

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Petra Dobrovolná

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

PET/CT vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem

Petra Dobrovolná

Bakalářská práce

2018

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra Dobrovolná**
Osobní číslo: **Z15275**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **PET/CT vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem**
Zadávající katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Studium literatury, sběr informací a popis současného stavu řešené problematiky.
2. Stanovení cílů a metodiky práce.
3. Příprava a realizace výzkumného šetření dle stanovené metodiky.
4. Analýza a interpretace získaných dat.
5. Zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HUŠÁK, Václav. Radiační ochrana pro radiologické asistenty. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0.
2. JABLONSKÁ, Markéta. Kolorektální karcinom: časná diagnóza a prevence. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-777-x.
3. KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. Radiofarmaka. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012. ISBN 978-80-7464-183-1.
4. KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína. Praha: P3K, 2007. ISBN 978-80-903584-9-2.
5. VOTRUBOVÁ, Jana. Klinické PET a PET/CT. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-619-9.

Vedoucí bakalářské práce:

PharmDr. Kateřina Žilková

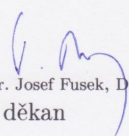
Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce:

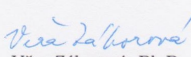
1. prosince 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

7. května 2018


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Věra Záhorová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 26. února 2018

PROHLÁŠENÍ AUTORA

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

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

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. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 4. 5. 2018

Petra Dobrovolná

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat školitelce bakalářské práce PharmDr. Kateřině Žilkové za její odborné vedení a cenné rady, které mi poskytla při jejím vypracování.

ANOTACE

Bakalářská práce pojednává o PET/CT vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem. Vymezuje základní pojmy a informace o kolorektálním karcinomu a jeho vyšetření. Přibližuje přípravu pacientů k vyšetření a jejich následnou péči. Práce nás seznamuje s radiofarmakem ^{18}F -FDG, který nezbytný pro vyšetření.

KLÍČOVÁ SLOVA

vyšetření, pacient, radiologický asistent, kolorektální karcinom, hybridní PET/CT systém

TITLE

PET/CT examination for patients with colorectal cancer.

ANNOTATION

Bachelor thesis deals with the PET/CT examination for patients with colorectal cancer. It defines the basic concepts and information about colorectal cancer and its examination. It shows the preparation of patients before the examination and the follow-up care for patients. The thesis introduces us to radiopharmaceuticals ^{18}F -FDG which is necessary for examination.

KEYWORDS

examination, patient, radiology assistant, colorectal cancer, hybrid PET/CT systém,

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍL PRÁCE.....	12
TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA.....	13
1.1 Radioaktivita a ionizující záření.....	14
1.2 Radiační ochrana.....	17
2 ONEMOCNĚNÍ TLUSTÉHO STŘEVA.....	22
2.1 Kolorektální karcinom.....	25
2.2 Prevence.....	28
2.3 Diagnostika.....	30
3 RADIOFARMAKUM.....	33
3.1 Výroba radionuklidů.....	33
3.2 Příprava radiofarmak.....	34
3.3 Radiofarmaka pro PET/CT.....	35
4 HYBRIDNÍ SYSTÉM PET/CT.....	38
4.1 Radioaktivní přeměna β^+ a princip zobrazení.....	38
4.2 Příprava pacienta.....	40
4.3 Postup vyšetření.....	42
4.4 Indikace a kontraindikace.....	43
PRAKTICKÁ ČÁST.....	44
5 DISKUSE.....	49
6 ZÁVĚR.....	51
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
8 PŘÍLOHY.....	56

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 Vliv vzdálenosti na ionizující záření (Hušák, 2009, s. 65)	21
Obrázek 2 Transport a metabolismus FDG (Kelloff, 2005).....	37
Obrázek 3 PET/CT kamera.....	40

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

^{18}F -FDG	Radiofarmakum používané v pozitronové emisní tomografii
2D	Dvourozměrný
3D	Trojrozměrný
ALARA	Základní princip ochrany před ionizujícím zářením
CO_2	Oxid uhličitý
CT	Výpočetní tomografie
Gy	Jednotka absorbované dávky záření (Gray)
keV	Kiloelektronvolt
mSv	Jednotka dávkového ekvivalentu ionizujícího záření (milisievert)
PET	Pozitronová emisní tomografie
PET/CT	Pozitronová emisní tomografie/ výpočetní tomografie
RA	Radiologický asistent
Tzv.	Takzvaný

ÚVOD

Jedním z nejčastějších výskytu onemocnění u populace je kolorektální onemocnění. Téma bakalářské práce je zaměřené na danou problematiku, a proto jsme si vybrali téma PET/CT vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem. Téma jsme si vybrali z důvodu častého výskytu v dnešní době.

Mnoho lidí si neumí představit žít s tímto onemocněním, a to především z toho důvodu, že o něm mnoho nevědí. V bakalářské práci jsme se snažili přiblížit toto onemocnění, tak aby bylo alespoň nepatrně srozumitelné pro laickou veřejnost. Lidé se o možném vyšetření dozvídají až v pozdějším věku, přibližně kolem padesátého roku života, kdy jim zdravotní pojišťovny zasílají informační leták o možnosti preventivního vyšetření, které je poskytováno zdarma.

Bakalářská práce obsahuje teoretickou a praktickou část. Teoretická část bakalářské práce je rozdělená do čtyř kapitol, které nás blíže seznámí s PET/CT vyšetřením u pacientů s kolorektálním karcinomem. Zpracovaným textem chceme přiblížit nukleární medicínu, do které spadá zmiňované vyšetření kolorektálního karcinomu. Každá kapitola obsahuje jednotlivé podkapitoly, které nás seznámí s výše uvedeným tématem.

V první kapitole si představíme nukleární medicínu a seznámíme se dvěma typy metod, které se v nukleární medicíně využívají. Přiblížíme si radioaktivitu a ionizující záření. Poslední podkapitola je zaměřená na radiační ochranu, kterou je potřeba dodržovat při vyšetřeních u kterých je zapotřebí ionizující záření. Musí se brát ohledy nejen na zdraví pacienta, ale také na zdraví osoby, která vyšetření provádí.

Anatomie a fyziologie lidského těla je jedním z témat, s kterým se setkáváme v průběhu života. V druhé kapitole si představíme anatomii tlustého střeva a s jeho částí. Popíšeme si jeho důležitost pro lidský život. Mezi jedno z nejčastějších onemocnění v lidské populaci je onemocnění střev. V bakalářské práci se zaměříme na nádory, ale jedno z nejzávažnějších onemocnění právě kolorektální karcinom. V krátkosti se seznámíme s nejvíce známým vyšetřením, které je mezi běžnou populací známé. Jedná se o kolonoskopii, která se provádí za pomoci endoskopu.

Popíšeme si nádor a jeho vznik a přiblížíme si kolorektální karcinom. Mezi další podkapitolu patří prevence, kde si popíšeme základní informace pro snižování rizik. Druhou kapitolu nám uzavírá diagnostika, kde si popíšeme jednotlivé metody a vyšetření.

V třetí kapitole se zaměříme na radiofarmakum, které se na vyšetření využívá radiofarmakum, tedy ^{18}F -FDG. Seznámí se v krátkosti s jeho přípravou a jakostí. Představíme si také distribuci ^{18}F -FDG, a že se díky němu dá rozlišovat nádorová tkáň od zdravé tkáně.

Poslední kapitolou si představíme hybridní systém PET/CT. Seznámíme se s principy zobrazování v 2D a 3D režimu snímání, rekonstrukcí a vizualizací dat. Popíšeme si přípravu pacientů a postupy k vyšetření. Poslední podkapitola, která nám uzavírá teoretickou část bakalářské práce je věnována indikaci a kontraindikaci pro PET/CT vyšetření.

V praktické části bakalářské práce se podrobně zaměříme na popis průběhu vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem pomocí PET/CT přístroje. Přiblížíme si v krátkosti pracovní náplň radiologického asistenta. Popíšeme si postup po příchodu pacienta k vyšetření pomocí PET/CT a zjistíme, za jakých podmínek nesmí být vyšetření prováděno. Následně si popíšeme samotnou aplikaci radiofarmaka a přiblížíme si další postupy jak z pohledu pacienta, tak zároveň z pohledu radiologického asistenta.

Praktickou část v bakalářské práci nám uzavírá popis uložení pacienta, samotné vyšetření a propuštění pacientů do domácího prostředí.

Jako hlavní zdroje informací pro zpracování bakalářské práce jsme využili literaturu, která je věnována tématice PET/CT vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem. Informace z výše uvedených textů nám pomohly získat větší náhled na onemocnění tlustého střeva.

Bakalářská práce je určena pro studenty zdravotnických oborů, radiologické asistenty a věříme, že by práce mohla oslovit i širší veřejnost.

CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je seznámit čtenáře s podrobným popisem, který je zaměřený na vyšetření pomocí PET/CT u pacientů s kolorektálním karcinomem. Dalším důležitým cílem je objasnění problematiky kolorektálního karcinomu, zmapování přístrojů důležité pro již zmiňované vyšetření a radiofarmaka. Dále má práce za úkol objasnit, jakou roli zde zaujímá radiologický asistent. Bude zde také popsána příprava pacienta na vyšetření. V samotném vyšetření je cílem seznámení, jak vlastně probíhá celé vyšetření kolorektálního karcinomu přístrojem PET/CT.

TEORETICKÁ ČÁST

1 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

Nukleární medicína je nezávislým lékařským oborem, jehož cílem je diagnostika a léčba prováděna prostřednictvím otevřených radioaktivních zářičů aplikovaných do organismu pacienta. Značnou součástí náplně tohoto oboru představuje zobrazovací diagnostika, poté laboratorní diagnostika a nakonec léčba. Scintigrafie či gamagrafie je nejvyužívanější zobrazovací metodou v nukleární medicíně. Během scintigrafie scintilační kamera ve vyšetřované části snímá mapy prostorového rozložení aplikovaného radiofarmaka (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2007, s. 13).

Metody nukleární medicíny dokážou poskytnout výborné informace týkající se funkcí orgánů, o průběhu patologických a fyziologických dějů, a také o charakteru tkání neboli molekulárním zobrazování (Mysliveček, 2007, s. 9).

Metody používané v tomto odvětví vycházejí z tzv. indikátorového neboli stopovacího principu, který umožňuje neinvazivně sledovat přítomnost radiofarmak v těle pacienta (Kupka, Kubinyi a Šámal 2015, s. 13).

Podstata indikátorového principu je založena na shodném chemickém chování radioaktivních a stabilních nuklidů chemických prvků. Atomy těchto prvků mají stejné elektronové obaly, liší se pouze složením a fyzikálními vlastnostmi jádra. Princip v roce 1913 objevil chemik György Hevesy (Kupka, Kubinyi a Šámal 2015, s. 13).

Zrod nukleární medicíny se datuje do padesátých let dvacátého století. V těchto letech se totiž začalo experimentovat s radonem, radioaktivním fosforem, a také s jodem (Kupka, Kubinyi a Šámal 2015, s. 13).

Je to rychle se měnící lékařské odvětví, které se ustavičně přizpůsobuje požadavkům a změnám zaměřených na medicínské oblasti. Vytvářejí se stále nové radionuklidové metody, sestavují se kvalitnější a dokonalejší přístroje, pracovníci musejí stále zlepšovat své znalosti v oboru medicíny, jaderné fyziky, a také v oblasti počítačové techniky (Míková, 2008, s. 9).

V nukleární medicíně rozlišujeme metody in vivo a in vitro. Tyto metody využívají otevřené gama zářiče (Hušák, 2009, s. 93).

Vyšetření in vivo

U metod in vivo aplikujeme radioaktivní látku čili radiofarmakum přímo do těla pacienta. Aplikace radiofarmak se provádí převážně intravenózní injekcí. Při tomto vyšetření se při přeměně vyzařují fotony elektromagnetického záření (Koranda, 2014, s. 7).

Oddělení nukleární medicíny nejvíce spotřebovává pro vyšetření in vivo zářič gama ^{99}Tc s energií záření 140 keV (Hušák, 2009, s. 93).

Vyšetření in vitro

Vyšetření in vitro patří mezi metody využívající radioaktivní látky pro určení protilátek či koncentrace hormonů v krvi (Míková, 2008, s. 8).

Během vyšetření se pracuje pouze se vzorkem krve. Tudiž se pacient nedostane do kontaktu s radioaktivní látkou. Nejpoužívanějším radionuklidem pro toto vyšetření je zářič gama ^{125}I s energií 30 keV (Hušák, 2009, s. 93 - 94).

1.1 Radioaktivita a ionizující záření

Radioaktivita

Radioaktivita je jev, při kterém se jádra atomů určitého prvku samovolně přeměňují na jádra jiného prvku, přitom je vyzařováno vysokoenergetické záření. Jádra mající tuto vlastnost jsou nazývána jako radionuklidy. Radioaktivita se dělí dle typu emitovaného záření (Ullmann, 2009, s. 39).

Přeměna alfa - Při této přeměně z mateřského jádra vylétá částice alfa, tu tvoří dva neutrony a dva protony. Částice alfa odnášejí rozdíl energií mezi dceřiným a mateřským jádrem, který je neměnný. Z toho důvodu mají všechny částice alfa při přeměnách jádra stejné kinetické energie (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015, s. 17).

Přeměna beta⁺ - při této přeměně jsou z jádra vyzařovány pozitivně nabitě pozitrony, což jsou antičástice k elektronu. Přeměna beta⁺ je u radionuklidů převládajících počet protonů nad počtem neutronů. Jednoduše lze princip přeměny vysvětlit přeměnou jednoho „nadbytečného“ protonu na neutron, pozitron a neutrino. Kdežto neutron zůstává v jádře, pozitron a neutrino jsou emitovány velkou rychlostí pryč z jádra (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015, s. 17).

Přeměna β^- - během přeměny β^- je emitován elektron z mateřského jádra. Jednoduše lze emisí elektronu z jádra vysvětlit přeměnou neutronu na proton, elektron a antineutrino. Zatímco proton zůstává v jádře, elektron a antineutrino z něho vylétávají. Energie, která byla uvolněna během přeměny β^- je náhodně rozdělena mezi elektron a antineutrino. Z větší části elektron odnáší méně než polovinu uvolněné energie (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015, s. 17).

Elektronový záchyt - během tohoto procesu absorbuje proton z jádra elektron z vnitřní slupky elektronového obalu a tím se změní na neutron. Prázdnou pozici v elektronovém obalu zaujme elektron z některé z vyšších slupek elektronového obalu a současně dochází k vyzáření charakteristického rentgenového záření (Koranda, 2014, s. 8 - 9).

Ionizující záření

Ionizující záření je takové záření, které vyvolává ionizaci. Při této ionizaci dochází ke vzniku iontů následkem uvolnění elektronů z elektronového obalu atomu (Hušák, 2009, str. 13).

Toto záření vytváří přirozené pozadí v přírodě. Zdrojem jsou radioaktivní prvky neboli tzv. pozemské radionuklidy, které jsou obsažené v horninách. Příkladem jsou uranové rudy, ale také i mimozemské zdroje kosmického záření, např. hvězdy. Jako umělé zdroje ionizujícího záření jsou považovány rentgenky používané v terapeutických a diagnostických přístrojích, ale i atomové zbraně a procesy v atomových elektrárnách (Vomáčka, 2015, s. 13).

Mezi další umělé zdroje ionizujícího záření spadají právě radionuklidy. Pro účely nukleární medicíny se používají radionuklidy, které jsou připravovány uměle v jaderném reaktoru či cyklotronu (Myslivoček, 2007, s. 22).

Biologické účinky ionizujícího záření

Biologické účinky jsou závislé na využitém druhu záření, na dávce záření a na dávkovém příkonu, popřípadě způsobu ozáření, a také na metabolickém stavu organismu během ozáření (Beneš, Kyplová a Vítek, 2015, s. 205).

Při průniku ionizujícího záření biologickým prostředím dochází k ionizaci a excitaci atomů a molekul buněk organismu. Účinek ionizujícího záření je rozdělen na přímý a nepřímý (Beneš, Kyplová a Vítek, 2015, s. 205).

Přímý účinek - během přímého účinku bezprostředně dochází k absorpci energie uvnitř citlivého objemu buňky. Ionizující záření je charakteristické tím, že vyvolává zlomy molekuly

DNA. Přímý účinek převažuje v buňkách s malým množstvím vody (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015, s. 20).

Nepřímý účinek - během nepřímého účinku dochází k radiolýze vody s tvorbou agresivních volných radikálů. Tyto radikály jsou odpovědné za poškození důležitých molekul. Pohlcení záření v biologickém prostředí ovlivňuje vysoký obsah vody. Důležitá je také přítomnost kyslíku. Kyslík je totiž významným faktorem ovlivňující radiosenzitivitu neboli takzvanou vnímavost k záření (Beneš, Kyplová a Vítek, 2015, s. 205).

Stochastické účinky – tyto účinky jsou typické tím, že jsou bezprahové. Se stoupající dávkou roste pravděpodobnost stochastických změn, jejich závažnost se nijak nezvyšuje. To znamená, že stupeň malignity nádoru způsobeného ionizujícím zářením není závislý na dávce. Nelze určit, zda se účinky u jedince projeví. Rozlišují se účinky somatické a dědičné. Somatické jsou účinky, které postihnou přímo ozářeného jedince a dědičné se projevují až u potomků ozářeného jedince (Koranda, 2014, s. 43).

Deterministické účinky – jsou to účinky, které začínají v buňkách a ovlivňují tkáň. Může to být například akutní nemoc z ozáření, akutní lokalizované poškození, katarakta a další. Vznikají až po překročení dávkového prahu, který je určen pro vznik deterministických účinků. Tento práh není u všech tkání stejný. Se zvyšující se nadprahovou dávkou roste závažnost onemocnění. Deterministické účinky vznikají krátce po ozáření během několika dnů až týdnů. Při určité dávce nastává maximální účinek, což je nekróza tkáně (Koranda, 2014, s. 40 - 41).

Akutní radiační syndrom

Akutní nemoc z ozáření je vysvětlena jako reakce organismu na jednorázové ozáření dávkami ionizujícího záření vyššími než 1Gy (Hynková a Šlampa, 2012, s. 79).

Dávka může být způsobena jak vnějším zdrojem, tak i vnitřní kontaminací, nebo dokonce i oběma těmito příčinami. Formy akutní nemoci jsou závislé na rozsahu ozáření (Koranda, 2014, s. 41).

Při dávkách okolo 4,5 Gy dochází k postižení krevetvorby a imunitního systému. Střevní forma onemocnění s následným pronikáním střevní mikroflóry do krevního oběhu se projevuje při zvyšujících se dávkách. Ke smrti dochází v důsledku rozvrácení vodního a minerálového metabolismu. Při ozáření dávkami okolo 10 Gy, tedy dávkami většími než absolutní letální dávka, nastává velmi rychle centrálně nervová smrt (Beneš, Kyplová a Vítek, 2015, s. 206).

Akutní nemoc z ozáření je rozdělena na čtyři fáze. Fáze časných příznaků, fáze latence, fáze rozvinutých příznaků, a v případě že nedojde ke smrti, pokračuje fáze rekonvalescence. S rostoucím ozářením se jednotlivé fáze nemoci zkracují a splývají (Koranda, 2014, s. 41).

Období počáteční příznaků – známé také jako prodromální fáze. Krátkodobá, projevuje se ihned po ozáření popřípadě za několik málo hodin. U postiženého se objevují známky celkové nevolnosti, slabosti, nucení na zvracení, zvracení, bolesti hlavy, sucho v ústech, žízení a při vyšších dávkách se projevují zažívací obtíže s průjmy (Beneš, Kyplová a Vítek, 2015, s. 206).

Období bez klinických příznaků – toto období je známé také jako latentní fáze. U této fáze je doba trvání závislá na dávce záření. Čím probíhá období delší dobu, tím ta dávka ozáření byla menší (Hynková a Šlampa, 2012, s. 79).

Období plného rozvoje nemoci – komplex obtíží závislých na velikosti absorbované dávky. Projevují se zde příznaky jako například horečky, krvácivé projevy, rozvoj infekce, projevy poškození trávicího traktu, dehydratace, kardiovaskulární poruchy. Doba trvání tohoto období je dva až tři dny. Smrt může nastat následkem z jakýchkoliv výše uvedených příznaků (Beneš, Kyplová a Vítek, 2015, s. 206).

Období rekonvalescence (zotavování) – tato fáze může nastat u postižených, kteří nebyli vystaveni letální dávce záření. Může zde dojít i k částečnému nebo dokonce i k úplnému uzdravení (Beneš, Kyplová a Vítek, 2015, s. 206).

1.2 Radiační ochrana

Obecné principy, zásady radiační ochrany a radiační limity platí pro pracoviště nukleární medicíny a pro veškerá ostatní pracoviště používající zdroj ionizujícího záření (Koranda, 2014, str. 46).

Práce na všech pracovištích využívajících ionizující záření, se v oblasti radiační ochrany řídí principy v souladu s následujícími předpisy (Mysliveček, 2007, s. 59).

„Zákonem o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (Zákon č. 263/2016 Sb.)“ (Státní úřad pro jadernou bezpečnost).

„Vyhláškou o radiační ochraně (Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje 422/2016 Sb.)“ (Státní úřad pro jadernou bezpečnost).

Úkolem radiační ochrany je snaha o úplné vyloučení deterministických účinků ionizujícího záření a dalším cílem je omezení vzniku stochastických účinků na míru akceptovatelnou pro společnost a jedince. Pro dosažení tohoto cíle je zapotřebí uplatňovat následující principy (Seidl, 2012, s. 88).

Princip zdůvodnění: osoby vykonávající činnosti přispívající k ozáření či osoby provádějící zásahy na snížení ozáření v důsledku radiačních nehod musí dodržovat to, aby všechny činnosti byly odůvodněny přínosem, který vyrovná rizika vznikající při těchto činnostech (Hušák, 2009, s. 63).

Princip optimalizace: známý jako princip ALARA. Osoby vykonávající činnosti přispívající k ozáření jsou povinni dosáhnout a zachovat radiační ochranu v takové úrovni, aby riziko ohrožení životního prostředí, zdraví osob a života bylo tak nízké, jak jen lze rozumně dosáhnout z hlediska hospodářského a společenského (Hušák, 2009, s. 63).

Princip nepřekročení limitů: osoby vykonávající činnosti přispívající k ozáření jsou povinni snižovat ozáření osob tak, aby nedošlo k překročení limitů ozáření (Hušák, 2009, s. 63).

Radiační ochrana osob se rozděluje podle jednotlivých kategorií ozáření. Celkově se rozlišují tři druhy ozáření (Koranda, 2014, s. 46).

Profesionální ozáření: zahrnuje veškerá ozáření pracovníků, ke kterým došlo při práci a jako důsledek práce (Koranda, 2014, s. 46).

Lékařská expozice: patří sem ozáření osob, u kterých došlo k vyšetření nebo léčbě v rámci výkonů podstupených ve zdravotnických zařízeních. Do této kategorie dále spadá ozáření neprofesionálů, ti jsou vystaveni expozici z důvodu asistence u vyšetření, patří sem také ozáření návštěvníků pacientů a nakonec ozáření během lékařských výzkumů (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015, s. 24).

Ozáření obyvatel: do této kategorie spadají všechna ostatní ozáření (Kupka, Kubinyi a Šámal, 2015, s. 24).

Limity

V radiační ochraně se kvantitativním ukazatelem rozumí limit pro snížení ozáření. Jeho překročení není v definovaných případech povoleno. Limity jsou rozděleny do čtyř kategorií (Koranda, 2014, s. 47).

Obecné limity

Limity vypočítané součtem efektivních dávek ze zevního a vnitřního ozáření. Hodnota již zmiňované efektivní dávky je 1 mSv za kalendářní rok, v případě povolených podmínek k provozu na pracovištích III. a IV. kategorie může být hodnota efektivní dávky výjimečně 5 mSv za dobu 5 za sebou jdoucích kalendářních roků. Hodnota pro ekvivalentní dávku v oční čočce je 15 mSv za jeden kalendářní rok. V 1 cm² kůže je hodnota pro průměrnou ekvivalentní dávku 50 mSv za kalendářní rok (Státní ústav pro kontrolu léčiv, 2010).

Vztahují se na celkové ozáření ze všech radiačních činností kromě již níže zmiňovaných. Do těchto limitů například nepatří lékařské ozáření, ozáření osob po dobu své praxe se zdroji ionizujícího záření a další (Podzimek, 2013, s. 299).

Limity pro radiační pracovníky

Udávají součet efektivních dávek ze zevního a vnitřního ozáření. Za jeden kalendářní rok je hodnota 50mSv. Hodnota efektivní dávky je uváděna na 100 mSv za 5 po sobě následujících kalendářních let a současně 50 mSv za rok. Hodnota pro ekvivalentní dávku v oční čočce je 50mSv za jeden kalendářní rok a za 5 po sobě jdoucích let je hodnota 100 mSv. V 1 cm² kůže je stanovena ekvivalentní dávka 500 mSv za kalendářní rok. Hodnota ekvivalentní dávky na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky činí 500 mSv za rok (Zákon č. 422 / 2016, Sb.) (Státní ústav pro kontrolu léčiv, 2010).

Tyto limity se vztahují pouze na profesní ozáření, tedy na ozáření, ke kterému došlo v přímém vztahu k vykonávané práci. Do těchto limitů není zahrnuto ozáření z přírodních zdrojů ionizujícího záření (Podzimek, 2013, s. 298).

Limity pro učně a studenty

Tyto limity platí pro osoby ve věkovém rozmezí od 16 do 18 let. Hodnota efektivní dávky pro vnitřní a zevní ozáření je 6mSv za jeden kalendářní rok. Ekvivalentní dávka v oční čočce je 15 mSv za rok. V 1 cm² kůže je hodnota pro ekvivalentní dávku 150mSv za kalendářní rok.

Pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky se udává hodnota 150 mSv za jeden kalendářní rok. (Sbírka zákonů č. 422 / 2016)

Limity pro učně a studenty se týkají ozáření, kterému jsou dobrovolně, vědomě a po seznámení o rizicích s tím vystaveny osoby po dobu své přípravy na výkon povolání s ionizujícím zářením (Podzimek, 2013, s. 299).

Odvozené limity

Hodnota dávkového ekvivalentu pro zevní ozáření v hloubce 0,07 mm činí 500 mSv za rok, dále v hloubce 3 mm je hodnota 20 mSv za jeden kalendářní rok, a nakonec v hloubce 10 mm se udává hodnota 20 mSv za rok. (Sbírka zákonů č. 422 / 2016)

Ve zvláštních případech je nezbytné ozáření vybraných osob snížit na přijatelnou úroveň (Koranda, 2014, s. 47).

Při radiační ochraně pracovníků na odděleních nukleární medicíny je velmi důležité, že se limity vztahují na dávky způsobené nejen zevním ozářením ze zdrojů mimo tělo, ale i vnitřním ozářením z radionuklidů, které vnikly do těla při vnitřní kontaminaci. Ozáření z přírodního pozadí není zahrnováno do dávek vztahovaných k limitům (Koranda, 2014, s. 47).

Radiační ochrana pracovníků

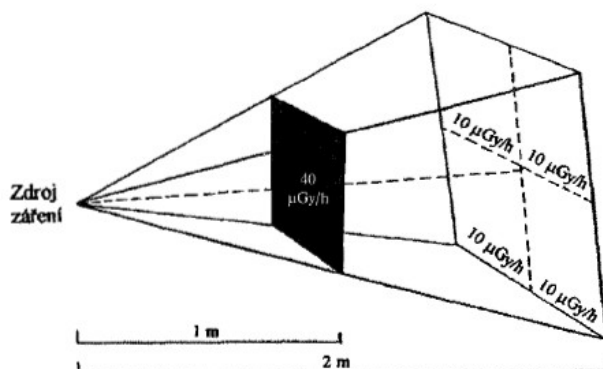
Na pracovišti nukleární medicíny se pro radiační ochranu pracovníků využívá tři metod (Podzimek, 2013, s. 306).

Ochrana časem – radiační zátěž roste s dobou, po kterou pracovník pobývá nedaleko zdroje ionizujícího záření. Zkrátí-li se čas pobytu u zdroje na minimum, bude menší dávka záření (Hušák, 2009, s. 64).

Ochrana stíněním – mezi zdroj záření a pracovníka se vloží stínící vrstva vyhovujícího materiálu, který dokáže rapidně zeslabit svazek záření a tím i dávku. Nejvíce se ke stínění používá olovo (Myslivoček, 2007, s. 63).

Ochrana vzdáleností – dávka přesněji řečeno dávkový příkon záření gama nebo rentgenového záření se snižují s druhou mocninou vzdáleností od zdroje ionizujícího záření (Podzimek, 2013, s. 307).

„Zvětší-li se vzdálenost od zdroje např. na dvojnásobek, dávka klesne na čtvrtinu původní hodnoty. Naopak, jestliže se vzdálenost od zdroje zmenší na polovinu, dávka vzroste čtyřikrát“ (Hušák, 2009, s. 64).



Obrázek 1 Vliv vzdálenosti na ionizující záření (Hušák, 2009, s. 65)

Radioaktivní odpad

Radioaktivní odpad je označován jako již nevyužitelný materiál vzniklý výrobou a používáním zdrojů záření obsahující radioaktivní látky (Ullmann, 2009, s. 169).

Pro zacházení s radioaktivním odpadem a jeho likvidaci je v první řadě nejdůležitější aktivita, poločas rozpadu radionuklidů, a dále pak chemická forma. Na základě poločasu rozpadu a radiotoxicity je pro jakýkoli radionuklid stanovena tzv. uvolňovací úroveň. Což je hodnota aktivity, při jejíž nepřekročení je ohrožení kontaminací již zanedbatelné a radioaktivní odpady, látky a předměty obsahující radionuklidy mohou být uváděny do životního prostředí bez speciálních radiohygienických opatření (Ullmann, 2009, s. 169).

2 ONEMOCNĚNÍ TLUSTÉHO STŘEVA

Tlusté střevo neboli *intestinum crassum* je poslední úsek trávicí trubice. Probíhá zde konečné zahušťování a vylučování potravy z těla ven. Dále se zde vstřebávají zbylé minerály, vitamíny a také voda. Tlusté střevo dosahuje délky přibližně 1,5 metru a v průměru činí 5 - 7 cm. Střevo začíná v oblasti pravé jámy kyčelní svou nejobjemnější částí zvanou slepé střevo (*caecum*), poté pokračuje jako vzestupný tračník (*colon ascendens*), příčný tračník (*colon transversum*) a tračník sestupný (*colon descendens*). Sestupný tračník přechází do esovité kličky (*colon sigmoideum*), na nichž navazuje konečník (*rectum*). Konečník je poslední část tlustého střeva, který je uložen v oblasti malé pánve a zevně vyúsťuje řitním otvorem (*anus*) (Lukáš, 2005, s. 28).

Vrstvy stěny tlustého střeva

Stěna tlustého střeva je tvořena čtyřmi hlavními vrstvami.

- a) Sliznice (*mukóza*) je bledá, tvoří vnitřní vrstvu. *Mukóza* je krytá jednovrstevným cylindrickým epitelem. Obsahuje hlenové žlázy, které produkují velké množství hlenu neboli *mucinu*, který má hlavně ochrannou funkci (Rokyta et al. 2016, s. 146).
- b) Podslizniční vazivo (*submukóza*) je řídké. Obsahuje nervovou pletěň, krevní cévy a žlázy, které jsou odpovědné za vylučování trávicích enzymů (Rokyta et al. 2016, s. 146).
- c) Svalovina tlustého střeva je tvořena dvěma vrstvami – vnitřní a vnější. Smršťováním vnitřní cirkulární svaloviny dochází ke vzniku *hauster*. Poloha *hauster* se mění, postupují od slepého střeva až ke konečníku, což způsobuje posun střevního obsahu. Vnější longitudinální svalovina obsahuje tři zesílené podélné popruhy neboli *taenie*, které vedou celým tlustým střevem od *apendixu* až po *rektum*. Poloha *taenií* se nemění (Lukáš, 2005, s. 28 – 29).
- d) *Seróza* tlustého střeva je tenká vrstva. Tato vrstva je bohatá na krevní a lymfatické cévy (Rokyta et al. 2016, s. 146).

Slepé střevo (*caecum*)

Slepé střevo je součástí tlustého střeva, spojující poslední oddíl tenkého střeva (*ileum*) s vzestupným tračníkem. Nachází se v oblasti pravé jámy kyčelní. V ústí slepého střeva je uložena řasa (*valva ileocaecalis*). Tato řasa má za úkol zabránit zpětnému pohybu obsahu

střev. Na dolním konci slepého střeva se nachází červovitý přívěsek (appendix vermiformis), který dosahuje délky 5 – 10 cm (Lukáš, 2005, s. 29).

Tračník (colon)

Další částí tlustého střeva je tračník (colon). Ten se rozděluje na další 3 části, kterými jsou vzestupný tračník (colon ascendens), tračník příčný (colon transversum) a nakonec sestupný tračník (colon descendens) (Lukáš, 2005, s. 29).

Vzestupný tračník plynule navazuje na slepé střevo. Je přisedlý na zadní stěnu dutiny břišní a táhne se až pod játra. Poté přechází jako tračník příčný. Ten kříží dutinu břišní z jedné strany na druhou, to je zprava doleva, právě až ke slezině. Příčný tračník visí na peritoneálním závěsu před kličkami střeva tenkého. Dále navazuje tračník sestupný, ten je přirostlý na zadní stěnu dutiny břišní a sestupuje do levé jámy kyčelní, a zde přechází v esovitou kličku (colon sigmoideum). Klička se napojuje na konečník (rectum), což je poslední úsek tlustého střeva (Lukáš, 2005, s. 29).

Konečník (rectum)

Konečník je uložen před křížovou kostí a řitním otvorem. Jeho délka je okolo 10 - 12 cm. Konečník tvoří dvě části ampulla recti a anální kanál. Ampulla recti je část konečníku, ve které se shromažďuje stolice k vyprázdnění. Na tento úsek navazuje anální kanál (canalis analis). Ten je obklopen vnitřním svěračem (musculus sphincter ani internus), tvořeným z hladké svaloviny. Tento svěrač není vůli ovladatelný. Řitní otvor je obklopen vnějším svalovým svěračem (musculus sphincter ani externus). Tento svěrač je z příčně pruhované svaloviny, tedy podléhá naší vůli. Při porušení výše uvedených svěračů, dochází k samovolnému odchodu stolice, tedy k tzv. inkontinenci. Hlavní funkcí análního kanálu a řitního otvoru je vyprázdnění střevního obsahu (Dylevský, 2000, s. 284 - 285).

Arteriální zásobení tlustého střeva

Tlusté střevo je zásobováno krví z horní a dolní mezenterální tepny (arteria mesenterica superior, arteria mesenterica inferior). Kaudální úseky rekta zásobuje arteria iliaca interna. Tlusté střevo až po oblast flexura splenica zásobují větve z horní mezenterální tepny (arteria ileocolica, arteria colica dextra, arteria colica media). Zbývající úsek střeva a horní úsek konečníku zásobují větve dolní mezenterální tepny (arteria colica sinistra, arteria rectalis superior). Arteria rectalis media a inferior zásobují dolní část konečníku, tyto tepny vychází z arteria iliaca interna (Naňka, Elišková a Eliška, 2009, s. 162 - 163).

Žíly tlustého střeva provázejí arterie, které za slinivkou břišní vedou do vrátnicové žíly (vena portae). Z horní části konečníku odtéká krev do vena mesenterica inferior a poté do vena portae. Krev, která proudí střední a dolní žilou konečníku se vlévá do žil pánevních (Naňka, Elišková a Eliška, 2009, s. 162- 163).

Tlusté střevo je nervově zásobeno převážně vlákny sympatiku a vlákny parasympatiku. Tyto vlákna vedou ke střevu v pleteních podél tepen. Parasympatická vlákna vycházejí z bloudivého nervu (nervus vagus) a dále z plexus sacralis (nervi pelvici). Sympatická vlákna vycházejí z břišního úseku sympatiku. Parasympatikus působí na střevo tak, že zvyšuje kontrakce, zrychluje peristaltiku, ale snižuje sekreci střevních šťáv. U sympatiku je tomu naopak, kdy sympatikus snižuje kontrakce a zvyšuje sekreci střevních šťáv. Sympatická vlákna způsobují sevření svěrače. Parasympatická vlákna mají za úkol uvolnit svěrač (Naňka, Elišková a Eliška, 2009, s. 162 - 163).

Mezi hlavní funkce tlustého střeva patří vstřebávání iontů a vody, při tomto procesu dochází k zahuštění obsahu. Dále sem patří skladování nestravitelných zbytků potravy, tvorba a vylučování stolice tzv. defekace, vznik střevních plynů, ale i produkce vitamínu K. Tlusté střevo produkuje vazký hlen, který má za úkol chránit stěnu tlustého střeva před poškozením (Rokyta et al. 2016, s. 155).

Pohyby v tlustém střevě se dělí na místní (mísící) a celkové (peristaltické). Celkové posunují střevní obsah směrem k sigmoideu. Pohyby jsou řízeny reflexně, příkladem je duodenokolický a gastrokolický reflex, kdy po rozpětí duodena nebo žaludku se reflexně zvýší peristaltika tlustého střeva. Dále jsou řízeny parasympatikem, ten zrychluje motilitu (Rokyta et al. 2016, s. 155).

Tlusté střevo je osídleno různými bakteriemi. Činností těchto bakterií dochází ke vzniku vitamínu K, thiaminu a riboflavinu. Dále se zde tvoří střevní plyny, složené z vodíku, CO₂, metanu a sirovodíku (Rokyta et al. 2016, s. 155).

Trávenina, která prochází tlustým střevem, se postupně zahušťuje vstřebáním iontů a vody, až se zformuluje ve stolici a postupuje do rekta. Složení stolice je závislé na obsahu přijaté potravy. Obsahuje vodu, nestravitelné části potravy, žlučová barviva a odloupané epitele. Při naplnění konečníku dochází k defekačnímu reflexu. Samovolnému úniku stolice brání svěrače neboli sfinktery, které se dělí na vnitřní a zevní. Vnitřní svěrač je tvořen hladkou svalovinou, a tím pádem je vůlí neovlivnitelný. Zevní svěrač je tvořen příčně pruhovanou svalovinou, kterou vůlí lze ovlivnit. Při defekaci ochabují oba svěrače a zapojují se břišní

svaly a bránice (břišní lis). Dále se do kontrakce zapojují i hrudní svaly při nádechu. Množství vyloučené stolice je závislé na charakteru stravy. Průměrně člověk vyloučí 100 až 300 gramů stolice denně (Rokyta et al. 2016, s. 155).

2.1 Kolorektální karcinom

Nádor (tumor) se nejčastěji vytváří v tkáních, ve kterých dochází k největšímu množení buněk, příkladem je trávicí soustava. Dále vzniká v tkáních, ve kterých jsou buňky ovlivňovány hormony, to jsou pohlavní orgány. Nádor se projevuje jako zvětšování určitého postiženého orgánu. Zvětšený nádor může být vnímán jako povrchový výrůstek či hrbol, nebo jako hmatný útvar pod povrchem těla, jako je boule či zatvrdlina (Stříteský, 2001, s. 125).

Zhoubný nádor může vznikat v libovolné tkáni nebo orgánu. Vzniká zhoubnou přeměnou buněk, to znamená, že se buňka dá na novou samostatnou cestu, nevykonává svou funkci v organismu, ale chová se ve svůj prospěch a dále se nekontrolovaně dělí. Do organismu se dále šíří množící se buňky. Tyto buňky již organismu v ničem neprospívají, žijí pouze na jeho úkor a poškozují jeho normální funkce (Žaloudík, 2009, s. 18).

Z velké části si podmínky a chyby v genetickém kódu přinášíme v sobě dědičně od rodičů. Další se pak částečně kupí během života pod vlivem vnitřních a zevních faktorů. (Žaloudík, 2009, s. 18)

Další podstatnou součástí nádorového ložiska jsou tvořící se vlasečnice a cévy. Bez těchto složek by se větší nádor neobešel a bez nichž by nádor nemohl růst. Dále se také v nádoru nachází buňky normálního vaziva, které dávají křehké nádorové tkáni oporu (Žaloudík, 2009, s. 18 -19).

Zhoubné nádory vedou ke vzniku spousta těžkých infekcí, trombóz. Dále celkově oslabují člověka tím, že snižují jeho imunitní systém. Nejúčinnější léčbou těchto nádorů je chirurgické odstranění, avšak ne vždycky je tato metoda stoprocentní, právě kvůli schopnosti metastazování tohoto onemocnění (Stříteský, 2001, s. 136).

Kolorektální karcinom spadá do skupiny zhoubných nádorů. Tento nádor vzniká maligní transformací cylindrického epitele v tlustém střevě či konečníku. Velká část kolorektálních karcinomů vzniká maligním zvratem adenomu. Pouze v malé míře toto onemocnění vzniká z dysplastických změn sliznice tlustého střeva. Tyto změny jsou způsobeny Crohnovou

chorobou nebo ulcerózní kolitidou. V současnosti je adenom tlustého střeva považován za nejzávažnější prekancerózní stav (Jablonská, 2000, s. 22).

Nejčastější lokalizace kolorektálního karcinomu je v oblasti pravého tračníku a rectosigmoidea. Udává se až v 60 – 70% případů. V naprosté většině se karcinom vyskytuje jednotlivě. Vícečetné karcinomy se vyskytují pouze ve výjimečných případech. Karcinomy vznikající v pravém tračníku mají převážně sklon k polypóznímu růstu, nevedou k obstrukci střeva a krvácení víceméně skrytě a vyvolávají rozvoj anemie (Jablonská, 2000, s. 30).

Karcinom pocházející z levého tračníku roste cirkulárně, tím vyvolává obstrukci (stenózu) střevního lumen, která pak vede ke změnám defekačního stereotypu. Krvácení v levé části je patrnější nežli u pravostranného postižení. Kolorektální karcinomy pravostranné či levostranné se mikroskopicky takřka neliší. Tyto karcinomy postupně prorůstají mukózou, submukózou, dále celou střevní stěnou a postupně infiltrují okolí, krevní a lymfatické cévy. Celková prognóza kolorektálního karcinomu se odvíjí v době diagnózy dle hloubky nádorové invaze, nádorové infiltrace lymfatických uzlin a přítomnosti vzdálených metastáz (Jablonská, 2000, s. 22 - 32).

Kolorektální karcinom neboli nádor tlustého střeva a konečníku nejčastěji metastazuje do jater, do mozku, kostí, nadledvin, plic a také peritonea. Nejprve metastázy postihnou regionální lymfatické uzliny (Jablonská, 2000, s. 22).

Kolorektální karcinom patří mezi jedno z nejčastěji diagnostikovaných onkologických onemocnění celého světa. Česká republika dlouhodobě obsazuje v statistikách přední místa. Ve většině případů, díky pozdní diagnostice nádorů tlustého střeva a konečníku, který bývá již v pokročilém stádium, je léčba těžší. Tento karcinom se nejčastěji objevuje okolo 60 – 79 roku života. Výskyt do 35 let je převážně jen výjimečný, důležitou roli zde hrají vyskytující se genetické faktory. V současnosti karcinom spadá mezi nejčastější příčinu úmrtí po celém světě (Seifert, 2013, s. 28).

Etiopatogeneze

Vzniku a rozvoje kolorektálního karcinomu se účastní celá řada faktorů. Právě příčiny způsobující vznik nádorového bujení tkání tlustého střeva a konečníku nejsou doposud známy. Vznik kolorektálního karcinomu je závislý na vzájemném působení zevních a vnitřních faktorů (Lukáš, 2005, s. 195 - 196).

Exogenní, neboli vnější rizikové faktory lze ovlivnit vlastním chováním. Mezi tyto faktory patří především nadbytek živočišných tuků v potravě, nedostatek vlákniny v přijímané potravě, nedostatek vitamínů A, C, E, nedostatek selenu a vápníku, dále sem patří nevhodná tepelná úprava masa, s kterou je spojená nadměrná sekrece žlučových kyselin do tračníku. Aplikace ionizujícího záření na oblast břicha nebo malé pánve patří také mezi rizikové faktory. V neposlední řadě sem spadá nedostatek fyzické aktivity, sedavé zaměstnání, kouření a nadměrné požívání alkoholu má taktéž negativní vliv, zvláště pro karcinom rekta (Seifert, 2013, s. 19 - 20).

Endogenní, neboli vnitřní rizikové faktory jsou ovlivňovány dědičnými predispozicemi. Riziko vzniku nádoru je vyšší u jedince, u kterého již byl v rodinné anamnéze zaznamenán výskyt dvou a více nádorů, říká se tomu tzv. familiární výskyt (Jablonská, 2000, s. 105).

Symptomatologie

Klinická symptomatologie kolorektálního karcinomu je v raných stádiích nepatrná, a zároveň jde v raných stádiích o velmi dobře léčitelné onemocnění. Klinické příznaky se projevují bohužel ve většině případech až u pokročilých nádorů. Záleží především na umístění nádoru v tlustém střevě a typu expanze – intraluminální nebo extraluminální (Klener, 2011, s. 617-618).

Nádor může bez zevních projevů růst skrytě v počátcích jeho vniku. V pozdějším stádiu se může projevovat místními i celkovými příznaky. Častými místními příznaky jsou změny v charakteru stolice a pravidelnosti vyprazdňování. Ve většině případů se vyskytuje buď zácpa, průjem, střídání zácpy a průjmů, častý nucení na stolicí s pocitem nedostatečného vyprázdnění. Jedním z příznaků může být i příměs krve nebo hlenu ve stolici. V některých případech se mohou objevit bolesti v oblasti břicha nebo v konečníku, mohou být trvalé nebo přechodné, popř. související s odchodem stolice (Vorlíček, Abrahámová a Vorlíčková., 2012, s. 280).

Při zjištění karcinomu v pravé polovině tlustého střeva převládají příznaky z chronických ztrát krve, kde ztráta krve může dosáhnout až 6ml denně. Prvním a jediným příznakem nádoru může být náhodně zjištěná, či klinicky symptomatická sideropenní mikrocytární anémie. Přítomnost malého množství krve ve stolici, nebo vylučování čerstvé krve konečníkem (enteroragie), je zřejmá zvláště při procesech v distální části tračníku. Testem na okultní krvácení lze zjistit přítomnost krve i v místech kde je hůře zjistitelné, a to převážně v oblasti rektum-sigma a v orálnějších partiích tlustého střeva (Lukáš, 2005, s. 199).

V pokročilých stádiích, kdy karcinom již bývá generalizovaný a nevykazuje střevní příznaky, přivádí ve většině případů pacienty k lékaři, rapidní úbytek tělesné hmotnosti až kachexie, nechutenství, slabost či anemie (Adam, Krejčí a Vorlíček, 2010, s. 72).

Než karcinom začne zakládat metastázy, jeho růst má poměrně mírnou tendenci. Pokud je karcinom zachycen v raném stadiu, je dobře léčitelný a ve velké většině případů lze docílit úplného vyléčení. U pokročilých nádorů je léčba složitější, ale i v těchto případech lze dosáhnout u mnoha pacientů dlouhodobého přežívání bez známek nemoci (Vorlíček, Abrahámová a Vorlíčková, 2012, s. 283).

2.2 Prevence

Prevence je zcela zásadní v boji s tímto zákeřným onemocněním. Prevence je dvojího typu, a to primárního a sekundárního (Suchánek, Barkmanová a Frič, 2012, s. 12).

Primární prevence

Podstatou a cílem této prevence je snížení mortality (úmrtnost). Do této prevence spadají základní pravidla, které je nezbytné dodržovat, kvůli snížení rizika vzniku kolorektálního karcinomu. Primární prevence spočívá v ovlivňování životního stylu a diety (Suchánek, Barkmanová a Frič, 2012, s. 12).

- Udržování přiměřené hmotnosti, z důvodu toho že nadváha a obezita zvyšují riziko vzniku mnoha typů rakoviny, mimo jiné i rakovinu tlustého střeva.
- Fyzická aktivita minimálně 30 minut denně. Pravidelný pohyb je navíc důležitý kvůli udržení přiměřené hmotnosti.
- Omezení spotřeby potravin obsahující velké množství tuků a sacharidů s minimálním obsahem vlákniny. Důležité je vyhýbat se slazeným nápojům i ovocným džusům. Omezení jídel z fastfoodů, smažené brambůrky, čokolády a sušenky.
- Do stravy by měly být zařazeny různé druhy zeleniny, ovoce, celozrnného pečiva a luštěnin.
- Omezení červeného masa a uzenin (hovězí, skopové, vepřové, salámy, klobásy, slanina a další).
- Úprava jídla je doporučována vařením. Grilování a smažení není vhodné.

- Omezení alkoholických nápojů na minimum (Suchánek, Barkmanová a Frič, 2012, s. 12 - 13).

Sekundární prevence

Tato prevence je zaměřená na včasný záchyt nádoru, kdy je ještě naděje na úplné vyléčení. Cílem sekundární prevence stejně jako primární prevence je snížení mortality. U této prevence je mortalita snížena cestou časného záchytu, a následnou léčbou (Seifert, 2013, s. 37 - 39).

Vyšetření je doporučováno pacientům provádět mezi 50 – 55 rokem života. Období v tomto věku bývá nejrizikovější pro vznik rakoviny kolorekta. Pacienti od 50 roku života mají jednou ročně test hrazen pojišťovnou (Suchánek, Barkmanová a Frič, 2012, s. 16).

Mezi nejpoužívanější screeningovou metodu spadá vyšetření stolice na krvácení. Testy jsou jednoduché, rychlé a bezbolestné. Odebírá se třikrát vzorek stolice ze tří odlišných vyprázdnění. Ve vzorku stolice lze následně chemicky odhalit stopy krve. Existují dva druhy testu. Oba testy se liší principem, ale výsledek je u obou stejný (Jablonká, 2000, s. 346).

Testy na skryté krvácení do stolice (TOKS)

Guajakový test (gTOKS)

Nedokáže rozlišit krevní barvivo od zvířecího, které bylo pozřeno v potravě (maso). U tohoto testu musí předcházet nejprve dieta, která je omezená určitými potravinami. Vzorky stolice se nanášejí na testovací destičku. Tato destička je dodávána v obálce, proto je tento test také nazýván jako psaníčkový test (Suchánek, Barkmanová a Frič, 2012, s. 16).

Imunochemický test na skryté krvácení do stolice

U tohoto testu se nemusí dodržovat žádné dietní omezení. Vzorek se odebírá pomocí testovací tyčinky do nádobky určené k tomu. Lze zde zjistit nejen přítomnost krve, ale i množství krve ve stolici (Suchánek, Barkmanová a Frič, 2012, s. 16).

Testy lze také zakoupit v jakémkoliv lékařském zařízení, ty pak musí odnést k lékaři. Lékař poté vyhodnotí výsledek. Pokud výsledek testu vyjde pozitivně, neznamená to, že se jedná o karcinom tlustého střeva. Krvácení může totiž pocházet i z hemoroidů, ze zánětů střevní sliznice nebo střevních divertikulů. Na druhou stranu může nádor krváčet nepravidelně, a proto nemusí být krevní barvivo na jednorázovém testu zachyceno. Test je nutné pravidelně opakovat, kvůli výraznému snížení rizika (Suchánek, Barkmanová a Frič, 2012, s. 16).

2.3 Diagnostika

Mezi základní vyšetřovací metody vedoucí ke zjištění kolorektálního karcinomu patří anamnéza pacienta, fyzikální vyšetření, laboratorní vyšetření, radiodiagnostické a endoskopické vyšetřovací metody (Jablonská, 2000, s. 146).

Kolorektální karcinom je charakteristický tím, že několik let může být bez klinických příznaků, právě kvůli tomu je důležitý kvalitní odběr rodinné anamnézy. Odběr anamnézy je první krok vedoucí ke stanovení diagnózy. V rodinné anamnéze je důležité, zda se v blízkém příbuzenstvu vyskytují nádory střeva či polypy. Vysoké riziko vedoucí ke vzniku kolorektálního karcinomu mají obzvláště mladí lidi, kteří mají pozitivní výskyt nádoru v rodině. Je to způsobené genetickými faktory. Správná rodinná anamnéza může být prospěšná v dalších léčebných a preventivních postupech u celé rodiny. Dále je nezbytnou součástí anamnéza osobní. Ta udává informace o potížích a o délce jejich trvání. Potíže jako výskyt krve ve stolici, zácpa či naopak průjem, bolesti břicha, úbytek na váze a další (Jablonská, 2000, s. 146 - 148).

Do fyzikálního vyšetření spadá sem vyšetření břicha pohledem, poslechem, pohmatem a poklepem. Hlavním vyšetřením při podezření na nádor tlustého střeva je vyšetření konečníku prstem, tzv. vyšetření per rektum. Toto vyšetření lze provádět i v rámci prevence. Při tomto vyšetření se hodnotí bolestivost. Lze zde nahmatat nádor konečníku a u mužů anatomické změny prostaty. Tímto vyšetřením se lokalizují nádory pouze v oblasti dolní třetiny konečníku. Výhodou je, že průběh je rychlý a nebolestivý (Klener, 2011, s. 618).

Ze základních laboratorních vyšetření se provádí biochemické vyšetření moči a krve. Výsledek zpočátku bývá negativní, pozitivní je až v pozdních stádiích onemocnění. Odebírá se i krev na zjištění funkce jater. Mezi další vyšetření krve spadá odběr na nádorové markery. Markery jsou látky, které jsou produkovány maligními buňkami nebo organismem jako odpověď na nádorové bujení. Vyšetření na nádorové markery se provádí u pacientů s již prokázaným nádorem (Holubec, 2004, s. 65).

Radiodiagnostické vyšetřovací metody

Vyšetření tlustého střeva zobrazovacími metodami je nedílnou součástí nejen při stanovení diagnózy, ale také i při stagingu nádorového onemocnění. Tyto metody zobrazují některé poruchy motility a poruchy fixace tlustého střeva. Používají se zobrazovací metody jako nativní rentgenový snímek břicha, irigografie, pasáž gastrointestinálním traktem,

enteroklýza, sonografické vyšetření, počítačová tomografie (CT), magnetická rezonance, pozitronová emisní tomografie (PET) (Holubec, 2004, s. 79).

Endoskopické vyšetřovací metody

Endoskopické vyšetřovací metody jsou velmi důležité jak pro diagnostice, tak i pro terapii kolorektálního karcinomu. Z vyšetření se nejvíce uplatňuje kolonoskopie a rektoskopie (Jablonská, 2000, s. 159).

Irigografie - patří mezi standardní vyšetření tlustého střeva. Jsou dvě modifikace, a to jedнокontrastní a dvojkontrastní. U jedнокontrastní techniky se používá nálev baryové suspenze, který je určen jen pro nespolutracující nemocné. U dvojkontrastní techniky se používá nálev baryové suspenze se současnou insuflací vzduchu. Tato dvojkontrastní modifikace, by měla být prováděna, pouze pokud to stav nemocného dovolí. Před vyšetřením je nezbytné úplné vyprázdnění střeva. Převážná část pokročilých karcinomů, začíná právě jako polypoidní léze, proto je nezbytné zachytit i malé polypy tračníku. Jedinou kontraindikací u vyšetření s použitím baryové suspenze je perforace či podezření na ni. Poté je nezbytné použít místo baryové suspenze jodované kontrastní látky (Jablonská, 2000, s. 174 - 175).

Rektoskopie - toto vyšetření je prováděno pomocí rigidního přístroje. Rektoskop je přístroj z kovového materiálu o délce 25 – 30 cm. Poskytuje náhled na sliznici řitě a konečníku, někdy až do dolní části tlustého střeva, tedy do esovité kličky. Je důležité, aby byl nemocný před výkonem poučen, a aby podepsal souhlas s vyšetřením. Absolutní kontraindikace u tohoto vyšetření nejsou. Zdali není naléhavý důvod, vyšetření se neprovádí u nemocných s peritonitidou, při menses a u nemocných s akutním zánětem tlustého střeva. Před rektoskopií je důležité vyprázdnění střeva u nemocného pomocí mikroklyzmatů. Vyšetření se provádí v poloze koleno-loketní nebo na levém boku. Před rektoskopií je nezbytné provést pečlivé vyšetření anu a rekta prstem (Holubec, 2004, s. 89).

Kolonoskopie – jedná se o endoskopické vyšetření trávicí trubice. Rozsah vyšetření je od konečníku až po Bauhinovu chlopeč. Je to nejefektivnější screeningová metoda, protože umožňuje přímý pohled do střeva, odstranění podezřelých lézí a dále odběr vzorků. Tyto vzorky se pak posílají na histologii. Vyšetření se provádí pomocí endoskopu. Obraz z přístrojů se pomocí digitální kamery přenáší na plochu monitoru a umožňuje detailní rozbor vyšetřovaného orgánu. V ohebné hadici přístroje jsou zabudovány kanály, které slouží k oplachování sliznice, odsávání přebytečného vzduchu a tekutin a zavádění nástrojů,

jako jsou kličky, jehly a kleště. Kolonoskopickému vyšetření zpravidla předchází dietní a očistná příprava. Tři dny před vyšetřením je potřeba vynechat zbytkovou stravu a preparáty železa. Pro úplné vyprázdnění střev se používají projímavé soli. Tyto soli pacient pije večer před vyšetřením (Seifert, 2013, s. 60 - 62).

Před samotným vyšetřením se podávají nitrožilně léky na zklidnění a proti bolesti. Vyšetření se provádí v poloze na levém boku, kdy lékař zavádí pacientovi endoskop do konečníku a postupně ho zasouvá až do céka (Suchánek, Barkmanová a Frič, 2012, s. 18).

3 RADIOFARMAKUM

Radiofarmakum je kterýkoliv léčivý přípravek obsahující jeden či více radionuklidů tzv. radioaktivních izotopů určených pro lékařské účely. K aplikaci radiofarmaka dochází z terapeutických nebo diagnostických důvodů a to na odděleních nukleární medicíny (Seidl, 2012, s. 341).

Mezi základní složky jakéhokoliv radiofarmaka patří léčivý přípravek tzv. farmakum, které má funkci nosiče a dále sem spadá účinná složka, kterou je právě radionuklid. Pro každé farmakum je nezbytné, aby mělo určitý vztah k danému vyšetřovanému orgánu či tkáni. To znamená, že by mělo dojít k jeho vylučování nebo vychytávání v příslušném orgánu. U radionuklidu je důležité, aby došlo k jeho navázání na vhodné radiofarmakum neboli tzv. nosič. Nukleární medicína pro své účely využívá pouze radionuklidy, které jsou uměle vyrobené. Nosičem radiofarmak mohou být biologicky či chemicky aktivní látky, buňky, peptidy, krevní elementy, imunoglobuliny, protilátky a další. Podstatnou vlastností radionuklidu je poločas rozpadu, což je doba, za kterou dojde ke snížení jeho aktivity na polovinu, dále je velmi důležitý druh a energie ionizujícího záření. K účelům diagnostickým se využívají radiofarmaka, které mají krátký poločas přeměny, a to sekundy, minuty a nejvýše hodiny. Kvůli tomu jejich příprava probíhá přímo na pracovišti v příslušných laboratořích (Kraft a Pekárek, 2012, s. 7- 8).

3.1 Výroba radionuklidů

Pro účely nukleární medicíny se používají radionuklidy připravované uměle v jaderném reaktoru či cyklotronu. Pro přípravu radiofarmak jsou významným zdrojem radionuklidy získané z radionuklidového generátoru. V nich vzniká spontánní radioaktivní přeměnou mateřského prvku, prvek dceřiný. Tento prvek je rovněž radioaktivní a má patřičné vlastnosti pro použití v nukleární medicíně (Mysliveček, 2007, s. 22).

V jaderných reaktorech vznikají radionuklidy dvěma způsoby, a to jadernou reakcí vyvolanou neutrony, anebo dojde k izolaci štěpných produktů ^{235}U ozářeného v reaktoru. Při prvním procesu vznikají například ^{99}Mo , ^{51}Cr , ^{131}I a ^{32}P . Při druhém procesu je to rovněž ^{99}Mo , ^{131}I a další. Jelikož lze ozařovat v reaktoru velký počet materiálu, je výroba radionuklidů poměrně levná (Koranda, 2012, s. 17).

Urychlovač nabitých částic, také zvaný jako cyklotron, je přístroj, ve kterém se ozařuje vhodný terčovný materiál deuterony, alfa částicemi a tím dochází ke vzniku radionuklidů

^{81}Rb , ^{111}In , ^{67}Ga , dále pak mohou vznikat pozitronové zářiče ^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O . Na lékařských cyklotronech se připravují radioizotopy některých biogenních prvků s krátkým poločasem rozpadu. Tyto radioizotopy jsou pozitronové zářiče. Jejich příprava probíhá v lékařských cyklotronech přímo na pracovišti nukleární medicíny. Tenhle způsob výroby může být použit pro přípravu ^{18}F , který právě díky takto dlouhému poločasu 109 minut co má, může být převážen na pracoviště, které jsou vzdálené. Tato výroba radionuklidů je oproti výrobě v jaderných reaktorech nákladnější (Myslivoček, 2007, s. 22).

Z generátoru se získává radionuklid radioaktivní přeměnou. Základem je mateřský radionuklid s delším poločasem rozpadu, který se radioaktivní přeměnou rozpadá na dceřiný radionuklid. Podle konstrukce se generátory dělí na extrakční, chromatografické a sublimační. Nejpoužívanějším a nenáročným k obsluze je chromatografický generátor. Příkladem tohoto generátoru je molybden (^{99}Mo)/ technecium ($^{99\text{m}}\text{Tc}$). Základem molybden/technecium generátoru je olovem stíněná kolona, která obsahuje čistý oxid hlinitý s adsorbovaným mateřským radionuklidem ^{99}Mo . Přeměňuje se zde ^{99}Mo a tím vzniká beta rozpadem $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ve formě technecistanového iontu $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$. Promytím generátoru sterilním izotonickým roztokem se tento prvek z kolony odloučí. Výše popsany proces je nazýván elucí (Kraft a Pekárek, 2012, s. 14 - 15).

3.2 Příprava radiofarmak

Pro přípravu radiofarmak na odděleních nukleární medicíny je důležité, aby se dodržovali zásady správné lékárenské praxe pro jejich přípravu. Jde o soubor opatření, které má za úkol zabezpečit trvalou kontrolu a bezpečnost při přípravě radiofarmak. Nezbytnou součástí pro jejich přípravu je cílené uspořádání prostorů k práci s radiofarmaky (Koranda a kol. 2014, s. 22)

Radiofarmaka, která jsou hromadně vyráběna ve velkém množství, se dále připravují úpravou objemové aktivity neboli ředěním. Dalším a hlavním způsobem je příprava z kitu, která se provádí smícháním složek kitu s injekčním roztokem radionuklidu. Radioaktivní látkou lze označit krevní elementy a buňky (Myslivoček, 2007, s. 27).

Hodnocení jakosti radiofarmak

Na radiofarmaka jsou kladeny tytéž požadavky, jako na všechna ostatní léčiva.

Hromadně zhotovována radiofarmaka se kontrolují nejen obecně platnými postupy pro injekční lékové formy, ale i metodami hodnocení vlastností vycházející z obsahu radioaktivních látek (Myslivoček, 2007, s. 28).

a) chemické a fyzikální metody hodnocení jakosti radiofarmak

Určení radioaktivity - základní veličinou charakterizující radiofarmakum je radioaktivita. Výše radioaktivity se může pohybovat v rozhraní 90 – 110% deklarovaného množství. Výše radioaktivity se měří v ionizační komoře (Kraft a Pekárek, 2012, s. 32).

Radionuklidová čistota - radionuklidová čistota je poměr celkové radioaktivity radiofarmaka a radioaktivity daného radionuklidu, který je vyjádřen v procentech. Odpovídající radionuklidové nečistoty znázorňují další radionuklidy. Stanovení obsahu nečistot se provádí spektrometrickým měřením záření gama (Kraft a Pekárek, 2012, s. 32).

Radiochemická čistota - je poměr aktivity daného radionuklidu, který se nachází v radiofarmaku v požadované chemické formě a celkové aktivity stejného radionuklidu, vyjádřeného v procentech. Je kontrolován vlastní obsah účinné radioaktivní složky, zbytkové nenavázané radioaktivity a radioaktivních koloidů. Využívá se k hodnocení radiochromatografických metod. Během celé deklarované doby použitelnosti musí vyhovovat požadavky radiochemické čistotě (Kraft a Pekárek, 2012, s. 32).

b) biologické metody hodnocení kvality radiofarmak

Biologickými metodami se hodnotí sterilita a bezpyrogenita injekčních radiofarmak.

Sterilita - radiofarmaka vyhrazená pro parenterální podání se připravují dle předpisů SLP a SVP. Tyto předpisy vylučují mikrobiální znečištění a zaručují sterilitu. Za sterilitu radiofarmaceutických přípravků zodpovídá výrobce nebo ten kdo je připravuje. Sterilita radiofarmak se zkouší v příslušných zdravotnických zařízeních. (Kraft a Pekárek, 2012, s. 33)

Pyrogenní látky - zkouška na výskyt pyrogenní látky je předepsaná pro příslušná radiofarmaka (Kraft a Pekárek, 2012, s. 33).

3.3 Radiofarmaka pro PET/CT

Během vyšetření pomocí PET kamery lze vybrat z široké řady radionuklidů a radiofarmak. Pro PET vyšetření je využíváno přes 600 radionuklidů, které jsou schopné při radioaktivních přeměnách produkovat pozitrony. Nejčastěji používané radiofarmakum pro PET a PET/CT

vyšetření je FDG neboli 2-[18F]-fluoro-2-deoxy-D-glukóza. Molekulu 2- fluor-2-deoxy-D-glukozy jako první syntetizoval Josef Pacák v roce 1968 v Praze. Po deseti letech byla molekula stabilního fluoru ^{19}F nahrazena za radioaktivní izotop ^{18}F . V 90. letech došlo k zavedení do klinické praxe a tím k rozvoji PET skenerů (Votrubová, 2009, s. 16 - 17).

Fluor-18 má poločas rozpadu 110 minut. Přeměňuje se emisí pozitronu a záchytem elektronu na stabilní kyslík-18. Pozitron zaniká anihilací za emise dvou fotonů gama s energií 511 keV, vzájemně opačně orientovaných (Státní ústav pro kontrolu léčiv, 2010).

2-[18F]-FDG je diagnostický přípravek, který je určený k zobrazení stupně vychytávání a počáteční fáze metabolismu glukózy ve tkáních. Fludeoxyglukosa (^{18}F) je analog glukosy, který se hromadí v buňkách, které používají glukosu jako primární zdroj energie. Fludeoxyglukosa (^{18}F) se hromadí v nádorech, které mají zvýšený obrat glukózy (Státní ústav pro kontrolu léčiv, 2010).

Distribuce ^{18}F -FDG

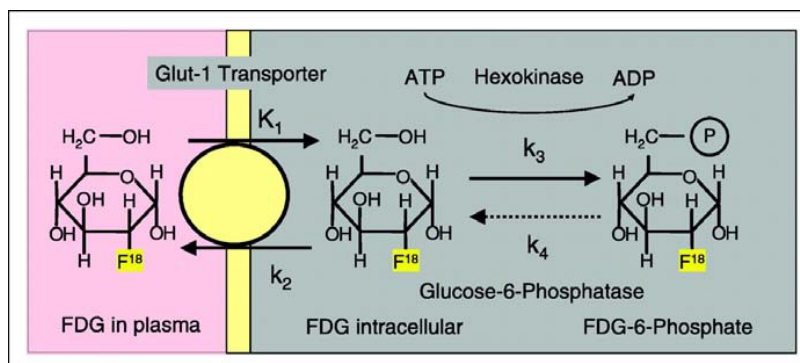
Jak je již výše popsáno, před aplikací ^{18}F -FDG do organismu je důležitá příprava pacienta, a to v podobě minimálního šestihodinového lačnění nebo přes noc, aby byla dosažena správná hladina glykémie (Votrubová, 2009, s. 16 - 17).

Distribuce probíhá z krevního objemu do extracelulární tekutiny, dále pak do buněk, kde se obvykle vyskytuje glukóza, především v mozku, srdci a v menší míře v plicích a játrech. V transportu glukózy i ^{18}F -FDG do buněk hrají základní roli transportní proteiny. Transport probíhá podél a proti transportnímu gradientu. Transportní gradient je glukózový přenašeč závislý na sodíku (Votrubová, 2009, s. 16 – 17).

Intracelulárně je glukóza a také ^{18}F -FDG kompetitivně fosforylována pomocí hexokinázy na glukózo-6-fosfát a 2-FDG-6-fosfát. 2-FDG-6-fosfát se dále nemetabolizuje a v buňkách se hromadí. S přibližně hodinovým odstupem po aplikaci ^{18}F -FDG tak lze s pomocí PET kamery snímat obrazy rozložení radioaktivity v těle pacienta, které odpovídají míře spotřeby glukózy ve tkáních (Kelloff, 2005).

Nádorové buňky mají zmnožené non-inzulindependentní glukózové transportéry (Glut-1, Glut-3), mají nejen zvýšenou rychlost fosforylace, ale i sníženou hladinu glukózo-6-fosfatázy (zpětná defosforylace). Převážná část zhoubných nádorů zvýšeně akumuluje ^{18}F -FDG, a proto lze ^{18}F -FDG využít pro jejich tomografické zobrazení. Vysoký kontrast nádoru vůči pozadí umožňuje v klinické praxi zobrazit s nejmodernějšími skenery nádory,

které jsou od cca 2 mm v průměru. V případě, že nádor ^{18}F -FDG akumuluje jen málo, nelze zobrazit ani velké nádory (Kelloff, 2005).



Obrázek 2 Transport a metabolismus FDG (Kelloff, 2005)

Díky ^{18}F -FDG lze rozlišit nádorovou tkáň od zdravé. V nádorové tkáni je výrazně zvýšená akumulace ^{18}F -FDG (Votrubová, 2009, s. 16 - 17).

^{18}F -FDG se z těla vylučuje močí. To způsobuje zvýšenou akumulaci v močovém měchýři a v dutém systému ledvin. Zvýšená akumulace radiofarmaka se vyskytuje i v oblasti šedé kůry mozkové, právě kvůli výskytu glukózy, která je základním zdrojem energie pro mozek. V srdečním svalu lze pozorovat nejen zvýšenou, ale i sníženou akumulaci ^{18}F -FDG. Akumulace je závislá na hladině inzulínu. Dále v oblasti gastrointestinálního traktu je zvýšená akumulace ve stěně žaludku a to především v kardii, fundu, pyloru a ve stěně tlustého a tenkého střeva. Při fyzické námaze před výkonem se ^{18}F -FDG zvýšeně vychytává i v kosterním svalstvu. Zvláště u žen v období menstruace je zvýšená akumulace v endometriu, ve zrajícím ovariálním folikulu. U mužů se akumulace ve varlatech snižuje s přibývajícím věkem (Votrubová, 2009, s. 16 - 17).

Akumulace ^{18}F -FDG u karcinomu tračnicku

Kolorektální karcinom patří do skupiny nádorů, které jsou charakteristické zvýšeným metabolismem glukózy. Zvýšenou akumulaci vykazují nejen primární nádory, ale i postižené lymfatické uzliny a také vzdálené metastázy. K detekci primárního i sekundárního nádoru tračnicku se využívá radiofarmakum ^{18}F -FDG a jeho nález je závislý na velikosti a metabolické aktivitě (Votrubová, 2009, s. 97).

Fyziologicky zvýšená akumulace fluoro-deoxy-glukózy může být patrná v okolí Bauhinské chlopně, coeka, vzestupném tračnicku a také v koncové oblasti análních svěračů. Tyto zmiňovaná místa jsou dobře anatomicky identifikovatelná na hybridním PET/CT skenu (Votrubová, 2009, s. 97).

4 HYBRIDNÍ SYSTÉM PET/CT

PET/CT je hybridní metoda používaná na oddělení nukleární medicíny v kombinaci pozitronové emisní tomografie (PET) a výpočetní tomografie (CT). V oblasti zobrazovacích metod patří k nejmodernějším. Pomocí hybridního skeneru můžeme v průběhu jednoho vyšetření bez jakékoliv změny polohy pacienta získat morfologický a metabolický obraz tkáně (Votrubová, 2009, s. 3).

Toto vyšetření se využívá zvláště v onkologii. Dokáže totiž stanovit diagnózu nádorového onemocnění díky vysoké citlivosti a přesnosti zobrazování nádorových ložisek v časných stádiích. Nejpoužívanějším radiofarmakem v PET/CT diagnostice je ^{18}F -fluorodeoxyglukosa (Votrubová, 2009, s. 3).

David Townsend vyvinul první PET/CT skener. V České republice byl zahájen provoz prvního hybridního přístroje v roce 2003, a to v Nemocnici Na Homolce v Praze (Votrubová, 2009, s. 7).

4.1 Radioaktivní přeměna β^+ a princip zobrazení

V průběhu radioaktivní přeměny β^+ nastává v nestabilním jádře pozitronového zářiče ke změně protonu právě na neutron. V důsledku výše uvedené přeměny dochází k vyzáření pozitronu. Délka dráhy této částice je závislá na energii, kterou má daný radionuklid. Na konci dráhy pak dochází ke střetu pozitronu s elektronem okolní hmoty a tím zároveň dochází ke ztrátě veškeré jeho energie. Tyto dvě částice se spolu vzájemně ovlivňují a po jisté době zanikají. Poté nastává anihilace, ta je doprovázena emisí dvou kvant záření gama čili vznikem anihilačních fotonů. Energie těchto fotonů je 511 keV a z místa vzniku se vydává po přímce opačným směrem. K zaznamenávání drah anihilačních fotonů letících opačným směrem po přímce dochází na koincidenčních detektorech. Kvůli zvýšení citlivosti detekce se používá právě kolimace. Ta je řízena elektricky. Aby mohl být získán obraz, musí být zaznamenány pouze fotony. Fotony dopadají na prstencové detektory situované naproti sobě současně (Seidl, 2012, s. 70 - 71).

V hybridním systému PET/CT, jak je již zmíněno výše, je zakomponován PET skener spolu s diagnostickým CT skenerem. Snímání oběma modalitami probíhá postupně. U všech pacientů je vyšetření prováděno stejným způsobem, a to beze změny polohy. Liší se akorát rozsahem snímání v závislosti na klinických požadavcích. Obvyklý rozsah snímání je uváděn od baze lební po proximální polovinu stehen. První krok tohoto vyšetření je uskutečňován

pomocí nerotující rentgenky, která stojí v předem vybrané poloze a pomocí posuvného stolu s pacientem, který projíždí přes CT gantry skeneru dochází k vytvoření topogramu. Takto vzniklý topogram se zobrazí jako předozadní rentgenová projekce potřebná pro vymezení oblasti, která se bude dále skenovat. Tato oblast je pak dále podrobně vyšetřena pomocí CT a PET. Následné získávání CT dat probíhá výhradně ve zvolené oblasti zájmu. Posléze je lůžko s pacientem zasunuto hlouběji do gantry PET skeneru, kde pak dochází ke snímání emisních PET dat ze stejné oblasti zájmu (Votrubová, 2009, s. 44).

Náběr PET dat neprobíhá souvisle, tak jako u běžného spirálního CT, ale probíhá v určitých pozicích označovaných jako „postele“ (beds). Data jsou shromažďována z objemu pacienta o délce axiálního zorného pole (Votrubová, 2009, s. 44).

Poté následuje automatický posun stolu společně s pacientem a dochází k snímání další pozice. Kvůli zabránění poklesu citlivosti PET skeneru na okrajích axiálního zorného pole, je potřeba, aby se jednotlivé snímané pozice neboli „postele“ z části kryly. Jednou z výhod hybridního systému PET/CT skeneru je snadné vytvoření fúze CT a PET obrazů. CT skener při vyšetření podává anatomické a strukturální informace a PET skener podává zase ty funkční informace (Votrubová, 2009, s. 44).

Fúzování obrazu funguje na podkladě zvětšení PET obrázků, ty jsou totiž nasnímány do menší obrazové matice než CT snímky. Využívá se metoda alpha-bleding, která přiřazuje různou míru průhlednosti jednotlivým modalitám. Pro každou část snímku je fúzí přiřazena odlišná barevná škála, tyto škály je možno ve výsledném obrazu změnit. Tímto je tedy možné na hodnotící konzoli prohlížet PET a CT obrazy odděleně a zároveň prohlížet hybridní obrazy s rozdílným podílem metabolické a anatomické informace ve všech rovinách (Votrubová, 2009, s. 44).

2D a 3D režim snímání

Sestava detektoru PET skenerů se skládá z několika za sebou řazených prstenců skládajících se ze spousty bloků detektorů. Tím zorné pole dosahuje přes 15 cm v axiálním směru. Během vyšetření je snímání prováděno pomocí 2D nebo 3D technik. O 2D modus snímání se jedná v případě, pokud se snímají koincidenční přímky pouze v rovině prstenců. 2D režim během snímání má stejnou citlivost podél veškerých detektorových prstenců. Při 3D režimu bez přepážek je zvyšována plocha snímání. 3D režim je citlivější oproti režimu 2D. Citlivost snímání klesá k okraji plochy snímání, proto překryv v režimu 3D je 35- 50%

z axiální délky pole. Oproti 2D režimu se u 3D režimu zvýší zorné pole, tím dochází k nárůstu náhodné koincidence (Votrubová, 2009, str. 15).

Rekonstrukce a vizualizace dat

Nasnímané souřadnice koincidenčních přímek jsou přepracovány do transaxiálních řezů. Z těchto řezů lze vytvořit koronární, sagitální a jakékoliv šikmé řezy. PET systém vytváří trojici objemů dat. Tyto data jsou využita k diagnostickým účelům. Jsou to základní objemové jednotky, které nesou příslušnou informaci. První data představují naměřenou aktivitu radiofarmaka bez korekce na absorpci. Druhá informace představuje aktivitu, která je korigovaná na absorpci. Třetí data představují absorpční koeficient, dle kterého se korigování vytváří. Při použití CT se korekční koeficienty nepoužívají, pro vizualizaci se používají CT skeny. Konzole počítače dokáže zobrazit šikmé řezy a na sebe kolmé řezy. Využívá různě barevnou škálu obrazu. Dokáže zvětšit obraz, oříznout ho, filtrovat a další (Votrubová, 2009, s. 16)



Obrázek 3 PET/CT kamera

4.2 Příprava pacienta

Příprava pacienta před PET/CT vyšetřením je velmi důležitá z hlediska správného provedení a hodnocení vyšetření. Do přípravy pacienta je zahrnuto lačnění, hydratace, udržení hladiny cukru v krvi na nízkých hodnotách, dále protialergická příprava pacienta a perorální a intravenózní aplikace kontrastní látky, která je nedílnou součástí vyšetření (Votrubová, 2009, s. 46 - 47).

Lačnění pacienta je základním předpokladem pro správné provedení a hodnocení PET/CT vyšetření. Před výkonem je doporučeno minimálně 6 hodin nejíst. Tento požadavek je kladen z hlediska udržení správné bazální úrovně glukózy v krvi, a dále z důvodu vyvarování se zvýšené akumulace FDG ve fyziologických strukturách. Mezi které patří svaly a střevní stěna (Votrubová, 2009, s. 47).

Velmi důležitá je dostatečná hydratace pacienta, kvůli snížení radiační zátěže z podaného radiofarmaka a jeho správná distribuce v těle. Pacientovi je doporučeno pít neslazené nápoje bez mléka. Příjem tekutin umožněn až do vlastního vyšetření (Votrubová, 2009, s. 47).

Hladina glukózy v krvi je významným činitelem ovlivňujícím kvalitu metabolické části vyšetření. V onkologii je hyperglykemie (zvýšená hladina cukru v krvi) nežádoucí, jelikož zvyšuje kompetici mezi glukózou a 2-¹⁸F-fluoro-2-deoxy-D-glukózou (FDG), čímž zhoršuje konečný obraz zmenšením kontrastu mezi nádorem a pozadím. Měření glykemie se provádí před zavedením intravenózní kanyly a aplikací FDG. Pro vyšetření PET/CT nebyla stanovena jednotná horní hranice glykemie. Proto na většině pracovišť nukleární medicíny se hranice pohybuje na 10mmol/l. Při překročení musí být provedena úprava hladiny cukru intravenózním podáním krátkodobě působícího inzulínu (Votrubová, 2009, s. 47).

Rizikovým pacientům je podávána kontrastní látka neionická, která způsobuje méně alergických reakcí. Pacienti s těžkou alergií na JKL musí být vyšetřeni postkontrastně. U pacientů, kteří již v předešlé době měli jakoukoliv reakci na kontrastní látku, podává se před aplikací FDG tablety Dithiadenu. Podávají se 2 tablety Dithiadenu 1 hodinu před vyšetřením **nebo** 2 mg Dithiaden i.v. těsně před vyšetřením (Votrubová, 2009, s. 48).

Intravenózní kanyla se zavádí před aplikací radiofarmaka. Do kanyly se aplikuje jak jodová kontrastní látka, tak i radiofarmakum. U pacientů s CŽK je možné jeho využití k podání JKL. Radiofarmakum by nemělo být aplikováno do CŽK kvůli artefaktům v oblasti klíčku a hrudníku (Votrubová, 2009, s. 48).

Nejprve se propláchne kanyla fyziologickým roztokem ke zjištění průchodnosti kanyly, poté lékař aplikuje samotné radiofarmakum. Po aplikaci radiofarmaka následuje opět proplach pomocí fyziologického roztoku (Votrubová, 2009, s. 48).

Nejčastěji se aplikuje do kubitální žíly nebo do periferní žíly na hřbetu ruky a nohy. Nejpoužívanějším radiofarmakem je ¹⁸F-FDG. Doba aplikace je závislá na tzv. akumulacním

času. Ve většině případů je čas podání 60-90 minut před vyšetřením. Po aplikaci ^{18}F -FDG musí být pacient v klidu, kvůli tomu aby nedocházelo ke zvýšenému hromadění radiofarmaka v kosterním svalstvu (Votrubová, 2009, s. 48).

Intravenózní aplikace kontrastní látky je nedílnou součástí pro zlepšení kontrastu CT obrazu, zviditelnění cévních struktur a hodnocení vaskularizace fyziologických a patologických struktur. Kontrast se podává bezprostředně před CT vyšetřením. Rychlost podání kontrastní látky závisí na požadavku zviditelnění vybraných struktur a na technických parametrech CT přístroje. Čím je čas skenování kratší, tím musí být rychlost podání kontrastní látky vyšší. Po aplikaci kontrastu následuje proplach pomocí přibližně 50 ml fyziologického roztoku (Votrubová, 2009, s. 48 - 49).

4.3 Postup vyšetření

Pacienta nejprve uložíme na lůžko, důležité je jeho správné uložení, poté následuje provedení CT topogramu. Rozsah, odkud kam bude provedeno snímání pro PET/CT je klasicky ohraničeno od baze lební po proximální třetinu stehen. Podle indikujícího lékaře může být vyšetření doplněno vyšetřením hlavy a končetin (Votrubová, 2009, s. 49).

V gantry se současně s předchozím krokem po podélné ose naplňuje axiální rozsah CT vyšetření a počet jednotlivých sekvencí pro vyšetření pomocí PET (Votrubová, 2009, s. 49).

Podle vybraného protokolu se provádí klasické CT vyšetření s intravenózní aplikací JKL. K podání JKL nedochází výhradně v případech prokázané alergie, u nemocných s předpokládaným vyšetřením či léčbou radiojódem a u kontroly účinnosti terapie u hypermetabolických nádorů, je zde riziko poškození ledvin (Votrubová, 2009, s. 49).

Na dokončené CT vyšetření navazuje posun pacienta v gantry po ose X, a také snímání PET kamerou v sekvenčním režimu. U hybridních kamer se axiální zorné pole pohybuje okolo 15cm a jednotlivé sekvence neboli „postele“ se částečně překrývají. Doba snímání jedné „postele“ je 3-5 minut, vyšetřuje se 5 až 7 „postelí“ dle žádaného rozsahu a výšky pacienta. U pacientů, kteří jsou štíhlí lze čas snímání PET kamerou zkrátit, naopak tomu je u silnějších jedinců, kdy je potřeba akvizici prodloužit (Votrubová, 2009, s. 49).

Za zásadní je u hybridního zobrazování PET/CT je bráno správné nastavení protokolu, kvůli tomu, aby bylo dosaženo maximální diagnostické výtěžnosti společně s minimální radiační zátěží (Votrubová, 2009, s. 49).

4.4 Indikace a kontraindikace

Indikace

Do indikace řadíme tři hlavní skupiny. Do první skupiny spadají pacienti, kteří prošli všemi konvenčními vyšetřovacími modalitami, a přesto nedošlo k diagnostickému závěru. Do skupiny druhé patří pacienti, u kterých bylo zjištěno nádorové či zánětlivé onemocnění. U tohoto onemocnění se předpokládá zvýšená akumulace radiofarmaka a je zde prováděn celotělový staging onemocnění. U zánětlivých onemocnění je PET/CT vyšetření indikováno až jako jedna z posledních metod, kvůli vysoké radiační zátěži, kterou pacient dostává. Třetí skupinu tvoří pacienti již s ukončenou léčbou. Přicházejí pouze k opakovaným kontrolám, kvůli patrným změnám v metabolismu glukózy při nezměněném morfologickém obraze. Tyto změny poukazují na remisi či časnou recidivu onemocnění (Votrubová, 2009, s. 49- 50).

PET/CT je nejčastěji aplikována k diagnostice nádorů, lymfomů, melanomů, bronchogenních karcinomů, nádorů krční oblasti a u mnoho dalších (Seidl, 2012, s. 70 - 71).

Vyšetření pomocí radiofarmaka ^{18}F -FDG je indikováno obzvláště právě při podezření na onkologické onemocnění, dále je lze využít u zánětlivé onemocnění, do kterého spadají například febrilie nejasného původu s chronickým charakterem, chronické osteomyelitidy. Dalším důvodem indikace může být podezření na vaskulitidy velkých tepen a dále při podezření na mitigované infekty cévních protéz (Koranda, 2014, s. 150 - 151).

Kontraindikace

Tak jako u všech metod využívajících ionizující záření k diagnostice je i u PET/CT vyšetření nejdůležitější kontraindikací těhotenství. Další rizikovou skupinou jsou pacienti s alergií na jodové kontrastní látky. Při takové alergii k aplikaci kontrastu nedochází, pouze v nezbytných případech, kdy je aplikace kontrastní látky prováděna ve spolupráci s anesteziology. Musí zde předcházet dlouhá protialergická příprava. Dále sem patří dekompenzovaný diabetes mellitus, kdy hyperglykemie s hladinou glykemie nad 11 mmol/l zhoršuje schopnost zobrazovat ložisko zvýšené akumulace glukózy. V neposlední řadě sem spadá klaustrofobie, neschopnost pacienta ležet bez pohnutí více jak 15 minut, a také nadměrná hmotnost. Uvádí se váha okolo 200 kg (Votrubová, 2009, s. 50).

PRAKTICKÁ ČÁST

Úvod

Tato praktická část bakalářské práce je podrobně zaměřena na popis průběhu vyšetření u kolorektálního karcinomu pomocí PET/CT přístroje. Dále je zde popsána úloha, kterou zde radiologický asistent zaujímá. Veškeré poznatky, které zde budou uvedeny, jsem získala díky praxím na odděleních nukleární medicíny.

Radiologický asistent

Na oddělení nukleární medicíny hraje důležitou roli radiologický asistent, který zde vykonává několik úloh. Jejich práce se v pravidelných intervalech obměňuje, kvůli radiační ochraně, přesněji kvůli ochraně časem. Radiologický asistent může vykonávat práci v kartotéce, kde registruje přicházející pacienty. Další náplní jeho práce je zavedení kanyly do cévního řečiště a asistence při aplikaci radiofarmak v tzv. aplikační místnosti. Konečnou úlohou asistenta je provedení samotného vyšetření.

Objednání na vyšetření

Pacientovi je na základě zhodnocení stavu doporučeno vyšetření pomocí PET/CT. K výkonu se pacient objednává na podkladě žádanky, která mu byla vystavena ošetřujícím lékařem. Objednat se může osobně přímo na oddělení nukleární medicíny, telefonicky nebo ho může objednat lékař, který žádanku vystavil. Pacient donese žádanku s doplněným telefonním číslem do kartotéky. V případě osobního objednání pacientovi dáme písemné pokyny, které obsahují datum a čas provedení vyšetření, dále informace o průběhu vyšetření a přípravě. Nakonec mu dáme písemný souhlas s vyšetřením a aplikací radiofarmaka, aby měl dostatek času a klid na to, aby si ho přečetl.

Postup po příchodu pacienta k vyšetření pomocí PET/CT

Prvním krokem nezbytným po příchodu pacienta na oddělení nukleární medicíny je registrace v kartotéce. Zde je úlohou radiologického asistenta založení pacientovi karty dle osobních údajů (jméno, příjmení, rodné číslo, trvalé bydliště a pojišťovna). V případě, že je návštěva pacienta opakovaná, postačí pouze ověřit správnost údajů a popřípadě je aktualizovat. Dále RA zaznamená na přední stranu karty datum, o jaký druh vyšetření se jedná, druh aplikovaného radiofarmaka a do pravého horního rohu napíše asistent údaje o případném výskytu alergie. Asistent zkontroluje, zda je na žádance napsaná hmotnost a výška pacienta,

v případě že není, zapíše tyto údaje na žádanku. Další krok obnáší kontrolu, jestli pacient dodržel předepsanou přípravu před vyšetřením.

Po registraci v kartotéce radiologický asistent seznámí pacienta s vyšetřením, které bude podstupovat. Poučí ho o průběhu vyšetření PET/CT. Dále mu sdělí informace o aplikaci kontrastní látky a aplikaci radiofarmaka, které jsou důležité pro CT vyšetření a pro vyšetření PET. Dále poučíme pacienta o zvýšeném pitném režimu kvůli rychlejšímu vyplavování radiofarmaka z těla.

V dalším kroku se asistent zeptá pacienta, zda všemu rozumí a v případě nejasností mu na případné dotazy zodpoví. Teprve potom RA nechá vyšetřovaného podepsat Informovaný souhlas s vyšetřením a Souhlas s aplikací kontrastní látky a radiofarmaka.

Pacientky ve fertilním věku, které přicházejí na oddělení nukleární medicíny kvůli vyšetření, musí podepsat prohlášení o tom, že nejsou těhotné. V případě těhotenství, vyšetření nesmí být provedeno.

Příprava před aplikací radiofarmaka

Pacient po zaevidování v kartotéce čeká v čekárně na vyzvání asistentem ke vstupu. Radiologický asistent si zavolá pacienta do aplikační místnosti, kde se ho znovu zeptá na jméno a datum narození, kvůli správné identifikaci. V případě správné identifikace požádáme pacienta, aby si odložil své věci a posadil se na aplikační křeslo. Znovu pacientovi vysvětlí, co bude dělat. Poté pacientovi pomocí glukometru změříme hladinu glykémie v krvi. Budeme potřebovat sterilní jehlu, sterilní čtverečky, glukometr společně s testovacím proužkem a dezinfekci. Testovací proužek asistent vloží do glukometru, odezinfikuje prst pacienta a píchne jehlou do konečku prstu. Ke kapce krve na prstu přiloží testovací proužek, aby se nasála. Hodnotu, kterou glukometr ukázal, zapíše asistentka do dokumentace. Hladina glukózy by neměla přesáhnout hodnotu 10mmol/l. Hladina glukózy má vliv na kvalitu vyšetření. Pokud je vysoká hladina krevního cukru, tak je přísun fludeoxyglukosy do orgánů a tumorů omezen.

V případě odpovídající hladiny glukózy v krvi si připravíme pomůcky pro zavedení kanyly pacientovi. Místo zavedení je převážně voleno do kubitální žíly. Pacientovi zaškrtíme horní končetinu a požádáme ho, aby sevřel pěst a zacvičil si. Nahmatáme si na ruce žílu, do které budeme kanylu zavádět a místo vpichu vydezinfikujeme. Po dezinfekci zavádíme kanylu pacientovi. Zavedenou kanylu fixujeme náplastí, aby nedošlo k případnému vytažení.

Přípravu radiofarmak na odděleních nukleární medicíny zajišťuje farmaceut. Radiologický asistent informuje radiofarmaceuta, který natáhne do stříkačky radiofarmakum ve speciálních olovněných digestořích například pomocí automatického dávkovače. Při přípravě radiofarmaka hraje důležitou roli váha a výška pacienta. Tu totiž spolu s rodným číslem zadávají do systému ovládacího panelu, a tím dochází k natažení potřebné dávky radiofarmaka. Stříkačku poté vloží do wolframového krytu a to celé následně uloží do silně stíněného vozíku a odveze ho do aplikační místnosti.

Radiologický asistent nalepí štítek do dokumentace pacienta, který radiofarmaceut vygeneroval v digestoři při natažení radiofarmaka.

Samotná aplikace radiofarmaka

Do aplikační místnosti přichází lékař. Lékař vždy mluví s pacientem o jeho zdravotním stavu a podle potřeby doplní informace do karty. Radiologický asistent připraví příslušné pomůcky jako dezinfekci, rukavice, stříkačku s fyziologickým roztokem, sterilní čtverečky a stříkačku s radiofarmakem v olovněném krytu. Radiologický asistent odezinfikuje konec kanyly a propláchne ji fyziologickým roztokem, kvůli její průchodnosti. Poté asistent odchází, kvůli radiační ochraně. Následně lékař naaplikuje radiofarmakum. Po aplikaci propláchne kanylu opět fyziologickým roztokem. Ihned po aplikaci zapíše lékař čas, místo a způsob aplikace radiofarmaka do dokumentace. Dále dá lékař razítko do dokumentace. Odpad po zavádění radiofarmaka vyhodí do kontejnerů k tomu určených.

Perorální jodová kontrastní látka

Po aplikaci radiofarmaka vyzve radiologický asistent pacienta, aby si vzal všechny svoje věci a nasměruje ho do boxu, který mu byl přidělen. V této místnosti bude popíjet jodovou kontrastní látku, která je určená pro aplikaci per os. Množství se vypočítává podle váhy pacienta. Z ovládací místnosti, která slouží pro ovládání PET/CT přístroje má radiologický asistent slovní a vizuální kontrolu nad jednotlivými kabinkami. Tím pacientovi můžeme sdělit důležité pokyny.

Po příchodu pacienta do boxu mu přes mikrofon řekneme, že na stolku vedle křesla má jodovou kontrastní látku, kterou musí po dobu 45 minut popíjet a celou jí vypít. Dále, že by měl být v klidu, co nejméně se pohyboval a v případě potřeby aby si chodil na toaletu, kterou má každý box.

Příprava pumpy

Radiologický asistent by měl před každým vyšetřením doplnit pumpu fyziologickým roztokem a jodovou kontrastní látkou. Tato pumpa slouží k proplachu fyziologickým roztokem a k aplikaci jodové kontrastní látky. Radiologický asistent nejprve napojí na pumpu lahvičku s fyziologickým roztokem a pomocí ovládní natáhne příslušné množství látky. Po natažení lahvičku sejme. Na druhý píst asistent napojí lahvičku s kontrastem. Opět natáhne příslušné množství jodové kontrastní látky a po natažení lahvičku sejme. Hlavici pumpy otočí a tím je připravená pro další použití.

Uložení pacienta a samotné vyšetření

Po uplynutí přibližně 45 minut radiologický asistent sdělí pacientovi přes mikrofon, aby si došel na toaletu. V tuto chvíli by měl mít pacient dopitou veškerou kontrastní látku. Dále mu řekne, aby si sundal všechny kovové předměty a vysvlékl se od pasu dolů, takže pacient sundá kalhoty a boty, kvůli artefaktům. V mezičase asistent zapíše pacienta do příslušného počítačového systému. Radiologický asistent zadává do systému celé jméno, rodné číslo, pohlaví a nakonec vybere protokol vhodný pro vyšetření. Dále je nutná příprava lůžka pro pacienta. Před každým uložením pacienta musí asistent otřít vyšetřovací stůl dezinfekcí a položit na stůl čistý papír.

Asistent vyzve pacienta ke vstupu do vyšetřovací místnosti. Před uložením pacienta na stůl, provede radiologický asistent identifikaci, tím že se ho zeptá na jméno. Po ověření identifikace, RA vysvětlí pacientovi, jak si má na lůžko lehnout. Pacient se pokládá na záda, pod kolena mu asistent dá klín, aby se cítil pohodlně, a následně ho přikryje. Hlava vyšetřovaného směřuje do gantry. Ruce má opřené za hlavou o válec, kvůli lepšímu napojení pumpy pro kontrastní látku na zavedenou kanylu. Po celou dobu, by se měl asistent držet od pacienta co nejdále, z hlediska radiační ochrany.

Uloženého a připraveného pacienta asistent zasune s lůžkem do gantry přístroje. Pacienta přes kanylu napojí na pumpu. RA co nejrychleji odchází do ovladovny, kvůli tomu, aby nedocházelo ke zvyšování radiační zátěže. V této ovládací místnosti spustí protokol vhodný pro vyšetření. Prvně se zhotoví CT topogram od baze lební po proximální třetinu stehien. Dle topogramu radiologický asistent naplánuje axiální rozsah CT vyšetření. Počet „postelí“, které budou snímány během vyšetření pozitronovou emisní tomografií, si zvolí přístroj sám a to podle délky pacienta a podle vybrané vyšetřované oblasti na topografu. Podle vybraného protokolu se provádí klasické CT vyšetření s intravenózní

aplikací JKL. K podání JKL nedochází výhradně v případech prokázané alergie nebo v případě najezení. Na dokončené CT vyšetření navazuje posun pacienta v gantry, a následné snímání PET kamerou. Po celou dobu vyšetření asistent kontroluje pacienta.

Po skončení celého procesu vyšetření, pokud lékař nerozhodne jinak, asistent propustí pacienta. Nejprve ho vyveze z gantry. Požádá ho, aby se vrátil zpět do boxu a obléknul se. Radiologický asistent sdělí pacientovi, aby se vrátil do čekárny, kde si ho zavolá sestra, která mu vyndá zavedenou kanylu. Po vyndání kanyly asistent poučí pacienta o tom, jak by se měl chovat následující dny. Řekne pacientovi, že by se měl minimálně 24 hodin vyvarovat těhotným ženám a malým dětem. Dále by měl dodržovat zvýšený pitný režim, z hlediska urychlení vyplavování radiofarmaka a kontrastní látky z organismu. Po poučení pacient může odejít domů.

5 DISKUSE

Z výše uvedeného si můžeme říci, že jsme si přiblížili kolorektální karcinom, který je v dnešní době jedním z nejčastějších onemocnění u lidí.

Jak nám správně mají fungovat orgány, nám více přiblížil autor Mysliveček (2007), který uvádí, že metody nukleární medicíny dokážou poskytnout kvalitní informace. S tímto názorem se ztotožňujeme, jelikož jsme tyto informace vyčetli i v jiných medicínských literaturách.

O zrodu nukleární medicíny se věnují ve své knize autoři Kupka, Kubinyi a Šámal (2015), který nám přiblížil její počátky již kolem padesátých let. S autory souhlasíme, protože jsme v jiných odborných textech objevili, že se vývoj nukleární medicíny začal pohybovat kolem roku 1950.

V literaturách jsme získali informace o dělení radioaktivity, s čímž nás seznámili i Kupka, Kubinyi a Šámal (2015), kteří uvádějí, že mezi typy emitujícího záření patří například přeměna alfa, přeměna beta a další.

O ionizujícím záření nás seznámilo mnoho autorů, ovšem o jejich rozdělení nás seznámili Beneš, Kyplová a Vítek (2015), kteří ho dělí na přímý a nepřímý. O těchto typech jsme se více dočetli v bakalářské práci.

O radiační ochraně nás seznámil Mysliveček (2007), který upozorňuje na potřebnou zvýšenou ochranu při ionizujícím záření. S autorem musíme souhlasit, že ochrana je jedním z nejdůležitějších věcí, které musíme dodržovat, aby se do budoucna nevyskytly zdravotní problémy.

Lukáš (2005) popisuje ve své knize anatomii tlustého střeva, kde uvádí, že přibližná délka tlustého střeva je 1,5 metru. S autorem musíme souhlasit, avšak v jiných odborných literaturách jsme se dočetli, že délka může být u každého člověka jiná, lišící se v rozdílech o pár centimetrů.

O výskytu nádorů v tlustém střevě nás seznámilo mnoho autorů. Podle Jablonské (2000) se výskyt nádorů nejčastěji objevuje v pravém tračníku, s tímto názorem souhlasíme, protože výskyt se uvádí přibližně až u 70 % případů.

Podle autora Seiferta (2013) patří Česká republika mezi země evropských států, kde je výskyt kolorektálního karcinomu nejčastější. S autorem musíme souhlasit, ovšem rádi bychom ho

doplnili o další země, kde je výskyt obdobně stejně vysoký. Mezi další země patří Slovenská republika a Maďarská republika. Rádi bychom se zmínili i o zemích, kde je nejmenší výskyt onemocnění a jedná se o země, jako jsou například Řecko a Albánie. Domníváme se, že důvodem může být méně vyspělé zdravotnictví a příčina není tolik prokazatelná.

Důležitá je především prevence, s kterou nás seznamují Suchánek, Barkmanová a Frič (2012), kteří popisují prevenci primární a sekundární. Souhlasíme s autory, že oba typy prevence jsou důležité a to z toho důvodu, že na kolorektální karcinom ročně umírá přes půl miliónů lidí. Významné zastání při prevenci mají především zdravotní pojišťovny, které po padesátém roku života obesílají své klienty s výzvou a možností zajít na kontrolu ke svému praktickému lékaři.

Jak správně diagnostikovat kolorektální karcinom je rozsáhlý proces, který obnáší mnoho kroků. S těmito kroky a vyšetřeními nás seznámilo mnoho autorů. Za nejvíce známé vyšetření mezi lidmi považujeme kolonoskopii, s kterou nás seznámil Seifert (2013).

Mezi léčivý přípravek patří radiofarmakum, které nám blíže popisují autoři Kraft a Pekárek (2012), kteří uvádějí, že se skládá z farmaka, což je léčivý přípravek a z radionuklidu, který obsahuje účinnou složku.

O radiofarmaku F-FDG nás seznámila Votrubová (2009), která nám přiblížila přípravu pacientů k vyšetření. Souhlasíme s autorkou, že pokud pacient nemá správnou hladinu glykémie, tak by neměl vyšetření podstoupit.

Votrubová (2009) se zmiňuje, že PET/CT systém se používá na odděleních nukleární medicíny. S autorkou souhlasíme, že PET/CT systém je využívám pro nukleární medicínu, ovšem musíme konstatovat, že se přístroj nenachází v každé nemocnici, a to z důvodu vysokých finančních nákladů.

O přípravě pacienta nás seznámila Votrubová (2009), která zdůrazňuje, že při PET/CT vyšetření je důležitá především hydratace, která je nezbytná pro vylučování radiofarmaka z těla ven. S tímto názorem zcela souhlasíme, protože pitný režim je jedním ze základních životních potřeb člověka, který pomáhá při čištění škodlivin. Čím více tekutin vypije, tím rychleji se vyplaví radiofarmakum a sníží se tak radiační zátěž z podaného radiofarmaka.

Ačkoliv pro mnohé z nás zůstane kolorektální karcinom pouze jedním z dalších onemocnění, které existuje, věříme, že práce dokázala zodpovědět alespoň na pár otázek, které se týkají této nemoci.

6 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsme chtěli přiblížit nukleární medicínu, do které spadá PET/CT vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem.

Představili jsme si teoretickou a praktickou část bakalářské práce. V teoretické části jsme si popsali nukleární medicínu, onemocnění tlustého střeva, radiofarmaka a hybridní systém PET/CT. V praktické části jsme si popsali jednotlivé postupy při vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem. Bakalářská práce nám pomohla si přiblížit výše uvedené téma.

Cílem bakalářské práce bylo představení nukleární medicíny, která má již svou dlouhou historii v medicínském oboru. Jedná se o jedno z nejvíce se měnících lékařských odvětví, které se musí neustále přizpůsobovat dnešní době. Představili jsme si radioaktivitu, kterou jsme si v bakalářské práci rozdělili do jednotlivých typů emitovaného záření. Jak správně předcházet rizikům při přípravě a vyšetření jsme si popsali v radiační ochraně.

Přiblížili jsme si onemocnění tlustého střeva, které se v dnešní době čím dál častěji vyskytuje a to z toho důvodu, že vývoj technologií pro odhalení nádorů je vyspělejší, než tomu bylo v dřívějších dobách. Dozvěděli jsme se, že vznik nádoru může ovlivnit mnoho faktorů, mezi které patří například životní styl, dědičnost a prostředí. Zjistili jsme, že kolorektální karcinom je nejčastěji lokalizován v oblasti pravého tračníku. Za důležitou informaci, která byla uvedena v bakalářské práci, je včasné odhalení nádoru. Pokud je včas podchycen, je dobře léčitelný a u mnoho pacientů velká naděje pro úplné uzdravení. Mezi důležitou část patří také prevence, o které jsme se dočetli v druhé kapitole.

Ve třetí kapitole jsme si rozebrali radiofarmaka, které jsou pro vyšetření nádoru tlustého střeva konečniku pomocí PET/CT systému nezbytnou součástí. Zjistili jsme, že radiofarmakum je léčivý přípravek tvořený dvěma složkami, a to farmakem a radionuklidem. Představili jsme si nejčastěji využívané radiofarmakum ^{18}F -FDG, které dokáže rozlišit zdravou tkáň od té nádorové tím, že v nádorové tkáni je výrazně zvýšená akumulace ^{18}F -FDG.

V neposlední řadě jsme se zaměřili na hybridní metodu PET/CT. Jedná se o přístroj, který dokáže stanovit diagnózu nádorového onemocnění v časných stádiích, a to zejména díky vysoké citlivosti a přesnosti zobrazování nádorových ložisek. Přiblížili jsme si případy, při kterých je vyšetření indikováno a naopak i případy kontraindikace k vyšetření.

V praktické části jsme se zaměřili na podrobný popis vyšetření pomocí PET/CT přístrojem u pacientů s kolorektálním karcinomem. Dozvěděli jsme se jakou roli, zde zaujímá radiologický asistent. Přiblížili jsme si přípravu a průběh vyšetření pomocí PET/CT přístroje u pacientů s kolorektálním karcinomem.

Při psaní bakalářské práce jsme očekávali, že za největší komplikaci bude sehnání medicínské literatury k danému tématu. Musíme ovšem konstatovat, že zapůjčení odborné literatury zaměřené na PET/CT vyšetření u pacientů s kolorektálním karcinomem pro nás nebylo až tak velkým problémem, i když většina literatury byla staršího roku.

Domníváme se, že uvedenému tématu je potřeba věnovat větší pozornost a to nejen ze strany lékařů, radiologů, radiologických asistentů, ale především i ze strany široké veřejnosti, které se uvedené téma nejvíce dotýká. Protože lidé se musí také uvědomit, že kolorektální karcinom se nemusí objevit přímo u nich samotných, ale může se objevit i u osob jim blízkým.

V závěru si dovolíme konstatovat, že se nám podařil naplnit cíl předkládané práce a doufáme, že bude přínosem nejen pro studenty zdravotnických oborů, ale také pro širokou veřejnost.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADAM, Zdeněk, Marta KREJČÍ a Jiří VORLÍČEK. *Speciální onkologie: příznaky, diagnostika a léčba maligních chorob*. Praha: Galén, c2010. ISBN 978-80-7262-648-9.

BENEŠ, Jiří, Jaroslava KYMPLOVÁ a František VÍTEK. *Základy fyziky pro lékařské a zdravotnické obory: pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4712-5.

ČESKO. Zákon č. 263 ze dne 14. července 2016 atomový zákon. In: *Zákony pro lidi*. 2018, ročník 2016, 102/2016, číslo 263. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263>

DYLEVSKÝ, Ivan. *Somatologie*. Vyd. 2. (přeproc. a dopl.). Olomouc: Epava, 2000. ISBN 80-86297-05-5.

HOLUBEC, Luboš. *Kolorektální karcinom: současné možnosti diagnostiky a léčby*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0636-9.

HUŠÁK, Václav. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 97880-244-2350-0.

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

JABLONSKÁ, Markéta. *Kolorektální karcinom: časná diagnóza a prevence*. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-777-x.

KELLOFF, Gary. J. Progress and Promise of FDG-PET Imaging for Cancer Patient Management and Oncologic Drug Development. *Clinical Cancer Research* [online]. 2005, 11(8), 2785-2808 [cit. 2018-05-03]. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-04-2626. ISSN 1078-0432. Dostupné z: <http://clincancerres.aacrjournals.org/cgi/doi/10.1158/1078-0432.CCR-04-2626>

KLENER, Pavel. *Vnitřní lékařství*. 4., přeproc. a dopl. vyd. Praha: Galén, c2011. ISBN 978-80-7262-705-9.

KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.

KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012. ISBN 978-80-7464-183-1.

- KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. Praha: P3K, c2007. ISBN 978-80-903584-9-2.
- KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 6. Vydání. V Praze: P3K, 2015. ISBN 978-80-87343-54-8.
- LUKÁŠ, Karel. *Gastroenterologie a hepatologie pro zdravotní sestry*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1283-0.
- MÍKOVÁ, Vlasta, ed. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, c2008. Care. ISBN 978-80-7262-533-8.
- MYSLIVEČEK, Miroslav. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007-. ISBN 978-80-244-1723-3.
- NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
- PODZIMEK, František. *Radiologická fyzika: fyzika ionizujícího záření*. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05319-5.
- ROKYTA, Richard. *Fyziologie*. Třetí, přepracované vydání. Praha: Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-238-1.
- SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.
- SEIFERT, Bohumil. *Colorectal cancer screening: manual for general practitioners*. Prague: Maxdorf, c2013. ISBN 978-80-7345-354-1.
- STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST: *Nové atomové právo* [online]. Praha: FormaX Design [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/legislativa/nove-atomove-pravo/>
- STÁTNÍ ÚSTAV PRO KONTROLU LÉČIV: *Doprovodné texty* [online]. Praha: SÚKL, 2010 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z <http://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0142224&tab=texts>
- STŘÍTESKÝ, Jan. *Patologie*. Olomouc: Epava, 2001. ISBN 80-86297-06-3.

SUCHÁNEK, Štěpán, Jaroslava BARKMANOVÁ a Přemysl FRIČ. *Rakovina tlustého střeva a konečníku: prevence zabírá*. Praha: Mladá fronta, 2011. Lékař a pacient. ISBN 978-80-204-2474-7.

ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. ISBN 978-80-7368-669-7.

VOMÁČKA, Jaroslav. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. ISBN 978-80-244-4508-3.

VORLÍČEK, Jiří, Jitka ABRAHÁMOVÁ a Hilda VORLÍČKOVÁ. *Klinická onkologie pro sestry*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3742-3.

VOTRUBOVÁ, Jana. *Klinické PET a PET/CT*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-619-9.

ŽALOUDEK, Jan. *Vyhnete se rakovině, aneb, Prevence zhoubných nádorů pro každého*. Praha: Grada, 2008. Doktor radí. ISBN 978-80-247-2307-5.

8 PŘÍLOHY

Příloha A - <i>Žádanka na PET/CT vyšetření</i>	57
Příloha B - <i>Příprava pacienta na PET/CT vyšetření</i>	58
Příloha C - <i>Souhlas pacienta/ky s vyšetřením</i>	60

Příloha A - Žádanka na PET/CT vyšetření

Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové – Nový Hradec Králové



Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny – 6682

tel./fax: 495 834 542

ŽÁDANKA NA PET/CT VYŠETŘENÍ

(žádanku odešlete na odd. nukleární medicíny faxem nebo poštou)

Příjmení, jméno:

Pojišťovna:

Rodné číslo:

Telefon:

Adresa:

Druh / rozsah požadovaného vyšetření:

Časový horizont:

Přesná DG (slovně i kódem MKN):

Průběh terapie (operace, chemo- /radioterapie s uvedením termínů léčby):

Výsledky dosavadního vyšetření (prosíme o zaslání CT či MRI provedených mimo FNHK do e-PACS):

Alergie:

Váha/výška:

DM:

Pohyblivost pacienta:

Urea, kreatinin a odhad glomerulární filtrace dle rovnice CKD - EPI:

Způsob dopravy:

Datum odběru:

Gravidita: ANO NE

Hodnoty NESMÍ být starší 7 dnů
před termínem vyšetření na PET/CT!

Jméno, adresa, razítko a podpis odesílajícího lékaře:

IČP a odbornost (ve FN HK i kód oddělení):

Telefonní kontakt:

Datum vyplnění:



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové – Nový Hradec Králové

Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny – 6682

tel./fax: 495 834 542

Příprava pacienta na PET/CT vyšetření trupu při diagnostice nádorů a zánětů

Vážená paní, vážený pane,

vyšetření, ke kterému jste byl(a) objednan(a), je poměrně náročné na správnou přípravu. Abychom vyšetření mohli provést co nejlépe, prosím, pozorně si prostudujte následující pokyny. Nejprve si pozorně přečtete a vyplňte přiložený informovaný souhlas s vyšetřením PET/CT s jódovou kontrastní látkou a vyplňte anamnestický dotazník.

Alespoň 2 dny před vyšetřením je nutné vyloučit větší svalovou zátěž (těžší fyzická práce, posilovna, vzpírání, ruční řezání dřeva, nošení těžších nákupů a zavazadel, jízda na kole a pod.). **6 hodin před vyšetřením** je potřeba **hladovět**, ale je nutné v této době více pít pouze čistou vodu či hořký čaj bez jakýchkoliv sladidel. Je velmi důležité nepít v této době nic s obsahem cukru, též nepít mléko. Vyvarujte se žvýkaček, bonbonů či ústních pastilek.

Vzhledem k tomu, že bude provedeno CT vyšetření s jódovou kontrastní látkou, je **NUTNÉ** si s sebou přinést výsledky sérové hodnoty urey a kreatininu a odhadu glomerulární filtrace, které **NESMÍ** být starší 7 dnů před termínem vyšetření na PET/CT! Odběr krve ke zjištění těchto hodnot provede praktický či ošetřující lékař.

Výsledky MUSÍ být v tištěné formě!

Pokud trpíte cukrovkou (diabetes mellitus), příprava probíhá následovně:

Diabetik pouze na dietě: hladoví 6 hodin před vyšetřením, více pije (alespoň 1 litr), a to pouze čistou vodu bez sladidel, či hořký čaj. Po vyšetření, v průběhu dne, více pije!

Diabetik na perorálních antidiabetících (PAD) - vyjma biguanidů (viz níže): hladoví 6 hodin před vyšetřením a již **neužívá ranní dávku PAD!** V této době více pije (alespoň 1 litr), ale pouze neslazené nápoje: čistou vodu či hořký čaj. S sebou na vyšetření si vezme jídlo a PAD. Až po vyšetření na PET/CT si vezme PAD a nají se. Po vyšetření, v průběhu dne, více pije!

Diabetik, který užívá PAD – biguanidy, tedy tyto léky: Adimet, Avandamet, Eucreas, Competact, Diareg, Ebymect, Efficib, Eucreas, Glibomet, Glubrava, Glucomerck, Glucophage, Gluformin, Icandra, Janumet, Jentaducto, Komboglyze, Langerin, Metfirex, Metformin, Metfogamma, Normaglyc, Ristfor, Siofor, Stadamet, Synjardy, Velmetia, Vipdomet, Vokanamet, Xigduo, Zomarist. **užije poslední dávku tohoto léku 24 hodin před vyšetřením. 6 hodin před vyšetřením hladoví** a v této době průběžně více pije – alespoň 1 litr neslazených tekutin (voda, hořký čaj). Po vyšetření, v průběhu dne více pije a pokračuje v obvyklém užívání PAD.

Diabetik na inzulínu - večer před vyšetřením si normálně aplikuje dávku bazálního (depotního) inzulínu. Před vyšetřením hladoví 6 hodin a zároveň si **neaplikuje ranní dávku bolusového inzulínu**. Více pije (alespoň 1 litr), a to pouze čistou vodu bez sladidel, či hořký čaj. S sebou na vyšetření si vezme jídlo a bolusový inzulín a až po vyšetření na PET/CT si aplikuje dávku bolusového inzulínu a nají se. Po vyšetření, v průběhu dne více pije.

Před vyšetřením bude všem pacientům odebrána kapilární krev z prstu na ruce a vyšetřena glykémie (hladina krevního cukru). Vysoké glykémie limitují vyšetření!

Pokud má pacient s cukrovkou dlouhodobě vysoké hladiny glykémie, je nutné nejprve provést kompenzaci diabetu na spádovém interním oddělení či u spádového diabetologa.

Hospitalizovaným pacientům v nemocnici se 6 hodin před vyšetřením nesmí podávat žádné infúze s glukózou/dextrózou či parenterální výživa, po tuto dobu je nutno vypnout inzulinovou pumpu. Jinak platí předchozí informace.

Odeslal – li Vás lékař na PET/CT pro podezření na **infekční endokarditidu** či **sarkoidózu (zejména k vyloučení postižení srdce)** je nutno 24 – 12 hodin před vyšetřením dodržet dietu bohatou na tuky (např. maso, , masový vývar, tvrdé sýry, vejce,...) s vyloučením cukrů včetně polysacharidů (knedlíky, pečivo, těstoviny, rýže, brambory...). 12 hodin před vyšetřením je nutno lačnit, v tuto dobu je nezbytné více pít.

Užívání léků před vyšetřením se **nemění**, proto dál berte obvyklé léky. Výjimkou jsou perorální antidiabetika (PAD), u nich postupujte, jak je uvedeno výše. V případě nejasností nás neváhejte kontaktovat.

Vyšetření se doporučuje provést:

- nejdříve za 14 dní po ukončení chemoterapie.
- nejdříve za 2-3 měsíce po ukončení radioterapie (ozáření). Platí pouze pro ozářenou část těla, vzdálená místa mohou být vyšetřována kdykoliv.
- nejdříve za 6 – 8 týdnů po operaci. Platí pouze pro operovanou oblast, vzdálená místa mohou být vyšetřována kdykoliv.

Prosím, **přineste si s sebou** výsledky z předchozích zobrazovacích vyšetření, jako je CT, MR, UZ, scintigrafie, PET, PET/CT, nejlépe na CD či DVD – pokud je již Váš lékař neodeslal do systému e-PACS.

Kontraindikací vyšetření je těhotenství – vyšetření se provádí pouze v případě ohrožení života pacientky. Vyšetření lze provést u kojící matky, ale po vyšetření je nutno vynechat první kojení a odstříknuté mléko zlikvidovat. Také je nutné omezit těsný kontakt s kojencem.

Datum a hodinu, na kterou jste objednáni, v maximální možné míře respektujte, protože radioaktivní látka (^{18}F -FDG), užitá při vyšetření PET/CT, má velmi krátký poločas přeměny (109 minut), je velmi drahá a je pro Vás speciálně vyrobena v cyklotronu.

Pokud se Vám datum a čas vyšetření nehodí, je nutné přeobjednat se co nejdříve, aby termín mohl být využit pro jiného pacienta a nedocházelo k velkým finančním ztrátám za nepoužitou radioaktivní látku, kterou nelze použít pro jiného pacienta vzhledem k jeho 6-ti hodinové přípravě.

Vyšetření je kromě vpichu do žíly na horní končetině zcela nebolestivé, trvá však poměrně dlouho. Počítejte s tím, že na odd. nukleární medicíny strávíte **nejméně 3 hodiny**.

Výjimečně může dojít k výpadkům dodávek radioaktivní látky ^{18}F -FDG z cyklotronu. Za těchto okolností bychom Vás ihned telefonicky kontaktovali, abyste k vyšetření nejezdili zbytečně.

Po příchodu na PET/CT vyšetření nám, prosím, oznamte, zda máte cukrovku, klaustrofobii (chorobný pocit strachu před uzavřenými prostory) nebo zda jste těhotná.

Jako doprovod na vyšetření s sebou, prosím, neberte těhotné ženy a malé děti.

Po ukončení vyšetření je vhodné více pít, radioaktivita se rychleji vyloučí z těla. Radioaktivita se z těla vyloučí do druhého dne. Po tuto dobu nedoporučujeme pobývat v blízkosti těhotných žen a malých dětí.

Pokud druhý den jedete do zahraničí či plánujete cestu letadlem, vyzvedněte si u nás potvrzení o aplikaci radioaktivní látky. Citlivé detektory na letištích či hraničních přechodech by mohly ještě druhý den po vyšetření zachytit zbytky radioaktivity ve Vašem těle.

V případě nejasností či pochybností, prosím neváhejte se zeptat pracovníků oddělení nukleární medicíny, telefon 495 834 542. Oddělení nukleární medicíny se nachází v areálu Fakultní nemocnice Hradec Králové, budova číslo 23 – přízemí vlevo.



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové – Nový Hradec Králové

Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny - 6682

tel./fax: 495 834 542

**Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce
s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ¹⁸F-FDG
a jódové kontrastní látky**

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: **Pojišťovna:**

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

.....
příjmení jméno titul pracovní zařazení
(zdravotní sestra, sanitář, ...)

Plánovaný výkon: **PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka a jódové kontrastní látky**
Radiofarmakum: **¹⁸F-FDG (fludeoxyglukosa)**

Vážená paní, vážený pane,

na základě Vašeho zdravotního stavu doporučil Váš ošetřující lékař vyšetření na našem oddělení. Vyšetření se provádí na moderním přístroji PET/CT. Tato metoda umožňuje velmi podrobně zobrazit změny na vnitřních orgánech pomocí radioaktivní látky. Často je součástí vyšetření i nitrožilní podání jódové kontrastní látky s cílem dosažení kvalitnějšího zobrazení.

Před vyšetřením prosím vyplňte krátký anamnestický dotazník.

Popis výkonu:

Do žíly Vám bude zavedena kanyla (hadička), během zavádění můžete pocítit mírnou bolest obdobně jako při odběru krve. Podání radiofarmaka ¹⁸F-FDG se provede do zavedené kanyly a není spojeno s nežádoucími účinky. V indikovaných případech se před vyšetřením podává ještě kontrastní roztok perorálně (pije se) k lepšímu zobrazení střev. Po cca 1 hodině (nutný interval k dostatečné akumulaci radiofarmaka) následuje vlastní vyšetření na přístroji PET/CT. Vyšetření se provádí vleže a trvá 20 - 40 minut.

Bezprostředně před uložením do přístroje se zavedená nitrožilní kanyla spojí s automatickým dávkovačem jódové kontrastní látky, jejíž krátkodobá aplikace výrazně zvyšuje hodnotu prováděného vyšetření. Kontrastní látka je rychle vylučována ledvinami, takže je prakticky všechna vyloučena do jedné hodiny po jejím podání. Po vyšetření je vhodné podpořit její vylučování pitím dostatečného množství tekutin.

Podání nitrožilní kontrastní látky může být spojeno s mírnými průvodními pocity, mezi něž patří sucho v ústech a pocit tepla v těle. Vzácně může na jódovou kontrastní látku vzniknout i nežádoucí alergická reakce. Vznik alergické reakce nelze předem předvídat. Projevy alergické reakce mohou být kýchání, pocit dušnosti, kožní reakce (např. kopřivka), ale ojediněle i těžké život ohrožující stavy. Vyšší rizika jsou u nemocných s astmatem a mnohočetnou přecitlivělostí (polyvalentní alergie).

Vzácně se zhoršení základního onemocnění může objevit po podání jódové kontrastní látky u nemocných se srdečním selháním, s pokročilým poškozením funkce ledvin, feochromocytomem, myasthenií gravis, paraproteinemií, epilepsií a u některých osob trpících cukrovkou.

Abychom snížili riziko alergické reakce na minimum, podáváme velice kvalitní přípravek, který je na celém světě považován za bezpečný, a u něhož je výskyt nežádoucích alergických reakcí vzácný. Podání kontrastní látky provádíme v souladu s doporučením výrobce a jsme připraveni při výskytu případných nepříznivých účinků kontrastní látky poskytnout odpovídající péči k jejich odstranění či zmírnění.

Jódovou kontrastní látku nelze podat osobám s těžkou poruchou funkce ledvin nebo léčících se pro tyreotoxikózu (zvýšená funkce štítné žlázy). Osobám, které v minulosti proděly nežádoucí reakci na nitrožilně podanou jódovou kontrastní látku, lze kontrastní látku podat jen po speciální přípravě. U ostatních osob se podání kontrastní látky považuje za bezpečné.

Nežádoucí vedlejší účinky (alergické reakce) se po aplikaci vyskytují zcela ojediněle. Pokud by se objevily po odchodu z našeho oddělení, obraťte se na svého ošetřujícího lékaře nebo pohotovost v místě bydliště, event. na Oddělení urgentní medicíny FN v Hradci Králové.

Alternativou je provedení vyšetření jen s aplikací radiofarmaka bez podání kontrastní látky, ale za cenu snížení přínosu vyšetření.

Po vyšetření není nutné omezení obvyklého způsobu života, nedochází ke změně pracovní způsobilosti, není třeba měnit Váš léčebný režim. Pro dočasnou přítomnost radioaktivní látky v těle se doporučuje v den vyšetření omezit kontakt s dětmi a těhotnými ženami.

Podrobnější dotazy Vám ochotně zodpoví lékař aplikující radiofarmakum nebo jiný lékař oddělení.

Byl/a jsem srozumitelně seznámen/a s průběhem vyšetření. Byly mi zodpovězeny všechny mé otázky, a to srozumitelně, včetně všech rizik či komplikací.

Prohlašuji, že jsem lékařům nezamlčel/a žádné údaje o svém zdravotním stavu (včetně alergií), mně známé, které by mohly nepříznivě ovlivnit průběh vyšetření. Současně prohlašuji, že v případě výskytu neočekávaných komplikací souhlasím s tím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví.

Souhlasím s plánovaným PET/CT vyšetřením s podáním jódové kontrastní látky

Souhlasím s plánovaným PET/CT vyšetřením bez podání jódové kontrastní látky
(zaškrtněte zvolenou odpověď)

dne: v hodin

Podpis:

Místo aplikace radiofarmaka a kontrastní látky:

kubitální žíla vpravo vlevo

předloktí vpravo vlevo

dorsum ruky vpravo vlevo

flexila vpravo vlevo

jiné

Dle anamnestických údajů: Gravidita: ANO NE Kojení: ANO NE

Lékař/ka provádějící poučení a aplikaci radiofarmaka. Lékařské ozáření schválil/a lékař/ka:

jmenovka a podpis: