,49± 3,30mm Lat. 0,23 ± 2,58mm Rot. -0,15 ± 1,01° Pitch -0,02 ± 1,19° Roll 0,06 ± 1,08 °	PTVnx= 0,9 % PTVnd= 1,9 % PTV1= 1,1 % PTV2= 1,5 %

3.2.2 Studie zabývající se fixačními pomůckami v oblasti prostaty

4. Interfractional Variability in Intensity-Modulated Radiotherapy of Prostate Cancer With or Without Thermoplastic Pelvic Immobilization

Studie vyšla v roce 2013 od autorů: J. A. Lee, C. Y. Kim, Y. J. Park, W S Yoon, N. K. Lee, D. S. Yang. Stanovuje variabilitu chyb polohy pacienta spojenou s metodou IMRT. Posuzuje dopad termoplastické imobilizace pánve.

Metody: Výzkum probíhal od února 2012 do června 2012 a analyzoval záznamy 314 relací IMRT u 19 pacientů s rakovinou prostaty, provedených s imobilizací nebo bez imobilizace v Korejské nemocnici. Obrazy kV CBCT byly porovnány s obrazy počítačové tomografie (CT), aby se stanovila variabilita simulace k léčbě. Byly měřeny posuny podél x (laterálních) -, y (podélných) a z (vertikálních) dále posun ax v trojrozměrném (3D) vektoru.

Výsledky: Pro imobilizovanou skupinu se naměřily se tyto chyby $0,46 \pm 1,75$ mm podél osy x, $-0,35 \pm 3,83$ mm podél osy y, $0,20 \pm 2,75$ mm podél osy z a $4,05 \pm 3,02$ mm ve 3D vektoru. Ty z neimobilizované skupiny byly $-1,45 \pm 7,50$ mm podél osy x, $1,89 \pm 5,07$ mm podél osy y, $0,28 \pm 3,81$ mm podél osy z a $8,90 \pm 4,79$ mm ve 3D vektoru. Skupina imobilizovaná pomocí pánevních termoplastů vykazovala sníženou interferenční variabilitu podél osy x a y a ve 3D vektoru ve srovnání s neimobilizovanou skupinou ($p < 0,05$).

Závěr: Metoda IMRT s termoplastickou pánevní imobilizací u pacientů s rakovinou prostaty se zdá být užitečná při stabilizaci interferenční variability během průběhu léčby. [21]

5. A Comparison of Two Systems of Patient Immobilization for Prostate Radiotherapy

Studie vyšla v roce 2014 od autorů: Peter White, Chui Ka Yee, Lee Chi Shan, Lee Wai Chung, Ng Ho Man, Yik Shing Cheung. Zabývá se reprodukovatelností různých imobilizačních systémů, které mohou ovlivnit chyby v nastavení pacienta. Jednalo se o polohování pacienta pomocí Hipfix a celotělového systému Alfa s ohledem na lokalizaci prostaty zkoumala hranice CTV- PTV.

Metody: Z dvou různých nemocnic byla náhodně vybraná data 40 pacientů T1-T3 nádory prostaty. Dvacet pacientů bylo fixováno pomocí Hipfix a 20 pomocí celotělové Alfy. Od každého pacienta bylo shromážděno sedm nastavení anterior-posterior (AP), cranial-caudal (CC) and medial-lateral (ML). Reprodukovatelnost polohy byla v obou nemocnicích

porovnávána pomocí parametru total vector error (TVE). Výsledné hodnoty byly porovnány se současnými hodnotami CTV-PTV v obou nemocnicích.

Výsledek: Hodnoty TVE byly 5,1 a 2,8 mm pro systémy Hipfix a celotělovou alfu. Bylo zjištěno, že TVE spojená se systémem celotělové Alfy je významně nižší než systém Hipfix ($p < 0,05$). Osa CC v systému Hipfix dosáhla nejvyšší frekvence velkých (23,6 %) a závažných (7,9 %) chyb nastavení. Vypočítaná rezerva CTV na PTV byla 8,3, 1,9 a 2,3 mm pro systém Hipfix a 2,1, 3,4 a 1,8 mm pro celotělovou alfu v osách CC, ML a AP. Vypočtení hodnoty kromě jedné (osa CC pomocí Hipfixu) nepřesáhla odpovídající nemocniční protokol. Bylo zjištěno, že systém celotělové Alfy je z hlediska reprodukovatelnosti výrazně lepší než systém Hipfix ($p < 0,05$), zejména v ose CC.

Závěry: Celý systém celotělové alfy byl reprodukovatelnější než systém Hipfix. K výsledkům nejvíce přispěl zejména rozdíl v ose CC a současný limit CC pro systém Hipfix by mohl být považován za nedostatečný. [22]

6. Comparison of interfractional setup reproducibility between two types of patient immobilization devices in image-guided radiation therapy for prostate cancer

Studie vyšla v roce 2018 od autorů: Shoki Inui, Yoshihiro Ueda, Shingo Ohira, Masaru Isono, Akira Masaoka, Seiya Murata, Yuya Nitta, Tsukasa Karino, Masayoshi Miyazaki, Teruki Teshima. Cílem této studie je porovnat reprodukovatelnost nastavení dvou typů zařízení imobilizujících pacienty pro rakovinu prostaty, která jsou léčena obrazem naváděnou radiační terapií (IGRT).

Metody: Od roku 2007 do roku 2016 bylo použita metoda IGRT na 72 pacientů s rakovinou prostaty T1-T3. 24 pacientů bylo fixováno na speciálně tvarovaném polštáři MOLDCARE (MC), další pacienti byli fixováni na vakuových podložkách BlueBAG (BB) konkrétně 24 a 24 pacientů na Vac-Lock (VL). Před samotným ozářením byl proveden záznam o poloze kostí pomocí digitálně rekonstruovaných rentgenových snímků. Posuny stolu byly zaznamenány jako měřítko a analýza. Kontrola měkkých tkání byla prováděna jednou týdně na CT.

Výsledky: Ve směru superior-inferior u pravé a levé strany nedošlo k téměř žádným změnám v celkovém průměru fixačních pomůcek. Ve směru anterior-posterior (AP) byl celkový průměr pro MC, BB a VL $0,34 \pm 1,33$, $-0,47 \pm 1,27$ a $-1,82 \pm 1,65$ mm. Průměrné posuny ve směru AP byly přibližně o 1 mm větší u pacientů imobilizovaných na BlueBAG a o 2,5 mm

větší u pacientů na Vac-Lock ve srovnání s těmi na MOLDCARE. Tyto rozdíly byly vidět už po dvaceti ozářeních. U pacientů imobilizovaných na těchto fixačních pomůckách nebyly zaregistrovány žádné významné změny u ozáření měkkých tkání.

Závěr: Lze tedy učinit závěr, že hlavní rozdíly ve vakuové fixaci byly způsobeny únikem vzduchu při druhé polovině frakcí a typ imobilizačního zařízení nemá žádný vliv na reprodukovatelnost polohy v IGRT. [23]

7. Immobilization versus no immobilization for pelvic external beam radiotherapy

Studie vyšla v roce v roce 2018 od autorů: Avinash H. Udayashankar , Shibina Noorjahan , Nirmala Srikantia, K. Ravindra Babu a Sandeep Muzumder. Cílem bylo najít co nejvíce reprodukovatelnou techniku imobilizace během pánevní radioterapie a rozdíly mezi imobilizací nebo žádnou imobilizací. Možnosti v poloze pacienta jsou hlavním problémem při radioterapii pro pánevní malignity. Větší chyby v nastavení pacienta přimějí radiačního onkologa k tomu, aby poskytl větší okraje plánovaného cílového objemu (PTV), tj. ozářil více zdravých tkání. Menší okraje PTV mohou vést k potenciální geografické chybě cílového objemu a mohou vést k opětovnému výskytu. Karcinom děložního děložního čípku, endometria, konečníku a prostaty jsou nejčastějšími maligními onemocněními pánve onkologicky léčené v zemích, jako je například Indie.

Metody: Retrospektivně bylo analyzováno 65 po sobě jdoucích pacientů, kteří podstoupili externí pánevní radioterapii. 30. pacientů bylo ozařováno neimobilizací tedy jen oddělovačem nohou, 21 pacientů celotělovou vakuovou podložkou (VBC) a 14 pacientů šestibodovým aquaplast systémem. Všichni pacienti byli v poloze na zádech s rukama nad hlavou nebo na hrudi na základě pohodlí pacienta. Pro všechny tři techniky byly analyzovány systematické, náhodné chyby a okraje plánovaného cílového objemu (PTV).

Výsledky: Systematické chyby byly nejvyšší u vakuové podložky a náhodné chyby byly nejvyšší ve skupině aquaplast systému. Systematické i náhodné chyby byly nejnižší u pacientů léčených neimobilizací. 3D systematická chyba (mm, průměr \pm 1SD) byla $4,31 \pm 3,84$, $3,39 \pm 1,71$ a $2,42 \pm 0,97$ pro VBC, aquaplast a neimobilizaci. 3D náhodná chyba (mm, 1SD) byla $2,96$, $3,59$ a $1,39$ pro VBC, aquaplast a neimobilizaci. Rozdíly byly statisticky významné mezi všemi třemi skupinami. Vypočtené lemy PTV byly nejmenší pro techniku bez imobilizace s osami $4,56$, $4,69$ a $4,59$ mm v osách x, y a z.

Závěr: Mezi těmito třemi technikami byla technika neimobilizace pouze s oddělovačem nohou nejvíce reprodukovatelná technika s nejmenšími okraji PTV. Z pochopitelných důvodů je tedy tato technika v rozvojových zemích nejméně časově náročná a ekonomicky nejvýhodnější. [24]

Tab. 2: Studie zabývající se fixačními pomůckami v oblasti prostaty

Číslo	Otázky	Studie 4	Studie 5	Studie 6	Studie 7
1	Použité fixační pomůcky	Termoplastická pánevní fixace	Hipfix a celotělová alfa	Moldcare, BlueBag, Vac-lock	Aquaplast a vakuová podložka
2	Druh radioterapie	IMRT	neuveдено	IMRT	3DCRT
3	Druh karcinomu	Prostaty	Prostaty	Prostaty	Pánve
4	Počet pacientů	19	40	72	65
5	Rok provedení studie	2013	2014	2018	2018
6	Hodnotící parametry studie	3D vektor u imob. Pacienta: 4,05 ± 3,02 mm 3D vektor u neimob.pacienta: 8,90 ± 4,79 mm	Hipfix- CC- 8,3mm Hipfix- ML- 1,9mm Hipfix- AP- 2.3mm Alfa- CC- 2,1mm Alfa- ML- 3,4mm Alfa- AP- 1,8mm	∅ MC- AP 0,34 ± 1,33 mm ∅ BB-AP -0,47 ± 1,27 mm ∅ VL- AP- 1,82 ± 1,65 mm	PTV x= 4,56 mm PTV y= 4,69 mm PTV z= 4,59 mm

4 DISKUZE

Mým cílem v praktické části bylo porovnání vybraných studií. Rozdělil jsem je na dvě části. První část se zabývá fixačními pomůckami v oblasti hlavy a krku a druhá část fixačními pomůckami pro prostatu. Ve studii z roku 2005 vedenou MUDr. Macháňovou (viz. [18]) jsme se dozvěděli, že tříbodová fixační maska je zcela dostačující pro mozkové nádory s minimálním pohybem do 2,53 mm, což je doporučený maximální posun. U všech zkoumaných objektu ve všech směrech nedošlo k překročení této hodnoty a tříbodová maska byla prokázána jako dostatečná. Další zařazená studie od pana Zhao z roku 2018 (viz [19]), ukazuje pokrok radioterapie s naváděným optickým obrazem. U masek s minimální imobilizací (fixující čelo a bradu) byla potvrzena proveditelnost spojená s touto metodou. Pacienti tento druh fixace uvítali. Jejich pohodlí bylo jeden z hodnocených parametrů studie vyhodnocených za pomoci dotazníků. Poslední zařazené studie zabývající se fixačními pomůckami pro hlavu a krk od Li Chena z roku 2018 (viz. [20]), se testovaly dozimetrické účinky imobilizačních zařízení s metodou IMRT. Zařazena byla z důvodu ucelení náhledu na věc. Posun je důležitým parametrem, který je potřeba hlídat při ozařování z důvodu správného zacílení terapie, důležité je ale zejména to, aby v cílovém objemu bylo dosaženo žádoucí dávky ozáření a při tom byly zdravé tkáně co nejvíce ochráněny. Zde se potvrdil útlum a bolusové účinky imobilizačního systému, které snižují dávku pro cílový objem, ale vedou k navýšení dávky pro kůži. Proto je důležité již při plánování terapie zahrnout do výpočtů správné dávky a voleného paprsku imobilizační pomůcky pro co nejlepší efekt terapie.

Pro problematiku ozařování karcinomu prostaty byly vybrány čtyři články porovnávající různé fixační pomůcky. Studie od J. A. Lee z roku 2013 (viz. [21]) analyzovala 314 záznamů IMRT u 19 pacientů s karcinomem prostaty. Tuto studii jsem zvolil, aby bylo znázorněno, jak velké rozdíly jsou u imobilizovaného pacienta pomocí termoplastu nebo u neimobilizovaného pacienta. Z výzkumu vyplývá, že fixace má přínos. Proto byla zvolena další studie, jejímž autorem je Peter White a je z roku 2014 (viz. [22]), porovnává pomůcky s názvem HipFix z termoplastického materiálu a celotělového systému alfa. Pro porovnání bylo vybráno 40 pacientů z toho půlka byla léčena jednou z těchto pomůcek. V porovnání vyšel celotělový fixační systém alfa výrazně lépe, hlavně v reprodukovatelnosti a velkém rozdílu v ose cranial-caudal (CC), oproti systému Hipfix. Studie Shokia Inuia z roku 2018 (viz. [23]) porovnává 3 různé pomůcky: Speciální polštář Moldcare a dvě vakuové podložky BlueBAG a Vac-Lock (všechny jsou podobného charakteru jako celotělový fixační systém alfa). Výzkum byl aplikován na 72 pacientů s karcinomem prostaty. Pacienti byli rozděleni do

skupin po 24 s tím, že na každou skupinu byla použita jedna z uvedených fixačních pomůcek. Ve směru superior-inferior (SI) nedošlo u žádné z pomůcek k výraznějším změnám. Rozdíl nastal ve směru anterior-posterior (AP), kde nejlépe vyšla nevakuová podložka. U vakuových podložek byly posuny ve srovnání s Moldcare, 1 mm u BlueBag a 2,5 mm u Vac-lock. Rozdíl u vakuových podložek se připisuje hlavně úniku vzduchu už po 20 sérii frakce. Z celkového hlediska, ale nevyšla statisticky významná odlišnost mezi třemi porovnávanými. Jejich použití je tedy rovnocenné. Poslední zařazená studie z roku 2018 (autor A. H. Udayeshankar, viz [24]) se zabývá jaká fixační pomůcka, je z hlediska časového a ekonomického hlediska nejvýhodnější, pro radioterapii v oblasti pánve. Zařazena byla z pragmatického hlediska každodenního používání a také protože porovnávací vakuovou fixační pomůcku, termoplastickou, aquaplast a neimobilizovaného pacienta. Analyzováno bylo 65 po sobě jdoucích pacientů. Neimobilizováno (pouze s oddělovačem nohou) bylo 30 pacientů, vakuovým vakem celého těla bylo léčeno 21 pacientů a systémem aquaplast 14 pacientů. Pro všechny tři techniky byly následně analyzovány chyby a okraje plánovaného cílového objemu (PTV). Nejvíce reprodukovatelná poloha s nejmenšími okraji PTV byla poloha bez imobilizačního systému pouze s oddělovačem nohou. Z pochopitelných důvodů se tato nebo podobná technika používá v rozvojových zemích.

5 ZÁVĚR

V teoretické části bylo cílem mé bakalářské práce popsání typů fixačních pomůcek, popis přípravy jednotlivých pomůcek a indikace pomůcek pro 3 vymezené oblasti (prostaty, prsu, hlavy a krku). V práci se nejprve věnuji anatomii daných struktur. Popsal jsem jednotlivé karcinomy, TNM klasifikaci a jejich diagnózu. Dále se zaměřuji na fixaci a správnou polohu při vybraném typu karcinomu. U fixačních pomůcek se podrobně zabývám jejich druhy, indikaci a přípravou. To vše jde ruku v ruce s metodami radioterapie. Z tohoto důvodu se poslední teoretická část zaměřuje na vývoj radioterapie, konformní radioterapii, radioterapii s modulovanou intenzitou svazku (IMRT), objemově modulovanou radioterapii kyvem (VMAT), radioterapii řízenou obrazem (IGRT), řízené dýchání s využitím 4D a stereotaktickou radioterapii.

Cílem praktické části bylo porovnáním vybraných studií a jejich interpretaci. Studie byly rozděleny na dvě části. První část se věnovala fixačním pomůckám v oblasti hlavy a krku. Druhá část se věnovala fixačním pomůckám v oblasti prostaty. Studie byly jednotlivě vypsány a porovnány v tabulce, podle předem určených otázek. V diskuzi se věnuji srovnání a interpretací jednotlivých studií.

Z výsledků mé práce vyplynula současná nepostradatelnost fixačních pomůcek. Díky nim je možné pacienta ochránit před zbytečně vysokou dávkou ozáření a zabránit ozáření zdravých struktur. Spolu s moderními metodami léčby zajišťují přesnost v řádu několika milimetrů (do 2,53 mm u hlavy a krku a do 2,0 mm u prostaty). Na druhé straně mají i své nedostatky. K těm podstatnějším patří: prodloužení času pro přípravu ozáření, změnu dávky na kůži, psychické problémy (klaustrofobie), riziko záměny pacienta a náklady spojené s léčbou. Za poslední desetiletí udělaly, spolu s fixačními pomůckami, ohromný krok dopředu nové metody radioterapie, které jsou dostupnější a propracovanější. Všechny zmíněné body hrají důležitou roli pro radiačně-onkologický tým specialistů a pro úspěšnou léčbu pacienta.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Výskyt nádorů sice výrazně stoupá, úmrtnost ale klesá. Velký potenciál má imunoterapie [online]. 2019 [cit. 2020-06-8]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/2713220-vyskyt-nadoru-sice-vyrazne-stoupa-umrtnost-ale-klesa-velky-potencial-ma-imunoterapie>
- [2] GRIM, Miloš a Rastislav DRUGA. Základy anatomie. Praha: Galén, c2005. ISBN 80-7262-302-8
- [3] NOVOTNÝ, Jan, Pavel VÍTEK a Zdeněk KLEIBL. Onkologie v klinické praxi: standardní přístupy v diagnostice a léčbě vybraných zhoubných nádorů. 3., přepracované a doplněné vydání. Praha: Mladá fronta, 2019. Aeskulap. ISBN 978-80-204-5103-3
- [4] ŠLAMPA, Pavel a Jiří PETERA. Radiační onkologie. Praha: Galén, c2007. ISBN 978- 80-7262-469-0
- [5] KURFÜRSTOVÁ, Daniela a Milan KRÁL. Adenokarcinom prostaty a hodnocení stupně jeho diference: změny v hodnocení Gleasonova skóre od jeho vzniku po současnost a jeho význam pro praxi patologa a urologa. Urologie pro praxi. 2013, 2013(14 (4)).
- [6] ČIHÁK, Radomír, DRUGA, Rastislav a Miloš GRIM, ed. Anatomie. 2., upr. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2004. ISBN isbn978-80-247-1132-4
- [7] HLOCH Ondřej, Propedeutika vyšetření prsu. [online]. [cit. 28. 1. 2020]. Dostupné z: <http://new.propedeutika.cz/?p=223>
- [8] NOVOTNÝ, Jan, Pavel VÍTEK a Zdeněk KLEIBL. Onkologie v klinické praxi: standardní přístupy v diagnostice a léčbě vybraných zhoubných nádorů. 3., přepracované a doplněné vydání. Praha: Mladá fronta, 2019. Aeskulap. ISBN 978-80-204-5103-3
- [9] SÚJB, 2014. Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů IZ v radioterapii: Bezpečné používání moderních radioterapeutických metod. [online] Praha: Státní úřad pro jadernou bezpečnost [cit.15.4.2020]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/lekarske_ozareni/doporuceni_RT/Doporuceni_Bezpecnost_2014.pdf
- [10] DOROTÍK, Jan. Radioterapeutické přístroje. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2007. ISBN 978-80-248-1376-9.

- [11] HALPERIN, Edward C., Carlos A. PEREZ, Luther W. BRADY a David E. WAZER. Perez & Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology. 7. United States: Lippincott Williams and Wilkins, 2018. ISBN 9781496386793.
- [12] Civco Radiotherapy [online]. [cit. 2020-06-09]. Dostupné z: <https://civcort.com/ro/products.htm>
- [13] DOLEŽEL, Martin. Cílená radioterapie karcinomu prostaty. Hradec Králové: Nucleus HK, 2011. ISBN 978-80-87009-81-9.
- [14] ŠOUKALOVÁ, Hana, Jitka HOLUBOVÁ, Jana KŘÍŽOVÁ, Hana NEKVAPILOVÁ a Jana GOMBOŠOVÁ. Standardní polohy při zevní radioterapii systémem „All in One“. Linkos [online]. 2008, 2008, 1 [cit. 16. 4 .2020]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/standardni-polohy-pri-zevni-radioterapii-systemem-all-in-one/>
- [15] BEDNÁŘOVÁ, Zdeňka a Eva BARTOŇOVÁ. Stereotaktická radiochirurgie mozkových nádorů z pohledu zdravotní sestry. Linkos [online]. 2008, 2008(1), 1 [cit. 25. 4. 2020] Dostupné z: <https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/stereotakticka-radiochirurgie-mozkovych-nadoru-z-pohledu-zdravotni-sestry/>
- [16] ŠLAMPA, Pavel. Konformní radioterapie. Linkos.cz [online]. [cit. 2020-06-06]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/pacient-a-rodina/lecba/jak-se-lecit/radioterapie-ozarovani/konformni-radioterapie/>
- [17] ŠLAMPA, Pavel. Nové techniky radioterapie. Linkos.cz [online]. 2017 [cit. 25. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/pacient-a-rodina/lecba/jak-se-lecit/radioterapie-ozarovani/nove-techniky-radioterapie/>
- [18] MACHÁŇOVÁ, Magda, Jana CVEJNOVÁ, Lenka JANEČKOVÁ a Eva PLAČKOVÁ. Fixace hlavy při radioterapii mozkových nádorů. Zkušenosti s fixací termoplastickými maskami při vyhodnocování portálovým zobrazováním. Linkos.cz [online]. 2005 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/fixace-hlavy-pri-radioterapii-mozkovych-nadoru-zkusenosti-s-fixaci-termoplastick/>

- [19] ZHAO, Bo, Genevieve MAQUILAN, Steve JIANG a David L. SCHWARTZ. Minimal Mask Immobilization With Optical Surface Guidance for Head and Neck Radiotherapy. Pubmed.gov [online]. 2018 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29119677/>
- [20] CHEN, Li, Ying-Lin PENG, Shi-Young GU, Hui SHEN, Dan-Dan ZHANG, Wen-Zhao SUN, Jian-Hua WU a Xiao-Wu DENG. Dosimetric Effects of Head and Neck Immobilization Devices on Multi-field Intensity Modulated Radiation Therapy for Nasopharyngeal Carcinoma. Ncbi.nlm.nih.gov [online]. 2018 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6036882/>
- [21] LEE, J. A., C. Y. KIM, Y. J. PARK, W. S. YOON, N. K. LEE a D. S. YANG. Interfractional Variability in Intensity-Modulated Radiotherapy of Prostate Cancer With or Without Thermoplastic Pelvic Immobilization. Pubmed.gov [online]. 2014 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24343757/?from_term=immobilization%20radiotherapy%20prostate&from_pos=5&fbclid=IwAR0ATSPHZTtETmxTlk_05vKXcuI2hSjAICWP8Nua9hG0_khoQcKt1C7wltk
- [22] WHITE, Peter, Chui Kaa YEE, Lee Chi SHAN, Lee Wai CHUNG, Ng Ho MAN a Yik Shing CHEUNG. A Comparison of Two Systems of Patient Immobilization for Prostate Radiotherapy. Pubmed.gov [online]. 2014 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24447702/?fbclid=IwAR3d8IIzfpQU7BpeB80zCtU6QIGbMNsXGaiBYo_V_Rpbh46WBaJ1Q5iDysg
- [23] INUI, Shoki, Yoshihiro UEDA, Shingo OHIRA, et al. Comparison of interfractional setup reproducibility between two types of patient immobilization devices in image-guided radiation therapy for prostate cancer. Journal of Medical Physics [online]. 2018 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: <http://www.jmp.org.in/article.asp?issn=0971-6203;year=2018;volume=43;issue=4;spage=230;epage=235;aulast=Inui>
- [24] UDAYASHANKAR, Avinash H., Shibina NOORJAHAN, Nirmala SRIKANTIA, K. Ravindra BABU a Sandeep MUZUMDER. Immobilization versus no immobilization for pelvic external beam radiotherapy. Ncbi.nlm.nih.gov [online]. 2018 [cit. 2020-06-08]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6035901/?fbclid=IwAR2UHPSX0D_gZfEQuBmyW3TOzV770LwmJ5C-TJnPP10x-bVPnImThHtw4