

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023/2024

Karolína Michaličková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Použití intravenózní kontrastní látky při plánovacím CT vyšetření v radioterapii

Bakalářská práce

2023/2024

Karolína Michaličková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Karolína Michaličková**
Osobní číslo: **Z21217**
Studijní program: **B0914P360014 Radiologická asistence**
Téma práce: **Použití intravenózní kontrastní látky při plánovacím CT vyšetření v radioterapii**
Téma práce anglicky: **Use of intravenous contrast agent in planning CT scan in radiotherapy**
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. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

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

Seznam doporučené literatury:

- BINAROVÁ, Andrea, 2010. *Radioterapie*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií. 251 s. ISBN: 978-80-7368-701-4.
- HENDEE, William R. a E. Russell RITENOUR, 2002. *Medical imaging physics*. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. 536s. ISBN: 0-471-38226-4.
- KUBECOVÁ, M. et. al. 2011. *ONKOLOGIE: Učební texty pro studenty 3. lékařské fakulty UK*. Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta, Radioterapeutická a onkologická klinika 3.LF a FNKV. 178s. ISBN 978-80-254-9742-5.
- MALÍKOVÁ, Hana, 2022. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. 120s. ISBN 978-80-246-5190-3.
- MINOGUE, S. et al., 2019. *Intravenous contrast media in radiation therapy planning computed tomography scans – Current practice in Ireland*. Technical innovations & patient support in radiation oncology [online]. [Oxford]: Elsevier B.V., 16 (12), 3-15 [cit. 2023-02-08]. ISSN: 2405-6324. DOI: 10.1016/j.tipsro.2019.11.002.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Grepl, Ph.D.**
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. dubna 2024**

doc. RNDr. ThLic. Karel Sládek, Ph.D., MBA v.r.
děkan

L.S.

Mgr. Zuzana Červenková, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. března 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji:

Práci s názvem „Použití intravenózní kontrastní látky při plánovacím CT vyšetření v radioterapii“ jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., 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 25. 09. 2023

Karolína Michaličková v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Jakobovi Greplovi, Ph.D. za jeho cenné rady, ochotu, čas, trpělivost, příjemnou spolupráci a především odborné vedení, po celou dobu psaní této bakalářské práce.

Dále bych také ráda poděkovala své rodině, která mi byla vždy oporou.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá využíváním intravenózních kontrastních látek při plánovacím CT vyšetření v radioterapii. V teoretické části se zabývá popisem CT přístroje, CT simulátory a jejich konstrukcí, procesem plánování v radioterapii – zaměřovacími a plánovacími systémy, národními radiologickými standardy pro výpočetní tomografii a radiační onkologii, a intravenózními kontrastními látkami, V praktické části se poté zabývá vyhodnocením dat získaných z rozeslaného dotazníkového šetření, týkajícího se využívání IVK při plánovacím CT vyšetření v radioterapii.

KLÍČOVÁ SLOVA

Intravenózní kontrastní látky, plánovací CT vyšetření, CT vyšetření v radioterapii, plánování radioterapie, národní radiologické standardy, CT simulátory v radioterapii.

TITLE

Use of intravenous contrast agent in planning CT scan in radiotherapy.

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the use of intravenous contrast agents in planning CT examinations in radiotherapy. The theoretical part tackles the question of description of CT ports, CT simulators and their construction, the planning process in radiotherapy - targeting and planning systems, national radiological standards for computed tomography and radiation oncology and intravenous contrast agents. The practical part then deals with the evaluation of data obtained from a questionnaire survey sent out regarding the use of IVC in planning CT examinations in radiotherapy.

KEYWORDS

Intravenous contrast agents, planning CT examinations, CT examinations in radiotherapy, radiotherapy planning, national radiological standards, CT simulators in radiotherapy.

OBSAH

Úvod	11
1 Cíle a metody práce	12
1.1 Cíl práce	12
1.2 Metody k dosažení cíle	12
Teoretická část.....	13
2 Využití výpočetní tomografie v radioterapii	13
2.1 Výpočetní tomografie	13
2.2 Kontraindikace k vyšetření výpočetní tomografií.....	16
2.3 Simulátory v radioterapii	16
2.4 CT simulátor	17
2.4.1 CT simulátor konstrukce:	17
2.5 Budoucnost simulátorů v radioterapii.....	18
3 Plánování v radioterapii.....	19
3.1 Zaměřovací systémy v radioterapii.....	19
3.2 Plánovací systém v radioterapii	19
3.2.1 Objemy v radioterapii.....	20
3.3 Postup při simulaci na CT simulátoru:	21
3.4 Ozařovací předpis	21
4 Kontrastní látky	22
4.1 Dělení kontrastních látek	22
4.2 Jodové kontrastní látky	22
4.2.1 Zásady podání jodových kontrastních látek	22
4.2.2 Nežádoucí účinky jodových kontrastních látek.....	23
4.2.3 Kontraindikace.....	24
5 Národní radiologické standardy	26
5.1 Národní radiologické standardy – výpočetní tomografie	26

5.2	Národní radiologické standardy – radiční onkologie	27
	Výzkumná (praktická) část	28
6	Metodika výzkumné (praktické) části	28
6.1	Popis a výběr respondentů šetření	28
6.2	Používané metody	29
6.3	Sběr dat	29
6.4	Výsledky	30
6.4.1	Použití JKL	30
6.4.2	Bezpečnost pacienta při aplikaci JKL	32
6.4.3	Jiné možnosti a budoucnost vývoje JKL	35
6.4.4	Národní radiologické standardy	37
7	Diskuze	39
8	Závěr	43
9	Použitá literatura	45
9.1	Primární zdroje	45
9.2	Internetové zdroje	46
10	Přílohy	47

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 - Výpočetní tomografie (Klinika onkologie a radioterapie ve FNHK, 2024).....	16
Obrázek 2 - Objemy v radioterapii (Halperin, E. et.al. 2018, s. 232).....	20
Obrázek 3 - Využívání JKL při plánovacím CT vyšetření.....	30
Obrázek 4 - Pravidelnosti využívání JKL v jednotlivých KOC	31
Obrázek 5 - Důvody nevyužívání JKL	31
Obrázek 6 - Množství pacientů podstupující plánovací CT vyšetření.....	31
Obrázek 7 - Množství pacientů podstupující plánovací CT vyšetření s JKL	32
Obrázek 8 - Lokality s možností využití JKL	32
Obrázek 9 - Zavádění kanyly pacientům před aplikací JKL	33
Obrázek 10 - Aplikace JKL	34
Obrázek 11 - Kontrola funkce ledvin před aplikací JKL.....	34
Obrázek 12 - Zodpovědnost za správné provedení kontroly funkce ledvin	34
Obrázek 13 - Metody kontroly funkce ledvin	35
Obrázek 14 - Opodstatnění a benefity využití JKL	35
Obrázek 15 - Využití dalších technik vyšetření.....	36
Obrázek 16 - Postupy, když nelze využít JKL	36
Obrázek 17 - Informovaný souhlas s vyšetřením	37
Obrázek 18 - Budoucí vývoj využívání JKL	37
Obrázek 19 - Zpracování místních radiologických standardů.....	38
Obrázek 20 - Zavedení národních radiologických standardů.....	38
Obrázek 21 - Dostatečnost standardů	38

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CT	Výpočetní tomografie
IGRT	Radioterapie řízená obrazem
KL	Kontrastní látky
IVK	Intravenózní kontrastní látka
JKL	Jodová kontrastní látka
LO	Lékařské ozáření
RT	Radioterapie
SÚJB	Státní úřad jaderné bezpečnosti
ČLS JEP	Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně
KOC	Komplexních onkologických centrech
SSD	Skin source distance (ohnisko – kůže)
GTV	Gross tumor volume
CTV	Clinical target volume
ITV	Internal target volume
PTV	Planning target volume
TV	Treated volume
IV	Irradiated volume
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
HU	Hounsfieldovy jednotky
VB	Velká Británie
ČR	Česká republika
PET	Pozitronová emisní tomografie

ÚVOD

V dnešní době umožňuje obrazem řízená radioterapie (IGRT) zobrazování polohy pacienta během celého procesu radioterapie (RT) pomocí různých zobrazovacích modalit. To zahrnuje jak diagnostiku, zobrazení, vymezení cílového objemu během léčby, tak i geometrické ověření správné polohy pacienta před a v některých případech i během samotného ozařování.

Cílem veškeré RT léčby je dodat přesnou dávku záření do vymezené oblasti tumoru a zároveň minimalizovat dávku okolním zdravým strukturám ohrožených orgánů. Zakreslování potřebných struktur se provádí na CT plánovacích skenech. Dále CT zobrazování zůstává zlatým standardem zobrazovacích modalit při plánování RT díky své schopnosti převádět Hounsfielfovy jednotky na elektronové hustoty, které umožňují výpočty dávek v plánovacích systémech.

Nicméně jedno omezení CT zobrazování a plánování má a tím je nižší kontrast měkkých tkání ve srovnání s jinými zobrazovacími modalitami. Suboptimální obrazy poté mohou vést k nejistotám a nekonzistentnostem v zakreslování struktur.

V dnešní době lze již ale toto omezení překonat a to za předpokladu využití intravenózních kontrastních látek (IVK) během plánovacího CT, které vede ke zvýšení kontrastu měkkých tkání (odlišením vaskulárních a nevaskulárních tkání). Toto řešení umožňuje optimalizaci zobrazení cílového objemu, zlepšení vizualizace a jasnější vymezení rizikových orgánů.

Využití IVK během CT vyšetření není žádnou novinkou a v radiologii se používá již několik desetiletí, nicméně navzdory tomuto známému přínosu neexistují dodnes žádné národní standardy, které by sjednotily, jak a kdy je vhodné IVK při plánovacím CT využívat.

Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí, a to teoretické a výzkumné. Teoretická část spočívá v seznámení s plánovacím CT vyšetřením, KL, jejich prospěchem a specifiky spojenými s jejich využíváním. Výzkumná část zahrnuje studii založenou na dotazníkovém šetření, které se věnuje dané problematice.

1 CÍLE A METODY PRÁCE

1.1 Cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je popis a seznámení s možností využití IVK při plánovacím CT vyšetření v RT. Dalším cílem poté zůstává zhodnocení využívání IVK při plánovacím CT vyšetření v jednotlivých komplexních onkologických centrech po celé České republice (ČR) pomocí dotazníkového šetření a zhodnocení shody současné praxe se stávajícími národními standardy souvisejícími s touto oblastí.

1.2 Metody k dosažení cíle

Teoretická část se zabývá podrobným popisem plánovacího CT vyšetření a také se samotnými IVK, jejich využitím a specifiky pro jejich využívání. Informace v této části práce jsou průřezem současné odborné literatury věnující se tomuto tématu.

Výzkumná část je založena na dotazníkovém šetření a analýze dat z komplexních onkologických center v ČR. Dotazník je koncipován na základě podobných šetření, která v minulosti proběhla v jiných evropských zemích a jejichž výsledky byly publikovány v recenzovaných časopisech.

TEORETICKÁ ČÁST

2 VYUŽITÍ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE V RADIOTERAPII

Tato část shrnuje základní informace o RT, CT vyšetření, výpočetní tomografii (CT), CT simulátorech a jejich konstrukci, plánovacích systémech, národních radiologických standardech a kontrastních látkách, jejich využití, podání, kontraindikací a možných nežádoucích účinků.

Radioterapie, neboli radiační onkologie je medicínský obor, zabývající se účinky ionizujícího záření a jeho využitím při léčbě pacientů s nádorovým onemocněním. V dnešní době představuje jednu z nejvíce využívaných modalit při léčbě maligních či benigních onemocnění a u pacientů s nevléčitelnými chorobami také v paliativní péči. K léčbě pacientů se tato modalita může využívat buď samostatně jen s využitím ionizujícího záření, nebo v kombinaci s jinými léčebnými metodami. (Spurný a Šlampa, 1999, s. 4)

RT je poměrně mladým medicínským oborem. Pro jejíž rozvoj byl nejdůležitější objev paprsků X, který učinil německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen dne 8. listopadu 1895 při pokusech s katodovou trubicí. Za tento objev později v roce 1901 získal Nobelovu cenu za fyziku. Brzy po objevení paprsků X bylo zjištěno, že toto záření se dá lehce využívat i k léčebným účelům. První pokusy léčby rakoviny kůže a prsu byly provedeny jen pár let po objevení a již v roce 1903 byl publikován článek o léčbě nádorů pomocí rentgenových paprsků, v němž byl popsán jak paliativní efekt radioterapie, tak i případy, kdy byla rakovina vyléčena úplně. (Kubecová, M. et al., 2011, s.11)

Dalším významným mezníkem pro RT byl rok 1896, kdy Henri Becquerel objevil přirozenou radioaktivitu, a rok 1898, kdy Marie Curie-Sklodovská objevila rádium a polonium. Poté se po Mezinárodním onkologickém kongresu v Paříži v roce 1922 RT stala samostatným lékařským oborem. (Kubecová, M. et al., 2011, s.11)

2.1 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie je dnes jednou z nejpoužívanějších radiologických vyšetřovacích metod, která vznikla ke konci sedmdesátých let 20.století. Její objevení je přisuzováno hned dvěma mužům a to Britovi Godfrey Newboldu Hounsfieldovi a Američanovi Allanu McLeod Cormackovi, kteří na objevu pracovali nezávisle na sobě ke konci sedmdesátých let 20. století. Oba tyto muži poté v roce 1979 dostali Nobelovu cenu. První CT přístroj byl zprovozněn v roce 1971. Tento přístroj ale zatím dokázal pouze produkovat zobrazení s malou rozlišovací schopností a maticí velikosti 80x80 bodů, kdy jedno zobrazení trvalo v řádech několika minut. S postupem

času došlo ke zkrácení akvizičních časů a k výraznému zvýšení kvality rozlišovacích schopností. První komerční jednotka CT, která byla výhradně určená pouze ke scanu hlavy, byla nainstalována ve Spojených státech amerických již v roce 1973. Ještě téhož roku byl oznámen vývoj celotělového CT scanneru. V ČR bylo první CT uvedeno do provozu ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové roku 1978. S odstupem času se tato metoda stala standardně využívanou metodou po celé ČR. V lednu 2002 se na území ČR nacházelo více jak 100 pracovišť CT. Tato inovativní radiologická zobrazovací metoda přinesla zcela nový pohled na diagnostiku onemocnění v oblasti mozku, páteře, dutiny hrudní či dutiny břišní. (Hendee, 2002, s.252–253; Ferda, J. et al., 2002, s.9–11)

CT přístroj obsahuje dvě základní části: vyšetřovací stůl a gantry. V gantry je uložena rentgenka jakožto zdroj záření a systém detektorů, který snímá zeslabené záření po průchodu pacientem. V gantry CT přístroje byly dříve využívány stacionární rentgenové trubice chlazené olejem, ale dnes se již spíše využívají anodové rentgenové trubice, které dokáží až 10000 otáček za minutu, a které často obsahují pulzní rentgenový paprsek. U detektorů jsou pro účinnost detekce, krátkou dobu odezvy a stabilitu provozu voleny buď plynem plněné ionizační komory obsahující xenon nebo polovodičové detektory. Mezi detektory s pevnou fází pak patří detektory se scintilačním krystalem, s keramickým materiálem, jenž obsahuje oxidy vzácných zemin a umožňuje tak významné snížení absorpce radiační dávky z vyšetření, či detektory z germinátu bismutnatého. (Malíková, H. et al. 2022, s.20; Hendee, 2002, s.258)

Kromě těchto dvou částí k CT přístroji nedílně patří také zdroj vysokého napětí a výpočetní systém, jenž slouží k ovládní přístroje, záznamu hrubých raw dat, rekonstrukci obrazových dat, archivaci obrazů, vyhodnocení a komunikaci s informačními systémy. Všechna tato data jsou již dnes uložena v univerzálně využívaném formátu s názvem DICOM, který umožňuje jejich zpracování na více přístrojích od různých výrobců bez ztráty informací. K vyhodnocení CT vyšetření se využívají paralelní pracovní stanice připojené k místní síti nebo k hlavní paměťové jednotce CT. Tyto paralelní stanice uživatelům systému umožňují zpětnou úpravu obrazů, transformaci či vizualizaci dat. (Ferda, J. et al., 2002, s.12)

Jedná se o zobrazovací metodu využívající denzitometrický princip, kdy je pomocí detekčního systému změřen úbytek záření pohlceného mezi rentgenkou a detektorem. Průřezové obrazy tkáňových struktur jsou tedy rekonstruovány výpočetní technikou podle rozdílné absorpce RTG záření v mnoha různých projekcích. Průřezové obrazy tkáňových struktur jsou zobrazovány v rovině kolmé na dlouhou osu těla. Pouze u vyšetření v oblasti hlavy lze pomocí sklonu roviny

gantry a změnou polohy hlavy docílit zobrazení v semikraniální rovině. (Ferda, J. et al., 2002, s.11– 13)

Jednotlivé vrstvy těla pacienta se nám zobrazují z důvodu zpětné projekce při rotačním pohybu rentgenky a detektoru kolem těla pacienta, kdy tkáněmi prochází záření různě pod všemi úhly. Po přechodu záření přes tělo pacienta je rentgenový paprsek kolimován, tak aby se měření omezilo na několikamilimetrový řez a došlo ke snížení rozptýleného záření na méně než 1% intenzity primárního svazku záření. Výška kolimátoru definuje tloušťku jednotlivých řezů a v kombinaci s plochou jediného obrazového prvku neboli pixelu na displeji, definuje trojrozměrný objemový prvek (voxel) u pacienta odpovídající dvojrozměrnému prvku na displeji. Tento objemový prvek zahrnuje hranici mezi dvěma tkáňovými strukturami.

Detektory po průchodu paprsků tělem pacienta detekují zeslabené záření, které je poté odesláno do počítače sloužícího k rekonstrukci výsledného CT obrazu. Avšak jediným měřením přenosu nelze určit jednotlivé koeficienty útlumu, protože v obrazech je příliš neznámých hodnot. Z tohoto důvodu provádíme vícenásobné měření prostupů ve stejné rovině, ale při různých orientacích zdroje záření a detektorů. (Hendee a Ritenour, 2002, s.258)

Výsledné CT obrazy jsou vyobrazené jako různé stupně šedi (od bílé po černou), které představují různé struktury s různými charakteristikami zeslabení RTG záření. Každý bod má určitou vypočtenou číselnou hodnotu absorpce, která se udává v Hounsfieldových jednotkách (HU). Pro porovnání absorpce záření jednotlivých struktur využíváme také termín „denzita“. Celkový obsah denzit obrazu je rozdělen do 4096 stupňů, které se pohybují v rozmezí od -1024 do 3072. (Malíková, H. et al., 2022, s. 22)

Absorbovaná dávka záření z jednoho CT vyšetření, není vždy stejná, protože tato dávka je závislá hned na několika faktorech. Mezi hlavní faktory rozhodující o absorbované dávce záření v těle pacienta patří: hodnota užitého proudu, hodnota napětí, doba jedné rotace, kolimace a počet rotací vykonaných detekční soustavou. Ke snížení absorbované dávky záření v těle pacienta lze přispět snížením hodnot napětí, proudu, kolimace a počtu rotací detekční soustavy. (Ferda, J. et al., 2002, s.13)



Obrázek 1 - Výpočetní tomografie (Klinika onkologie a radioterapie ve FNHK, 2024)

2.2 Kontraindikace k vyšetření výpočetní tomografií

Kontraindikace k možnosti vyšetření se dělí na absolutní, při jejichž výskytu nikdy k vyšetření nesmí dojít, a relativní, u kterých může vyšetření proběhnout za určitých okolností a se spojením většího zisku z vyšetření než s rizikem vzniku komplikací. (Malíková, H. et al., 2022, s. 24)

U CT žádná absolutní kontraindikace neexistuje, jsou zde pouze kontraindikace relativní. Mezi relativní kontraindikace řadíme: těhotenství, mladší školní věk, klaustrofobii, nadměrnou hmotnost pacienta, která by přesáhla nosnou hmotnost stolu, velkou šíři pacientova těla přesahující šíři gantry či nespolupráci pacienta. (Malíková, H. et al., 2022, s. 24)

2.3 Simulátory v radioterapii

V 80. letech a na počátku 90. let se začal z klasického CT vyšetření vyvíjet koncept virtuální simulace umožňující zhotovení trojrozměrného modelu pacienta, který se stal velice potřebným pro plánování RT. Potřebným se stal především kvůli možnostem zakreslení izocentra, stanovení cílového, kritického a ozařovaného objemu a kontrole léčebného plánu před zahájením RT. V RT se v dnešní době můžeme setkat se dvěma typy těchto simulátorů, a to s klasickým (konvenčním) typem a CT simulátorem, který spojuje plánovací CT s následnou verifikací. (Binarová, 2012, s.41)

2.4 CT simulátor

V 80. a na počátku 90. let 20. století došlo k integraci diagnostického CT skeneru s trojrozměrným (3D) systémem pro plánování léčby, což vedlo k vytvoření nové koncepce virtuální simulace. Tento vzniklý přístroj se nyní označuje jako CT simulátor. CT simulátor byl vyvinut v roce 1987. Jde o přístroj, který slouží k naprogramování plánu léčby pomocí záření. Ačkoli CT skenery používané pro CT simulaci bývají speciálně navrženy pro radiační onkologii, dochází k neustálému přejímání technologií vyvinutých pro diagnostické CT. Narozdíl od klasického CT má CT simulátor větší otvor v gantry sloužící k většímu pohodlí pacienta a možnosti využít k udržení polohy pacienta polohovací pomůcky. Zobrazovací systém simulátoru je ale téměř shodný s klasickým CT. (Halperin, E. et al. 2018, s. 169)

CT simulátory se využívají pro plánování RT zejména kvůli snížení možnosti výskytu chyb při přenosu orientačních značek pro RT z kůže pacienta. Krom tohoto CT simulátory mají také možnost využít funkci nazvanou Respiratory gating, kdy je systém schopný sledovat změny cílového objemu v závislosti na dýchání pacienta a ozařovat pouze v určité části dýchacího cyklu. Díky této funkci si pacient má možnost na simulátoru nacvičit techniku hlubokého dýchání, která je při RT důležitá kvůli snižování radiační zátěže plic. Navzdory těmto výhodám je zde i nevýhoda v nemožnosti provést přímo verifikační snímky ozařované oblasti v podobě skioskopie a limitace v podobě gantry CT přístroje. Samotná simulace na CT simulátoru je založená na zakreslení ozařovacích značek podle prostorových koordinátů (X, Y, Z), generovaných plánovacím systémem. Poté se pomocí souřadnicového laserového systému koordináty vyznačí na kůži pacienta. (Binarová, 2012, s. 42)

2.4.1 CT simulátor konstrukce:

CT simulátor je diagnostický spirální CT přístroj, který je speciálně konstruovaný a vybavený tak, aby mohl sloužit k plánování RT. Skládá se z následujících komponent:

CT skener – gantry, které obsahuje rentgenku a mnoho řad detektorů rentgenového záření.

Plochy stůl – slouží k uložení pacienta.

Kolimační systém (součást gantry).

Řídící počítače

Laserový systém – je vybaven virtuálním simulačním softwarem a skládá se ze tří rámců s pevnými a pohyblivými moduly sloužícím k vytvoření čar pro zaměření tělesných rovin.

Zobrazovací počítač – provádí potřebná matematická zpracování a korekce (převádí absolutní číselné hodnoty dle nastavené oblasti zájmu na relativní hodnoty odstínů šedi pomocí Hounsfieldových absorpčních koeficientů).

Generátor vysokého napětí

Interkom – reproduktor a mikrofon sloužící pro komunikaci mezi radiologem a pacientem. (Binarová, 2012, s. 43)

Moderní CT simulační systémy obsahují velkoplošné CT detektory speciálně navržené pro radiační onkologii, s možností více řezů, vysoce kvalitní laserové polohovací systémy pro uložení pacientů a sofistikované funkce virtuálního simulačního softwaru. Také pak mohou obsahovat již zabudované a přímo nadefinované vyšetřovací protokoly daných oblastí a anatomických struktur, které mohou výrazně usnadnit pozdější práci onkologům. Nejčastěji se v dnešní době využívá CT simulátor s šestnácti řadami detektorů.

Princip CT simulátoru je založen na systému rentgenka-detektor, který se nachází v gantry a ve kterém se zpravidla rentgenka nachází vždy na protilehlé straně k detektoru. Tento systém při expozici vykonává rovnoměrný pohyb o 360° kolem pacienta s emitací úzkého vějířovitého typu záření, kterému se říká Fan-Beam. Tento vějířovitý svazek poté prostupuje vyšetřovanou oblastí skrz tělo pacienta a dopadá na protilehlou sadu detektorů, kde poté dochází k přeměně prošlých kvant kilovoltážního záření na elektrický signál, jenž udává hodnoty absorpce rentgenového záření v těle pacienta. Tento signál se postupně digitalizuje a dále zpracovává, až dochází k vytvoření trojrozměrného modelu vyšetřované oblasti. (Binarová, 2012, s. 43)

Při samotném vyšetření se jako první na CT simulátoru snímají takzvané topogramy, které slouží k vymezení rozsahu vyšetřované oblasti. Snímají se v přední a zadní projekci. Poté se provede vyšetření a výsledné CT řezy se odešlou k radiačnímu onkologovi do plánovací konzole.

2.5 Budoucnost simulátorů v radioterapii

V dnešní době se pro účely RT využívá kromě plánovacího CT simulátoru i pozitronový emisní tomografický (PET) simulátor či MR simulátor. I když osvojení těchto technologií je zatím velice skromné a omezené praxí či standardy. (Halperin, E. et. al. 2018, s. 234)

Současný vývoj v plánování RT by však mohl využívání simulátorů na bázi MR a PET zvýšit. Předtím ale bude pravděpodobně nutné upravit postupy a standardy, které by umožnily širší využití multimodálních skenerů na RT odděleních. (Halperin, E. et. al. 2018, s. 234)

3 PLÁNOVÁNÍ V RADIOTERAPII

Plánování a provedení radioterapie je vždy individuální proces přesně daný pro konkrétního pacienta, jehož úspěšnost záleží hned na několika po sobě jdoucích krocích. Hlavním krokem zaručujícím přesnost a dobrou reprodukovatelnost frakcionované radioterapie je správná imobilizace pacienta, k čemuž slouží různé fixační pomůcky dle lokalizace nádoru a poté ke kontrole zaměřovací systémy v radioterapii. Samotný proces radioterapie poté začíná přenesením informací o pacientovi, jeho poloze v přístroji, cílových orgánových strukturách a ozařovacích podmínkách do softwaru pro plánování. Tyto informace se poté přenesou do ovládacího systému urychlovače. (Kubecová, M. et al., 2011, s.11)

3.1 Zaměřovací systémy v radioterapii

Zaměřovací systémy jsou systémy, které slouží k přesnému nastavení pozice pacienta před samotným ozářením. Tyto systémy se již nachází uvnitř radioterapeutických přístrojů. Rozdělujeme tři zaměřovací systémy:

Pointer – zakresluje vstup centrálního paprsku na povrch ozařovaného objemu, čímž stanovuje vzdálenost mezi ohniskem a kůží pacienta, která se jinak vyjadřuje jako skin source distance – SSD.

Laserové zaměřovače – v dnešní době nezbytná součást vyšetřoven, která je umístěna na stěnách ozařoven a která svou projekcí přesně určuje vertikální a horizontální polohu pacienta na ozařovacím stole.

Black pointer – označuje výstup již zmíněného centrálního paprsku. (Binarová, 2012, s. 44)

3.2 Plánovací systém v radioterapii

Plánovací systémy v RT umožňují pomocí softwaru konvertovat CT skeny do 3D a z toho poté vytvořit léčebný plán ozařování. Jsou založeny na principu srovnání a přepisu Hounsfieldových jednotek na elektronovou denzitu, čímž zohledňuje různorodost tkání. Rovněž pak umožňují konturovat oblast zájmu, kritické orgány, vybrat nejvhodnější ozařovací techniku i energii záření a stanovit modifikaci svazku záření. Na digitálním rekonstruovaném obraze se po rekonstrukci zobrazuje nejen celá oblast zájmu, ale i přesný tvar ozařovaného pole. K ozařování poté také nedílně patří objemový histogram, který obsahuje výpočty dávky minimální, průměrné a maximální v daných strukturách vyjádřený v procentech jejich objemu a zakreslený do grafu. Tento histogram pomáhá hodnotit například, že cílový objem je ozářen předepsanou dávkou v celém rozsahu, kdežto rizikové orgány jsou ozářené dávkou minimální. (Binarová, 2012, s. 96)

3.2.1 Objemy v radioterapii

Objemy v radioterapii slouží jako ukazatelé, kam bude dopadat dávka záření a jakou bude mít v daném místě intenzitu. Nejedná se pouze o oblast samotného nádoru, ale i o oblasti, které jej obklopují.

Rozdělujeme je hned do několika skupin:

GTV – Gross tumor volume neboli nádorový objem, který pokrývá viditelnou makroskopickou oblast nádoru.

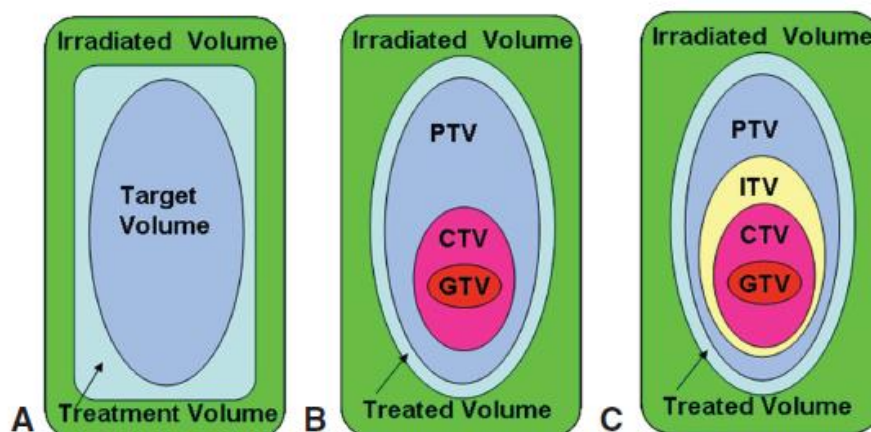
CTV – Clinical target volume neboli klinický cílový objem, který vyznačuje oblast tumoru a předpokládaného mikroskopické šíření tumoru.

ITV – Internal target volume neboli oblast, která kompenzuje nepřesnosti způsobené pohybem pacienta, neovlivnitelným pohybem orgánů nebo změnou velikosti náplně orgánů (nevyprázdněná střeva či naplněný močový měchýř).

PTV – Planning target volume neboli plánovací cílový objem, jenž slouží k plánování dávky záření. Zahrnuje klinický cílový objem a bezpečnostní lem zaznamenávající i fyziologické pohyby nádoru a chyby v nastavení pacienta.

TV – Treated volume – léčebný objem obklopený izodózou (křivku spojující body se stejnou hodnotou) zvolenou k dosažení léčebného záměru (95 % izodózy).

IV – Irradiated volume – ozařovaný objem ozářený dávkou, která je významná z pohledu rizika poškození zdravých tkání (50 % izodózy). (ICRU 83, s. 41 – 53)



Obrázek 2 - Objemy v radioterapii (Halperin, E. et.al. 2018, s. 232)

3.3 Postup při simulaci na CT simulátoru:

Simulace označuje samotné přenesení ozařovacího plánu na tělo pacienta pomocí CT simulátoru. V některých případech je třeba při simulaci zvážit použití IVK nebo jiného kontrastu, který pomůže ohraničit cílové objemy. Samotný proces začíná uložením pacienta do navrhované ozařovací polohy a jeho imobilizací pomocí fixačních pomůcek. U tohoto procesu je třeba si jasně uvědomit, že změna polohy pacienta a zohlednění pohybu vnitřních orgánů při frakcionované radioterapii za účelem přesné reprodukce plánované dávkové distribuce zůstávají obtížnými technickými aspekty procesu plánování. K chybám může dojít, pokud jsou pacienti nedostatečně imobilizováni, což má za následek nepřesné vyrovnání léčebných polí při jednotlivých ozáření. (Halperin, E. et. al. 2018, s. 234)

Poté dochází k úpravě pacientovi polohy pomocí laserových systémů na „nulový bod“ a provedení posunů, které byly zaslány z plánovacího systému. Následuje označení polohy izocentra nebo polí na kůži pacienta, jeho masce či fixačních pomůčkách, a jejich označení RTG kontrastní značkou. Po vykonání všech těchto bodů je vyhotovený toposcan a krátká sekvence CT scanů v oblasti izocentra. Tyto snímky se dále odesílají do plánovacích systémů a dochází k zaznamenání všech údajů do dokumentace pacienta.

3.4 Ozařovací předpis

Ozařovací předpis je závěrečným výstupem celého procesu plánování. Jde o písemný dokument, který musí obsahovat všechny parametry a podmínky spojené se samotným ozařováním. Musí v něm být obsaženy základní údaje o pacientovi, pacientova diagnóza, popis ozařované polohy, ozařovací přístroj, počet a velikost polí, ozařovací technika, ozařovací čas, počet frakcí, jednotlivé a celkové dávky, popřípadě pak i krytí a klíny. Po ukončení ozařování tento dokument musí být zkontrolován a podepsán lékařem a fyzikem, poté se zakládá a archivuje.

4 KONTRASTNÍ LÁTKY

4.1 Dělení kontrastních látek

Kontrastní látky (KL) jsou látky, které se v odvětví radiologie využívají velmi často. Jde o látky, které se aplikují před vyšetřením do těla pacienta za účelem zvýšení kontrastu jednotlivých tkání na rentgenovém snímku, pomocí zvyšování nebo naopak snižování absorpce rentgenového záření. Jejich využívání tak vede k lepšímu zobrazení jednotlivých anatomických struktur, orgánů a orgánových funkcí. (Hendee a Ritenour, 2002, s.271)

Zpravidla KL můžeme rozdělit hned podle několika stanovisek. Podle kontrastu je dělíme na izodenzní (voda, metylcelulóza), pozitivní a negativní. Pozitivní KL jsou látky, které se na snímku zobrazují „bílé“, jde nejčastěji o jodové a baryové kontrastní látky. Negativní jsou pak ty, jenž se na snímku zobrazují „černé“, jde například o vzduch, vodu.... (Seidl, et al., 2012. s.76)

Podle způsobu podání je pak můžeme dělit na systémové (intravenózní, intraarteriální či intratekální) nebo intrakavitální, které se podávají do dutin, píštělí, dutých orgánů et. al. Nejčastěji se ale podávají do cévního řečiště neboli intravenózně, kdy nejběžnějším místem podání je kubitální žíla na horní končetině. Na dolní končetině se poté IVK podává do žíly na dorzu nohy nebo do femorální žíly. Při plánovacím CT vyšetření se používají jodové kontrastní látky (JKL). (Malíková, H et al.2022, s. 43; Ferda, J. et al., 2002, s.20)

4.2 Jodové kontrastní látky

JKL jsou látky, které jsou rozpustné ve vodě, neionické a nízkoosmolární či izoosmolární. Jsou tvořeny benzenovým jádrem a třemi atomy jódu, protože jinak by pro tělo pacienta zůstávali toxické. Distribuují se v extracelulárním prostoru, nemetabolizují se a poté se vyloučí pomocí glomerulární filtrace při správném fungování ledvin do dvou hodin po aplikaci. Maximální množství podané jodové kontrastní látky by pak nemělo překračovat u dospělých 300ml/den. (Malíková, H. et al., 2022, s. 44)

4.2.1 Zásady podání jodových kontrastních látek

Podávání JKL se smí pouze na pracovištích k tomu určených. Tato pracoviště musí být zabezpečena léčebnými prostředky pro léčbu nežádoucích reakcí a pro kardiopulmonální resuscitaci. Před podáním JKL je nutné pacientovi odebrat anamnézu a informovat ho o důležitosti dostatečné hydratace a o dalších specifikách, které se musí dodržovat před jednotlivými vyšetřeními (lačnost, omezení příjmu tekutin...).(Seidl, et al., 2012. s.78)

Před podáním JKL se u pacienta zajistí periferní žilní vstup, který zůstává zaveden i půl hodiny po vyšetření. Pacient by měl před aplikací JKL minimálně 4 hodiny lačnit. U pacientů s relevantní alergickou anamnézou se před vyšetřením podávají kortikoidy, a to s ohledem na indikaci lékaře a na druh vyšetření, zpravidla ale minimálně 6-12 hodin před vyšetřením. (Seidl et al., 2012. s.78; Ferda et al.2009 s.46)

Pokud je u pacienta riziko výskytu poruchy ledvin, píše lékař na žádanku alespoň zjištění aktuální hodnoty sérového kreatininu a optimálně pak i hodnotu glomerulární filtrace (eGFR). Po aplikaci JKL se pacient po dobu 30minut sleduje a informuje se o potřebě dostatečné hydratace. (Seidl et al., 2012. s.78)

4.2.2 Nežádoucí účinky jodových kontrastních látek

Aplikace JKL sebou nese vysoké riziko nežádoucích účinků. Toto riziko je vyšší u pacientů mladších 15 let či starších než 70 let, diabetiků, kardiaků, astmatiků, alergiků, pacientů s poruchou renální funkce (renální insuficience) a u klinicky nestabilních pacientů. Celková incidence nežádoucích alergoidních reakcí na vysokoosmolální JKL je 6 – 8%, u nízkoosmolálních JKL poté 0,2 – 0,7%. Kvůli výrazně menšímu výskytu alergických reakcí u nízkoosmolálních JKL je jejich použití preferováno právě u rizikových stavů. (Seidl, et al., 2012. s.77–78)

Nežádoucí účinky lze rozdělit na lokální, které se vyskytují v místě nebo u místa vpichu, a celkové. Lokální nežádoucí účinky jsou ve většině případů pouze mírné, a tudíž život neohrožující, řadí se mezi ně například hematom či extravazaci KL do okolí. Oproti lokálním nežádoucím účinkům jsou celkové reakce závažnější a bez správné první pomoci mohou ohrozit pacienta na životě. Dělí se dále na časně nežádoucí účinky, které se vyskytují bezprostředně po podání kontrastní látky a pozdní nežádoucí účinky, které vznikají nejdříve hodinu po aplikaci. (Malíková, H et al., 2022, s.46)

Mezi časně nežádoucí účinky lze zařadit alergoidní reakce, které se vyskytují nezávisle na podání množství JKL, liší se svou intenzitou příznaků a mohou vést od erytému na kůži až po anafylaktický šok se zástavou srdce a oběhu, či toxické reakce, které jsou přímo úměrné množství podané JKL. Mezi tyto reakce patří nevolnost, zvracení či kontrastní nefropatii. (Malíková, H. et al., 2022, s. 47)

Celkové pozdní reakce jsou ve většině případů vzácnější a menší intenzity než časně reakce. Patří mezi ně zvracení, nevolnost, bolesti hlavy, kožní reakce a urtiku vyskytující se v rozmezí od 3 do 48 hodin po aplikaci. Tyto reakce mají s vysokou pravděpodobností za následek

T-lymfocyty a jejich výskyt je především u pacientů, u nichž se již alergická reakce na kontrastní látku objevila. Léčba je pouze symptomatická. (Malíková, H. et al., 2022, s. 47)

Velmi pozdní reakcí organismu na JKL je tyreotoxikóza, kdy se v těle nachází vysoký obsah hormonů štítné žlázy. (Malíková, H. et al., 2022, s. 47)

4.2.2.1 Kontrastní látkou indukovaná nefropatie

KL indukovaná nefropatie je jednou z nežádoucích účinků aplikace JKL, jejíž výskyt se v posledních letech zvyšuje, proto by se jí měla věnovat dostatečná pozornost a se snahou předcházet jejímu vzniku. (Svojanovský, J. et al., 2011)

Jedná se o latrogenní poškození ledvin vznikající po podání JKL, které se projevuje zhoršením funkce ledvin v rozmezí 24 až 48 hodin po aplikaci JKL. Jde o poškození, které je definováno zvýšením hladiny o 44 $\mu\text{mol/l}$ nebo o zvýšení vstupní hodnoty alespoň o 25 %. (Svojanovský, J. et al., 2011)

Ve většině případů se toto poškození projevuje asymptomaticky, proto je velice důležité provádět kontrolu ledvinných funkcí při používání JKL, a to především u pacientů s vyšším rizikem výskytu tohoto onemocnění. Rizikové faktory u tohoto onemocnění je preexistující renální poškození, diabetes mellitus, věk nad 70 let, známky srdečního selhávání, nízký hematokrit, periprocedurální hypotenze, dehydratace, transplantovaná ledvina, hypoxie či anemie. (Svojanovský, J. et al., 2011)

Prevencí vzniku indukované nefropatie je hemodialýza krátce po aplikaci JKL, odběr anamnézy, důkladné zhodnocení renálních funkcí před a po 24 hodinách po podání JKL, dostatečná hydratace minimálně 6 hodin před vyšetřením a po něm, vysazení rizikové medikace (perorální antidiabetika, nesteriní antirevmatika...) a minimalizace množství podané kontrastní látky. (Svojanovský, J. et al., 2011)

4.2.3 Kontraindikace

Kontraindikace a problematiku podání KL definuje metodický list intravaskulárního podání JKL, který je uveden v Národních radiologických standardech a který byl uveřejněn v příloze 2 ve Věstníku MZ 2/2016. (Česko, 2016)

Před samotnou aplikací JKL je velice důležitý sběr dat z anamnézy pacienta, kvůli předcházení vzniku možných nežádoucích účinků a zajištění tak možné kontraindikace ještě před použitím KL. Kromě sesbírané anamnézy se ještě před podáním odborník řídí příbalovým letákem dané KL. Pokud se ale i přes tyto preventivní opatření objeví u vyšetření JKL alergická reakce, vždy je potřeba urychleně zajistit pacientovi základní životní funkce a neodkladně zavolat první pomoc.

Kontraindikace aplikace JKL jsou relativní a absolutní. Mezi relativní kontraindikace můžeme zařadit: závažné alergické reakce na JKL v anamnéze, polyvalentní alergie, kdy u nemocného hrozí kvůli velkému množství uvolněného histaminu alergoidní reakce či šokový stav, těžká poškození ledvin a jater, výskyt mnohočetných myelomů, či léčbu radiojódem před kratší dobou, než jsou dva měsíce. Absolutní kontraindikací aplikace JKL je poté nekorigovaná tyreotoxikóza, protože by pacientovi po podání JKL hrozil tyreotoxický šok a nesprávné fungování ledvin, kdy by JKL mohly svým nefrotoxickým účinkem vyvolat u pacienta akutní renální insuficienci. (Malíková, H. et.al., 2022, s. 47; Ferda, J. et al., 2002, s.19).

U hyperosmolárních JKL je za kontraindikaci považována i akutní ischemická cévní mozková příhoda, kdy při poruše hematoencefalické bariery dochází k pronikání JKL do mozkové tkáně, kde působí neurotoxicky na nervové struktury a ovlivňuje tak membránovou stabilitu. U látek isoosmolárních je tento účinek minimální.(Malíková, H. et.al., 2022, s. 47; Ferda, J. et al.,2002,s.19).

5 NÁRODNÍ RADIOLOGICKÉ STANDARDY

Národní radiologické standardy jsou soubor doporučení a návodů, na jejichž podkladu si poté jednotlivá radiologická pracoviště v rámci ČR tvoří vlastní místní radiologické standardy, upravené podle svých možností a potřeb. Jsou vydávány a propagovány Ministerstvem zdravotnictví ČR za spolupráce Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) a České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně (ČLS JEP) do různých radiologických pracovišť. (Česko, 2016)

5.1 Národní radiologické standardy – výpočetní tomografie

Jedná se o závazný soubor doporučení a návodů, na jejichž podkladě si poté jednotlivá pracoviště CT tvoří místní radiologické standardy podle jejich konkrétních možností a rozsahu poskytovaných zdravotnických služeb. Jejich účelem je standardizovat jednotlivé postupy při lékařském ozáření při všech vyšetřeních s CT po celé České republice a popsat všechna radiologická vyšetření, která se za pomoci CT provádějí. (Česko, 2016)

Národní radiologické standardy CT se dělí hned do několika částí, a to na účel, zkratky, obecná ustanovení, postupy při lékařském ozáření (LO), standardizované výkony LO pro CT a přílohy. V těchto jednotlivých částech je popsáno například personální zajištění a požadavky na personál, klinická odpovědnost za LO, odůvodnění LO, potvrzení indikace, kontraindikace, hodnocení LO, zvláštní případy LO, popis přípravy pacienta, požadavky na dostatečné vybavení pracoviště, osobní ochranné pomůcky a prostředky, optimalizace zobrazovacího procesu, obecná doporučení a především pak pro nás důležitá obecná doporučení aplikace KL a v přílohách metodický list týkající se podávání KL.

Obecná doporučení aplikace KL obsahují pouze dvě informace. První informace je zaměřená na vícefázových vyšetření po aplikaci KL, u kterých je důležité co nejvíce snížit celkovou dávku, aniž by došlo k poškození kvality snímku. Druhá pak obsahuje protokol vyjadřující časový interval mezi začátkem aplikace KL a začátkem skenování, kdy se preferuje především aplikace KL pomocí automatického injektoru standardně stejnou rychlostí: „objem KL [ml] = rychlost aplikace KL [ml/s] x trvání vstřiku KL [s] trvání vstřiku KL [s] = skenovací čas [s] + alespoň 3 až 4 s“. (Česko, 2016)

Metodický list intravaskulárního podání kontrastních látek, který se nachází v přílohách Národních radiologických standardů obsahuje již více důležitých informací o podání KL. Obsahují jednoduchý popis kontrastních látek, zásady jejich podávání, premedikaci užívající před podáním,

kontraindikace jejich podání a jejich nežádoucí účinky – především pak kontrastní nefropatii a prevenci jejich vzniku.

5.2 Národní radiologické standardy – radiační onkologie

Jedná se o závazný soubor doporučení a návodů, na jejichž podkladě si poté jednotlivá pracoviště radiační onkologie tvoří místní radiologické standardy podle jejich konkrétních možností a rozsahu poskytovaných zdravotnických služeb. Jednotlivá pracoviště poté mohou Národní radiologické standardy zavést do své činnosti převedením publikované podoby s konkrétním doplněním a upřesněním rozsahu činnosti podle potřeb daného oddělení. (Česko, 2016).

Národní radiologické standardy radiační onkologie jsou rozděleny na obecnou část, zásady a postupy radikální radioterapie, radioterapie s modulovanou intenzitou svazku, stereotaktickou radioterapii a radiochirurgie, paliativní radioterapie a brachyradioterapie u nemocných se zhoubnými novotvary a zásady a postupy nenádorové radioterapie.

Na rozdíl od Národních radiologických standardů pro CT zde není obsažena ani zmínka, či příložen metodický list o využívání KL při RT, a to i přes skutečnost, že se v dnešní době již můžeme v některých komplexních onkologických centrech (KOC) po celé ČR s jejich užíváním setkat.

VÝZKUMNÁ (PRAKTICKÁ) ČÁST

6 METODIKA VÝZKUMNÉ (PRAKTICKÉ) ČÁSTI

Praktická neboli výzkumná část této bakalářské práce je založena na podkladech anonymního dotazníkového šetření, zaměřeného na využívání JKL při plánovacím CT vyšetření v RT. Tato část obsahuje popis zúčastněných respondentů, a dále pak samotné cíle, analýzu a zhodnocení dotazníkového šetření.

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo zjistit, zda se v ČR provádí plánovací CT vyšetření za použití JKL v RT či nikoliv, určit úroveň souladu s národními standardy a zda dochází k dostatečnému školení radiačních pracovníků, co se používání JKL týče.

6.1 Popis a výběr respondentů šetření

Na základě zaměření této bakalářské práce na plánovací CT vyšetření, které se používá při plánování v oboru klinické onkologie a radioterapie, byla pro dotazníkové šetření vybrána všechna KOC v ČR. Těchto KOC je v dnešní době na území ČR 15.

Jsou to následující vyjmenované:

- Komplexní onkologické centrum Fakultní nemocnice v Motole ve spolupráci s Ústřední vojenskou nemocnicí, Nemocnicí na Homolce a Proton Therapy Center.
- Komplexní onkologické centrum Masarykova onkologického ústavu v Brně ve spolupráci s Fakultní nemocnicí Brno a Fakultní nemocnicí U Svaté Anny.
- Komplexní onkologické centrum Fakultní nemocnice Královské Vinohrady.
- Komplexní onkologické centrum Fakultní nemocnice Hradec Králové.
- Komplexní onkologické centrum Fakultní nemocnice Olomouc.
- Komplexní onkologické centrum Fakultní nemocnice Plzeň.
- Komplexní onkologické centrum Fakultní nemocnice s poliklinikou Ostrava.
- Komplexní onkologické centrum Krajské nemocnice Liberec, a.s..
- Komplexní onkologické centrum Krajské nemocnice T. Bati, a.s. Zlín.
- Komplexní onkologické centrum Masarykovy nemocnice v Ústí nad Labem, o.z..
- Komplexní onkologické centrum Nemocnice České Budějovice, a.s..
- Komplexní onkologické centrum Nemocnice Jihlava, p.o..
- Komplexní onkologické centrum Nemocnice Na Bulovce ve spolupráci se Všeobecnou fakultní nemocnicí a Thomayerovou nemocnicí s poliklinikou.
- Komplexní onkologické centrum Nový Jičín, Radioterapie, a.s..

- Komplexní onkologické centrum Pardubického kraje (KOC PK).

6.2 Používané metody

Jako metoda k vyhotovení této bakalářské práce byl vybrán anonymní online dotazníkový průzkum, jenž byl zhotoven na online platformě Google Forms. Po vyhotovení byl prostřednictvím elektronické pošty rozeslán malé skupince spolužáků, za účelem ověření srozumitelnosti otázek, dostatečného zajištění anonymity a funkčnosti vybrané platformy.

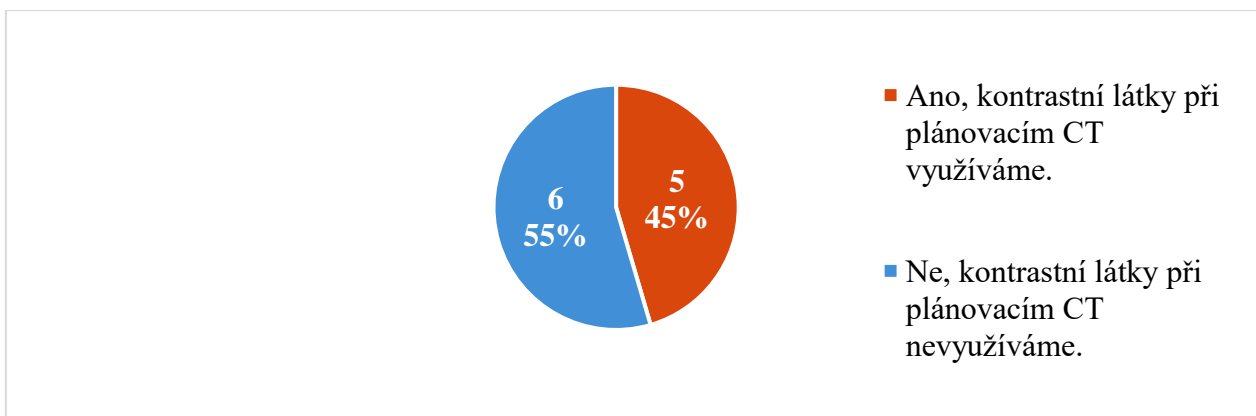
Po provedení kontroly a ověření kvality dotazníku došlo k jeho rozeslání na předem zjištěné adresy konkrétních pracovišť KOC (viz. výše 6.1) pomocí elektronické pošty. E-mail obsahoval kromě webového odkazu, který sloužil k přesměrování do dotazníku, i základní informace, k čemu daný dotazník slouží, čím se zabývá a samotnou prosbu o jeho vyplnění.

Dotazník byl navržen na podkladech již vzniklé irské studie, jenž byla publikována v recenzovaném časopise „Technical innovations & patient support in radiation oncology“ panem Minoguelem a dalšími v roce 2019 pod názvem „Intravenous contrast media in radiation therapy planning computed tomography scans - Current practice in Ireland“ a také již dříve publikované literatury. Pro podporu objektivnosti a minimalizování zaujatosti výzkumníků obsahoval dotazník kvalitativní i kvantitativní otázky s otevřenými, uzavřenými, s více čtenými možnostmi nebo odpověďmi z Likertovy škály („souhlasím“, „nesouhlasím“, „spíše souhlasím“). Průzkum byl prováděn od 10.9.2023 do 31.11.2023.

Zjištěné odpovědi byly zaznamenány v platformě Google Forms a v tabulkách programu Excel. Po uzavření byla provedena analýza a popis nasbíraných dat. Celý dotazník je přílohou této bakalářské práce.

6.3 Sběr dat

Na email s dotazníkem rozeslaný mezi jednotlivá KOC odpovědělo 11 z 15 KOC, ale pouze 5 KOC vyplnilo přiložený dotazník, týkající se využívání JKL při plánovacím CT vyšetření v radioterapii. Od 6 KOC přišla pouze zpětná elektronická odpověď o nepoužívání JKL při plánovacím CT na jejich oddělení. Dohromady tedy na dotazníkové šetření reagovalo 11 (73,3 %) ze všech dotázaných KOC, ale pouze 5 pracovišť (33,3 %) odpovědělo na využívání JKL kladně a mohlo tak vyplnit přiložené dotazníkové šetření (viz. Obrázek 3). Všechny 5 těchto respondentů dotazník vyplnilo úplně, a proto se analýza dat vždy odvíjí z 5 odpovědí.



Obrázek 3 - Využívání JKL při plánovacím CT vyšetření.

6.4 Výsledky

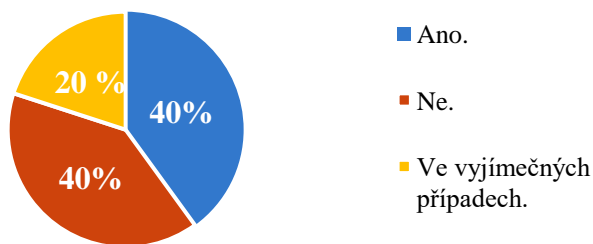
6.4.1 Použití JKL

Jako první část dotazníkového šetření byly zvoleny otázky, týkající se pravidelnosti využívání KL, množství pacientů podstupující plánovací CT vyšetření a množství pacientů, u nichž se u tohoto vyšetření využívají JKL a pro jaké lokality se využívají. Z analýzy dat vyplývá, že z 5 KOC JKL pravidelně využívají pouze 2 pracoviště (40 %), další 2 pracoviště kontrastní látky nevyžívají s určitou pravidelností (40 %) a 1 pracoviště využívá JKL pouze ve výjimečných případech (20 %) (viz. Obrázek 4).

Jako důvody k nepravidelnému využívání JKL pak uvedla pracoviště, na kterých se JKL využívají nepravidelně: nedostatečné školení zaměstnanců, nevyžadování jejich použití ze strany lékařů či diagnózy a nedostatečnost dosavadních CT přístrojů a programů pro tvorbu ozařovacích plánů (Obrázek 5).

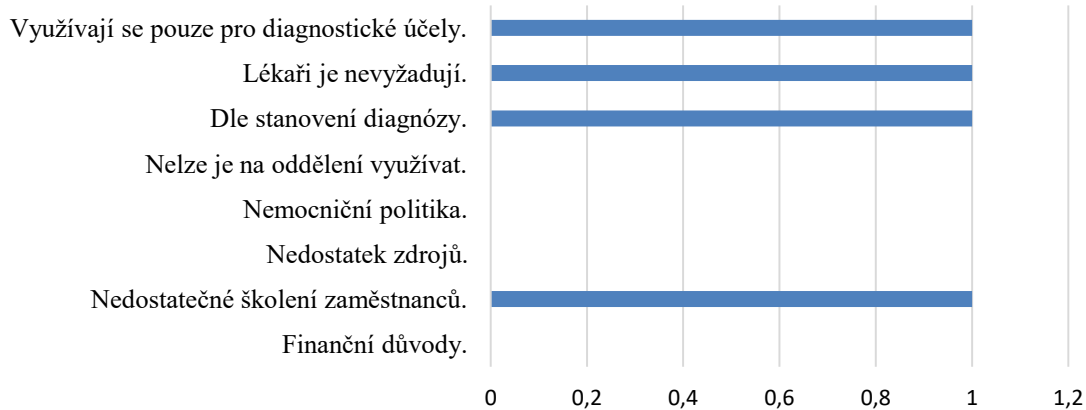
Z otázek, kolik pacientů přibližně za měsíc podstoupí plánovací CT vyšetření bez kontrastu a kolik s využitím kontrastu, vyplynulo, že v klinické praxi jednotlivá KOC využívají JKL v různém rozsahu. Pokud sečteme udaný přibližný počet všech pacientů jednotlivých KOC a pacientů, u nichž byl využit kontrast, dojdeme k závěru, že JKL se v ČR při plánovacím CT vyšetření používají pouze u 6,7 % všech vyšetření, a to pouze u vybraných pracovišť (Obrázek 6 a 7). Tato vybraná pracoviště poté v další otázce uvedla jednotlivá místa lokalizace nádorů, u nichž při plánování kontrast využívají. Tři z nich uvedla používání kontrastu u vyšetření hltnanu, vyšetření hlavy a krku. Dvě z nich poté u vyšetření paranasálních dutin, hrtanu, štítné žlázy, plic, jater, slinivky břišní a jícnu. A pouze 1 uvedlo využití u vyšetření mozku, ledvin, nadledvin a žaludku. Zbylých 13 navrhovaných vyšetřovacích oblastí, možných pro vyšetření pomocí JKL, nikde nevyžívají (Obrázek 8).

Používají se ve vašem komplexním onkologickém centru (KOC) pravidelně intravenózní kontrastní látky (JKL) při plánovacím CT vyšetření ?



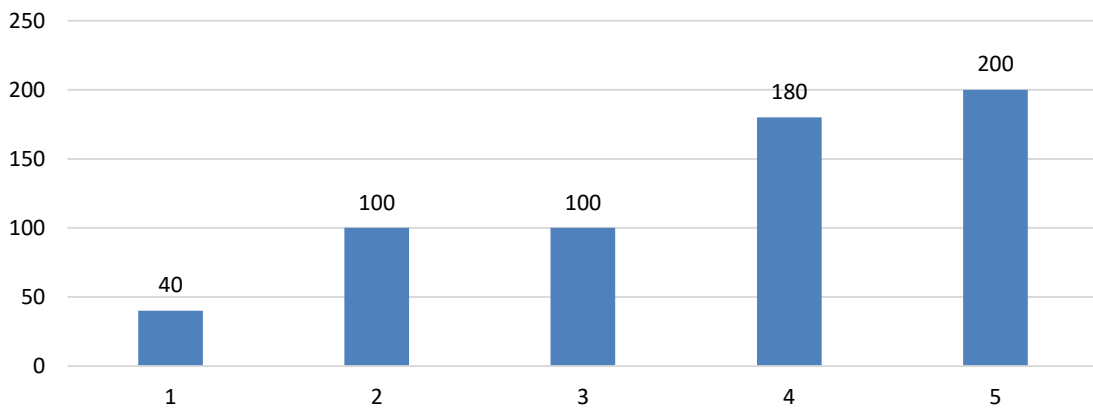
Obrázek 4 - Pravidelnosti využívání JKL v jednotlivých KOC

Pokud se JKL v rámci vašeho KOC nevyužívají pravidelně, jaké jsou pro to důvody?

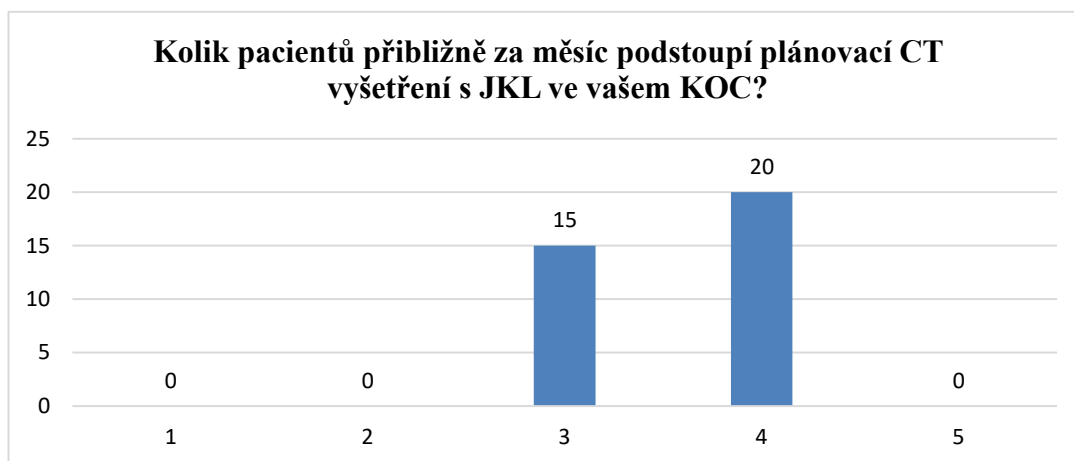


Obrázek 5 - Důvody nevyužívání JKL

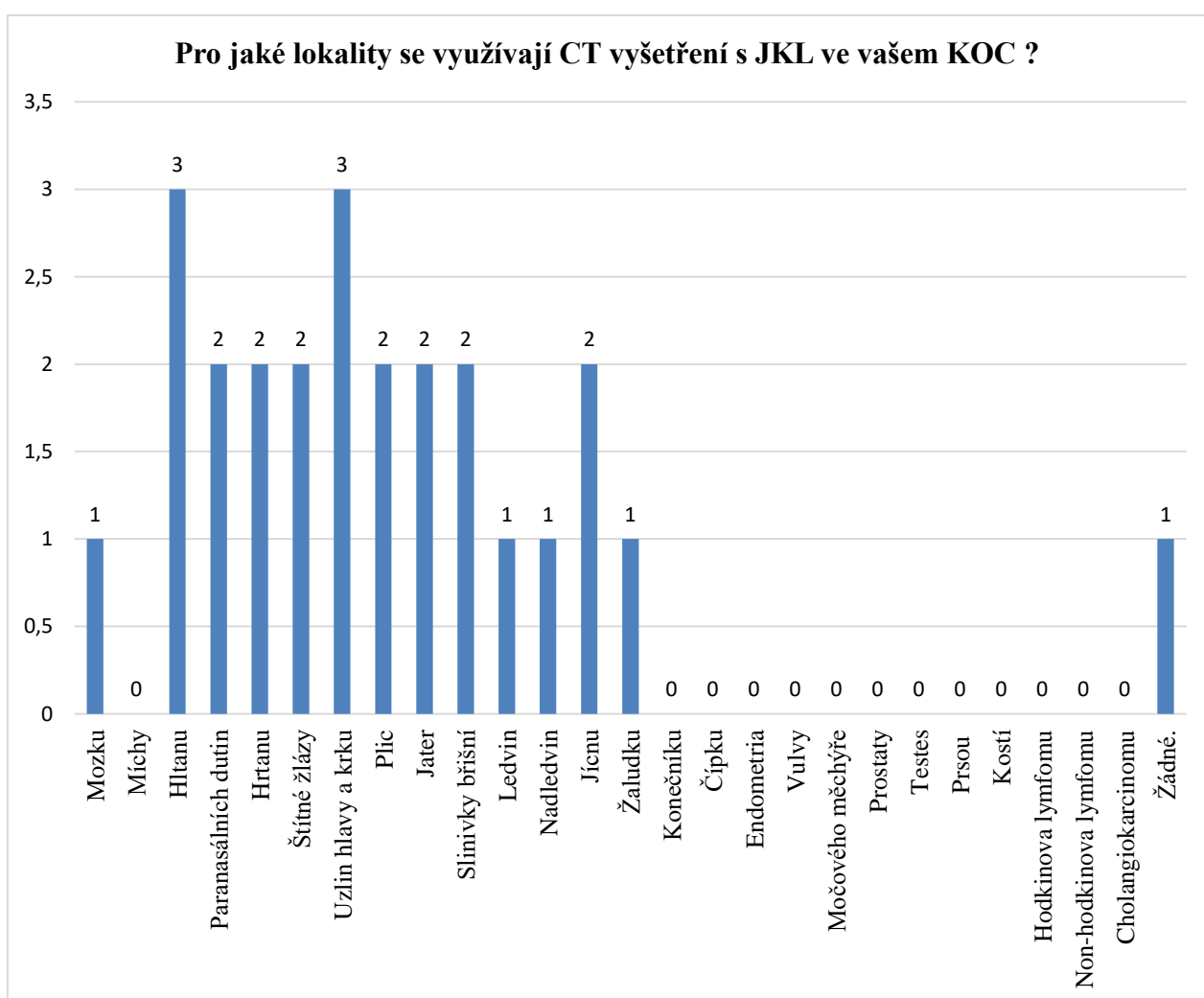
Kolik pacientů přibližně za měsíc podstoupí plánovací CT vyšetření ve vašem KOC?



Obrázek 6 - Množství pacientů podstupující plánovací CT vyšetření



Obrázek 7 - Množství pacientů podstupující plánovací CT vyšetření s JKL



Obrázek 8 - Lokality s možností využití JKL

6.4.2 Bezpečnost pacienta při aplikaci JKL

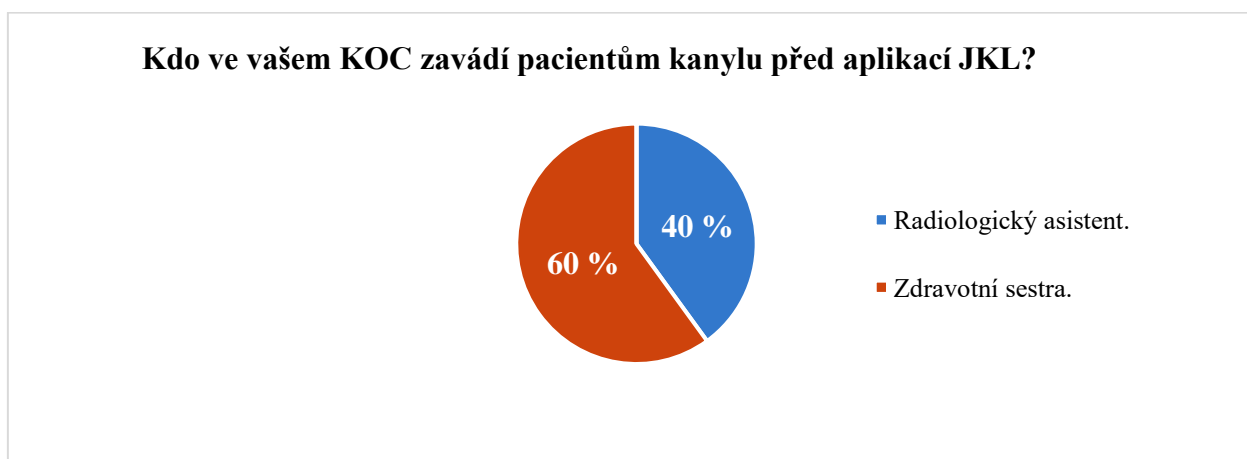
Další část dotazníku se týkala již samotného podávání JKL. KOC odpovídala na otázky, kdo zavádí pacientům kanylu před aplikací JKL, kdo JKL poté aplikuje, jaké faktory se používají

k posouzení rizika spojeného s podáním JKL, zda dochází k pravidelným kontrolám funkce ledvin před podáním JKL, kdo je zodpovědný za správné provedení kontroly funkce ledvin, jakou metodou se provádí kontrola funkce ledvin a jaké jsou prahové limity pro hodnocení funkce ledvin před podáním JKL a otázkami opodstatnění a přínosu benefitů při použití JKL.

Z dotazníkového šetření vyplynulo, že v 60 % zavádí kanylu pacientům před aplikací JKL zdravotní sestra a pouze u 40 % pacientů radiologický asistent (Obrázek 9). Samotnou aplikaci JKL, již však ve všech KOC provádí radiologický asistent (Obrázek 10). Pět oddělení uvedlo jako faktory k posouzení rizika spojeného s podáváním JKL následující: alergie na léky, hladina kreatininu, diabetes mellitus, renální insuficience, alergie či záležitosti, které jsou na posouzení lékařem.

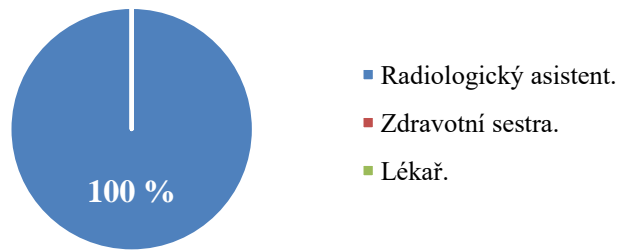
Většina pracovišť (60 %) provádí před vyšetřením pomocí JKL pravidelnou kontrolu funkce ledvin (Obrázek 11). Za jejíž správné provedení podle dotazníkového šetření je zodpovědný v 80 % lékař (Obrázek 12). K samotnému provedení kontroly funkce ledvin většina (60 %) pracovišť používá metodu GFR neboli míru glomerulární filtrace. Jiné metody mimo GRF u nás využívány nejsou. Zbylá pracoviště nepoužívají žádnou z metod sloužících pro kontrolu funkce ledvin (Obrázek 13).

Dále pak z analýzy vyplynulo, že v 60 % zúčastněných KOC je využití JKL opodstatněno a přináší vždy určité benefity, ve 20 % je většinou opodstatněné a přináší benefity a ve zbylých 20 % opodstatněné není a ani nepřináší žádné benefity (Obrázek 14).



Obrázek 9 - Zavádění kanyly pacientům před aplikací JKL

Kdo JKL ve vašem KOC aplikuje?



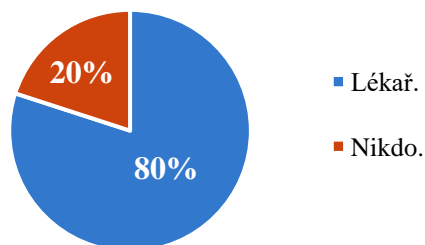
Obrázek 10 - Aplikace JKL

Dochází k pravidelným kontrolám funkce ledvin před podáním JKL?



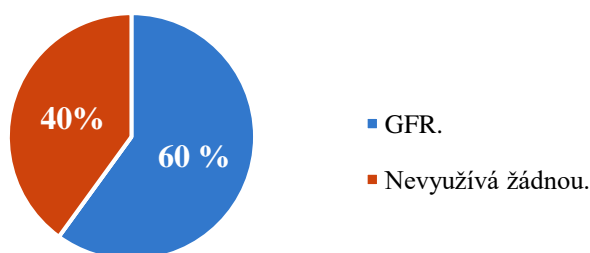
Obrázek 11 - Kontrola funkce ledvin před aplikací JKL

Kdo je zodpovědný za správné provedení kontroly funkce ledvin ve vašem KOC?



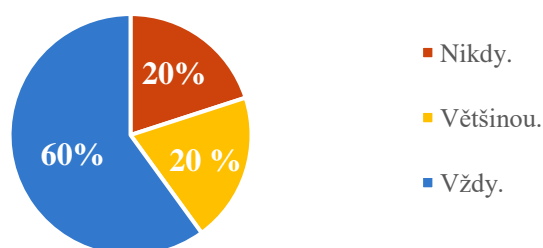
Obrázek 12 - Zodpovědnost za správné provedení kontroly funkce ledvin

Jakou metodu kontroly funkce ledvin vaše KOC využívá?



Obrázek 13 - Metody kontroly funkce ledvin

Podle vašeho názoru, jak často je využití JKL ve vašem KOC opodstatněné a přináší benefit?



Obrázek 14 - Opodstatnění a benefity využití JKL

6.4.3 Jiné možnosti a budoucnost vývoje JKL

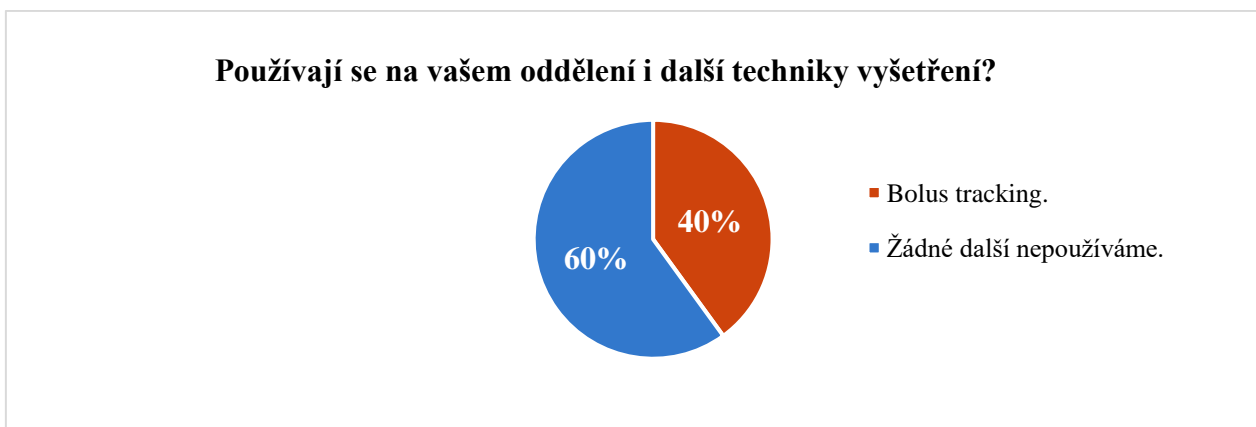
Další dotazníková část se zabývala otázkami využití dalších technik vyšetření a postupů, když u pacienta nelze využít JKL, informovaným souhlasem před podáním JKL a budoucím vývojem v oblasti využívání JKL.

Podle analýzy dotazníkového šetření bylo zjištěno, že v nadpoloviční většině KOC (60 %) se nevyužívají již žádné další techniky vyšetření a ve zbylých 40 % se využívá bolus tracking, který umožňuje automatické spuštění vyšetření při určité náplni cév (Obrázek 15). Metoda saline chaser, kdy dochází k proplachování fyziologickým roztokem během podávání kontrastního média se v ČR nevyužívá. Pokud u pacienta není možné využít při vyšetření JKL, 60 % dotázaných by se uchýlilo k registraci nativního CT s diagnostickým CT s JKL, 20 % by se uchýlilo k metodě

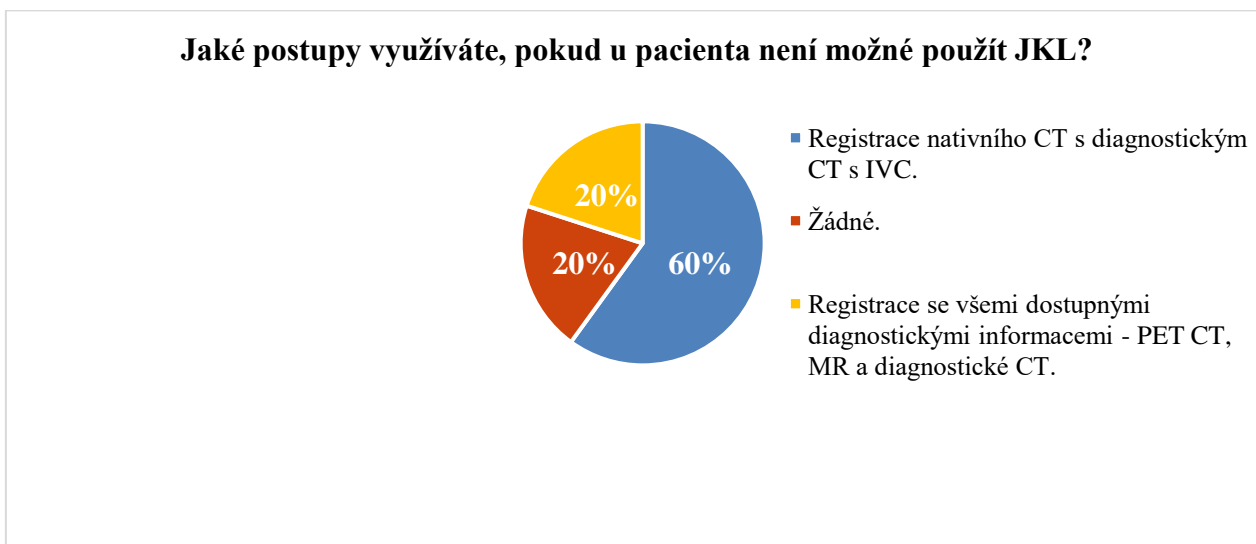
registrace se všemi možnými diagnostickými informacemi jako je PET, CT, MR či diagnostické CT. Zbylých 20 % by se neuchýlilo k žádné z těchto metod (Obrázek 16).

U otázky týkající se požadavků na podpis informovaného souhlasu pacienta před vyšetřením s použitím JKL se naprostá většina (80 %) dotazovaných shodla na nutnosti podepsání tohoto dokumentu (Obrázek 17).

Naprostá většina se také shodla v otázce budoucího vývoje a zlepšení v oblasti využití JKL na jejich pracovišti, kdy pouze jedno pracoviště je pro rozšíření využívání JKL a zbylá pracoviště další rozvoj v této oblasti nepokládají za významný (Obrázek 18).

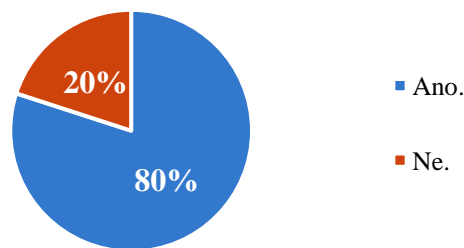


Obrázek 15 - Využití dalších technik vyšetření



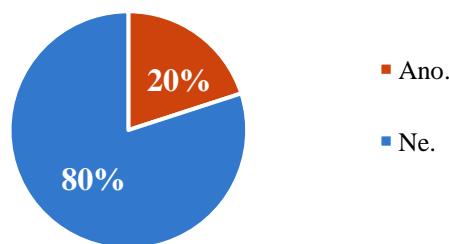
Obrázek 16 - Postupy, když nelze využít JKL

Požadujete ve vašem KOC informovaný souhlas pacienta před podáním JKL?



Obrázek 17 - Informovaný souhlas s vyšetřením

Plánujete ve vašem KOC nějaký budoucí vývoj vedoucí ke zlepšení či rozšíření využívání JKL?

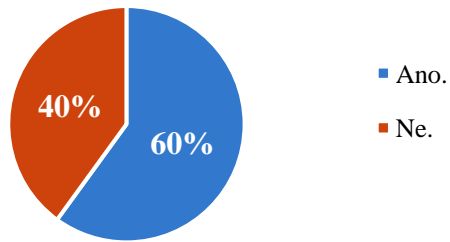


Obrázek 18 - Budoucí vývoj využívání JKL

6.4.4 Národní radiologické standardy

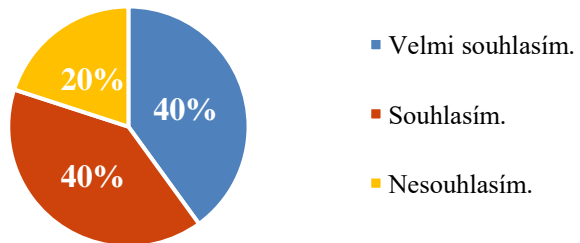
Poslední část dotazníkového šetření se zabývala národními radiologickými standardy, vytvořenými pro podávání JKL. Z dotázaných KOC má pouze 60 % zpracované místní standardy pro podávání JKL, ve zbylých 40 % tyto standardy chybí (Obrázek 19). S názorem, že by měly být zavedeny národní radiologické standardy v této oblasti poté „velmi souhlasí“ 40 % respondentů, „souhlasí“ 40 % respondentů a „nesouhlasí“ pouze 20 % (Obrázek 20). Z respondentů se 60 % domnívá, že současné standardy v této oblasti jsou dostatečné (Obrázek 21).

Má vaše KOC zpracovaný standard pro podání JKL?



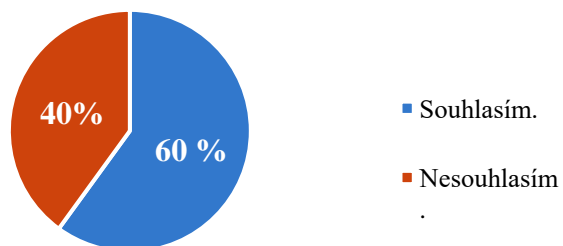
Obrázek 19 - Zpracování místních radiologických standardů

Myslíte si, že by měly být zavedeny národní standardy pro využití JKL při plánovacím CT vyšetření?



Obrázek 20 - Zavedení národních radiologických standardů

Domníváte se, že současné standardy v této oblasti jsou dostatečné?



Obrázek 21 - Dostatečnost standardů

7 DISKUZE

Cílem této bakalářské práce bylo popsání využívání JKL při plánovacím CT vyšetření v RT, hodnocení jejich využívání v jednotlivých KOC v ČR společně s hodnocením současné praxe se stávajícími národními radiologickými standardy pro tuto oblast. Výzkumná část bakalářské práce se zaměřuje na současný model praxe využívání JKL při plánovacím CT vyšetření v ČR a slouží k porovnání shody a nesrovnalostí s podobnou studií publikovanou v recenzovaném časopise „Technical innovations & patient support in radiation oncology“ panem Minoguellem a dalšími v roce 2019, jenž poukazuje na využívání IVK při plánovacím CT vyšetření v Irsku a studii publikovanou v recenzovaném časopise „Radiography“ panem Williamsem a dalšími v roce 2016, jenž poukazuje na využívání JKL při plánovacím CT vyšetření ve Velké Británii (VB). Studie z VB se ale od Irské a této studie nepatrně liší a zabývá se pouze některými tématy této bakalářské práce, proto s ní je výzkum této bakalářské práce porovnán pouze v některých bodech. Míra odpovědí na průzkum (73,3 %) je adekvátní reprezentací současných postupů s JKL v ČR.

Při porovnání používání JKL při plánovacím CT vyšetření v ČR s využíváním JKL v Irsku a VB, lze zjistit, že všechna zkoumaná irská a britská pracoviště používají JKL v klinické praxi, kdežto v ČR se v klinické praxi JKL spíše nevyužívají. Ve VB dokonce JKL při plánovacím CT vyšetření využívá až 98 % ze všech odpovídajících center. Avšak i přes fakt, že v ČR jsou JKL využívány pouze okrajově, vznikají mezi jednotlivými KOC rozdíly v aplikaci, lokalizaci míst vhodných pro využití JKL a hodnocení kritérií pro aplikaci.

Pouze dvě irská pracoviště odpověděla na otázku, proč se na jejich oddělení JKL nevyužívají pravidelně, a to z důvodu nedostatečného školení personálu a nedostatku nemocniční politiky. V ČR je to poté z důvodů nedostatečného školení zaměstnanců, nevyžadování jejich použití ze strany lékařů, či diagnózy a nedostatečnost dosavadních CT přístrojů či programů pro tvorbu ozařovacích plánů.

Co se týče četnosti plánovacích CT vyšetření s použitím JKL a bez použití JKL v ČR zjistíme, že vyšetření s použitím JKL tvoří pouze 6,7 % všech plánovacích CT vyšetření a to pouze na vybraných pracovištích, kde JKL používají. V Irsku plánovací CT vyšetření za využití IVK tvoří přibližně 35 % ze všech vyšetření. V Irsku se tedy JKL využívá k plánovacímu CT vyšetření 5× více než v ČR.

Žádné z českých ani irských pracovišť neaplikují JKL do všech lokalit tumorů, do kterých je aplikace možná. Ve VB pouze 6 % pracovišť odpovědělo, že kontrast využívá ve všech lokalitách, ve kterých je kontrast možné využívat. Kromě těchto center se nejvíce ve VB JKL

využívají u CT vyšetření plic a uzlin hlavy a krku. Nejméně častým místem využívání JKL jsou játra. Z českého dotazníkového šetření vyplývá, že se zde nejvíce používá kontrast také pro lokalizaci tumorů oblasti hltanu, uzlin hlavy a krku, paranazálních dutin, hrtanu, štítné žlázy, plic, jater a slinivky břišní. Méně u tumorů v oblasti ledvin, nadledvin a žaludku. U jiných oblastí se již JKL nevyužívají. Irská studie ukazuje, že se nejvíce JKL také využívá pro lokalizaci tumorů uzlin hlavy a krku, ale na rozdíl od české studie se i pro další oblasti využívají JKL hojně. Nejvíce pak u lokalizace tumorů plic, slinivky břišní, hltanu, endometria, čípku, Non-Hodkinova a Hodkinova lymfomu.

Irská a ČR studie se poté shodují v otázkách zavádění kanyly pacientům a pozdější aplikaci JKL, kdy v obou zemích z dotazníkového šetření vyplynulo, že kanylizaci pacientů provádí na většině oddělení zdravotní sestra, kdežto aplikaci JKL radiologický asistent. Co se týče otázky pravidelnosti kontrol renálních funkcí u pacientů před podáním JKL, 60 % pracovišť v ČR odpovědělo, že provádí pravidelné kontroly u každého pacienta a že za správné provedení kontroly funkce ledvin je v 80 % zodpovědný lékař. Avšak pokud by docházelo k posuzování renálních funkcí pouze u vysoce rizikových pacientů, vedlo by to k zefektivnění procesu plánovacího CT vyšetření snížením počtu pacientů vyžadujících před aplikací JKL biochemické testy, u nichž je potřeba po odběrech krve čekat na obdržení výsledků.

V ČR se jako hlavní metoda kontroly funkce ledvin využívá v 60 % metoda eGFR, která je považována za nejlepší měřítko funkce ledvin, ale v klinické praxi ji nelze snadno posoudit, proto se rutinně používá eGFR pomocí hladin sérového kreatininu. Jiné z metod se zde nevyužívají. Z Irské studie vyjma jednoho pracoviště, které hodnotilo ledvinné funkce pouze u rizikových pacientů, vyplynula kontrola renální funkce u všech pacientů. Za její správné provedení je poté zodpovědný v 78 % odděleních lékař a na zbylých dvou odděleních pak radiologický asistent a ošetrovatelský personál. Jako metodu sloužící k posouzení funkce ledvin používají oddělení také metodu eGFR a měření hladiny kreatininu. Ze studie prováděné ve VB vyplynulo, že 88 % center kontroluje funkci ledvin před podáním JKL u každého pacienta, 8 % center pak kontroluje funkci ledvin pouze u vysoce rizikových pacientů a 4 % pracovišť odpovědělo, že kontrolu funkce ledvin u pacientů neprovádí. Jako hlavní metodu sloužící k posouzení funkce ledvin používají ve většině britských oddělení také metodu eGFR a měření hladiny kreatininu.

Společně s technikou vyšetření pomocí JKL se v ČR na 40 % odděleních využívá i metoda bolus tracking, který je velice efektivní, protože vede při správném použití ke zvýšení přínosu CT

a snížení rizika vzniku nefropatie. Pokud však u pacienta existují kontraindikace k využití JKL 60 % oddělení provede u pacienta registraci nativního CT s diagnostickým CT s JKL a 20% oddělení provede u pacienta registraci se všemi dostupnými diagnostickými informacemi – PET CT, MR či diagnostické CT. V Irsku a VB využívají kromě bolus tracking také techniku saline chaser. Z obou studií vyplývá, že tam, kde je vyšetření s JKL kontraindikováno, používá 33 % irských oddělení a 54 % britských oddělení spojení plánovacího skenu pro účely vymezení. Zatímco zbytek irských oddělení neprovádí již žádnou další akci, ve VB využívá 21 % pracovišť technologii PACS, která umožňuje archivaci a následné zpětné zobrazení obrazové dokumentace, kdy použije snímky jako referenční.

Na otázku, zda jsou dosavadní standardy v této oblasti dostatečné, odpovědělo 60 % českých respondentů „souhlasím“ a zbylých 40 % s tímto výrokem nesouhlasilo, kdežto v Irské studii všichni respondenti souhlasili či velmi souhlasili. Ve studii z VB došli k závěru, že jejich současné pokyny jsou omezené, protože odrážejí pouze místa výskytu nádorů a standardy podávání JKL, ale již neobsahují žádné pokyny týkající se protokolů, požadavků na školení, zpoždění intravenózního kontrastu, ideální rychlosti průtoku JKL nebo využívání pokročilých technik jako jsou techniky bolus trackingu či saline chaser.

Plánování budoucího vývoje, které by vedlo ke zlepšení či rozšíření využívání JKL 80 % pracovišť v ČR a 60 % pracovišť v Irsku do budoucna neplánuje ani nepředpokládá.

Vzájemná spolupráce na multidisciplinární úrovni může být klíčem k vytvoření konzistentních pokynů pro praxi. Znalosti a zkušenosti radiologických pracovníků by měly být využívány k vytvoření a optimalizaci JKL protokolů pro plánovací CT vyšetření. Při zaměření na porovnání studie z Irska, VB a z dotazníkového šetření z této bakalářské práce lze vyvodit, že i když se v některých bodech používání JKL všechny země shodují, v Irsku a VB mají větší zkušenosti s používáním JKL při plánovacím CT vyšetření než v ČR. Také mají více školení a praktického nácviku na toto téma. Ale i přes tento fakt a i přes fakt množství přínosu, které plynou z používání JKL, budoucnost s používáním JKL ani jedna ze zemí neplánuje. Výsledky naznačují, že je možná načase znovu zvážit revizi stávajících pokynů na základě nových důkazů týkajících se správné praxe a vyhotovit pro tuto oblast samostatné národní radiologické standardy.

Limitací této studie byl nízký počet českých KOC, která pečlivě vyplnila dotazníkový formulář. Dotazníku se zúčastnilo pouze 5 KOC z 15 KOC. Důvodem nízké účasti bylo pravděpodobně nevyužívání JKL při plánovacím CT vyšetření v RT. Je také možné, že respondenti pouze jasně neporozuměli všem formulacím týkajících se tohoto dotazníku či dotazník odmítli vyplnit.

Plná účast ve studii by poskytla komplexní obrázek o použití JKL v celém ČR, s nízkou účastí na tomto dotazníku mohlo dojít ke zkreslení některých analyzovaných dat.

8 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá využitím JKL při plánovacím CT vyšetření v RT. Její teoretická část slouží k seznámení s CT přístrojem, CT simulátorem a jeho konstrukcí a rozdílnostmi těchto dvou přístrojů. Dále pak se zaměřuje na plánování v RT a s ním spojené plánovací a zaměřovací systémy, objemy, postupy a ozařovací předpisy. V neposlední řadě se zabývá kontrastními látkami, jejich dělením, kontraindikacemi, nežádoucími účinky, zásadami podání a seznámením s národními radiologickými standardy pro výpočetní tomografii a radiační onkologii.

Primárním cílem výzkumné praktické části této bakalářské práce bylo zhodnocení využívání JKL při plánovacím CT vyšetření v jednotlivých KOC po celé ČR pomocí dotazníkového šetření a zhodnocení shody současné praxe se stávajícími národními standardy souvisejícími s touto oblastí. Z dat rozeslaného dotazníkového šetření vyplynulo, že v ČR JKL při plánovacím CT vyšetření v klinické praxi využívá pouze 33,3 % ze všech KOC a to v různém rozsahu. Důvody pro jejich nedostatečné využívání jsou nedostatečně školení zaměstnanci, nevyžadování jejich využití lékaři či diagnózou. Avšak i přes malé množství KOC, jenž JKL využívají, z dotazníku vyplývají určité nesrovnalosti mezi jednotlivými odděleními. Oddělení jsou za jedno, pokud jde o: lokalizace tumoru, pro které je opodstatněné používání JKL, provedení aplikace JKL radiologickým asistentem, lékařskou zodpovědnost za provedení kontroly funkce ledvin, využívání metody GFR pro kontrolu ledvin, opodstatnění a přínos benefitů z vyšetření za použití JKL, využívání bolus trackingu, vyžadování informovaného souhlasu u pacientů před vyšetřením s použitím IVK a neplánování budoucího vývoj plánování za použití JKL. Naopak oddělení se rozcházejí, pokud jde o: množství podstupených vyšetření za využití JKL, zavádění kanyly, kdy zavádění na některých odděleních provádí sestra a na některých radiologický asistent a ve zpracování standardů pro podávání JKL v jednotlivých KOC.

Dalším cílem této bakalářské práce bylo zjištění dostatečnosti národních radiologických standardů pro oblast využívání JKL při plánovacím CT vyšetření, kdy po důkladném prozkoumání národních radiologických standardů výpočetní tomografie a radiační onkologie bylo zjištěno nedostatečné množství informací týkajících se používání JKL v RT. Z dotazníkového šetření poté vyplynulo, že většina oddělení (60 %) má zpracované vlastní místní radiologické standardy pro podávání JKL. S potřebou zavedení národních radiologických standardů pro využívání JKL 80 % oddělení souhlasí.

Další výzkum v této oblasti by se mohl zaměřit na uskutečnění obdobného průzkumu týkajícího se využívání JKL při plánovacím CT vyšetření v RT za pár let, z důvodů ověření, zda se JKL začaly při plánovacím CT vyšetření využívat více či zda pracovišť, které JKL využívají ubylo.

9 POUŽITÁ LITERATURA

9.1 Primární zdroje

BINAROVÁ, Andrea, 2010. *Radioterapie*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií. 251 s. ISBN: 978-80-7368-701-4.

ČESKO, 2016. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ. Standardy zdravotní péče – „Národní radiologické standardy – výpočetní tomografie“. Online. In: *Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky*. Částka 2, s. 2–61. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-2-2016/> [cit. 2023-01-19].

ČESKO, 2016. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ. Standardy zdravotní péče – „Národní radiologické standardy – radiační onkologie“. Online. In: *Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky*. Částka 2, s. 62–202. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-2-2016/> [cit. 2023-01-19].

FERDA, J. et al., 2002. *Výpočetní tomografie*. Galén, Karolinum. 663 s. ISBN 80-246-05678-8, 80-7262-172-6.

FERDA, J. et al., 2009. *Multidetektorová výpočetní tomografie – Technika vyšetření*. Galén. 213 s. ISBN: 978-80-7262-608-3

HALPERIN, E. et al., 2018. *Perez & Brady's Principles and Practice of Radiation Oncology*. United States: Lippincott Williams and Wilkins. 2448 s. ISBN: 9781496386793.

HENDEE, William R. a E. Russell RITENOUR, 2002. *Medical imaging physics*. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. 536 s. ISBN: 0-471-38226-4.

ICRU, 2010. *ICRU Report 83: Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy*. In *Journal of the ICRU*, 10 (1), 106 s. ISSN 1473-6691.

KUBECOVÁ, M. et al., 2011. *ONKOLOGIE: Učební texty pro studenty 3. lékařské fakulty UK*. Univerzita Karlova v Praze, 3.lékařská fakulta, Radioterapeutická a onkologická klinika 3.LF a FNKV. 178 s. ISBN 978-80-254-9742-5

MALÍKOVÁ, Hana, 2022. *Základy radiologie a zobrazovacích metod*. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. 120 s. ISBN 978-80-246-5190-3.

MINOGUE, S. et al., 2019. Intravenous contrast media in radiation therapy planning computed tomography scans-Current practice in Ireland. *Technical innovations & patient support in*

radiation onkology [online]. [Oxford]: Elsevier B.V., 16 (12), 3–15 [cit. 2023-02-08]. ISSN: 2405- 6324. DOI: 10.1016/j.tipsro.2019.11.002.

SEIDL, Z. et. al., 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada. 372 s. ISBN 978- 80- 247- 4108-6.

SPURNÝ, Vladimír a Pavel ŠLAMPÁ, 1999. *Moderní radioterapeutické metody*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví. 118 s. ISSN 80-7013-267-1.

WILLIAMS, K. et. al., 2016. Use of IV contrast media in radiotherapy planning CT scans: A UK audit. *Radiography* [online]. Elsevier, 22 (1), 28–32 [cit. 2023-02-22]. ISSN: 1078-8174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2016.06.006>

9.2 Internetové zdroje

SVOJANOVSKÝ, J. et al. 2011. Kontrastní látkou indukovaná nefropatie. *Interní medicína pro praxi* [online]. Solen, s. r. o., 13 (5), 205–208 [cit. 2023-10-17]. ISSN 1803-5256.

10 PŘÍLOHY

DOTAZNÍK K POUŽÍVÁNÍ JKL PŘI PLÁNOVACÍM CT VYŠETŘENÍ V RADIOTERAPII

Dotazník je zcela anonymní. Jeho vyplněním souhlasíte s použitím dat v bakalářské práci na téma "Použití intravenózní kontrastní látky při plánovacím CT vyšetření v radioterapii."

U otázek číslo 2 a 5 je možno více odpovědí.

Děkuji za vyplnění, Karolína

Michaličková

* Označuje povinnou otázku

1. Používají se ve vašem komplexním onkologickém centru (KOC) pravidelně intravenózní kontrastní látky (IVK) při plánovacím CT vyšetření? *

Označte jen jednu elipsu.

Ano.

Ne.

Ve výjimečných případech.

2. Pokud se IVK v rámci vašeho KOC nevyužívají pravidelně, jaké jsou pro to důvody? *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- Finanční důvody.
- Nedostatečné školení zaměstnanců.
- Nedostatek zdrojů.
- Nemocniční politika
- Nelze je na oddělení využívat
- Jiné: _____

3. Kolik pacientů přibližně za měsíc podstoupí plánovací CT vyšetření ve vašem KOC? *

4. Kolik pacientů přibližně za měsíc podstoupí plánovací CT vyšetření s IVK ve vašem KOC? *

5. Pro jaké lokality se využívají CT vyšetření s IVK ve vašem KOC? *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- a. Mozku.
- b. Míchy.
- c. Hltanu.
- d. Paranasálních dutin.

<input type="checkbox"/>	e. Hrtanu.
<input type="checkbox"/>	f. Štítné žlázy.
<input type="checkbox"/>	g. Uzlin hlavy a krku.
<input type="checkbox"/>	h. Plíc.
<input type="checkbox"/>	i. Jater.
<input type="checkbox"/>	j. Slinivky břišní.
<input type="checkbox"/>	k. Ledvin.
<input type="checkbox"/>	l. Nadledvinek.
<input type="checkbox"/>	m. Jícnu.
<input type="checkbox"/>	n. Žaludku.
<input type="checkbox"/>	o. Konečnicku.
<input type="checkbox"/>	p. Čípku.
<input type="checkbox"/>	q. Endometria.
<input type="checkbox"/>	r. Vulvy.
<input type="checkbox"/>	s. Močového měchýře.
<input type="checkbox"/>	t. Prostaty.
<input type="checkbox"/>	u. Testes.
<input type="checkbox"/>	v. Prsou.
<input type="checkbox"/>	w. Kostí.
<input type="checkbox"/>	x. Hodgkinova lymfomu.
<input type="checkbox"/>	y. Non-hodgkinova lymfomu.
<input type="checkbox"/>	z. Cholangiokarcinomu.
<input type="checkbox"/>	Jiné: _____

6. Kdo ve vašem KOC zavádí pacientům kanylu před aplikací IVK? *

Označte jen jednu elipsu.

- Radiologický asistent.
- Zdravotní sestra.
- Lékař.

7. Kdo IVK ve vašem KOC aplikuje? *

Označte jen jednu elipsu.

- Radiologický asistent.
- Zdravotní sestra.
- Lékař.

8. Dochází k pravidelným kontrolám funkce ledvin před podáním IVK? *

Označte jen jednu elipsu.

- Ano, u každého pacienta.
- Ano, pouze u vysoce rizikových pacientů.
- Ne.

9. Jaké faktory se používají k posouzení rizika spojeného s podáním IVK ve vašem KOC? *

10. Kdo je zodpovědný za správné provedení kontroly funkce ledvin ve vašem KOC? *

Označte jen jednu elipsu.

- Radiologický asistent.
- Zdravotní sestra.
- Lékař.
- Jiné: _____

11. Jakou metodu kontroly funkce ledvin vaše KOC využívá? *

Označte jen jednu elipsu.

- GFR.
- EDTA.
- Nevyužívá žádnou.
- Jiné: _____

12. Jaké jsou prahové limity pro hodnocení funkce ledvin před podáním intravenózní kontrastní látky?*

13. Podle vašeho názoru, jak často je využití IVK ve vašem KOC opodstatněné a přináší benefit? *

Označte jen jednu elipsu.

- Vždy.
- Většinou.
- Někdy.
- Nikdy.

14. Používají se na vašem oddělení i další techniky vyšetření? *

Označte jen jednu elipsu.

- Bolus tracking.
- Saline chaser.
- Žádné další nepoužíváme.
- Jiné: _____

15. Jaké postupy využíváte, pokud u pacienta není možné použít IVK? *

Označte jen jednu elipsu.

- Registrace nativního CT s diagnostickým CT s IVC.
- Žádné.
- Jiné: _____

16. Požadujete ve vašem KOC informovaný souhlas pacienta před podáním IVK? *

Označte jen jednu elipsu.

- Ano.
- Ne.

17. Plánujete ve vašem KOC nějaký budoucí vývoj vedoucí ke zlepšení či rozšíření využívání IVK? *

Označte jen jednu elipsu.

- Ano.
- Ne.

Pokud jste u předchozí otázky odpověděli ano, specifikujte odpověď, prosím.

18. Má vaše KOC zpracovaný standard pro podání IVK? *

Označte jen jednu elipsu.

- Ano.
- Ne.

19. Myslíte si, že by měly být zavedeny národní standardy pro využití IVK při plánovacím CT vyšetření?*

Označte jen jednu elipsu.

- Velmi souhlasím.
- Souhlasím.
- Nesouhlasím.
- Rozhodně nesouhlasím.

20. Domníváte se, že současné standardy v této oblasti jsou dostatečné? *

Označte jen jednu elipsu.

- Velmi souhlasím.
- Souhlasím.
- Nesouhlasím.
- Rozhodně nesouhlasím.

21. Máte-li další připomínky, prosím uveďte je zde:
