

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při PET/CT stagingu a restagingu u pacientů
s kolorektálním karcinomem

Kateřina Nermuťová

Bakalářská práce

2014

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina Nermuťová**
Osobní číslo: **Z11107**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při PET/CT stagingu a restagingu 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. Sběr informací a studium literatury.
2. Stanovení cílů a metod práce.
3. Konzultace s vedoucím práce.
4. Vypracování teoretické části.
5. Vypracování praktické části.
6. Závěrečná diskuze, zhodnocení výsledků práce.

Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

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

Seznam odborné literatury:

1. DIENSTBIER, Z., SKALA, E. Nádorová diagnostika pro lékaře v praxi: časná diagnóza a prevence. 1. vyd. Praha: Grada, 1995, 183 s. ISBN 80-716-9152-6
 2. JABLONSKÁ, M. Kolorektální karcinom: časná diagnóza a prevence. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2000, 455 s. ISBN 80-716-9777-X
 3. KLENER, P. Vnitřní lékařství. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1999, 949 s. ISBN 80-726-2007-X
 4. KUPKA, K., KUBINYI, J., ŠÁMAL, M. Nukleární medicína. 1. vyd. Praha: Nakladatelství P3K, 2007, 185 s. ISBN 978-809-0358-492
- VOTRUBOVÁ, J. Klinické PET a PET/CT. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, 207 s. ISBN 978-807-2626-199

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Kulíš


Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. října 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2014**


prof. MUDr. Arnošt Pellant, DrSc.
děkan

L.S.


Ing. Jana Holá, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. března 2014

Prohlašuji:

Že tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré použité literární prameny a informace, které jsem ve své práci využila, jsem uvedla v seznamu použité literatury.

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 5. května 2014

Kateřina Nermuťová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Jiřímu Kulířovi za vedení mé bakalářské práce, předání cenných rad a informací a za trpělivý přístup. Také děkuji zaměstnancům na oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové, za jejich vstřícný přístup, ochotu a pomoc při sběru informací do praktické části mé bakalářské práce.

V Pardubicích dne 5. května 2014

Kateřina Nermuťová

ANOTACE

Téma mé bakalářské práce je Úloha radiologického asistenta při PET/CT stagingu a restagingu u pacientů s kolorektálním karcinomem. Práce je rozdělena na dvě části, z nichž první, teoretická část se zabývá popsáním celkové problematiky daného tématu. Je zde zahrnuta stručná charakteristika oboru radiologického asistenta, popisuje základní aspekty nukleární medicíny a příslušné radiační ochrany. Dále je zde zahrnuta teorie kolorektálního karcinomu, popsána přístrojová technika hybridního PET/CT systému a teoreticky rozebrán staging a restaging nádorového onemocnění.

V praktické části práce je podrobněji popsána samotná úloha radiologického asistenta. Tato část je doplněna o fotografickou dokumentaci se stručnou charakteristikou jednotlivých kroků tohoto diagnostického vyšetření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nukleární medicína, radiologický asistent, kolorektální karcinom, hybridní PET/CT systém, staging a restaging.

TITLE

The role of the radiological assistant during PET/CT staging and restaging of patient with colorectal cancer

ANNOTATION

The topic of my bachelor thesis is the role of the radiological assistant during PET/CT staging and restaging of patient with colorectal cancer. The thesis is divided into two parts. The first part is theoretical and gives the general view on the topic. It includes a brief characteristic of the work of the radiological assistant, describes the elementary aspects of nuclear medicine and radiation protection. Additionally, it discusses theory of colorectal cancer, describes instrument technology of hybrid PET/CT system and theoretically analyzes staging and restaging of cancer.

In the practical part of the thesis, the role of the radiological assistant during PET/CT staging and restaging of patient with colorectal cancer is described in a greater detail. This part is accompanied by the photographic documentation with a brief characterization of individual steps in this diagnostic screening.

KEYWORDS

Nuclear medicine, radiology assistant, colorectal cancer, hybrid PET/CT system, staging and restaging.

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	11
0 ÚVOD.....	10
1 CÍL.....	11
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	12
2.1 Radiologický asistent	12
2.1.1 Kompetence radiologického asistenta v oboru nukleární medicíny	13
2.2 Nukleární medicín.....	14
2.2.1 Historie nukleární medicíny.....	14
2.3 Radiační ochrana v nukleární medicíně	16
2.3.1 Kategorizace nukleární medicíny	17
2.3.1.1 Kategorizace pracoviště	17
2.3.1.2 Kategorizace personálu	18
2.3.2 Principy radiační ochrany	18
2.3.3 Ochrana zdravotnického personálu.....	19
2.3.4 Likvidace radioaktivního odpadu	20
2.4 Anatomie a fyziologie tlustého střeva.....	21
2.4.1 Funkce tlustého střeva	22
2.5 Nádor – obecně	23
2.6 Kolorektální karcinom	25
2.6.1 Patologie kolorektálního karcinomu.....	25
2.6.2 Etiopatogeneze kolorektálního karcinomu	26
2.6.3 Symptomatologie kolorektálního karcinomu.....	28
2.6.4 Diagnostika kolorektálního karcinomu.....	28
2.6.5 Léčba kolorektálního karcinomu	31
2.6.5.1 Chirurgická léčba	31
2.6.5.2 Chemoterapie	32

2.6.5.3	Radioterapie	33
2.7	Výpočetní tomografie CT	34
2.7.1	Základní princip CT vyšetření	34
2.7.2	Multidetektorová výpočetní tomografie MDCT	34
2.7.2.1	Provedení vyšetření	35
2.8	Pozitronová emisní tomografie – PET	37
2.8.1	Princip PET	37
2.8.2	2D a 3D zobrazení	37
2.8.3	Rekonstrukce a vizualizace dat	38
2.9	Hybridní systém PET/CT	40
2.9.1	PET a CT obraz	40
2.9.2	Příprava pacienta	41
2.9.2.1	Lačnění	41
2.9.2.2	Hydratace	41
2.9.2.3	Glykemie	42
2.9.2.4	Aplikace jodové kontrastní látky	42
2.9.2.5	Aplikace radiofarmaka	42
2.9.3	Postup vyšetření PET/CT	43
2.9.4	Indikace vyšetření PET/CT	43
2.9.5	Kontraindikace PET/CT	44
2.9.6	PET/CT artefakty	44
2.10	Radiofarmaka	45
2.10.1	Radiofarmaka pro PET/CT	45
2.10.1.1	Distribuce FDG	46
2.10.1.2	Akumulace FDG u karcinomu tračnicku	47
2.11	Staging	48
2.11.1	TNM klasifikační systém	48

2.11.2	Staging pro kolorektální karcinom	51
2.11.2.1	Hodnocení primárního nádoru.....	51
2.11.2.2	Lymfatické uzliny.....	51
2.11.2.3	Klasifikace vzdálených metastáz.....	52
2.12	Restaging.....	53
2.12.1	Restaging kolorektálního karcinomu	53
3	PRAKTICKÁ ČÁST	54
3.1	Úloha radiologického asistenta	54
3.2	Společná část vyšetření	55
3.2.1	Registrace a poučení pacienta.....	55
3.2.2	Informovaný souhlas.....	56
3.2.3	Gravidita	56
3.2.4	Příprava pacienta na vyšetření	56
3.2.5	Aktivní identifikace	56
3.2.6	Hladina glykémie	57
3.2.7	Zavedení kanyly.....	58
3.2.8	Asistence při aplikaci radiofarmaka	59
3.2.9	Aplikace jodové kontrastní látky per os	61
3.2.10	Příprava pumpy pro kontrastní látku	63
3.2.11	Uložení pacienta a aplikace jodové kontrastní látky i.v.	63
4	DISKUZE	66
5	ZÁVĚR.....	68
6	POUŽITÁ LITERATURA	69
7	PŘÍLOHY	71

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 Vztah účinku a dávky pro deterministické a stochastické účinky.....	17
Obrázek 2 Značení metastáz pro kategorii M1 klasifikace.....	49
Obrázek 3 Obecná TNM klasifikace	50
Obrázek 4 Regionální uzliny pro N klasifikaci	52
Obrázek 5 Rozdíl mezi recidivou a fibrózou při restagingu kolorektálního karcinomu	53
Obrázek 6 Kartotéka na oddělení nukleární medicíny pro hybridní PET/CT vyšetření.....	54
Obrázek 7 Aplikační místnost a vyšetřovna pro PET/CT.....	55
Obrázek 8 Aplikační křeslo s pomůckami k zavedení kanyly a samotné aplikaci radiofarmaka	57
Obrázek 9 Glukometr pro měření hladiny glykémie před vyšetřením	58
Obrázek 10 Pacient po zavedení kanyly v kubitě	59
Obrázek 11 Digestoř pro natažení radiofarmaka a olověný vozík pro odstínění aktivity	59
Obrázek 12 Štítek vygenerovaný v digestoři s příslušnými informacemi o radiofarmaku	60
Obrázek 13 Lékař při aplikaci radiofarmaka	61
Obrázek 14 Následná aplikace fyziologického roztoku po aplikaci radiofarmaka	61
Obrázek 15 Aplikace jodové kontrastní látky per os.....	62
Obrázek 16 Vizuální kontrola kabinet pacientů z ovládací místnosti	62
Obrázek 17 Radiologický asistent při přípravě pumpy pro jodovou kontrastní látku	63
Obrázek 18 Hybridní PET/CT systém	64
Obrázek 19 Gantry hybridního PET/CT systému.....	64
Obrázek 20 Napojení jodové kontrastní pumpy na kanylu pacienta	65
Obrázek 21 Ovládací systém pro práci radiologického asistenta	65
Tabulka 1 Obecné limity ozáření.....	19

0 ÚVOD

Při volbě tématu mé bakalářské práce bylo mým hlavním kritériem vybrat si téma, ve kterém bude zahrnuta problematika kolorektálního karcinomu. Myslím si, že v dnešní době je téma kolorektální karcinom velice aktuální, protože Česká republika zaujímá první místo v celosvětových epidemiologických statistikách sledujících výskyt a mortalitu tohoto onemocnění. To je také hlavním důvodem, proč dnes patří kolorektální karcinom k nejdiskutovanějším onkologickým problémům v rámci lékařské péče.

Nádorové onemocnění tračniku a rekta je většinou rozpoznáno až v pozdním stádiu, kde má dalekosáhlejší následky a vysokou úmrtnost a proto je včasné zachycení a následující staging velice důležitý. Proto možnosti hybridního systému PET/CT, kde se kombinují anatomické a funkční obrazy tkání během jednoho vyšetření výrazně urychlují diagnostický proces což je velice výhodné pro onkologické pacienty a tím pádem pro pacienty s tumorem kolorekta a z tohoto důvodu mi toto téma bylo o to sympatičtější. Některé zdroje také popisují, že diagnostika pomocí kvalitnějšího systému PET/CT vede až v jedné třetině všech zjištěných nádorů ke změně původní terapie.

Dalším výhodným specifickým hybridního systému PET/CT je možnost kvalitně rozpoznat recidivu onkologického onemocnění tračniku a rekta. Toto vyšetření se provádí u pacientů po resekci v určitých časových intervalech a zahrnuje se mezi restaging nádorových onemocnění, který také patří mezi hlavní teoretické části mé bakalářské práce.

V mé práci se podrobněji zmiňuji o pro mě nejsympatičtější a pro tyto dvě metody také nejpoužívanějším radiofarmaku, kterým je FDG.

Posledním oddílem je část praktická, díky níž jsem se podrobněji dostala a ozkoušela si práci se systémem PET/CT a celkovým provedením stagingu a restagingu. Celý postup jsem fotograficky zdokumentovala a poznatky jednoduše zformulovala a zakomponovala do této části.

1 CÍL

Cílem teoretické části práce je podat ucelený přehled o problematice kolorektálního karcinomu a na základě použité odborné literatury popsat obor nukleární medicíny, použití postupně se rozvíjejícího diagnostického systému PET/CT a podrobněji se zaměřit na důležitou úlohu stagingu a restagingu.

V praktické části je hlavním cílem detailně popsat i na základě vlastních poznatků úlohu radiologického asistenta právě při PET/CT stagingu a restagingu u pacientů s kolorektálním karcinomem.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Radiologický asistent

Radiologický pracovník se řadí mezi nelékařský zdravotnický personál. Jeho uplatnění je možné jak na oddělení radiodiagnostiky, tak i na oddělení nukleární medicíny a radioterapie a na dalších odděleních, kde je možné provádět radiologické výkony. Radiologický asistent provádí vyšetření, která jsou v jeho kompetenci převážně samostatně, a výsledek je dále předán do rukou příslušného lékaře, s kterým radiologický asistent úzce spolupracuje. Hlavním specifickým znakem pro obor radiologického asistenta je práce se zdroji ionizujícího záření nebo práce v silném magnetickém poli. Proto jsou na tyto pracovníky kladeny vysoké nároky, co se týče teoretických a zejména praktických znalostí, které během své praxe radiolog stále prohlubuje.

Pro radiologické asistenty jsou vymezeny dvě specifické skupiny. Do první se řadí pracovníci kategorie A, kteří by mohli získat roční dávku, která bude vyšší než 6mSv nebo ekvivalentní dávku, která by mohla překročit hranici tři desetin limitu pro oční čočku, kůži a končetiny. Ostatní pracovníci se řadí do kategorie B.

Historické kořeny oboru radiologický asistent jsou patrné již na přelomu 19. a 20. století. Po II. světové válce bylo zapotřebí pro získání kvalifikace v tomto oboru absolvovat po střední škole ukončené maturitní zkouškou pouze dvouleté nástavbové studium. Následně v devadesátých letech byl radiologický asistent na vyšších odborných školách zakončen titulem diplomovaného specialisty (DiS.). Dnes je tento obor veden jako tříleté studium na vysoké škole. O získání odborné způsobilosti k vykonávání povolání radiologického asistenta nám říká *zákon č. 96/2004 Sb. O nelékařských zdravotnických povoláních*. K získání uplatnění v tomto oboru je nutné absolvování:

- akreditovaného zdravotnického bakalářského studijního oboru pro přípravu radiologických asistentů
- tříletého studia v oboru diplomovaný radiologický asistent na vyšších zdravotnických školách, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 2004/2005, nebo
- střední zdravotnické školy v oboru radiologický laborant, pokud bylo studium prvního ročníku zahájeno nejpozději ve školním roce 1996/1997. [6, 7, 11]

2.1.1 Kompetence radiologického asistenta v oboru nukleární medicíny

Mezi hlavní náplň práce radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny je zahrnuto:

- Správná a svědomitá práce s přístrojovou technikou.
- Musí znát správný průběh vyšetření, aby došlo k jeho plynulému provedení a aby mohl správně poučit pacienta o důvodu toho vyšetření.
- Má tedy také za úkol informovat pacienta či jeho zákonného zástupce o radiologickém výkonu, který byl pacientovi indikován. O jeho přínosech a možných rizicích.
- Na základě indikace lékaře provádí zobrazovací i nezobrazovací postupy.
- Pacientům poskytuje ošetrovatelskou péči, která úzce souvisí s radiologickým výkonem.
- Musí dodržovat provozní řád příslušného pracoviště.
- Má za úkol provádět a vyhodnocovat zkoušky provozní stálosti.
- Úzce spolupracuje s ostatními radiologickými pracovníky a ostatním zdravotnickým personálem. Předává informace příslušnému lékaři.
- A v neposlední řadě by měl mít vstřícné a příjemné vystupování vůči pacientům a personálu.

O činnosti radiologického asistenta pojednává vyhláška č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků a to konkrétně část sbírky § 7. [6, 7, 11]

2.2 Nukleární medicína

Základním aspektem v oboru nukleární medicíny je diagnostika a terapie pomocí otevřených radioaktivních zářičů, které jsou speciálně upravovány pro medicínské využití a jsou pacientovi aplikovány do organismu. Na prvním místě v nukleární medicíně je diagnostika in vivo, následně sem patří laboratorní diagnostika, která probíhá na podkladě metody in vitro a poslední řadě je možné na tomto oddělení provádět i terapii. Nejpoužívanější metodou zobrazování v nukleární medicíně bývá scintigrafická zobrazovací technika. Dochází při ní k zachycování gama záření, které je emitováno aplikovanými radionuklidy a tím se zobrazuje jejich distribuce ve vyšetřované oblasti těla pacienta. Základem scintilačních kamer je tzv. scintilační detektor. Dále bych zmínila, že do zobrazovacích přístrojů nukleární medicíny řadíme i pozitronové kamery, které využívají pro diagnostiku pozitronové zářiče. Nukleární medicína je obor poměrně mladý, proto dochází k jejímu neustálému rozvoji a zdokonalování diagnostických metod. [5, 6, 7]

2.2.1 Historie nukleární medicíny

První objev učinil v roce 1913 maďarský chemik György Hevesy. Ten na podkladě tzv. stopovacího nebo také indikátorového principu dal základ nukleární medicíně. Základem toho principu je, že izotopy radioaktivní i neradioaktivní fungují na stejném chemickém podkladě u téhož prvku. Avšak radioaktivní izotopy čili radionuklidy jsou viditelné díky pronikajícímu záření vznikajícímu radioaktivními přeměnami a tím pádem se dají sledovat a měřit pomocí detektorů pro záření gama. Díky objevu indikátorového principu získal György Hevesy roku 1943 Nobelovu cenu v oboru Chemie.

Metoda radioaktivních indikátorů v nukleární diagnostice sahá až do třicátých a čtyřicátých let dvacátého století. S radionuklidy jódu ^{123}I a ^{131}I začali experimentovat lékaři všeobecné nemocnice v Bostonu. Nejprve ho aplikovali pro studii fyziologie a následně pro diagnostiku postižení štítné žlázy. Následně byl vyvinut detektor s vysokou směrovou citlivostí, díky němu se dala zjistit akumulace jódu v hmatatelném uzlu štítné žlázy. První sken štítné žlázy tedy vznikl pomocí pohybu detektoru nad oblastí štítné žlázy a zapisováním výsledků na papír. Následně vznikla mapa, která popisovala rozložení aktivity právě ve vyšetřované štítné žláze. Následným zdokonalováním toho primitivního přístroje vznikl v téže klinice k účelům

rutinního vyšetřování štítné žlázy scintilační detektor s mnohaděrovým konvergentním kolimátorem. Nukleární medicína se v následujících 50 letech začala vyvíjet, jak v oblasti přístrojové techniky, tak i radiofarmacie a došlo k její aplikaci do všech klinických oborů.

Na počátku třetího tisíciletí se mění metodologie medicíny díky aplikování poznatků na molekulární úrovni a právě nukleární medicína je nejvhodnějším oborem pro aplikování molekulární biologie a genetiky do klinické praxe. Za pomoci scintigrafie a správné aplikace radiofarmaka lze kvalitně metodou in vivo vyšetřit funkci transportní či metabolické cesty, reakci antigenu a protilátky a v neposlední řadě i enzymové či receptorové vazby. Také díky neustále novým poznatkům o radiofarmakách dochází ke zkvalitňování a rozmachu oboru nukleární medicíny. Svými účinky se uplatňují jak v diagnostice, tak i v terapii. [5, 7]

2.3 Radiační ochrana v nukleární medicíně

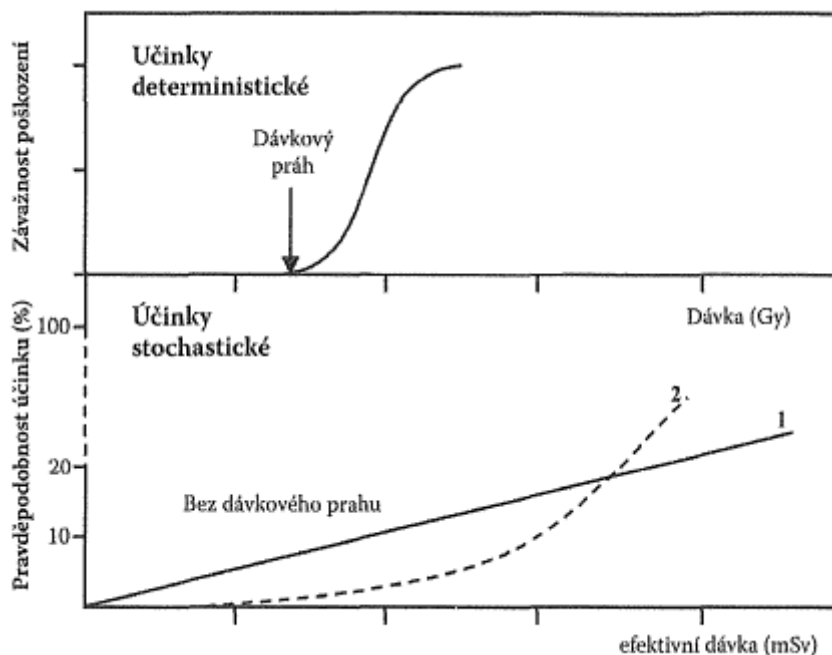
Oddělení nukleární medicíny spadá do pracovišť s ionizujícím zářením, proto se radiační ochrana i v tomto úseku řídí dle dvou základních předpisů.

- „ *Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.*“
- „ *Vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů.*“

Radiační ochrana je vymezena základním cílem a to zcela vyloučit deterministické účinky a omezit vznik stochastických účinků ionizujícího záření na přijatelnou míru pro jedince a společnost.

Rozdělení účinků na deterministické a stochastické má z hlediska radiační ochrany v nukleární medicíně svůj praktický význam.

- Deterministické účinky jsou ty, které mají pro různé tkáně určenou prahovou dávku. Můžeme tedy říct, že komplikace se projeví, pokud dojde k překročení určitého, předem zvoleného prahu, a také, že závažnost těchto účinků stoupá s dávkou. Účinek ozáření se projeví v průběhu několika hodin, popřípadě dnů či týdnů. Postižení má přesný klinický obraz a může u některého poškození v jeho počátku docházet k reparaci tkání.
- Naopak stochastické neboli pravděpodobnostní účinky jsou charakteristické tím, že pro ně prahová dávka neexistuje. Jsou náhodné a rozvíjí se postupně, proto se do této skupiny řadí vznik zhoubných nádorů a genetické účinky. „ *Každé zvýšení dávky je spojeno s úměrným zvýšením pravděpodobnosti vzniku účinků.*“ [6, s. 87] [5, 6, 7]



Obrázek 1 Vztah účinku a dávky pro deterministické a stochastické účinky¹

2.3.1 Kategorizace nukleární medicíny

2.3.1.1 Kategorizace pracoviště

Pracoviště nukleární medicíny, které je vymezeno pouze pro diagnostické účely, spadá do II. kategorie pracovišť. Na tomto pracovišti je přípustná manipulace se zářiči středních aktivit s energií do 300 keV (například ^{67}Ga a ^{111}In). Je-li na pracovišti prováděna terapie (např. radioaktivním jódem) je řazeno do kategorie pracovišť III. Zde se pracuje se zdroji silných aktivit s energií do 400 keV (například ^{131}I), s uzavřenými a otevřenými radionuklidovými zářiči. Na pracovišti kategorie druhé a třetí musí být jednoznačně vymezené kontrolované pásmo. Pro kontrolované pásmo je charakteristické to, že efektivní dávka pro pracovníky by mohla být vyšší než 6 mSv za rok a ekvivalentní by se mohla přehoupnout přes hranici tři desetin limitů ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny. Pro kontrolované pásmo platí, že musí být jednoznačně určené, stavebně oddělené a zajištěné před vstupem nepovolaných osob. Musí být viditelně označené znakem radiačního nebezpečí a upozorněním

¹ KUPKA, Karel, KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492.

„Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření“. Do kontrolovaného pásma mohou vstupovat pouze poučené osoby starší 18 let a vstup je zakázán těhotným ženám. V kontrolovaném pásmu jsou zaměstnání pouze pracovníci kategorie A, kterým je zajištěno osobní monitorování. [5, 6, 7]

2.3.1.2 Kategorizace personálu

Na oddělení nukleární medicíny jsou zaměstnáváni pouze pracovníci řadící se do kategorie A. Jak jsem výše zmínila, pro tuto kategorii pracovníků platí, že mohou obdržet roční dávku vyšší jak 6 mSv nebo ekvivalentní dávka může překročit hranici vyšší než tři desetiny limitu pro oční čočku, kůži a končetiny. Tito pracovníci jsou vybaveni osobními dozimetry pro záření beta a gama. Jsou to především filmové dozimetry, které jsou pracovníci povinni nosit na levé straně hrudníku a jsou vyhodnocovány v intervalu jednoho měsíce a jsou schopny měřit dávku v hloubce 10 mm pod povrchem těla. Poté jsou odesílány do specializovaných pracovišť k vyhodnocování. Dále jsou monitorováni pomocí prstových termoluminiscenčních dozimetrů, které jsou také odesílány k pravidelnému vyhodnocování. Prstové dozimetry jsou schopny měřit dávkový ekvivalent v hloubce 0,07 mm pod povrchem těla. Pracovníkům kategorie A musí být zajištěn odborný lékařský dohled. Lékaře v rámci preventivních lékařských prohlídek volí zaměstnavatel a jsou prováděny vstupní prohlídky, před zahájením pracovního poměru, dále periodické prováděné 1x ročně, mimořádné v případech mimořádných událostí a při podezření na překročení obecných limitů a při ukončení pracovního poměru je zařazena prohlídka výstupní. [5, 6, 7]

2.3.2 Principy radiační ochrany

Hlavního cíle radiační ochrany radiologičtí pracovníci dosahují pomocí dodržování čtyř základních principů: princip zdůvodnění, princip optimalizace, nepřekročení limitů a princip bezpečnosti zdrojů. Princip zdůvodnění je založen na faktu, že při provedení ozáření musí přínosy tohoto kroku převažovat nad možnými riziky, jež při ozáření mohou vzniknout. Princip optimalizace neboli princip ALARA nám říká, že dávky nutné pro vyšetření pacienta musí být tak nízké, jak je rozumně dosažitelné s příkloněním se ke všem hospodářským a společenským hlediskům. V principu nepřekročení limitů se řídíme dle hranic stanovených limitů, které nelze při jakémkoliv ozáření přesáhnout. Do tohoto principu však nespadá

lékařské ozáření, které se řídí dle principu optimalizace a zdůvodnění. Poslední principem je princip bezpečnosti zdrojů, dle kterého se zajišťuje správná a hlavně bezpečná manipulace a nakládání se zdroji ionizujícího záření.

Tabulka 1 Obecné limity ozáření

Veličiny	Limity obecné	Limity pro radiační pracovníky	Limity pro učně a studenty
Efektivní dávka za rok (mSv)	1	50	6
Efektivní dávka za 5 po sobě jdoucích let (mSv)	5	100	-
Ekvivalentní dávka v oční čočce za rok (mSv)	15	150	50
Průměrná ekvivalentní dávka v 1 cm ² kůže (mSv)	50	500	150

V tabulce máme uvedeny dvě základní veličiny pro radiační ochranu v nukleární medicíně. První veličinou je **ekvivalentní dávka**, která je vyjádřena součinem střední absorbované dávky D_{TR} a radiačního váhového faktoru w_R . Jednotkou pro tento vztah je sievert Sv ($J \cdot kg^{-1}$). Druhá, **efektivní dávka** nám popisuje součet součinů tkáňových váhových činitelů w_T a ekvivalentní dávky H_T ozářených tkání a orgánů T. Jednotkou pro tento vztah je také sievert Sv ($J \cdot kg^{-1}$). A v neposlední řadě se v nukleární medicíně značně využívá veličina **absorbované dávky D**. Jedná se o poměr střední energie, která je sdělena látce o určité hmotnosti dm. Jednotkou je gray Gy ($J \cdot kg^{-1}$). [5, 6, 7]

2.3.3 Ochrana zdravotnického personálu

Na oddělení nukleární medicíny jsou pro ochranu personálu před přímým ozářením, ale také sekundárním rozptýleným zářením nejdůležitější tři faktory ochrany. A to ochrana stíněním, časem a vzdáleností. Při uplatňování ochrany stíněním má radiologický asistent a lékař

k dispozici ochranné zástěry, brýle s olovnatým sklem pro ochranu oční čočky, a dále také rukavice pro bezpečnou manipulaci se zdroji. Čas je další důležitý faktor v nukleární medicíně, proto by mělo docházet k rychlé manipulaci a aplikaci radiofarmak, měl by se omezit kontakt pracovníků s naaplikovaným pacientem na co nejnížší možnou dobu, doba strávená ve vyšetřovnách by měla být co nejkratší, proto musí být radiologický asistent zručný a rychlý. Posledním faktorem ochrany je vzdálenost. Ta je definována poklesem radiační dávky s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Dále k dosažení správné vzdálenosti se například pro manipulaci s radiofarmaky používají různé pinzety a peány, aby nedocházelo k přímému kontaktu. [5, 6, 7]

2.3.4 Likvidace radioaktivního odpadu

Při výrobě a následné manipulaci s radiofarmaky vzniká na oddělení nukleární medicíny radioaktivní odpad, který vyžaduje zvláštní manipulaci. S radioaktivním odpadem tedy nemůžeme nakládat jako s běžným zdravotnickým odpadem a je nutné dodržovat určité pravidla a zásady. Radioaktivní odpad dělíme dle skupenství, fyzikálních a chemických vlastností na kapalný, pevný a plyný. Pro kapalný odpad jsou na oddělení nukleární medicíny určeny tzv. vymírací jímky, speciální nádoby a nádrže, které musejí být z antikorozičního materiálu, aby nedocházelo k radioaktivnímu úniku. Pevný radioaktivní odpad je skladován v igelitových pytlech, je dáván do vymíracích místností a musí být rozdělen na hořlavý a nehořlavý, aby nedošlo k nebezpečné mimořádné situaci. Pevný odpad je dále dělen na přechodný, vysokoaktivní, středně a nízko aktivní. Poslední formou je odpad plyný, který je zachycován speciálními účinnými filtry, které jsou zabudovány na pracovištích se zdroji ionizujícího záření. Filtry zároveň musí zajistit, aby nedocházelo k úniku plyného odpadu do životního prostředí. Všechna tři skupenství radioaktivního odpadu musí být uložena ve vymíracích místnostech po dobu 10 fyzikálních poločasů rozpadu radionuklidů, kdy je následně odpad znovu přeměřen. Důležitým pojmem pro radioaktivní odpady je tzv. uvolňovací úroveň, která je pro jednotlivá skupenství odpadu individuální. Každá úroveň je charakterizována určitou hodnotou. Pokud tato hranice není překročena, může být radioaktivní odpad volně vypuštěn do životního prostředí bez povolení příslušného úřadu a je považován za neradioaktivní. Jednotlivé hodnoty uvolňovacích úrovní jsou dány *vyhláškou č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně*. [7, 10]

2.4 Anatomie a fyziologie tlustého střeva

Tlusté střevo (intestinum crassum) je konečná část trávicího ústrojí. Je přibližně 1,3 – 1,5 m dlouhé a na jeho začátku je 5 – 8 cm tlusté, směrem ke konečníku se jeho tloušťka zmenšuje. Tlusté střevo má naředlou barvu. Od apendixu vedou přes slepé střevo až ke konečníku bělavé pruhy ztlustělé podélné svaloviny tzv. taeniae coli. Při tahu taenií se střevo „nakrčí“ a vzniknou viditelná haustoria (haustra coli). Uvnitř střeva se mezi nimi objevují poloměsíčné řasy (plicae semilunares). Haustoria udávají střevu vzhled výdutí a zaškrvení. Vnitřní sliznice střeva má nažloutlou barvu, má četné žlázy a neobsahuje klky.

Začáteční úsek tlustého střeva se nazývá slepé střevo (ceacum) a vychází z pravé jámy kyčelní. Na slepé střevo je připojen červovitý výběžek – appendix vermiformis. Do začátečního úseku tlustého střeva ústí konečná část tenkého střeva (ileum), toto místo se nazývá ileoceakální chlopeň. Ta brání návratu obsahu z tlustého střeva zpět do tenkého.

Tlusté střevo dále pokračuje tzv. tračnickem (colon), který se rozděluje na 3 části - vzestupný tračník (colon ascendens), příčný tračník (colon transversum) a sestupný tračník (colon descendens). Colon descendens volně přechází v esovitou kličku (colon sigmoideum). Konečným úsekem tlustého střeva je konečník (rektum), který je uložen v malé pánvi, ten je zakončen řitním otvorem (anus) v anální rýze.

Konečník je 10 – 12 cm dlouhá část tlustého střeva a není zcela rovná. Konečník má dvě části. Ampulla recti je místo kde se shromažďuje stolice k defekaci. Na ampulu recti navazuje anální kanál (canalis analis), který je obklopen vnitřním svěračem (musculus sphincter ani internus) a je z hladké svaloviny, tudíž není ovládaný vůlí. Řitní otvor je opatřen vnějším svalovým svěračem (musculus sphincter ani externus), který podléhá naší vůli, je tedy z příčně pruhované svaloviny. Porucha těchto svěračů vede k tzv. inkontinenci – samovolný odchod stolice. Primární funkcí análního kanálu a řitního otvoru je odvod stolice k defekaci.

Stěna tlustého střeva se skládá ze čtyř hlavních částí:

- A. Sliznice tlustého střeva (mukóza) je bledá, někdy popelavá. Nenese klky, ale má nízké poloměsíčné řasy (plicae semilunares) vznikající mezi haustrami. Ve sliznici jsou obsaženy žlázy, které obsahují pohárkovité buňky, jež produkují hlen. Mezi žlázkami

jsou uloženy lymfatické uzlíky, které se spojují v červovitém výběžku v břišní mandli (tonsila abdominalis).

- B. Podslizniční vazivo tlustého střeva (submukóza) je velice řídké a obsahuje cévní a nervovou pletěň. Zasahuje sem četné množství lymfatických cév (uzlíků) ze sliznice.
- C. Svalovina tlustého střeva (muscularis propria) je hladká. Skládá se z vnitřní kruhové svaloviny a vnější podélné svaloviny, které obsahuje tři pruhy. Podélná svalovina je v místech taenií ztlustělá a vytváří haustra.
- D. Vazivo tlustého střeva (seróza) je vnější část a přechází v peritoneum. [2]

2.4.1 Funkce tlustého střeva

Mezi funkce tlustého střeva je zařazeno vstřebání vody, solí a iontů. Tyto látky vytvářejí tzv. osmotické gradienty, které táhnou vodu a tím dochází k zahuštění obsahu střeva. Ve střevě působí značné množství bakterií, které se rozdělují podle funkce na kvasné, ty ve střevě zkvašují sacharidy a celulózu a hnilobné, jež rozkládají aminokyseliny. Činností bakterií ve střevě také vznikají vitamíny B12 a vitamín K. Hlavní funkcí tlustého střeva je tvorba a vylučování vzniklé stolice. Vyprazdňování je reflexní děj, při kterém přichází z tenkého střeva nestrávené a neresorbované části potravy, trávicí šťávy, enzymy a bakterie, které jsou zabarveny žlučovými barvivy. Postupně prostupují přes tlusté střevo, kde se pomocí resorpce vody a iontů zhušťují a vzniká stolice, která přijde do konečníku (rekta). Po naplnění konečníku se zvýší tlak, ten dráždí nervová zakončení a dojde k uvolnění vnitřního svěrače a nucení k defekaci. Po uvolnění vnějšího svěrače, jenž je ovládán vůlí dojde k vyprázdnění. Ve střevě jsou také obsaženy plyny, které jsou většinou složené z oxidu uhličitého, vodíku, sirovodíku a methanu. [2]

2.5 Nádor – obecně

Nádor (tumor) nejčastěji vzniká v tkáních, kde dochází k největšímu množení buněk (trávicí soustava), nebo v tkáních, kde jsou buňky ovlivňovány hormony (pohlavní orgány). Vznik nádoru se projevuje jako zvětšování určitého napadeného orgánu. Jde o abnormální růst skupiny buněk, které rostou a chovají se bez závislosti na řídicích vlivech organismu. Zvětšený nádor můžeme vnímat buď jako výrůstek či hrbol, nebo jako hmatatelný útvar pod povrchem těla, jako bouli či neurčitou zatvrdlinu. Nádory se dělí do dvou skupin - na pravé, ty se dále dělí na maligní a benigní a na nepravé, do této skupiny patří pseudotumory.

1. Pravé nádory se dělí podle biologických vlastností:

- A. Benigní (nezhoubné) nádory - Hlavním znakem benigních nádorů je, že mají především místní vliv na okolní nádory. Jejich růst je pomalý a mají ostrou hranici, tzn. že nevrůstají do okolních orgánů. Nejsou sice zhoubné, ale svým růstem poškozují okolní tkáň orgánů tím, že se rozpínají a utlačují okolí. Kvůli jejich působení vznikají například atrofie a poruchy různých životně důležitých funkcí. Benigní nádory nejsou schopny recidivy (návratu do místa odstranění) a nemetastazují (nevytváří druhotná ložiska). Některé benigní nádory jsou však významné tím, že mohou přecházet v nádor maligní, mohou být tzv. prekancerózy (předrakovinné stavy).
- B. Maligní (zhoubné) nádory se stejně jako benigní projevují svým místním působením, avšak maligní nádory mohou vést svými komplikacemi až ke smrti pacienta. Jsou schopny infekčními, zánětlivými komplikacemi a svým rychlým růstem poškodit až zničit okolní tkáň a orgány. Tyto nádory jsou rychle rostoucí a vrůstající do jiných tkání. Jejich recidivy jsou časté. Metastazují do vzdálených míst a metastázy jsou schopny se rozšířit do celého organismu. Cesty rozsevu metastáz jsou hematogenní (krevní), lymfogenní a porogenní (v tělních dutinách). Maligní nádory působí na celý organismus a způsobují nesnesitelnou bolest. Vedou ke vzniku mnoha těžkých infekcí, trombóz a celkově oslabují člověka tím, že snižují a ohrožují jeho imunitní systém. Účinná léčba zhoubných nádorů je jejich celkové chirurgické odstranění, avšak tato metoda není vždy stoprocentní kvůli schopnosti metastazování tohoto onemocnění.

2. Nepravé nádory (pseudotumory) se stavbou, někdy i růstem podobají pravým nádorům, ale po odstranění vlivu vyvolávající vznik a růst pseudotumoru už růst nepravého nádoru nepokračuje autonomně. Mezi nepravé nádory se nejčastěji řadí cysty a pseudocysty. Cysty jsou dutiny, které jsou vyplněny tekutinou a obsahují výstelku. Pseudocysty jsou dutiny, které neobsahují výstelku a vznikají většinou jako následky nekróz a kolikvací.

Dělení nádorů dle výskytu:

Mezenchymové nádory vznikají z embryonálního pojiva (vazivo, chrupavka, kost, cévy, svaly). Dělí se na benigní, které jsou velice časté a maligní. Maligní mezenchymové nádory se často pro svůj masitý vzhled nazývají sarkomy.

Epitelové (výstelkové) nádory vyrůstají z povrchových epitelů (krycí a výstelkové), žlázových epitelů, resorpčních a smyslových epitelů.

Neuroektodermové nádory mají embryonální základ pro nervovou tkáň a pro vývojově podobné pigmentové buňky.

Smíšené nádory jsou tvořeny alespoň dvěma napadenými nádorovými tkáněmi. [9]

2.6 Kolorektální karcinom

Kolorektální karcinom je v České republice jednou z nemocí, které se věnuje značná pozornost, neboť naší zemi náleží první místo, co se týká výskytu onemocnění na jednoho obyvatele. V České republice od roku 1978 je nejčastějším karcinomem zažívacího traktu právě kolorektální karcinom. Bohužel většina nádorů tlustého střeva a konečníku je diagnostikována až v pokročilém stádiu, tímto je léčba tohoto onemocnění těžší. Z celkového počtu maligních nádorových bujení představuje až kolem 13 % právě kolorektální karcinom (z tohoto počtu je 7 % pro maligní bujení tračnicku a 6 % pro nádory rekta). Nádorové bujení tračnicku se vyskytuje stejnou měrou u mužů i žen, zatímco nádory rekta mají poměr výskytu 1,5:1,0 (muži:ženy). Nejčastěji se kolorektální karcinom vyskytuje mezi 60 - 75 rokem života. Výskyt do 35. roku života bývá spíše výjimečný (pokud ke vzniku nevedou genetické faktory). V dnešní době představuje kolorektální karcinom jednu z nejčastějších příčin úmrtí po celém světě. [3]

2.6.1 Patologie kolorektálního karcinomu

Kolorektální karcinom je zhoubný nádor vznikající v tlustém střevě nebo v konečníku maligní transformací cylindrického epitelu. Většina kolorektálních karcinomů vznikne maligním zvratem adenomu. Jen malá část tohoto onemocnění vznikne z dysplastických změn sliznice tlustého střeva, které jsou způsobeny crohnovou chorobou nebo ulcerózní kolitidou. V této době je adenom tlustého střeva pokládán za nejzávažnější prekancerózní stav.

Karcinom tlustého střeva je nejčastěji lokalizován v oblasti pravého tračnicku a rectosigmoidea a to až v 60 – 70% případů. V naprosté většině se vyskytuje jednotlivě, vícečetné karcinomy nejsou tak časté. Karcinomy vycházející z pravého tračnicku mají ve většině případech tendenci k polypóznímu růstu, nevedou k obstrukci střeva a krvácejí více okultně a vyvolávají anemizaci. Na druhé straně karcinom z levého tračnicku roste cirkulárně a tím způsobuje obstrukci (stenózu) střevního lumen což vede ke změnám defekačního stereotypu, krvácení v levé polovině je zjevnější než u pravostranného postižení. Pravostranné a levostranné kolorektální karcinomy se mikroskopicky téměř neliší. Ve své podstatě všechny kolorektální karcinomy postupně prorůstají mukózou, submukózou až celou střevní stěnou a postupně infiltrují okolí i lymfatické a krevní cévy. Podle hloubky nádorové invaze, nádorové infiltrace

lymfatických uzlin a přítomnosti vzdálených metastáz v době diagnózy se odvíjí celková prognóza kolorektálního karcinomu.

Kolorektální karcinom nejčastěji metastazuje do jater, dále do mozku, nadledvin, kostí, plic a peritonea. Nejdříve však metastázy postihnou regionální lymfatické uzliny. [3]

2.6.2 Etiopatogeneze kolorektálního karcinomu

Na vzniku a rozvoji kolorektálního karcinomu se podílí celá řada faktorů. Vlastní příčiny vedoucí ke vzniku nádorového bujení tkání tlustého střeva a konečníku nejsou dosud známy.

Nejvíce ovlivňující faktory ke vzniku karcinomu kolorekta jsou faktory vnějšího (exogenní) prostředí. Tyto faktory se na vzniku tohoto onemocnění podílejí z 66 – 75 %. Avšak většina těchto zevních vlivů se dá ovlivnit samotným jedincem a jeho vlastní vůlí. Mezi hlavní faktory vnějšího prostředí se řadí nadbytek tuků v potravinách, nedostatek vlákniny a nedostatek vápníku, který váže tuky a žlučové kyseliny. Dále mezi tyto faktory patří především špatná tepelná úprava potravin (a to především smažení, grilování a uzení masa a mastných výrobků), nadměrná konzumace alkoholu a kouření – tyto faktory označujeme jako karcinogeny.

Vnitřní (endogenní) faktory jsou ovlivňovány dědičnými predispozicemi. Tyto faktory působí ve více než 10 % vzniku rakoviny. Riziko vzniku nádoru je u jedince, v jehož rodinné anamnéze je zaznamenán výskyt dvou a více nádorů u příbuzných (tzv. familiární výskyt). [3]

Dalšími možnými faktory vedoucími ke vzniku karcinomu jsou nezhoubná onemocnění tlustého střeva a konečníku, mezi které řadíme nespecifické střevní záněty (Ulcerózní kolitida a Crohnova choroba) a polypóza tlustého střeva. U pacientů, kteří mají dlouhotrvající (chronické) střevní záněty se zvyšujícími zánětlivými procesy je větší pravděpodobnost vzniku kolorektálního karcinomu.

- **Ulcerózní kolitida** – Někdy bývá označovaná také jako idiopatická prokolitida a hemoragická kolitida. Charakterizuje se zánětlivým postiženým sliznice tračniku. Zánět postihuje souvislý úsek sliznice střeva. Nenapadá však hlubší střevní vrstvy. Nejméně postižený bývá úsek směřující k tenkému střevu, nejvíce a prakticky vždy bývá postiženým úsekem rektum. Objevuje se tzv. rektální syndrom, postižený má

nutkavý pocit defekace s odchodem kouskovité stolice nebo pouze hlenů, hnisu a krve. Při postižení levostranném vzniká tzv. kolitický syndrom, při němž je vždy přítomná kašovitá až vodovatá stolice, v níž je obsažena příměs krve a hlenů. Při postižení celého střeva se mohou objevit celkové příznaky v podobě váhového úbytku, anémie, zvýšené teploty až horečky a celkové schvácenosti postiženého. Ulcerózní kolitida je dlouhodobé vleklé onemocnění, které se projevuje v nárazech. Pacient by měl dbát na dietní a nutritivní opatření, jako je bezsezbytková dieta. Při farmakologické léčbě se podávají kortikosteroidy, imunosupresiva a v poslední řadě antibiotika. Chirurgická léčba je indikována pouze při těžkém průběhu onemocnění s komplikacemi.

- **Crohnova choroba** – Odlišnost těchto dvou nemocí je v tom, že Ulcerózní kolitida postihuje souvislý úsek tlustého střeva, zatímco Crohnova choroba postihuje trávicí trubici v kterékoliv části, ale ve všech jejích vrstvách. Příznaky tohoto onemocnění jsou závislé na místě postižení. Nejvíce postiženou částí bývá terminální ileum a cékum. Akutní začátek se projevuje jako akutní zánět apendixu. Při dlouhodobém postižení tenkého střeva se objevují příznaky jako je hubnutí, pálení žáhy, bolesti břicha, průjmy. Při postižení rekta se převážně objevuje rektální syndrom. Crohnova choroba může napadnout i jícen a duodenum. Důležitý krok k diagnostice je vždy správně rozpoznat rozsah postižení trávicí trubice, a to pomocí radiodiagnostických metod, endoskopie a ultrazvukového vyšetření střeva. V chirurgické terapii se používají resekční metody. Při farmakologické léčbě se většinou podávají kortikosteroidy, a to většinou při postižení na tenkém střevě.
- **Polypóza tlustého střeva** – Všeobecně je za polyp označována jakákoliv vyvýšenina nad střevní sliznici (mukóza). Příčinou vzniku polypů bývá špatný výběr stravy, a to červená tučná masa (vepřové, hovězí), které zvyšují vylučování žlučových kyselin do střeva, a tím podporují růst střevních polypů. Výskyt se výrazně zvyšuje vzhledem k věku (v 50 letech se objevují polypy až u 25% populace). V tlustém střevě, by měl být každý nalezený polyp brán za potencionálně maligní, avšak více než 60% polypů nalezených při kolonoskopii jsou benigního typu adenomu, kdy při neodstranění se může zvrhnout v kolorektální malignitu. U pacientů, u kterých byla provedena polypektomie je nutností tyto pacienty nadále sledovat, vzhledem k vysokému stupni recidivy.

Zvláštní formou polypózy je tzv. familiární polypóza, což je genetická choroba mladých lidí. [1, 3, 4]

2.6.3 Symptomatologie kolorektálního karcinomu

Příznaky nebývají na první pohled zřejmé a až v 50 % kolorektálních karcinomů bývají zjištěny v pozdním stádiu. Symptomatologii můžeme dělit na místní a celkové příznaky.

- **Místní příznaky** - Nejčastějším místním příznakem je porucha střevní pasáže, a to ve smyslu častosti vyprazdňování a charakteru stolice. Pacienti trpí střídáním zácpy a průjmu a tzv. tenezmi s nedostatečným pocitem vyprázdnění. U některých nemocných se mohou objevit bolesti břicha. Průjmy jsou často s příměsí čerstvé nenatravené krve a hlenu. Lokalizace nádorů v oblasti rekta a levého tračníku bývá diagnostikovaná poměrně dříve. Zatímco karcinomy lokalizované v pravém tračníku mají velice chudou symptomatologii (nemocní často přicházejí pro příznaky anémie a hmotnostní úbytky na váze).
- **Celkové příznaky** – K těmto symptomům můžeme přiřadit nechutenství, únavu a slabost, narůstající objem břicha, na druhé straně hubnutí, bledost nebo žloutenku a zvýšení tělesné teploty. Tyto příznaky se však mohou objevit až v pozdní době onemocnění. Na druhou stranu se tyto příznaky mohou vyskytnout u jiných onemocnění, avšak musí se brát v úvahu k případnému vyloučení příčiny.

V rozvinutém stádiu nemoci se může objevit obstrukční ileus nebo perforace střevní stěny - což označujeme jako náhlou příhodu břišní (NPB). [3, 4]

2.6.4 Diagnostika kolorektálního karcinomu

Mezi základní vyšetřovací metody vedoucí k rozpoznání kolorektálního karcinomu patří anamnéza pacienta, klinické vyšetření a k správné indikaci klinického stádia je nutný co nejpřesnější staging (TNM) v kombinaci se zobrazovacími metodami.

- **Anamnéza** – Kolorektální karcinom je charakteristický tím, že může řadu let zůstat bez klinických příznaků, proto je mimořádně důležitá rodinná anamnéza. Především u

mladých lidí s pozitivní rodinnou anamnézou je vždy vysoké riziko na vznik kolorektálního karcinomu, který je způsoben genetickými faktory. Správná rodinná anamnéza může pozitivně ovlivnit další léčebné a preventivní postupy v celé rodině. Další důležitou složkou je osobní anamnéza pacienta.

- **Vyšetření per rektum** je vyšetření konečníku a v současné době jeho význam stále stoupá. Při tomto vyšetření lékař hodnotí bolestivost, jakékoliv překážky, u mužů anatomické změny prostaty. Toto vyšetření lokalizuje pouze nádory v oblasti dolní třetiny konečníku, je rychlé, nebolestivé a velice důležité pro další vyšetřovací postupy.
- **Rigidní rektoskopie** zachycuje 50 - 60 % všech kolorektálních karcinomů. Toto vyšetření se provádí pomocí tzv. rigidního rektoskopu. Tento přístroj je na rozdíl od ostatních endoskopů neohebný, tvoří jej 30 cm dlouhá kovová trubice, které má na svém konci optický systém se zdrojem světla. Rigidní endoskop obsahuje mimo jiné také část k odběru vzorků při vyšetření (biopsie) a část, která je schopná odstraňovat drobné nádorky (polypy). Přípravy k tomuto vyšetření nejsou nijak náročné. Dle potřeby se dá provést i bez předchozí přípravy. Vyšetření probíhá 5 - 10 minut. [3, 4]
- **Kolonoskopie** je vyšetření, které se provádí pomocí ohebného endoskopu tzv. kolonoskopu. Rozsah tohoto vyšetření bývá od rekta po cékum. Toto vyšetření umožňuje přímý pohled do nitra orgánu, lze rozlišit změny povrchní i slizniční. Lékař může provést i odběr bioptické tkáně a zároveň provádět terapeutický výkon. Kolonoskopickému vyšetření zpravidla předchází dvoudenní příprava, kdy pacient dodržuje určité zásady a večer a ráno před vyšetřením pacient vypije lahvičky s projímavým izoosmolárním elektrolytovým roztokem, kdy cílem této přípravy je úplné vyprázdnění střeva. Lékař by měl dopředu vědět, jestli pacient užívá léky na ředění krve z důvodu krvácivých komplikací. Před samotným lékařským výkonem zajistí sestra pacientovi žilní vstup, aby během vyšetření mohly být podávány tlumící léky. Při samotném zákroku zavede lékař pacientovi endoskop konečníkem do střeva a postupuje až k céku, kde je zákrok ukončen. Poté endoskop ze střeva vyjme. Pro lepší viditelnost může lékař střevo plnit vzduchem, popřípadě odsát zbytky kašovitě stolice. [1, 3, 4]

- **Vyšetření stolice na krvácení** patří mezi nejpoužívanější screeningové metody. Pacient si může tento test zakoupit v jakémkoliv lékařském zařízení nebo požádat svého ošetřujícího lékaře. Vyšetření by měli provádět pacienti mezi 45. – 50. rokem života, toto období bývá nejrizikovější pro vznik rakoviny kolorekta. Test je od 50. roku života hrazen pojišťovnou (jednou do roka). Nevýhodou toho vyšetření je, že krev obsažená ve stolici nemusí přímo souviset s kolorektálním karcinomem. Existují dva druhy testu, které se liší principem, ale ne výsledkem. **Heamoccult test**, který si pacient může provést v domácím prostředí, se také nazývá tzv. psaníčkový test a moderním imunologickým typem je test zvaný TOKS (test okultního krvácení do stolice). Test je také jednoduchý a bezbolestný, pacient se však nedozví výsledek hned. Vzorek stolice uzavře do malé nádoby, kterou poté odnese k lékaři, který vyhodnotí výsledek.

Jiné vyšetřovací opatření mohou být prováděna pomocí ultrazvuku dutiny břišní, nukleární magnetické resonance (NMR) a výpočetní tomografie (CT). Z krevního rozboru také můžeme prokázat přítomnost CAE markerů, které jsou karcinoembryonálním antigenem. Tyto antigeny jsou většinou přítomné u nádorů tlustého střeva. [1, 3, 4]

Po prokázání diagnostice tumoru se provádějí dva druhy klasifikace, a to obecně založená TNM klasifikace a specificky založená Dukesova klasifikace střevních nádorů. Obě klasifikace napomáhají k určení správné léčby.

TNM klasifikací jež patří mezi staging nádorů se podrobněji zabývám v samostatné kapitole nazvané Staging.

Dukesova klasifikace střevních karcinomů – Dukes navrhl v roce 1932 klasifikaci nádorů tračníků a rekta, podle které lze dělit nádory podle rozsahu infiltrace do jednotlivých vrstev stěny tračníku a dle rozsevu maligních buněk do lymfatických uzlin do tří skupin, které jsou označeny velkými tiskacími písmeny A, B, C.

- Dukes A
 - nádor postihuje sliznici a podslizniční vazivo (mukózu a submukózu).
- Dukes B1
 - nádor proniká do střevní svaloviny, ale nepostihuje lymfatické uzliny.
- Dukes B2

- infiltrace nádoru do střevní svaloviny až do tukové tkáně serózy, lymfatické uzliny jsou negativní.
- Dukec C1
 - infiltrace stejné jako u B1 a B2 společně s postižením lymfatických spádových uzlin.

Diferenciální diagnostika se provádí ve valné většině u všech onemocnění a u kolorektálního karcinomu tomu není jinak. I když v dnešní době by mělo být mylné zjištění karcinomu velmi vzácné, nemůžeme však tuto možnost úplně vyloučit. Karcinom může růst dlouho dobu asymptomaticky a existuje řada onemocnění s podobnými příznaky, které poukazují na kolorektální karcinom, jako jsou například divertikulitida, idiopatické střevní záněty (ulcerózní kolitida, Crohnova choroba), zánětlivé postižení střeva mykobakteriemi tuberculosis, endometrióza, pahýl po apendektomii, Kaposiho sarkom, atd. [3, 4]

2.6.5 Léčba kolorektálního karcinomu

Mezi základní léčebné metody patří léčba chirurgická, radioterapie a chemoterapie. Tyto metody mohou být různě kombinovány. Jako další metoda může být použita imunoterapie, která však zatím není standardní součástí léčebných postupů. Léčebný postup se obecně řídí dle kompletní diagnostiky, lokalizace nádoru a stagingu. [3, 4, 9]

2.6.5.1 Chirurgická léčba

U chirurgických zákroků kolorektálního karcinomu je vždy indikován resekční výkon na střevu, je-li možný a stav nemocného ho dovoluje. Cílem tohoto zákroku je především předcházet krvácení z nádoru a střevní obstrukce. Radikální chirurgická léčba u kolorektálního karcinomu je možná pouze u 60 % karcinomů tračnicku a pouhých 35 % u karcinomu konečníku. Účinnost resekčních výkonů také závisí na rozsahu a stádiu nádoru, na věku a celkovém stavu pacienta trpícího touto chorobou. Společným cílem je úplné odstranění nádoru spolu s regionálními lymfatickými uzlinami. **Paliativní operace** je výkon, který neodstraňuje příčinu, ale pouze následek. Tento zákrok pacienta nevyлéčí, pouze zlepší kvalitu života. U neodstranitelného karcinomu se provádí **paliativní anastomóza** (obcházející nádor) nebo **kolostomie**.

Možnosti operačních výkonů

- Při umístění kolorektálního karcinomu v pravé polovině tračníku je indikovaná tzv. **pravostranná hemikolektomie s ileotransverzoanastomózou**. Tato operace představuje odstranění vzestupného tračníku a připojení ilea k transverzálnímu tračníku.
- Je-li postižena levá polovina tračníku nádorem, provádí se resekcí výkonem **levostranná hemikolektomie**, popřípadě při postižení sigmoidea je nutno provést **resekci sigmoidea**. Způsobí-li karcinom obstrukci levé poloviny tračníku, chirurg provede **derivaci střeva** (kolostomie nad překážkou) a po přípravě nemocného provede resekcí výkon.
- Při perforaci střeva musí být provedena **urgentní laparotomie** s dokonalou toaletou dutiny břišní a možností opakovaných výplachů.
- Amputace rekta je indikována u karcinomu dolní třetiny konečníku (8 - 10 cm) a u nádorů prorůstajících do okolí. Operace spočívá v odstranění třetiny sigmoidea, rekta a anu. Konečný úsek sigmoidea je vyveden jako trvalá terminální kolostomie.
- V dnešní době je snaha ve střevní chirurgii uplatňovat miniinvazivní chirurgické výkony, mezi které se řadí **laparoskopická resekce** střeva.

V závislosti na věku a stavu pacientů je úmrtnost po resekcích výkonech do 5 %. U urgentních výkonů je úmrtnost vyšší. Radikální chirurgická resekce je možná u 50 % nemocných a u 15-30 % je možné provést paliativní výkon. Metastázy kolorektálního karcinomu mohou být také chirurgicky řešeny. Dnes se metastázy daří úspěšně resekovat, neboť mají proti metastázám jiných nádorů lepší prognózu. [1, 3, 4]

2.6.5.2 Chemoterapie

Chemoterapie se u karcinomu kolorekta řadí jako adjuktivní nebo paliativní léčba. Obecně se dá o chemoterapii říci, že ničí a omezuje růst u rychle se dělících buněk. Trvá v délce 6 - 12 měsíců po chirurgickém zákroku. Léčebný program se však může individuálně lišit. Adjuvantní chemoterapie je indikována klasifikaci Dukes C, kde zvyšuje procento přežití až o 5 - 10 %. Při léčbě karcinomu kolorekta jsou nejvýznamnější cytostatika ze skupiny fluoropyrimidinu (zástupci jsou 5 - fluorouracil a leukovorin). Cytostatika působí

systemově, protože pronikají do všech částí organismu pomocí krevního oběhu. Aplikace je prováděna buď nitrožilně (i.v.), anebo perorálně ve formě kapslí.

Chemoterapie je doprovázena nežádoucími účinky, ve většině případů jsou napadeny mimo nádorové tkáně i tkáně zdravé. Cytostatika snižují hladinu erytrocytů a leukocytů, u léčeného se objevují nevolnosti, průjemy, přechodné vypadávání vlasů. [1, 3, 4]

2.6.5.3 Radioterapie

Radioterapie je především zaměřena na léčbu karcinomu rekta a rektosigmoidea, u tumoru tračnicku se radioterapie využívá výjimečně. A to z toho důvodu, že tenké střevo je citlivější na přijímanou účinnou dávku. Terapie je uplatňována předoperačně i pooperačně. Cílem předoperační radioterapie je dostatečná regrese nádoru, který je pak možno chirurgicky resekovat. Pooperační radioterapie se uplatňuje hlavně jako adjuvantní léčba. Používá se i tzv. sendvičová metoda (radioterapie – operace - radioterapie). Stejně jako u chemoterapie je dávka záření individuální. Vedlejší nežádoucí účinky se mohou projevat v podobě lokálních kožních reakcí, častějším nucením na stolici, průjmem či častým močením. Většinou lékař indikuje s radioterapií současně i chemoterapii – konkomitantní chemoradioterapie, čímž se snižuje počet lokálních recidiv.

Kromě těchto tří základních druhů terapie jsou při léčení karcinomů využívány i další moderní metody léčby jako imunoterapie, genová terapie, fotodynamická terapie. Dále je na místě u nemocných s kolorektálním karcinomem případná psychoterapie, nutriční podpora a léčba bolesti. Správná výživa u pacientů trpících rakovinou je důležitou součástí doplňující péče. [1, 3, 4]

2.7 Výpočetní tomografie CT

Během posledních dvou desetiletí řadíme výpočetní tomografii ke standartním vyšetřovacím metodám, která patří mezi významné metody diagnostiky onemocnění. Jedná se o metodu dynamickou, která využívá perfektní prostorovou rozlišovací schopnost. Díky tomografii můžeme získat virtuální 3D nebo dynamické 4D vyšetření.

2.7.1 Základní princip CT vyšetření

Jako většina radiodiagnostických metod využívá i výpočetní tomografie vlastnosti rentgenového záření a to hlavně jeho schopnost různé absorpce v tkáni. Samotnou intenzitu absorpce rentgenového záření vyjadřují Housfieldovy jednotky. Díky tzv. Housfieldově škále můžeme stanovit denzity jednotlivých tkání a to v rozmezí -1000 HU do hodnoty $+3096$ HU. Pro každou vyšetřovanou tkáň máme určené CT okno o určité šířce Housfieldových jednotek, protože konečné vyšetření tkání je zobrazeno ve stupnici šedi a lidské oko je schopno rozpoznat pouze 16 těchto odstínů. Toto CT okno je definováno šířkou W a středem C . Máme jiné CT okno pro mozek ($L\ 35$ HU, $W\ 80$ HU) a jiné pro kosti ($L\ 480$ HU, $W\ 2500$ HU) a měkké tkáně ($L\ 40$ HU, $W\ 800$ HU). Je nutné tyto parametry dokonale znát z důvodů následné úpravy CT dat.

2.7.2 Multidetektorová výpočetní tomografie MDCT

Pro diagnostiku pomocí hybridního systému PET/CT se používá multidetektorová výpočetní tomografie. Ta využívá způsob získávání dat, kdy je současně registrována více jak jedna datová stopa. Metoda MDCT také využívá rotačního pohybu rentgenky s detektory, které se pohybují okolo pacienta a tím se získávají hodnoty absorpce v jednotlivých obrazových elementech. Existuje několik základních typů MDCT přístrojů, z nichž nejběžnější a nejpoužívanější je typ, který je vybaven pouze jednou rentgenkou a jednou detektorovou soustavou a díky němu je možné současně získat 4 – 128 datových stop. Soustavy detektorů fungují na principu matice, které mají stejnou velikost elementů a jejich sdružováním jsme schopni měnit šíři a počet datových stop.

2.7.2.1 Provedení vyšetření

Příprava před CT vyšetřením spočívá v poučení pacienta o průběhu vyšetření, získání anamnestických dat a získání údajů o alergických reakcích, onemocnění ledvin a štítné žlázy kvůli následnému podání jodové kontrastní látky. V průběhu vyšetření výpočetní tomografií hrají nejdůležitější roli správné akviziční parametry. Máme pět základních akvizičních dat, mezi které patří expozice (nastavení proudu a napětí na rentgence), kolimace a počet datových stop, rychlost posunu stolu a rychlost otáčky rotoru gantry o 360°. Tyto akviziční parametry výrazně ovlivňují tzv. hrubá data.

Expozice je poměr mezi nastavením proudu a napětí. Vzájemné působení těchto dvou bodů ovlivňuje šum obrazu a absorbovanou dávku. Napětí nastavujeme kvůli ovlivnění energie záření, které absorbuje materiál. Snížení napětí nám výrazně ovlivní absorpci jednotlivých materiálů. Proud je důležitá veličina k ovlivnění konečné absorbované dávky a především k ovlivnění kvality zobrazení z hlediska následného hodnocení výsledného obrazu. Při zvýšení hodnoty proudu docílíme snížení šumu v obraze, ovšem v důsledku nárůstů absorbované dávky.

U multidetektorové výpočetní tomografie dělíme kolimaci na úhrnnou a nominální. Za nominální kolimaci považujeme tu, která přísluší jednomu aktivnímu detektoru, jehož funkcí vzniká jedna datová informace. Jako úhrnnou kolimaci popisujeme tu, která udává šíři detektorové soustavy ozářené paprsky X ve směru osy Z.

Datová stopa je údaj, který je nepostradatelný pro reálné prostorové rozlišení datového pole hrubých dat. Současně šíře této datové stopy zásadně ovlivní kvalitu datového pole v prostorovém rozlišení. Důležitým faktorem je tzv. akviziční rychlost společně s periodou rotace a faktorem stoupání, která ovlivňuje počet získaných datových stop.

Faktor stoupání neboli pitch definujeme jako bezrozměrnou veličinu, která je odvozena od základního parametru rychlosti posunu stolu. Faktor stoupání nám určuje poměr mezi posunem stolu, který proběhne za jednu otáčku gantry o 360° a úhrnnou kolimací. Při multidetektorové výpočetní tomografii hraje tzv. pitch důležitou roli v kompletaci dat umožňující doplňování datového pole z dat spadajících do různých detektorových elementů. Výsledné datové pole je nepřímo úměrné k faktoru stoupání. Perioda rotace především určuje tzv. časové rozlišení, kdy nejpoužívanější periody rotace se pohybují v rozmezí od 270 ms do 1 s. Pro rutinní zobrazování je typická perioda 500 ms. Obecné pravidlo pro periodu rotace je,

že čím kratší je perioda, tím třeba je nastavit vyšší hodnoty proudu pro zachování stejné obrazové kvality. [5, 6, 11, 12]

2.8 Pozitronová emisní tomografie – PET

Základním principem, který je specifický pro pozitronovou emisní tomografii, je zobrazení distribuce podaného pozitronového radiofarmaka, které je charakteristické pro β^+ přeměnu. Díky této přeměně musí dojít na detektorech k současnému zachytu dvou fotonů. PET systémy využívají multidetektorové systémy obsahující malé detektory, které jsou uspořádané do několika prstenců kolem pacienta. Detektory by měli pro toto vyšetření mít větší hustotu a vyšší atomové číslo. Pozitronová emisní tomografie nám poskytuje nejkvalitnější zobrazení funkčních dějů organismu s možným odhalováním patologických procesů.

2.8.1 Princip PET

Základním aspektem přeměny β^+ je změna protonu na neutron, ke které dochází v nestabilním jádře příslušného pozitronového zářiče. Tato přeměna je provázena vyzařováním pozitronu, jehož dráha závisí na velikosti jeho energie, a kdy jeho dolet ve tkáních je velmi krátký. Pozitron se na konci svého doletu, kdy ztrácí veškerou svou energii, střetne s elektronem okolní hmoty a jejich interakcí dojde k tzv. anihilaci, což znamená zánik obou částic, jejichž součástí je emise dvou kvant záření gama. Tyto kvanta neboli anihilační fotony či záření se šíří z místa vzniku anihilace opačným směrem po přímce s energií 511 keV. Důležitým údajem je, jak už jsem výše zmínila, že fotony tohoto kvanta letí opačným směrem po přímce a jsou zaznamenávány na tzv. koincidenčních detektorech. Je zde využívána elektronická kolimace, která zvyšuje citlivost detekce. Pro vytvoření následného obrazu jsou zaznamenávány pouze ty fotony, které dopadnou na protilehlé prstence detektoru ve stejný okamžik.

2.8.2 2D a 3D zobrazení

Konvenční PET skenery obsahují sestavu detektorů, která je uspořádána do za sebou seřazených prstenců, které obsahují mnoho bloků detektorů se zorným polem přes 15 cm směřujících axiálně. Pozitronovou emisní tomografií můžeme dosáhnout jak 2D tak 3D snímání. Modu 2D snímání dosáhneme díky koincidenčním přímkám, které srovnáme do

roviny prstenců. Mezi pacienta a detektor systému PET vložíme řadu stínících sept, která představují několik mezikruží v definovaných odstupech seřazených za sebe. Středů těchto sept musí ležet na ose, která je totožná s osou těla vyšetřovaného a tím dosáhneme srovnání záření do roviny detekčních prstenců a tedy 2D obrazu snímání. Snímku 3D dosáhneme vysunutím sept ze skeneru. Pro toto snímání je typický záchyt více fotonů než je tomu v 2D režimu. Z toho plyne větší citlivost 3D módu a tím nutné využití kvalitnějších detektorů. Jediná nevýhoda 3D snímání je vyšší výskyt rozptýleného záření a rozptyl fotonů v těle pacienta.

Při celotělovém snímání PET skenerem je důležité řídit pohyby vyšetřovacího stolu a to z důvodu dosažení potřebného rozsahu. Další důležitý parametr je vyrovnaní citlivosti v celém rozsahu snímání. Toho docílíme překrýváním jednotlivých pozic pacienta vůči skeneru. U 3D režimu musíme docílit vyššího přesahu kvůli fotonům vycházejících z vyšetřovaného, které vylétávají v rovině blízké okraji PET detektoru. Poté jsou sestavována získaná data z několika pozic do jediného objemu, které má odpovídající délku obrazového pole.

2.8.3 Rekonstrukce a vizualizace dat

Pomocí získaných souřadnic popisujících koincidenční přímky, které jsou zároveň rekonstruovány do transaxiálních řezů vytváříme prostorovou reorientací sagitální, koronární a šikmé řezy. Charakteristickou pro PET snímání je tzv. trojice objemů dat, která je vyjádřena množinou voxelů neboli elementárními objemovými jednotkami, které mají charakteristické prostorové souřadnice nesoucí příslušné informace. Tyto informace jsou tři, z nichž první vyjadřuje naměřenou aktivitu radiofarmak bez závislosti na úpravě absorpce, druhá zahrnuje aktivitu bez korigování absorpce a poslední tedy třetí informace popisuje absorpční koeficient, dle kterého se korigovalo. Tyto tři informace můžeme zobrazovat a tím využít k různým diagnostickým účelům. V dnešní době mají ovladače diagnostických PET počítačů mnoho možností. Zobrazují řezy na sebe kolmé, ale i šikmé a využívají celou škálu zobrazovacích nástrojů, mezi které patří i nastavení barevných škál a prahů, filtrování, úpravu snímků zvětšováním a ořezáváním, radiologický asistent může definovat podrobnější oblast zájmu apod.

Pozitronová emisní tomografie patří v dnešní době k jedné z nejdokonalejších zobrazovacích metod a její velkou výhodou je použití pozitronových zářičů, mezi které patří například ^{11}C , ^{15}O nebo ^{13}N , které jsou součástí biogenních sloučenin a radiofarmak, kdy sledováním jejich metabolismu provádíme PET snímání. Avšak nejčastějším radiofarmakem pro klinická PET vyšetření je ^{18}F -FDG, které je značeno ^{18}F s poločasem rozpadu 110 minut. Pomocí FDG můžeme při celotělovém snímání odhalit různá zhoubná ložiska se zvýšeným metabolismem i u pacientů, kteří jsou bezpříznakový a nemají žádné obtíže ukazující na vznik malignit. [5, 6, 11, 12]

2.9 Hybridní systém PET/CT

V posledních letech se hybridní zobrazování emisní tomografií v kombinaci s výpočetní tomografií řadí k nejmodernějším zobrazovacím metodám. V této technice zobrazení se kombinují výhody obou těchto běžně aplikovaných vyšetření. Ze skeneru získaného PET/CT získáváme jak metabolický, tak i morfologický přehled tkáně, který je vytvořen pouze jedním vyšetřením bez požadované změny polohy vyšetřovaného. Zabudovaný CT multidetektorový přístroj nám poskytne anatomické a morfologické změny a díky PET kameře získáme funkční informace. Tato metoda také využívá radiofarmaka, kdy nejčastěji v diagnostice lékaři volí 2-[¹⁸F]-fluoro-2-deoxy-D-glukóza neboli FDG. Tento způsob vyšetření je více komfortní zejména pro pacienta, kdy přichází na plánované vyšetření pouze jednou.

2.9.1 PET a CT obraz

Jak je výše zmíněno, tak v hybridním PET/CT systému je zakomponován skener pro PET zobrazení společně s diagnostickým CT skenerem. Snímání oběma modalitami se provádí postupně. U všech pacientů probíhá vyšetření stejným způsobem. Jediným rozdílem je změna rozsahu snímání a to v závislosti na klinických požadavcích, kdy standardní rozsah snímání je od baze lební po proximální polovinu stehen. První krok vyšetření pomocí PET/CT je realizován za pomoci nerotující rentgenky a pohyblivého stolu s pacientem, který projíždí skrz CT gantry skeneru a následně dochází k vytvoření tzv. topogramu. Topogram se zobrazí jako předozadní rentgenová projekce sloužící k vymezení oblasti, kterou potřebujeme dále skenovat. Následná realizace náběru dat pro CT probíhá již ve zvolené zájmové oblasti, kdy je lůžko s pacientem posunuto hlouběji do gantry PET skeneru a ze zájmové oblasti jsou snímána emisní PET data. Náběr PET dat není plynulý, tak jako u spirálního CT, ale je provádět v určitých pozicích označovaných jako „postele“ („beds“). Systém PET shromažďuje data z objemu pacienta ve směru osy zorného pole v délce 15 – 20 cm, a to v čase 3 minut. Následuje automatický posun lůžka s pacientem a snímání další pozice. Aby nedošlo k poklesu citlivosti PET skeneru na okrajích zorného pole, je nutné, aby se jednotlivé snímané pozice neboli „postele“ z části překrývaly. Jednou z hlavních výhod systému hybridního PET/CT skeneru je snadné vytvoření fúze obrazů CT a PET. CT část vyšetření nám tedy podává anatomické a strukturální detaily a PET vyšetření funkční informace. Fúze

obrazu tedy funguje na podkladu zvětšení PET snímků, které jsou nasnímány do menší matice než CT snímky a následně se použije metoda alpha-blending, která má za úkol přiřadit různou míru průhlednosti jednotlivým modalitám. Každé části snímku je fúzi přidělena jiná barevná škála a ve výsledném obrazu je možno tyto škály měnit. Lékaři je tedy umožněno prohlížet na hodnotící konzoli oddělené PET a CT obrazy a zároveň prohlížet jednotlivé fúze s různými podíly anatomické a metabolické údaje ve všech rovinách.

2.9.2 Příprava pacienta

Příprava pacienta je nezbytná z hlediska kvalitního provedení a následného hodnocení PET/CT vyšetření. Příprava je specifická pro jednotlivé komponenty systému a pro společné PET/CT vyšetření. Základními požadavky kladenými na pacienta je lačnění a dostatečná hydratace. Dále do přípravy řadíme udržení hladiny cukru v krvi na nízkých hodnotách, protialergická anamnéza z důvodu možné alergické reakce na jodové kontrastní látky, perorální a intravenózní aplikace kontrastních látek ke správnému hodnocení CT vyšetření.

2.9.2.1 Lačnění

Základním požadavkem pro správné provedení a následné hodnocení PET/CT vyšetření je lačnění pacienta. Postačující interval mezi posledním jídlem a vyšetřením by neměl být kratší jak šest hodin. Tento požadavek na pacienta je důležitý z hlediska udržení správné bazální úrovně glukózy v krvi a následnému vyvarování se zvýšené akumulace FDG ve fyziologických oblastech (jako jsou svaly a střevní stěna) a falešnému nálezu nízké akumulace FDG v nádorových buňkách. Jedinou výjimkou je vyšetření viability myokardu při kterém pacient nesmí být na lačno.

2.9.2.2 Hydratace

Dostatečná hydratace je doporučena z hlediska snížení radiační zátěže po podání radiofarmaka a k jeho správné distribuci v těle pacienta. Nejvhodnější variantou před vyšetřením jsou neslazené nápoje bez mléka a jejich konzumace až do samotného vyšetření.

2.9.2.3 Glykemie

Hladina glukózy v krvi nám výrazně ovlivňuje zejména kvalitu metabolické části vyšetření. Pacient s hyperglykemií je pro onkologickou diagnostiku nežádoucí tím, že ovlivňuje vztah mezi glukózou a 2-[¹⁸F]-fluoro-2-deoxy-D-glukózou (FDG). Zvýšená hladina krevního cukru zvyšuje kompetici mezi glukózou a FDG čímž zhoršuje výsledný snímek zmenšením kontrastu mezi pozadím a nádorem. Bezprostředně před zavedením intravenózní kanyly a aplikací FDG je pacientovi změřena hladina krevního cukru. Dosud nebyla stanovena jednotná hranice glykemie. Náhodně stanovená horní hladina se na většině pracovištích nukleární medicíny pohybuje na 10mmol/l při jejímž překročení musí být provedena korekce cukru a to intravenózním podáním několika jednotek krátkodobě působícího inzulínu. Výjimku opět tvoří vyšetření myokardu, kdy je vysoká hladina inzulínu v krvi výhodnější.

2.9.2.4 Aplikace jodové kontrastní látky

Jodové kontrastní látky mají své velké zastoupení pro CT vyšetřovací modalitu z hybridního PET/CT skenování. Intravenózní kontrastní látky slouží k zlepšení kontrastu CT obrazů, hodnocení vaskulizace fyziologických a patologických struktur a lepší rozpoznání cévních struktur. Kontrastní látky se podávají v určitém množství, s různou koncentrací jódu a předem zvolenou rychlostí a to bezprostředně před CT vyšetřením nebo během něho. Rychlost podání závisí na klinickém požadavku zviditelnění anatomických struktur a zároveň na technických parametrech CT skeneru. Obecně bychom se měli řídit tím, že čím je čas skenování kratší, tím musí být rychlost podání kontrastu vyšší. Po aplikaci kontrastní látky je vhodné aplikovat proplach a to pomocí cca 50 ml fyziologického roztoku.

2.9.2.5 Aplikace radiofarmaka

Nejčastěji voleným radiofarmakem je již zmiňované FDG (2-[¹⁸F]-fluoro-2-deoxy-D-glukóza). Doba aplikace závisí na akumulčních časech v jednotlivých anatomických strukturách. Při vyšetření neuronů se FDG aplikuje 30 minut před samotným vyšetřením. V ostatních případech je čas podání 60 – 90 minut předem. Pro aplikaci volíme kubitální žíly, eventuálně periferní žílu na hřebu ruky či nohy. Bezprostředně po aplikaci by měl pacient setrvat v klidu, aby nedocházelo ke zvýšenému hromadění radiofarmaka v kosterním svalstvu.

2.9.3 Postup vyšetření PET/CT

Prvním krokem vyšetření je správné uložení pacienta na lůžko s následným provedením CT topogramu vybrané oblasti. Jak jsem již zmínila, standardní rozsah snímání těla pacienta pro PET/CT je ohraničen bází lební a proximální třetinou stehen, kde na přání lékaře a dle indikace můžeme doplnit vyšetření hlavy a končetin. V gantry přístroje se současně s prvním krokem plánuje axiální rozsah CT vyšetření v podélné ose a počet jednotlivých „postelí“ - sekvencí pro vyšetření PET. Ve standardních indikacích se vyžaduje plnohodnotné vyšetření, které obsahuje intravenózní aplikaci jodové kontrastní látky pro CT vyšetření. K jejímu podání nedochází pouze v případech prokázané alergie, kontroly účinnosti terapie u hypermetabolických nádorů, kde je riziko poškození ledvin a u pacientů s předpokládanou terapií radiojódem. Na provedené CT vyšetření navazuje posun pacienta do gantry po ose X a vyšetření PET kamerou v sekvenčním režimu. U těchto hybridních PET kamer se jednotlivé „postele“ – sekvence překrývají, kdy obvyklá doba jedné „postele“ je 3 – 5 minut a vyšetřuje se 5 – 7 postelí dle požadovaného rozsahu a výšky pacienta. Axiální zorné pole se u tohoto vyšetření pohybuje okolo 15 cm.

Jako u všech radiologických vyšetření je hlavní strategií i hybridního PET/CT nastavení protokolu tak, aby se dosáhlo maximální diagnostické informace s minimální radiační zátěží pro pacienta. Pro PET/CT existuje celá řada vyšetřovacích protokolů. Pobyť pacienta na oddělení nukleární medicíny, kam přichází kvůli PET/CT vyšetření, je zpravidla mezi dvěma až třemi hodinami, samotné snímání za normálních podmínek nevyžaduje čas delší jak 30 minut.

2.9.4 Indikace vyšetření PET/CT

Indikujeme tři hlavní skupiny pacientů. Do první skupiny patří pacienti, u kterých byly vyčerpány všechny vyšetřovací modalities, a doposud nedošlo k přesné diagnóze. PET/CT vyšetření se volí jako poslední možnost pro tuto skupinu. Druhou skupinu tvoří vyšetřovaní, u kterých je naopak známa přesná diagnóza zánětlivého či nádorového onemocnění. Zde se předpokládá zvýšená akumulace radiofarmaka a je prováděn celotělový staging onemocnění. Do třetí skupiny spadají pacienti s již vyléčeným onemocněním. Na PET/CT přicházejí k opakovaným kontrolám, kdy jsou u těchto pacientů patrné změny v metabolismu glukózy

při neměnicím se morfologickém obraze, které jsou známkou remise či časné recidivy onemocnění. Nově přichází do praxe použití hybridního PET/CT systému při plánování vyšetření před radioterapií, kdy využíváme modulaci dávky záření dle rozložení radioaktivity v nádoru a minimalizujeme nežádoucí účinky radioterapie.

2.9.5 Kontraindikace PET/CT

Jako u všech ostatních metod využívajících k diagnostice ionizující záření je i v PET/CT nejzávažnější kontraindikací těhotenství. Pro metodu PET/CT je těhotenství řazeno do absolutních kontraindikací. Dalším rizikem je alergie na kontrastní jodové látky, kdy u pacienta s touto alergií k jejich aplikaci nedochází nebo v nevyhnutelných případech se aplikace provádí ve spolupráci s anesteziology a samotné aplikaci předchází dlouhá protialergická příprava. Jak už jsem zmínila, je velice důležité u vyšetřovaného znát hladinu glykémie, jelikož další kontraindikací je dekompenzovaný diabetes mellitus, kdy při hyperglykemii s hodnotou nad 11 mmol/l je zhoršena schopnost zobrazovat ložisko zvýšené akumulace glukózy. V neposlední řadě se jedná o hmotnost pacienta, která nesmí přesáhnout 200 kg, klaustrofobii a nemožnost pacienta ležet na lůžku v jedné poloze déle jak 15 min.

2.9.6 PET/CT artefakty

Mezi nejčastější artefakty všech radiologických vyšetření bývají pohyby pacienta, ať se jedná o pohyby neovlivnitelné pacientem (dýchací pohyby) nebo ty, které pacient způsobí vědomě. Hlavní příčinou nedokonalé registrace a rozdílného zeslabení tkání okolo bránice bývají dýchací pohyby. Artefakty dýchacích pohybů se zobrazují na PET/CT obraze jako pruhy, které jsou orientovány paralelně s bránicí, a tím vzniká dojem zdvojené brániční kontury. Druhým pohybovým artefaktem jsou pohyby hlavy pacienta. Ty bývají častou příčinou zhoršené anatomické lokalizace ložiska zvýšené akumulace FDG v oblasti krku a hlavy. Z těchto důvodů se při vyšetření indikovaného v oblasti hlavy používají fixační pomůcky a pro oba pohybové artefakty má velký význam poučení pacienta před vyšetřením. [5, 6, 8, 11, 12]

2.10 Radiofarmaka

Za radiofarmakum je považován každý léčivý přípravek obsahující jeden nebo více radionuklidů, které jsou určeny pro lékařské účely. Při výrobě, přípravě, manipulaci a následném použití radiofarmak je nutné dodržovat zvláštní požadavky jako je sterilita a nepyrogenita. Radiofarmaka charakterizují tři základní aspekty, a to jsou poločas přeměny vyjadřující dobu, za kterou poklesne jeho aktivita na polovinu, druh a energie ionizujícího záření, která se udává v elektronvoltech. Množství příslušného radionuklidu navázaného v radiofarmaku se vyjadřuje aktivitou značenou v becquerelech (Bq).

Radiofarmakum je tedy složeno z radionuklidu a příslušného farmaka, kdy hlavním kritériem je přednostně vychytávání v daném vyšetřovaném orgánu a musí se účastnit příslušné fyziologické funkce. Po podání vhodného radiofarmaka pacientovi a navázání v příslušné části organismu dochází k emitování záření, které je zachyceno detektory diagnostického přístroje. Následně se označené látky zpracují do různých forem vhodné pro další aplikaci. Nejpoužívanější forma radiofarmak je parenterální, která se podává nejčastěji intravenózně. Dále máme perorální, která mohou být ve formě tuhých látek nebo roztoků a v neposlední řadě existují i radiofarmaka inhalační.

Existuje tzv. ideální radiofarmakum, které musí splňovat určité požadavky. Musí být snadno dostupné s přijatelnou cenou a musí mít dostatečně vysokou měrnou aktivitu. [5, 6, 7]

2.10.1 Radiofarmaka pro PET/CT

Při vyšetření pomocí PET kamery je možné vybrat z široké řady radionuklidů a příslušných radiofarmak. Pro PET využíváme přes 600 radionuklidů, které jsou schopné při radioaktivních přeměnách produkovat pozitrony. Ve své práci a kapitole Radiofarmaka pro PET/CT jsem se rozhodla popsat nejčastěji volené radiofarmakum, a to až v 90% všech PET a PET/CT vyšetření a to již zmíněném FDG neboli 2-[¹⁸F]-fluoro-2-deoxy-D-glukóze, které je také důležitou součástí pro staging a restaging nádorových onemocnění v mém případě pro pacienty s kolorektálním karcinomem.

Molekulu 2- fluor-2-deoxy-D-glukosy jako první syntetizoval Josef Pacák a to v Karlově univerzitě v roce 1968. Za 10 let po tomto objevu byla vědci v USA nahrazena molekula

stabilního fluoru za jeho radioaktivní izotop ^{18}F . V 90. letech došlo k jeho rozmachu a následnému rutinnímu zavedení do klinické praxe a tím k rozvoji PET skenerům.

2.10.1.1 Distribuce FDG

Jak jsem výše zmínila před aplikací FDG do organismu je nutná příprava pacienta a to v podobě šestihodinového lačnění pro dosažení správné hladiny glykémie. Přibližně jednu hodinu před aplikací FDG je nejlepším řešením perorální podání 50g glukózy s možností intravenózní aplikace korekčních jednotek inzulínu v okamžiku samotného podání radiofarmaka. A to z důvodu nutnosti navodit nízkou hladinu glykémie, aby vztah mezi plazmatickou glukózou a FDG nezhoršil kontrast případných lézí. Optimálně aplikujeme přibližně hodinu před zahájením snímání intravenózně FDG v roztoku o aktivitě 200 – 700 MBq. Následná distribuce probíhá z krevního objemu do tekutiny extracelulární a dále je transportována do buněk, kde se běžně vyskytuje glukóza. Základní roli v transportu glukózy i FDG do buněk hrají transportní proteiny. Samotný transport probíhá proti koncentračnímu gradientu a podél něj. Na jednotlivých buňkách jsou transportéry s různou afinitou ke glukóze vyjádřeny různě. Jako příklad jsou tukové a svalové buňky, na kterých je jako transportér vázán Glut-4 závislý na inzulínu. Významnou roli také hraje enzym hexokináza, která fosforyluje glukózu i FDG na dvě složky. První z nich je 2-FDG-6-fosfát, který není dále metabolizován a hromadí se v buňce. K jak výrazné akumulaci toho produktu dojde, záleží především na aktivitě a množství přítomných glukózových transportérů a také na intenzitě předchozí hexokinázy. Druhý produkt, glukóza-6-fosfatázy a FDG jsou naopak z buňky vyplavovány. Nádorová tkáň je od zdravé tkáně rozpoznatelná právě díky FDG, kdy v nádorových buňkách je patrná jeho zvýšená akumulace.

Fyziologické vylučování FDG je u zdravého pacienta do moči, z čehož nám vyplývá zvýšená akumulace v dutém systému ledvin a močového měchýře. Zároveň se zvýšená akumulace vyskytuje v oblasti šedé kůry mozkové a to z důvodu základního zdroje energie pro mozek, kterým glukóza je. V srdečním svalu můžeme pozorovat jak zvýšenou, tak i sníženou akumulaci FDG, která závisí na hladině inzulínu. Dále je to oblast v žaludku a to konkrétně v kardi, fundu a pyloru. Při fyzické zátěži před vyšetřením se může FDG zvýšeně vychytávat i ve svalové hmotě. Je třeba dbát i na to, že štíhlý a nervózní pacienti mívají vyšší akumulaci také v tukové tkáni na krku. U žen především v období menstruace je zvýšená akumulace v endometriu, ovariálních folikulu a laktujících prsech. U mužů akumulace ve varlatech se

s věkem snižuje. Pravidlem u dětských pacientů je fyziologické nasycení thymu a epifyzárních štěrbin.

2.10.1.2 Akumulace FDG u karcinomu tračníku

Karcinom kolorekta se řadí do skupiny nádorů, které jsou všeobecně charakteristické zvýšeným metabolismem glukózy. Do zvýšené akumulace je zahrnut jak primární nádor, tak i postižené lymfatické uzliny a jeho vzdálené metastázy. K detekci toho nádoru se jako radiofarmakum tedy používá FDG a jeho nález je závislý na velikosti a metabolické aktivitě. Musíme však dbát na fyziologickou akumulaci v tračníku, která je ve zvýšené míře patrna v okolí Bauhinské chlopně, coeka, vzestupném tračníku a v koncové oblasti análních svěračů. Tyto místa jsou pro hybridní PET/CT výhodné z hlediska dobré anatomické identifikovatelnosti. [5, 6, 12]

2.11 Staging

Staging je metoda díky níž můžeme posuzovat rozsah diagnostikovaného nádorového onemocnění. Díky správné diagnostice rozsahu onemocnění můžeme správně určit prognózu a využití následných léčebných postupů. Je to tedy nezbytně důležitý faktor v posuzování nádorového onemocnění a má pro pacienta mimořádnou důležitost.

Správný klasifikační systém musí splňovat dvě základní pravidla:

- První ze zásad je ta, že klasifikace musí být vyhovující pro veškeré anatomické lokalizace bez ohledu na následnou léčbu.
- Musí zde být možnost následného doplnění informací, které se získají v průběhu histopatologického vyšetření, a nebo díky chirurgickému výkonu.

TNM klasifikace tyto požadavky splňuje.

2.11.1 TNM klasifikační systém

Tento klasifikační systém zahrnuje jednotnou, velice přesnou a zároveň jednoduchou klasifikaci umožňující popisovat rozsah onemocnění u většiny solidních nádorů. Vychází z mezinárodních a národních dohod onkologických společností. Základním principem této TNM klasifikace je snadnější výměna informací o velikosti a rozsevu tumoru mezi spolupracujícími lékaři a léčebnými instituty. TNM klasifikační systém nám také pomáhá při správném plánování léčby, podrobněji popisuje prognózu a napomáhá při hodnocení výsledků, v neposlední řadě má přínos pro výzkum zhoubných nádorů. Funguje na podkladě řady kritérií, mezi které můžeme zařadit anatomickou a patologickou informaci, dobu trvání symptomů choroby, stupni diferenciaci a také na věku a pohlaví pacienta. Klasifikace je založena na popisu tří základních složek anatomického rozsahu onemocnění.

Tumor je první složkou klasifikace a v názvu je vyjádřen písmenem T a vyjadřuje rozsah primárního tumoru. Hodnotí se na stupnici T1 – T4, která vyjadřuje rozsah primárního ložiska, kdy T0 je stupeň bez známek primárního tumoru. TX je označení pro nevymezený tumor. Zvláštním označením při hodnocení primárního ložiska bývá označení Tis, což

znamená tumor in situ, který vyjadřuje, že nádor je lokalizovatelný v místě svého vzniku. Rozsah se stanovuje na základě klinických a pomocných vyšetření (endoskopie, RTG).

Písmeno N je označení pro nodulus což označuje stav regionálních mízních uzlin. Dle této části klasifikace se hodnotí přítomnost a rozsah metastáz v regionálních uzlinách. Je velice důležité správně stanovit, které regionální uzliny jsou pro metastázy tzv. spádové. Opět se závažnost postižení uzlin vyjadřuje na stupnici N1 – N3. NO vyznačuje negativní nález a NX nález, který je nejistý.

M (metastases) nám vyjadřuje přítomnost či nepřítomnost vzdálených metastáz a zahrnuje i přítomnost metastáz v mízných uzlinách. Opět se hodnotí dle stupnice s rozsahem M0 – M1, kde kategorie M1 je dále podrobněji popisována dle oblasti lokalizace metastáz (OSS – kostní metastázy, PUL – plicní metastázy apod.).

Kategorie M1 může být dále specifikována označením:

plicní	PUL	kostní dřeň	MAR
kostní	OSS	pleurální	PLE
jaterní	HEP	peritoneální	PER
mozkové	BRA	nadledvinové	ADR
uzlinové	LYM	kožní	SKI
		jiné	OTH

Obrázek 2 Značení metastáz pro kategorii M1 klasifikace²

Důležitým pravidlem TNM klasifikace je, že již stanovená kategorie tumoru se v průběhu následné léčby nemůže ve zdravotnické dokumentaci měnit. Při nesnadném a nejistém zařazení do jednotlivých kategorií klasifikace by odborník měl vždy zvolit stádium nižší, tzn. méně pokročilé. V případech vícečetných nádorů se klasifikuje dle nádoru s nejrozvinutější kategorií T (tumor) a počet nádorů by se měl uvést v zápisu v závorce (T3(4)). U tumorů v párových orgánech je postup jiný. Pro každý nádor je vypracována samostatná TNM klasifikace.

² *TNM Klasifikace zhoubných novotvarů* [online]. 7. vyd. Editor L Sobin, M Gospodarowicz, Christian Wittekind, Chichester, c2010, 246 s. [cit. 2014-03-25]. ISBN 978-809-0425-965.

TNM KLINICKÁ KLASIFIKACE

Průběžně jsou používány následující všeobecné definice:

T - Primární nádor

TX primární nádor nelze hodnotit

T0 bez známek primárního nádoru

Tis karcinom in situ

T1, T2, T3, T4 zvětšující se velikost a/nebo místní rozsah primárního nádoru

N - Regionální mízní uzliny

NX regionální mízní uzliny nelze hodnotit

N0 regionální mízní uzliny bez metastáz

N1, N2, N3 zvětšující se postižení regionálních mízních uzlin

M - Vzdálené metastázy

MX vzdálené metastázy nelze hodnotit

M0 bez vzdálených metastáz

M1 vzdálené metastázy

Obrázek 3 Obecná TNM klasifikace³

Mezi základní TNM klasifikace řadíme další dvě skupiny a to cTNM a pTNM.

- **cTNM** – předoperační klinická klasifikace, která se odvíjí od nálezů získaných před samotnou léčbou. Nálezy vyplývají z klinických vyšetřování, endoskopie a zobrazovacích vyšetřovacích metod, biopsie tumorózní tkáně a ostatních provedených vyšetření.
- **pTNM** – patologická neboli pooperační histopatologická klasifikace je založena na operačních nálezech nebo provedených histologických vyšetření. Pro tuto kategorii je nutné provést několik chirurgických postupů, aby bylo možné následné zařazení do jednotlivých podskupin. K hodnocení primárního nádoru (pT) je nutné provést jeho resekci či biopsii. Pro patologické zařazení (pN) dle regionálních mízních uzlin je důležitá resekce uzlin v rozsahu dostačujícím k průkazu nepřítomnosti metastáz a ke stanovení metastáz (pM) musíme provést mikroskopické vyšetření. [1, 5, 12, 13]

³TNM Klasifikace zhoubných novotvarů [online]. 7. vyd. Editor L Sobin, M Gospodarowicz, Christian Wittekind, Chichester, c2010, 246 s. [cit. 2014-03-25]. ISBN 978-809-0425-965.

2.11.2 Staging pro kolorektální karcinom

Stejně jako u obecné TNM klasifikace nejprve hodnotíme rozsah primárního nádoru kolorekta, poté lymfatické uzliny a nakonec přítomnost vzdálených metastáz. Pro staging u kolorektálního karcinomu je neoptimálnější metodou použití hybridního PET/CT skeneru s aplikací radiofarmaka FDG, kterým se v této kapitole budu podrobněji zabývat.

2.11.2.1 Hodnocení primárního nádoru

Při klasifikaci tumoru je systém PET/CT nejvíce přínosný ve vyhledávání synchronních střevních nádorů u karcinomu rekta a rektosigmoidea, které mají stenotický charakter. Tím znemožní provést kolonoskopické vyšetření. Dále se uplatňuje u pacientů s rostoucími nádorovými markery a negativním kolonoskopickým vyšetřením. Rektoskopie, kolonoskopie a endosonografie se uplatňuje v lokálním stagingu. CT břicha při hodnocení stádia T3 a T4.

2.11.2.2 Lymfatické uzliny

U tohoto hodnocení má nejvyšší senzitivitu detekce právě PET/CT, a to až v 90% studie. Přesnějšího stagingu dosáhneme zjištěním lokalizace regionální zvětšené hypermetabolické uzliny. Její nález je poměrně častým a slouží k spolehlivému zařazení do kategorie N2. Dále uplatňujeme klinická vyšetření a chirurgický výzkum. Pro každou anatomickou část tračníku a rekta jsou příslušné lymfatické uzliny, které jsou vyznačeny na následujícím obrázku.

REGIONÁLNÍ MÍZNÍ UZLINY

cékum	ileokolické, pravostranné kolické
colon ascendens	ileokolické, pravostranné kolické, střední kolické
flexura hepatica	střední kolické, pravostranné kolické
colon transversum	pravostranné kolické, střední kolické, levostranné kolické, dolní mezenterické
flexura lienalis	střední kolické, levostranné kolické, dolní mezenterické
colon descendens	levostranné kolické, dolní mezenterické
colon sigmoideum	sigmoideální, levostranné kolické, horní rektální (hemoroidální), dolní mezenterické a rektosigmoideální
rektum	horní, střední a dolní rektální (hemoroidální), dolní mezenterické, vnitřní ilické, mezorektální (pararektální), laterální sakrální, presakrální a sakrální promontoriální (Gerotovy)

Obrázek 4 Regionální uzliny pro N klasifikaci⁴

2.11.2.3 Klasifikace vzdálených metastáz

Kolorektální karcinom nejčastěji metastazuje do jater, plic a skeletu. Staging pomocí FDG má zásadní roli v diagnostice jaterních metastáz. Díky tomuto kroku časného zachycení jaterních metastáz je prognóza tumor lepší a resekce střeva je úspěšnější. Stejně jako u kategorie N jsou zde důležitá klinická a chirurgická vyšetření.

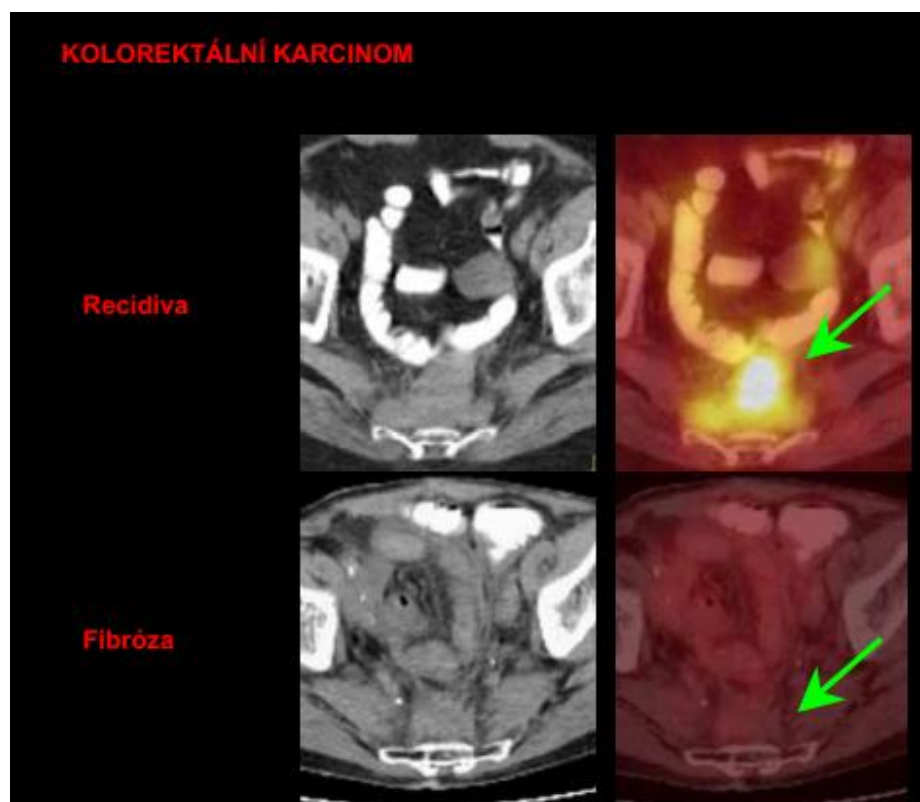
⁴ *TNM Klasifikace zhoubných novotvarů* [online]. 7. vyd. Editor L Sobin, M Gospodarowicz, Christian Wittekind, Chichester, c2010, 246 s. [cit. 2014-03-25]. ISBN 978-809-0425-965.

2.12 Restaging

2.12.1 Restaging kolorektálního karcinomu

Jako u ostatních nádorů, tak i u tumoru kolorekta, může dojít k jeho recidivě, a to až v 37 – 44% všech případů. Recidiva se projeví převážně do dvou let od resekce primárního nádoru. Časná diagnostika recidivy logicky zlepšuje naději na přežití pacientů, i když počet úspěšných resekcí recidiv se pohybuje pouze mezi 12 – 60%. Recidiva u karcinomu tračníku se projevuje v oblasti jater a u karcinomu rekta je recidiva zpravidla lokoregionální.

Opět je pro restaging výhodné použít jako diagnostickou hybridní metodu FDG – PET/CT a to především v odlišování benigní fibrózy od samotné recidivy. Je nutné také velice pečlivě hodnotit místa zvýšené akumulace radiofarmaka v místech resekce a tím se vyhnout možnému falešnému nálezu vznikajícímu po operačním zákroku a v důsledku postradiačních změn. [1, 3, 5, 12, 13]



Obrázek 5 Rozdíl mezi recidivou a fibrózou při restagingu kolorektálního karcinomu⁵

⁵ ŠOBÁŇOVÁ. *Odhad minimální potřebné kapacity PET a PET/CT pro onkologické pacienty v ČR*. Praha, 2007. Diplomová práce. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. Centrum preventivního lékařství 3. LF UK.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V této části mé bakalářské práce se podrobněji zaměřím na samotnou úlohu radiologického asistenta při aplikaci stagingu a restagingu pomocí PET/CT u pacientů s nádorem kolorekta.

3.1 Úloha radiologického asistenta

Na oddělení nukleární medicíny nevykonává radiologický asistent pouze jednu úlohu. Jejich náplň práce se pravidelně v intervalech mění, a to z důvodu radiační ochrany (ochrana časem). Pacient přicházející na oddělení se nejprve zaregistruje v kartotéce, následně na vyzvání přechází do aplikační místnosti, kde dochází k zavedení kanyly a aplikaci radiofarmaka a poté přichází samotné vyšetření. Tyto tři úlohy tedy vykonávají radiologičtí asistenti.



Obrázek 6 Kartotéka na oddělení nukleární medicíny pro hybridní PET/CT vyšetření



Obrázek 7 Aplikační místnost a vyšetřovna pro PET/CT

3.2 Společná část vyšetření

3.2.1 Registrace a poučení pacienta

Prvním krokem při vstupu pacienta na oddělení nukleární medicíny je registrace v kartotéce určené pro PET/CT. Zde je úkolem radiologického asistenta zaregistrovat pacienta dle osobních údajů (jméno, příjmení, rodné číslo) a nezbytné je po celou dobu od příjmu až po provedení samotného vyšetření kontrola identifikace pacienta.

Po registraci radiologický asistent seznámí pacienta s vyšetřením. Poučí ho o přípravě před vyšetřením a poté o samotném průběhu vyšetření PET/CT. Do informací, které radiologický asistent předává pacientovi, by měla být zahrnuta aplikace kontrastní látky kvůli provedení CT vyšetření a radiofarmaka pro vyšetření PET. Dále poučíme pacienta o zvýšeném pitném režimu kvůli rychlejšímu vylučování radiofarmaka z organismu. V den vyšetření by měl pacient po aplikaci radiofarmaka omezit kontakt s dětmi a těhotnými ženami.

3.2.2 Informovaný souhlas

Po poučení pacienta je dalším nezbytným krokem dát pacientovi k přečtení Informovaný souhlas s vyšetřením a Souhlas s aplikací kontrastní látky a radiofarmaka. Po přečtení pacientovi odpovíme na případné dotazy a ujistíme se, že je se všemi následujícími kroky srozuměn. Teprve poté necháme vyšetřovaného tyto formuláře podepsat. Za nezletilého informovaný souhlas podepíše zákonný zástupce.

3.2.3 Gravidita

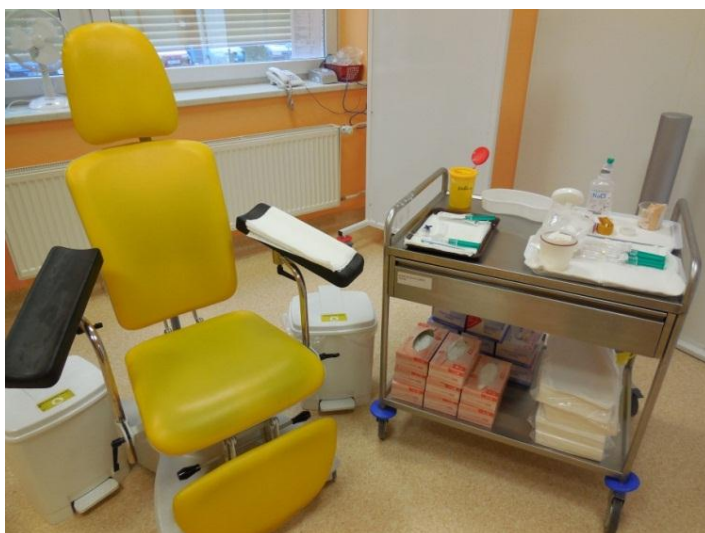
U pacientek ve fertilním věku, které přicházejí na vyšetření, je nezbytné nechat podepsat prohlášení o tom, že nejsou těhotné. Pokud si vyšetřovaná není jistá, je možné, aby lékař indikoval laboratorní testy pro graviditu.

3.2.4 Příprava pacienta na vyšetření

Základním požadavkem, s kterým by měl být pacient seznámen již před termínem vyšetření je lačnění. Vyšetřovaný by na PET/CT vyšetření měl přicházet na lačno a interval mezi posledním jídlem a samotným zákrokem by neměl být kratší jak šest hodin. V případě aplikace jodové kontrastní látky musí být také předem zjištěna alergická anamnéza pacienta. Při zjištění alergie dochází k premedikaci. Ve většině případech podáváme Prednison 40 mg 12 – 18 hodin před aplikací nebo 20 mg 6 – 9 hodin před aplikací. Vyšetření provádíme za přítomnosti anesteziologa.

3.2.5 Aktivní identifikace

Radiologický asistent zavolá příslušného pacienta do aplikační místnosti, kde musí proběhnout aktivní identifikace vyšetřovaného. Aktivní identifikace probíhá dle zvyklostí jednotlivých oddělení. Nejčastěji se ptáme na jméno pacienta či rodné číslo nebo datum narození. Při správné identifikaci usadíme pacienta na aplikační křeslo.



Obrázek 8 Aplikační křeslo s pomůckami k zavedení kanyly a samotné aplikaci radiofarmaka

3.2.6 Hladina glykémie

Důležitým krokem pro PET/CT vyšetření je kontrola správné hladiny glykémie. Radiologický asistent si připraví glukometr s čistým testovacím proužkem, sterilní jehlu, čtverečky a dezinfekci. Vzorek krve odebíráme píchnutím do konečku prstu a nasátím kapky krve na testovací proužek, který je vložen do glukometru. Poté získanou hodnotu zapíšeme do dokumentace. Hladina glukózy v krvi se musí pohybovat do 7mmol/l. Při překročení této hranice klesá senzitivita vyšetření a při hodnotách vyšších než 10mmol/l vyšetření již nelze provést.



Obrázek 9 Glukometr pro měření hladiny glykémie před vyšetřením

3.2.7 Zavedení kanyly

V případě zjištění odpovídající hladiny glukózy v krvi pacienta zavedeme pacientovi kanylu pro následnou aplikaci radiofarmaka a v případě potřeby pro aplikaci jodové kontrastní látky. Oblast zavedení kanyly volíme převážně v oblasti kubity. Pacientovi zaškrtneme končetinu přibližně 5 cm nad místem zavedené kanyly a poprosíme ho, aby si se sevřenou pěstí zacvičil. Poté nahmatáme žílu, místo vpichu dezinfikujeme a zavedeme kanylu. Po zavedení fixujeme konec kanyly k ruce pacienta pro lepší aplikaci radiofarmaka a poté pro snadnější aplikaci jodové kontrastní látky při vyšetření.



Obrázek 10 Pacient po zavedení kanyly v kubitě

3.2.8 Asistence při aplikaci radiofarmaka

Radiologický asistent poté informuje radiologického farmaceuta, který v digestoři natáhne příslušné množství radiofarmaka, které následně uloží do připraveného stínícího boxu k aplikaci a také lékaře, který samotnou aplikaci provede.



Obrázek 11 Digestoř pro natažení radiofarmaka a olověný vozík pro odstínění aktivity

Radiologický asistent nalepí štítek do příslušné dokumentace, který radiologický farmaceut vygeneruje v digestoři při natažení radiofarmaka.

Radiofarmakum – ¹⁸F-FDG

Připravená aktivita (MBq)

[F18] FDG	Injectable Solution
Batch: TMS20140410 / 140410	10/04/2014
Activity: 418 MBq at 09:25	
Dispensed at 09:16	Activity: 441 MBq at 09:16
Volume: 3.00 ml	Expiry Time: 19:13 - 10/04/2014
Operator: Terna Sinergie	

Čas aplikace: 9:16 Aplikoval/a:

Obrázek 12 Štítek vygenerovaný v digestoři s příslušnými informacemi o radiofarmaku

Poté dochází k samostatné aplikaci radiofarmaka, kdy radiologický asistent připraví příslušné pomůcky jako je dezinfekce, sterilní čtverečky, stříkačku s fyziologickým roztokem a samotnou dávku radiofarmaka v olověném krytu. Radiologický asistent otře konec kanyly čtverečkem s dezinfekcí, poté propláchne kanylu fyziologickým roztokem ke zjištění průchodnosti kanyly, lékař aplikuje samotné radiofarmakum a opět použije fyziologický roztok k propláchnutí. Do dokumentace se zapíše čas aplikace radiofarmaka.



Obrázek 13 Lékař při aplikaci radiofarmaka



Obrázek 14 Následná aplikace fyziologického roztoku po aplikaci radiofarmaka

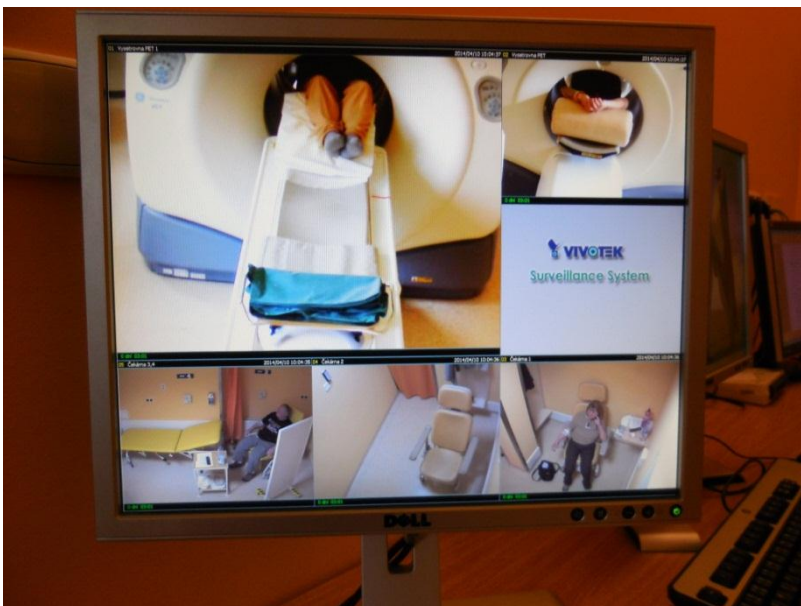
3.2.9 Aplikace jodové kontrastní látky per os

Po aplikaci radiofarmaka i.v. radiologický asistent poučí pacienta a nasměruje ho do přidělené kabinky, kde bude postupně popíjet jodovou kontrastní látku určenou pro aplikaci per os. Pacientovi je předem přiděleno příslušné množství dle váhy, které by měl vypít do 45 minut,

než radiologický asistent zahájí samotné snímání. Z ovládací místnosti PET/CT systému má radiologický asistent vizuální a slovní kontrolu nad jednotlivými kabinkami.



Obrázek 15 Aplikace jodové kontrastní látky per os



Obrázek 16 Vizuelní kontrola kabinet pacientů z ovládací místnosti

3.2.10 Příprava pumpy pro kontrastní látku

Před každým vyšetřením je úkolem radiologického asistenta doplnit pumpu pro kontrastní látku fyziologickým roztokem pro proplach kanyly a samotnou jodovou kontrastní látkou. Radiologický asistent napojí na přístroj nejprve lahvičku s fyziologickým roztokem a natáhne pomocí ovládacího panelu na hlavici pumpy příslušné množství látky. Poté lahvičku sejme a na druhý píst napojí lahvičku obsahující kontrast. Opět postup opakuje a natáhne příslušné množství této jodové kontrastní látky. Poté hlavici pumpy otočí a tím ji připraví pro další použití.



Obrázek 17 Radiologický asistent při přípravě pumpy pro jodovou kontrastní látku

3.2.11 Uložení pacienta a aplikace jodové kontrastní látky i.v.

Po uplynutí přibližně 45 minut, což je i čas pro pacienta, za který by se měl pokusit vypít přidělenou kontrastní látku per os., vyzve radiologický asistent vyšetřovaného, aby si došel na toaletu a poté si odložil všechny kovové předměty a vysvlékl se v připravené kabině do spodního prádla. Mezi tím radiologický asistent zadá základní údaje pacienta do systému. Celé jméno, rodné číslo, díky kterému systém vygeneruje datum narození, dále pohlaví a vybere příslušný protokol pro vyšetření. V mé práci je to protokol pro staging a restaging u kolorektálního karcinomu. Dále připraví lůžko přístroje pro pacienta (vyšetřovací stůl otřením dezinfikuje a položí na lůžko čistý papír). Pacienta vyzveme ke vstupu do vyšetřovny a

uložíme ho na lůžko. Při stagingu a restagingu kolorektálního karcinomu pacienta uložíme na záda. V případě potřeby pacientovi vložíme pod kolena podložku a pacienta přikryjeme. Ruce vyšetřovanému vložíme za hlavu na připravenou podložku, a to z důvodu napojení pumpy pro kontrastní látku na již napíchnutou kanylu.



Obrázek 18 Hybridní PET/CT systém

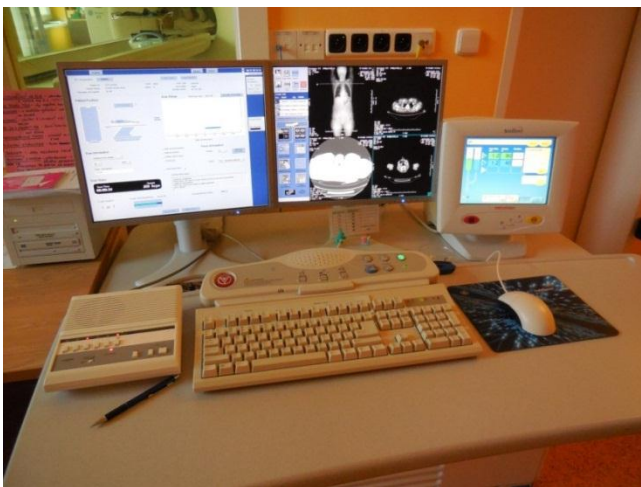


Obrázek 19 Gantry hybridního PET/CT systému

Po správném uložení pacienta zasuneme lůžko PET/CT systému do gantry přístroje. Pacienta pomocí kanyly napojíme na pumpu kontrastní látky. Poté radiologický asistent co nejrychleji opustí vyšetřovnu, aby nedocházelo ke zvyšování radiační zátěže. Z ovládací místnosti spustí příslušný protokol a ovládá celé vyšetření stejně jako přístroj pro aplikaci kontrastní látky. Nejprve je nutné zhotovit topogram dle kterého poté radiologický asistent naplánuje snímanou oblast. Počet „postelí“, které se budou snímat, při části vyšetření pozitronovou emisní tomografií, si zvolí přístroj sám dle délky pacienta a dle vybrané vyšetřované oblasti na topografu. Poté radiologický asistent spustí celý proces snímání. Během celého vyšetření kontroluje pacienta. Po skončení celého vyšetření, pokud lékař nerozhodne jinak, pacienta propouštíme poučeného domů.



Obrázek 20 Napojení jodové kontrastní pumpy na kanylu pacienta



Obrázek 21 Ovládací systém pro práci radiologického asistenta

4 DISKUZE

Během mého tříletého studia na Univerzitě v Pardubicích jsem se díky studijní praxi dostala na dvě oddělení nukleární medicíny. Bohužel s hybridním systémem PET/CT jsem se setkala okrajově pouze na jednom z těchto oddělení. Správné postupy na odděleních nukleární medicíny popisují místní radiologické standarty, které má každá nemocnice individuálně upravené a vycházejí z obecných národních radiologických standardů. Dle těchto standardů by se měl každý radiologický asistent řídit, avšak praktickými znalostmi lze tyto postupy upravit pro lepší a efektivnější práci. Ve své práci Úloha radiologického asistenta při PET/CT stagingu a restagingu u pacientů s kolorektálním karcinomem jsem využila a porovnávala získané praktické dovednosti a teoretické informace z již dostupných knih vztahujících se k tomuto tématu, kterých je bohužel dle mého názoru minimum.

V teoretické části jsem stručně popsala anatomii a fyziologii tračníku a konečníku, kterou by měl každý radiolog ovládat. Pro mě velice důležitou částí v mé práci bylo popsat problematiku kolorektálního karcinomu, protože v dnešní době je toto onemocnění rozvinuté po celém světě. Jako další kapitoly jsem zařadila jednotlivé systémy celého hybridního PET/CT, a to počítačovou tomografii a pozitronovou emisní tomografii. Pro mě samotnou tato volba byla přínosem k tomu, abych správně pochopila funkci každé z modalit tohoto systému zvlášť, a poté si dokázala lépe představit, jak celý systém PET/CT pracuje. Hlavním podstatou počítačové tomografie je zobrazování tkání po zvýraznění jejich rozhraní pomocí kontrastní jodové látky. Ke tvorbě obrazu využívá tzv. Housfieldovy jednotky, které jsou definované pro každý systém. Díky počítačové tomografii získáme obraz anatomie a morfologie příslušné tkáně. Pozitronová emisní tomografie pracuje na principu zobrazování distribuce podaného radiofarmaka a záchytu přeměny β^+ . Poté již samotný systém PET/CT vytvoří pro konečný obraz tzv. fúzy, kde se na sebe promítnou oba snímky z PET a CT snímání, protnou se a přiřadí se jim různá průhlednost na principu alpha-blending. Poslední kapitolou v mé teoretické části je nejen pro mou práci velice důležitý staging a následný restaging kolorektálního karcinomu. Staging je nezbytnou součástí všech onkologických onemocnění. Pomáhá nám správně určit rozsah nádorů, a tím následně naplánovat co nejefektivnější léčbu a také předem odhadnout prognózu příslušného onemocnění. Staging využívá několik klasifikací, z nichž nejpoužívanější a nejspolehlivější je klasifikace TNM. Díky ní hodnotíme rozsah primárního nádoru, zasažení regionálních uzlin a v neposlední řadě i postižení metastáz. Díky restagingu hodnotíme recidivu tumorů.

V praktické části se již zaměřuji na úlohu samotného radiologického asistenta. Je to právě on, kdo provází pacienta celým procesem vyšetření, od příjmu na kartotéce PET/CT, až po samotné provedení snímání a následně podává získanou diagnostickou informaci lékařům. Je tedy nutná jeho bezchybná znalost dokonalé a velice drahé přístrojové techniky, znalost postupů jednotlivých vyšetření stejně jako znalost jednotlivých protokolů. Při této práci musí být ostražitý a velice pečlivý, neměl by nic provádět automaticky. Do jeho zodpovědnosti také spadá aktivní kontrola identity pacienta, aby nedošlo k záměně vyšetřovaného. Ptá se na jméno, příjmení a datum narození. Jak jsem výše zmínila, na každém oddělení nukleární medicíny, jsou vypracovány radiologické standarty, dle nichž se v tomto systému řídí.

Před každým vyšetřením nejen hybridním PET/CT systémem předchází aplikace radiofarmaka. Pacient jako laik si neuvědomuje, že díky tomu je neustálým zdrojem záření, proto by měl radiolog na tuto rutinu stále myslet a řídit se základními principy radiační ochrany kam spadá ochrana časem, vzdáleností a stíněním. Proto by se radiolog neměl zbytečně pohybovat v prostorách čekárny pro pacienty, po sdělení všech důležitých informací by měl jeho kontakt s pacientem být co nejkratší, měl by dbát na stínění dveřmi či zdí. Tím je tedy povinen chránit zdraví své, ale i zdraví pacientovo. Toto je ve zdravotnictví velkým problémem jelikož spousta pacientů si myslí, že pracovníci na nukleární medicíně jsou nepřístupní a málo komunikativní. Je to bohužel pouze z důvodu již zmiňované radiační ochrany.

Nukleární medicíny je moderní a stále se rozvíjející obor. Vyšetření se neustále zdokonalují, vznikají nové postupy, modernější přístroje a neustále se vyvíjí i výroba radiofarmak. Začleňují se nové poznatky a postupy což samozřejmě vede i ke zkvalitňování péče poskytované personálem, jak na oddělení nukleární medicíny, tak i v terapii a rentgenové diagnostice.

5 ZÁVĚR

Když jsem si vybírala téma mé bakalářské práce, bylo mým jasným kritériem věnovat se problematice kolorektálního karcinomu, jelikož v mé rodině se vyskytuje onemocnění jako ulcerózní kolitida a crohnova choroba, která s nádorem kolorekta úzce souvisí. Na tuto problematiku bylo zadáno, dle mého názoru velice výstižné téma a to je samotný staging a restaging PET/CT systémem právě u tohoto onemocnění. Správný staging a restaging je nezbytný u všech onkologických onemocnění.

Hlavním cílem mé práce bylo popsat v teoretické části celkově chod na oddělení nukleární medicíny, historii toho oboru a velice důležitou radiační ochranu, kterou by měl každý radiolog ovládat. Dále co nejvýstižněji popsat problematiku nádoru kolorekta. Jednou z hlavních úloh pro mě bylo vytvořit nový dokument, ve kterém bude celkově popsáno, jak fungují jednotlivé modality hybridního PET/CT systému což je počítačová tomografie a pozitronová emisní tomografie. Na tento cíl jsem se zaměřila z toho důvodu, že při hledání literatury pro mou bakalářskou práci jsem bohužel našla jen velice málo publikací v českém jazyce.

Cílem praktické části bylo opět vytvořit jednoduchou literaturu, ve které bude popsána úloha radiologického asistenta při PET/CT stagingu a restagingu u pacientů s kolorektálním karcinomem. Snažila jsem se tento postup jednoduše, ale výstižně popsat. Věnovala jsem se popisu postupu od příjmu pacienta, přes aplikaci radiofarmaka a jodové kontrastní látky až po samotné snímání.

Myslím si, že oba cíle se mi podařilo splnit. Já sama jsem si díky své bakalářské práci rozšířila vědomosti, ať už se jedná o celkový chod na oddělení nukleární medicíny nebo samotné provedení snímání pomocí hybridního systému PET/CT.

6 POUŽITÁ LITERATURA

1. ADAM, Zdeněk, Marta KREJČÍ a Jiří VORLÍČEK. *Speciální onkologie: příznaky, diagnostika a léčba maligních chorob*. 1. vyd. Praha: Galén, 2010. ISBN 978-807-2626-489.
2. DYLEVSKÝ, I. *Somatologie*. Olomouc: EPAVA, 2000. 480 s. ISBN 978-80-86297-05-7.
3. JABLONSKÁ, Markéta. *Kolorektální karcinom: časná diagnóza a prevence*. [1. vyd.]. Praha: Grada, 2000, 455 s., obr., tab. ISBN 80-716-9777-X.
4. KLENER, Pavel. *Vnitřní lékařství*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 1999, 949 s. ISBN 80-726-2007-X.
5. KUPKA, Karel, KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492.
6. SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2012, 368 s., iv s. obr. příl. ISBN 978-802-4741-086.
7. ŠABATOVÁ, Lucie. *Úloha radiologického asistenta při využití scintigrafických metod v dětské nefrologii a urologii*. Pardubice, 2013. 67 s. Bakalářská práce. UNIVERZITA PARDUBICE. Fakulta zdravotnických studií. Vedoucí práce Ing. Jiří Kulíš.
8. ŠOBÁŇOVÁ. *Odhad minimální potřebné kapacity PET a PET/CT pro onkologické pacienty v ČR*. Praha, 2007. Diplomová práce. UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE. Centrum preventivního lékařství 3. LF UK.
9. STŘÍTESKÝ, J. *Patologie*. Olomouc: EPAVA, 2001. 338 s. ISBN 80-86297-06-3.
10. VENCLÍK, Zdeněk. *Nakládání s radiačními odpady na oddělení nukleární medicíny*. České Budějovice, 2012. 66 s. Bakalářská práce. JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH. Zdravotně sociální fakulta. Vedoucí práce doc. Dr.rer. nat. Friedo Zölzer.
11. VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. 1. vyd. V Olomouci: Univerzita Palackého, 153 s. ISBN 978-802-4431-260.
12. VOTRUBOVÁ, Jana. *Klinické PET a PET/CT*. 1. vyd. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-807-2626-199.

Internetové zdroje

13. *TNM Klasifikace zhoubných novotvarů* [online]. 7. vyd. Editor L Sobin, M Gospodarowicz, Christian Wittekind. Chichester, c2010, 246 s. [cit. 2014-03-25]. ISBN 978-809-0425-965.

7 PŘÍLOHY

Příloha A Postup a náležitosti objednání a případného zrušení objednání vyšetření PET/CT	72
Příloha B Žádanka na PET/CT vyšetření.....	74
Příloha C Příprava pacienta na PET/CT vyšetření trupu při diagnostice nádorů a zánětů	75
Příloha D Souhlas pacienta s vyšetřením na PET/CT.....	77
Příloha E Protokol o vyšetření PET/CT	79

Příloha A Postup a náležitosti objednání a případného zrušení objednání vyšetření PET/CT



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

e-mail: nuklmed@fnhk.cz, Informace: www.fnhk.cz/kliniky/onm

POSTUP A NÁLEŽITOSTI OBJEDNÁVÁNÍ A PŘÍPADNÉHO ZRUŠENÍ OBJEDNÁNÍ VYŠETŘENÍ PET/CT

A) Standardní způsob objednání plánovaného vyšetření

Objednání lze provést za předpokladu, že objednávací lékař:

- je seznámen s indikacemi a kontraindikacemi požadovaného vyšetření
- rámcově informuje pacienta o plánovaném vyšetření a ubezpečí se, že pacient souhlasí s provedením vyšetření
- seznámí pacienta se základní přípravou k vyšetření (viz příloha 1)
- řádně vystaví a odešle žádanku na vyšetření

ŽÁDANKA

Na žádanku je nutno uvést všechny níže popsané údaje:

- jméno, příjmení pacienta, zdravotní pojišťovnu, rodné číslo
- **aktuální adresa a telefonický kontakt (nejlépe mobilní telefon) pro komunikaci s pacientem, pokud se jedná ambulantního pacienta !!!**
- druh požadovaného vyšetření - PET/CT trupu nebo limitované oblasti (mozek, srdce)
- přesnou **diagnózu** (slovně i kódem MKN), **pro kterou má být pacient vyšetřen** (někdy nejde hlavní dg., pro kterou je pacient hospitalizován), všechna potřebná anamnestická data týkající se onemocnění (především **průběh terapie - operace, chemoterapie a radioterapie s uvedením příslušných časových údajů**)
- časový horizont, ve kterém by mělo být vyšetření provedeno
- výsledky dosavadních vyšetření (u zobrazovacích metod s přesnými údaji o lokalizaci nálezů – z pracovišť mimo FN HK doporučujeme odesílat se žádankou kopie předchozích sonografických, CT a MRI vyšetření)
- alergie ne - ano (druh alergenu)
- diabetes mellitus (cukrovka) ne - ano (typ a terapie)
- **aktuální hodnoty urey a kreatininu pro posouzení funkce ledvin před podáním jódové kontrastní látky NESMÍ být starší 14 dnů před termínem vyšetření na PET/CT! Výsledky MUSÍ být v tištěné formě a nebo elektronicky v NIS FNHK !**
- hmotnost a výška pacienta
- očekávaný způsob dopravy (sanita, vlastní vozidlo, hromadné dopravní prostředky atd.)
- pohyblivost pacienta (ležící, chůze s dopomocí atd.)
- IČP a odbornost odesílajícího lékaře
- název zdravotnického zařízení, oddělení a jméno odesílajícího lékaře včetně telefonického kontaktu (u lékařů z FN HK stačí jen jméno a oddělení, je nutno však doplnit nákladové středisko)

Pokud žádanka nebude vyplněna úplně a nebude zřejmá jednoznačně správná indikace vyšetření, může být lékařem nukleární medicíny, který žádanky viduje, vyšetření odmítnuto – nedostatečně vyplněná žádanka bude vrácena.

Vzhledem k limitům počtu PET vyšetření platným pro FN HK i vzhledem ke kapacitním možnostem pracoviště **nelze předem zaručit splnění všech požadavků na vyšetření**. Jestliže nebude možno provést vyšetření v požadovaném časovém rozmezí nebo nebude možno provést vyšetření pro překročení limitů jednotlivých ZP na sledované období, budou žádanky neprodleně vráceny odesílajícímu lékaři tak, aby mohl dle aktuálních možností objednat pacienta na jiném PET pracovišti.

Pokud bude žádanka akceptována, bude pacient písemně pozván k vyšetření s použitím kontaktní adresy uvedené na žádance. Současně mu bude zaslán anamnestický dotazník, formulář informovaného souhlasu a poučení o přípravě k vyšetření.

Žádáme, aby dle možností byla pacientovi zapůjčena obrazová dokumentace CT nebo MRI, pokud tato vyšetření byla provedena mimo FN HK (optimálně na CD či DVD).

B) Ve výjimečných případech vyžadujících provedení ve zkráceném termínu (např. předoperační staging) lze objednat PET/CT vyšetření telefonicky

Vyšetření je možno v tomto případě objednat telefonicky v pracovní dny v době od 7¹⁵ do 15⁰⁰ hod na čísle **495 834 542**. Hospitalizovaní pacienti z FN HK se mohou stát „náhradníky“ za pacienty, kteří se k vyšetření nedostaví.

Při telefonickém objednávání je třeba uvést vše, co bude uvedeno na žádance.

Pacienta je nutno přesně poučit o přípravě k vyšetření (viz příloha) – především zabezpečit 6 hodin lačnění před vyšetření, u hospitalizovaných diabetiků pak i zajistit speciální dietu.

Ihned po telefonickém dohodnutí termínu PET vyšetření je nutno vyplnit žádankou na vyšetření a odeslat ji poštou nebo faxem (na číslo 495 834 542) na ONM FN HK .

C) Zrušení objednávky indikujícím lékařem

Zrušení objednaného vyšetření z objektivních důvodů je nutno provést co možná nejdříve na telefonním čísle **495 834 542** tak, aby bylo možno využít uvolněný termín pro jiného pacienta, nejpozději den před vyšetřením.

D) Výsledky

Výsledky budou odesílány následující pracovní den po vyšetření na adresu lékaře, který vyšetření objednal. Též budou dostupné v NIS.

**Žádanky adresujte na: Oddělení nukleární medicíny
Fakultní nemocnice Hradec Králové
Sokolská 581
500 05 Hradec Králové**

Příloha B Žádanka na PET/CT vyšetření



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové - Nový Hradec Králové
Oddělení nukleární medicíny
tel./fax: 495 834 542

ŽÁDANKA NA PET/CT VYŠETŘENÍ
(žádanku odešlete na oddělení nukleární medicíny faxem nebo poštou)

Příjmení, jméno:

Poj.:

Rodné číslo:

Telefon:

Adresa:

Druh požadovaného vyšetření:

Časový horizont:

Přesná DG (slovně i kódem MKN):

Průběh terapie:

Výsledky dosavadního vyšetření:

Alergie:

Váha/výška:

DM:

Pohyblivost pacienta:

Urea a kreatinin:

Způsob dopravy:

Datum odběru:

Gravidita: ANO NE

**Sérové hodnoty NESMÍ být starší 14 dnů
před termínem vyšetření na PET/CT!**

Jméno, adresa, razítko a podpis odesílajícího lékaře:

IČP a odbornost (ve FN 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) objedná(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 těžší 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 vyšetření CT s jódovou kontrastní látkou, je NUTNÉ si s sebou přinést výsledky sérové hodnoty urey a kreatininu, které NESMÍ být starší 14 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.

Diabetik na perorálních antidiabetických (PAD) - hladoví 6 hodin před vyšetřením, neužívá ranní dávku PAD, na vyšetření si vezme jídlo a PAD a až po vyšetření na PET/CT si vezme PAD a nají se. Více pije (alespoň 1 litr), a to pouze čistou vodu, či hořký čaj.

U diabetika, který užívá PAD – biguanidy (Adimet, Avandamet, Eucreas, Glibomet, Glucomerck, Glucophage, Gluformin, Langerin, Metfirex, Metformin, Siofor, Stadamet) může po podání jódové kontrastní látky dojít k přechodnému zhoršení funkce ledvin. Pacient proto užije poslední dávku tohoto léku večer před vyšetřením, poté hladoví a neužívá ranní dávku PAD. Znovu nasazení PAD po vyšetření PET/CT s jódovou kontrastní látkou by mělo nastat až po kontrole sérové hladiny kreatininu ošetřujícím lékařem, praktickým lékařem či diabetologem.

Diabetik na inzulínu - večer před vyšetřením si normálně aplikuje dávku bazálního depotního inzulínu. Před vyšetřením hladoví 6 hodin a zároveň si neaplikuje dávku bolusového inzulínu. 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. Více pije (alespoň 1 litr), a to pouze čistou vodu bez sladidel, či hořký čaj.

Před vyšetřením bude všem pacientům odebrána kapilární krev z prstu na ruce a vyšetřena glykémie (hladina krevního cukru). Pokud bude hladina glykémie vyšší než 8 mmol/l, dochází ke snížení citlivosti vyšetření. Pokud hladina glykémie bude vyšší než 12 mmol/l, vyšetření není možné provést. Pokud pacient s cukrovkou má 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 nesmějí podávat žádné infuze či parenterální výživa s glukózou či dextrózou. Jinak platí předchozí informace.

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

Vyšetření se doporučuje provést nejdříve za 14 dní po ukončení chemoterapie.

Vyšetření se doporučuje provést nejdříve za 2-3 měsíce po ukončení radioterapie (ozáření). Platí pouze pro ozářenou část těla, vzdálená místa mohou být vyšetřována kdykoliv.

Vyšetření se doporučuje provést 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, pokud lze i na CD či DVD.

Kontraindikací vyšetření je těhotenství – vyšetření se provádí pouze v případě ohrožení života pacientky. Vyšetření lze provést u kojící matky, ale je nutné kojení přerušit na 12 hodin po aplikaci radiofarmaka.

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) 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.

Příloha D Souhlas pacienta s vyšetřením na PET/CT



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 na přístroji PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ^{18}F -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, zřízenec)

Plánovaný výkon: **PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka a jódové kontrastní látky**

Radiofarmakum: **^{18}F -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 kanylka (hadička), během zavádění můžete pocítit mírnou bolest obdobně jako při odběru krve. Podání radiofarmaka ^{18}F -FDG se provede do zavedené kanylky 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 kanylka 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 léčícím 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 nezamířel/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, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně mého života nebo zdraví 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:

Příloha E Protokol o vyšetření PET/CT

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



PROTOKOL O VYŠETŘENÍ PET/CT

Příjmení a jméno pacienta:

Rodné číslo: Pojišťovna:

Hmotnost: kg Výška: cm

Datum vyšetření:

Vyšetření : **trup celé tělo mozek srdce jiná oblast**.....

CT bez kontrastu CT i.v. kontrast CT p.o. kontrast

Glykémie: Provedl (razítko, podpis):

čas	mmol/l	čas	mmol/l	čas	mmol/l	čas	mmol/l

Radiofarmakum – ¹⁸F-FDG

Připravená aktivita (MBq)	Připravil (podpis)

Čas aplikace: Aplikoval/a: jmenovka a podpis

Čas zahájení scanu:

Další medikace:

Léčivo	Množství	Ordinace lékaře		Provedl
		Čas	jmenovka a podpis	jmenovka a podpis
Micropaque CT (300 ml do 700 ml H ₂ O)	ml p.o.			
Iomeron 400 inj. (30 ml do 1000 ml H ₂ O)	ml p.o.			
Manitol 10% (200 ml do 800 ml H ₂ O)	ml p.o.			
Iomeron 400 inj.	ml i.v.			
Ultravist 370 inj.	ml i.v.			
Omnipaque 350 inj.	ml i.v.			
Hydrocortison 100 mg	mg i.v.			
Diazepam 2, 5, 10 mg	tbl. p.o.			
Dithiaden 2 mg	tbl. p.o.			
Telebrix 35 (10 ml do 1000 ml H ₂ O)	ml p.o.			

CTDi vol	mGy
DLP	mGy/cm