

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Eliška Kafková

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Hybridní PET/CT u pacientů s maligním melanomem

Eliška Kafková

2020

Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Eliška Kafková**
Osobní číslo: **Z17066**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Téma práce: **Hybridní PET/CT vyšetření u pacientů s maligním melanomem**
Zadávající katedra: **Katedra klinických oborů**

Zásady pro vypracování

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

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

Seznam doporučené literatury:

1. KORANDA, Pavel a kol. (2014). *Nukleární medicína*. Vyd. 1. Olomouc. Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.
2. KUPKA, Karel, Jozef Kubinyi, Martin Šámal a kol (2007). *Nukleární medicína*. Vyd. 1. Příbram. P3K. ISBN 978-80-903584-9-2.
3. SEIDL, Zdeněk, Andrea Burgetová, Eva Hoffmannová a kol. (2012). *Radiologie pro studium i praxi*. Vyd. Praha. Grada. ISBN 978-80-247-4108-6.
4. ŠLAMPA, Pavel, Jiří Petera a kol. (2007). *Radiační onkologie*. Praha. Galen. ISBN 978-80-7262-469-0.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. MUDr. Jiří Doležal, Ph.D.**
FNHK

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

L.S.

doc. Ing. Jana Holá, Ph.D.
děkanka

Mgr. Jan Pospíchal, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 5. března 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji:

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

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

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

V Pardubicích dne 2. 6. 2020.

Eliška Kafková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce doc. MUDr. Jiřímu Doležalovi Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a věcné připomínky, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Děkuji také celému kolektivu oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové za získání cenných zkušeností a informací do praktické částí mé práce.

Na závěr si dovoluji poděkovat své rodině za neustálou podporu po celou dobu studia.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá vyšetřením pacientů s maligním melanomem pomocí hybridního PET/CT. Práce je rozdělena do dvou částí – teoretické a praktické. Teoretická část udává informace o radiační ochraně, radiofarmacích a maligním melanomu. Praktická část je orientována na přípravu i průběh celého vyšetření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pozitronová emisní tomografie, radiační ochrana, maligní melanom, radiofarmaka, radiologický asistent

TITLE

Hybrid PET/CT examination of patients with malignant melanoma

ANNOTATION

The bachelor thesis deals with the examination of patients with malignant melanoma using hybrid PET/CT. The thesis is divided into two parts – theoretical and practical. The theoretical part provides information on radiation protection, radiopharmaceuticals and malignant melanoma. The practical part is focused on the preparation and course of the entire examination.

KEYWORDS

Positron emission tomography, radiation protection, malignant melanoma, radiopharmaceutical, radiology assistant

OBSAH

Úvod.....	14
1 Cíl práce.....	15
2 Teoretická část	16
2.1 Radiační ochrana.....	16
2.1.1 Obecné zásady o radiační ochraně.....	16
2.1.2 Radiační limity, kategorizace a uspořádání pracovišť	18
2.1.3 Radiační ochrana pracovníků.....	20
2.1.4 Radiační ochrana pacientů	21
2.2 Radionuklidy a ionizující záření	23
2.2.1 Druhy radioaktivních přeměn	23
2.3 Pozitronová emisní tomografie a výpočetní tomografie (PET/CT).....	27
2.3.1 Pozitronová emisní tomografie (PET)	27
2.3.2 Výpočetní tomografie (CT)	28
2.3.3 Fúze obrazů a hybridní zobrazení	29
2.3.4 Princip zobrazení pomocí FDG	29
2.3.5 PET radiofarmaka	30
2.4 Radiofarmaka.....	32
2.4.1 Lékové formy radiofarmak	33
2.4.2 Diagnostická radiofarmaka	34
2.4.3 Terapeutická radiofarmaka	34
2.5 Maligní melanom.....	36
2.5.1 Etiologie.....	36
2.5.2 Symptomatologie	36
2.5.3 Diagnostika	37
2.5.4 Diferenciální diagnostika	37

2.5.5	Patologie	37
2.5.6	Terapie	38
2.5.7	Komplikace po terapii.....	38
2.5.8	Prevence.....	39
2.5.9	Prognóza	39
2.6	Patologické nálezy z praxe	40
2.6.1	Neobvyklé nálezy při PET/CT vyšetření	43
3	Praktická část	48
3.1	Příprava pacienta.....	48
3.2	Průběh vyšetření PET/CT	50
3.2.1	Aplikační místnost	50
3.2.2	Příprava radiofarmak	52
3.2.3	Převlékací kabinka	53
3.2.4	Způsob uložení pacienta	55
3.2.5	Vyšetření pacienta.....	56
3.2.6	Pacientův odchod.....	59
4	Diskuze	60
5	Závěr	62
6	Použitá literatura	63
7	Zdroje obrázků a tabulek	65
8	Přílohy.....	66

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1	Kontrolované pásmo (zdroj: 1)	19
Obrázek 2	Radiační ochrana pacienta (zdroj: 2).....	22
Obrázek 3	Přeměna alfa (zdroj: 3)	24
Obrázek 4	Přeměna beta- (zdroj: 3).....	25
Obrázek 5	Přeměna beta ⁺ (zdroj: 3)	25
Obrázek 6	Elektronový záchyt (zdroj: 3).....	26
Obrázek 7	PET/CT scanner Discovery VCT 64 GE MS (zdroj: 5).....	27
Obrázek 8	PET 3D rekonstrukce melanomu v nosní dutině (zdroj: 5).....	40
Obrázek 9	Melanom levé dutiny nosní (zdroj: 5)	40
Obrázek 10	Melanom na levém lýtku (zdroj: 5).....	41
Obrázek 11	PET – 3D rekonstrukce metastázy plic (zdroj: 5)	41
Obrázek 12	Metastáza maligního melanomu levé axily (zdroj: 5).....	42
Obrázek 13	PET 3D rekonstrukce metastázy v játrech a lymfatické uzlině (zdroj: 5).....	42
Obrázek 14	Metastáza v pravém jaterním laloku (zdroj: 5)	42
Obrázek 15	Metastáza v pretracheální lymfatické uzlině (zdroj: 5)	43
Obrázek 16	Maligní melanom hrudníku (zdroj: 6).....	43
Obrázek 17	Plantární ostruha (zdroj: 6).....	44
Obrázek 18	Meningeom (zdroj: 6).....	44
Obrázek 19	Fyziologická akumulace v prsech (zdroj: 6)	45
Obrázek 20	Fyziologická akumulace v prsech – 2 (zdroj: 6)	45
Obrázek 21	Maligní melanom cévnatky (zdroj: 6).....	46
Obrázek 22	Enchondrom talu (zdroj: 6)	46
Obrázek 23	Enchondrom levé fibuly (zdroj: 6)	47
Obrázek 24	Aplikační křeslo (zdroj: autor)	50
Obrázek 25	Roztok Mannitolu (zdroj: autor)	51

Obrázek 26 Perorální kontrastní látka pro CT (zdroj: autor).....	51
Obrázek 27 Stíněná digestoř spolu s automatickým dávkovačem (zdroj: autor)	52
Obrázek 28 Wolframové stínění pro injekční stříkačku (zdroj: autor).....	53
Obrázek 29 Olověný stínící vozík (zdroj: autor)	53
Obrázek 30 Křeslo v převlékací kabince s dorozumívacím systémem (zdroj: autor)	54
Obrázek 31 Televize se sledovacím kamerovým systémem (zdroj: autor)	54
Obrázek 32 Kamerový systém pro sledování pacienta v kabince (zdroj: autor)	55
Obrázek 33 Tlakový injektor (zdroj: autor).....	56
Obrázek 34 Ovládací konzole pro PET/CT (zdroj: autor).....	57
Obrázek 35 Vyšetřovací protokol pro maligní melanom (zdroj: autor)	57
Obrázek 36 Ovládací konzole k tlakovému injektoru (zdroj: autor)	58
Obrázek 37 Vyšetřovací lůžko s gantry a tlakovým injektorem (zdroj: autor)	59
 Tabulka 1 Charakteristika PET radionuklidů (zdroj: 4)	 30

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A <i>Pozvánka na vyšetření (zdroj: FNHK, oddělení nukleární medicíny)</i>	66
Příloha B <i>Anamnestický dotazník (zdroj: FNHK, oddělení nukleární medicíny)</i>	67
Příloha C <i>Souhlas s vyšetřením (zdroj: FNHK, oddělení nukleární medicíny)</i>	68
Příloha D <i>Příprava pacienta (zdroj: FNHK, oddělení nukleární medicíny)</i>	70

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

NM	nukleární medicína
RA	radiologický asistent
FZS	Fakulta zdravotnických studií
FNHK	Fakultní nemocnice Hradec Králové
KL	kontrastní látka
ZIZ	zdroj ionizujícího záření
IZ	ionizující záření
RF	radiofarmakum
UV	ultrafialové záření
mSv	jednotka dávkového ekvivalentu ionizujícího záření
RTG	rentgenový
HIV	virus lidské imunitní nedostatečnosti
s	sekunda
např.	například
aj.	a jiné
i.v.	intravenózně
mmol/l	mili mol molární hmotnosti na 1 litru
ČR	Česká republika
eV	elektronvolt
mm	milimetr
E_{β}	relativní riziko
e	elektron
α	alfa
β	beta
Bq	Becquerel

str.	strana
cm	centimetr
obr.	obrázek
DM	diabetes mellitus
mg	miligram
hod	hodina
kol.	kolektiv

ÚVOD

Tato bakalářská práce je zaměřena na téma Hybridní PET/CT u pacientů s maligním melanomem. Incidence tohoto onkologického onemocnění stoupá, a to především u lidí bílé pleti.

Maligní melanom je zhoubným nádorem kůže, spadá mezi neuroektodermové nádory postihující zpočátku kůži, ale v některých případech může prorůst hlouběji, a dokonce založit dceřiná ložiska (metastázy) v jiných orgánech. Zhoubné nádory kůže mohou poškodit nejen kůži, ale i svalovinu, kosti, chrupavku, okolní sliznice, a také okolní orgány např. oko. Vznik maligních melanomů má na svědomí ultrafialové záření.

Ačkoliv se může zdát, že diagnostika kožních změn se dá sledovat u každého z nás bez návštěvy specialisty, opak je pravdou. Většina lidí přemýšlí poměrně dlouhou dobu, zdali specialistu vyhledá a absolvuje vyšetření. Mnohdy to může mít přímo fatální následky.

Hybridní PET/CT vyšetření se provádí na oddělení nukleární medicíny.

Pozitronová emisní tomografie (PET) je moderní diagnostickou metodou, jež je schopna po nitrožilním podání radiofarmak trojrozměrně zobrazit patologické i fyziologické děje v lidském těle. Počítačová tomografie (CT) vyobrazuje pomocí rentgenového záření orgány lidského těla. Hybridní PET/CT je sjednocením těchto dvou vyšetřovacích metod.

V teoretické části je popsána radiační ochrana pacientů i radiačních pracovníků, radionuklidy, ionizující záření, kombinovaná vyšetřovací metoda PET/CT, radiofarmaka a maligní melanom.

V praktické části je popsána příprava a průběh vyšetření z pohledu radiologického asistenta, jak v České republice, tak i v zahraničí.

1 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je podrobně popsat a zdokumentovat průběh vyšetření u pacientů s maligním melanomem pomocí hybridního přístroje PET/CT. V teoretické části je mým hlavním úkolem popsat radiační ochranu nemocničního personálu, ale i pacientů. Dále jsem v této části nastínila problematiku maligního melanomu. V praktické části mé bakalářské práce se věnuji celému průběhu vyšetření, které počíná již přípravou pacienta a následné uložení na vyšetřovací stůl. Celé vyšetření končí tím, že pacient odchází a je dostatečně poučen.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Nukleární medicína je medicínským oborem, který se zabývá diagnostikou a léčbou prostřednictvím otevřených radioaktivních zářičů. Otevřený radioaktivní zářič se smí nacházet ve formě aerosolu, suspenze, roztoku, plynu, atd. V diagnostice je užíváno záření gama a pozitronové záření. V terapii se používá zářičů alfa a beta. Pomocí zářičů alfa a beta je prováděna terapie. Izotopem je takové atomové jádro, které má stejné protonové číslo, ale liší se počtem neutronů. Některé izotopy jsou radioaktivní a označují se jako radionuklidy.

Stavba atomového jádra

Samotný atom se skládá z jádra, kde se nachází protony a neutrony. Další vrstvou je obal, kde jsou pouze elektrony. To, jak se chemický prvek chová, závisí na tom, kde se v periodické tabulce nachází, a to také udává jeho protonové číslo Z . Nukleonové číslo A je dáno počtem protonů a neutronů, jež se nachází v jádře.

2.1 Radiační ochrana

2.1.1 Obecné zásady o radiační ochraně

Všechna pracoviště, kde je užíváno ionizující záření, což znamená i oddělení nukleární medicíny, se musí řídit zásadami radiační ochrany v souladu s následujícími předpisy:

„Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.“ [2]

Vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně, byla vydána Státním úřadem pro jadernou bezpečnost [3]

Radiační ochrana si klade za cíl zcela eliminovat deterministické účinky ionizujícího záření a snížit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na míru vhodnou pro jednotlivce, ale i společnost.

Osoba provádějící činnosti, při nichž existuje riziko ozáření:

- musí dbát na to, aby přínos její činnosti byl výrazně vyšší než její eventuelní riziko (princip odůvodnění),

- má povinnost dodržovat maximální úroveň radiační ochrany za účelem minimalizace rizika tak, aby dávka ozáření osob a riziko ohrožení, zdraví a životního prostředí byly tak nízké, jak jen lze dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek (**princip optimalizace**),
- je povinen zmírnit ozáření osob tak, aby nepřekročilo stanovené limity (**princip nepřekročení limitů**). [1]

Rozlišujeme tři druhy ozáření (expozice):

- „ozáření při práci (profesionální expozice) zahrnující všechna ozáření pracovníků, k nimž došlo při výkonu zaměstnání či přímé souvislosti s výkonem,
- lékařské ozáření (lékařská expozice), jež je především ozářením osob jako součástí vyšetřovacích a léčebných postupů na nich prováděných; patří sem i ozáření dobrovolníků neprofesionálů (rodinných příslušníků) při pomoci pacientům, návštěvníků pacientů a ozáření při lékařských výzkumech pomocí ionizujícího záření,
- ozáření obyvatel, kam spadají veškerá ostatní ozáření.“ [1, s. 26-27]

Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu (ICRP) doporučuje důsledný systém radiační ochrany, který zahrnuje všechny možné expoziční situace, včetně plánovaných expozičních situací, nouzových expozičních situací a existujících expozičních situací. Postupy v nukleární medicíně spadají do první situace, do plánované expozice, pod vnitrostátní nebo místní regulační kontrolu. Lékařské expozice se vztahují především k expozici pacientů za účelem lékařské diagnózy nebo léčby a jsou rozšířeny na expozice způsobené jednotlivci, kteří pomáhají při podpoře a pohodlí pacientů podstupujících tyto postupy (stejně jako dobrovolníci v biomedicínských výzkumných programech).

Systém radiační ochrany ICRP je postaven na třech základních principech radiační ochrany: princip ospravedlnění (přičemž každé rozhodnutí, kterým se mění situace v radiační expozici, by mělo činit více než poškození), princip optimalizace ochrany (čímž pravděpodobnost výskytu expozice, počet vystavených osob a velikost jejich jednotlivých dávek by se měla udržovat na co nejnížší rozumně dosažitelné úrovni (ALARA) s přihlédnutím k ekonomickým a společenským faktorům a také na zásadě omezení dávek (např. aby dávky jednotlivcům

z regulovaných zdrojů v plánovaných expozičních situacích jiných, než je lékařská expozice pacientů, nepřekročily příslušné limity doporučené ICRP). Na pracovištích nukleární medicíny podléhají pracovní a veřejné expozice personálu všem třem zásadám, zatímco lékařské expozice pacientů podléhají pouze prvním dvěma.

Přestože neexistují žádná konkrétní omezení na lékařské expozice pacientů, je třeba použití záření v postupech nukleární medicíny pro pacienty (nebo v biomedicínském výzkumu) odůvodnit (tj. výhody převažují nad riziky) a optimalizovat. To vyžaduje pečlivou pozornost a rovnováhu, aby se zajistilo, že pro specifické postupy pacientů budou radiační dávky udržovány na co nejnižší rozumně dosažitelné úrovni, zatímco kvalita obrazu a specifická nebo terapeutická výsledky jsou udržovány tak vysoké, jak bylo klinicky zamýšleno. [10]

2.1.2 Radiační limity, kategorizace a uspořádání pracovišť

Limity radiační zátěže jsou dány kvantitativním ukazatelem, který nesmí být překročen. Limity dělíme do čtyř skupin: obecné limity, limity pro radiační pracovníky, limity pro učně a studenty a limity pro omezování ozáření ve zvláštních případech. **Limity se vztahují na dávky způsobené jak zevním ozářením ze zdrojů mimo tělo, tak i vnitřním ozářením z radionuklidů vniklých do těla při vnitřní kontaminaci.** Do těchto dávek nezapočítáváme ozáření z přírodního pozadí. [1]

- **„Obecné limity** jsou platné pro obyvatele: pro efektivní dávku je to 1mSv/rok, pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15mSv/rok a pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1cm² kůže hodnota 50mSv/rok.
- **Limity pro pracovníky v prostředí radiačního rizika** (profesní ozáření). Efektivní dávka nesmí překročit za rok 20mSv, ekvivalentní dávka v oční čočce 150mSv za rok, průměrná ekvivalentní dávka na končetiny a kůži 500mSv za rok. Jedním z důvodů je zejména skutečnost, že obyvatelstvo zahrnuje velkou populaci dětí.
- **Limity pro studenty, kteří přicházejí při výuce do styku s ionizujícím zářením.** Efektivní dávka nesmí překročit 6mSv, ekvivalentní dávka v oční čočce 50mSv, průměrná ekvivalentní dávka na končetiny a kůži 150mSv.
- **Limity pro ozáření ve zvláštních případech** jsou platné pro osoby, které pečují o pacienty s aplikovanými radionuklidy doma (rodinné příslušníky) nebo ty,

které s nimi přicházejí do styku – u dětí je to 1mSv za rok, u dospělých 5mSv za rok.“

[1, str. 27]

Kategorizace pracovišť: Pracoviště se zdroji ionizujícího záření jsou v ČR rozdělena do I., II., a nebo III. kategorie, dělí se tak na základě typu výkonu a druhu užívaných zdrojů. Do II. kategorie spadá i nukleární medicína, jestliže užívá tzv. jednoduchých zdrojů (radionuklidové generátory ^{99}Mo - ^{99}Tc , dále ^{67}Ga , ^{111}In , ^{90}Y aj.). Pracoviště s lůžkovým oddělením, kde se aplikuje radionuklid ^{131}I o vysoké aktivitě na léčbu onemocnění štítné žlázy řadíme do III. kategorie.

Kontrolované pásmo je vymezeno všude, kde by efektivní dávka za 1 rok mohla být vyšší než 6 mSv či ekvivalentní dávka za 1 rok by mohla přesáhnout limit ozáření tři desetin pro kůži, oční čočku a končetiny. V kontrolovaném pásmu smí pracovat pouze pracovníci kategorie A. Na pracovišti, kde jsou otevřené zářiče II. a III. kategorie je nutno, aby byla pro pracovníky zařízena možnost osobní očisty a také převlékání. Vymírací místnost spadá na některých pracovištích pod kontrolované pásmo - jsou zde uskladněny látky, jež jsou pro obsah radionuklidů určeny k likvidaci.



Obrázek 1 Kontrolované pásmo (zdroj: 1)

Sledované pásmo je taktéž vymezováno, ale z hlediska radiační ochrany pro něj nejsou tak přísné požadavky. [1]

2.1.3 Radiační ochrana pracovníků

V nukleární medicíně platí, stejně jako v dalších oborech manipulujících s ionizujícím zářením, stejná pravidla týkající se radiační ochrany pracovníků.

Využívá se těchto tří postupů: ochrana vzdáleností, časem a stíněním.

Ochrana vzdáleností: Pracovníci by se měli držet co možno nejdále od IZ. Dávkový příkon záření gama a RTG záření klesají s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Pro svou ochranu by měli pracovníci používat pinzety, peany a manipulátory pro uchopení radiofarmak, dále by se měli držet dál od radiofarmakem již naaplikovaných pacientů.

Ochrana časem: Je známo, že dávka IZ stoupá s časem, po který pracovník je přítomen u jeho zdroje. Pokud dojde k optimalizaci pracovních úkonů, je možné snížit dobu pro manipulaci s radiofarmaky.

Ochrana stíněním: Se zajišťuje umístěním stínicí vrstvy vhodného materiálu o vysoké hustotě mezi zdroj záření a pracovníka. Materiál o vysoké hustotě má za úkol co nejvíce zeslabit svazek záření. Nejvíce je využíváno pro tyto úkony olovo, ale také i wolfram. Aby došlo k odstínění beta záření, využívají se k tomu lehké materiály, jako jsou např. hliník, plexisklo aj.

Na oddělení NM musí být zajištěna i ochrana před vnitřní kontaminací.

V rámci prevence je pomocí lékařského dohledu sledována u pracovníků kategorie A zdravotní způsobilost a vývoj zdravotního stavu z důvodu případného působení IZ na jejich zdraví. Tato péče je zajišťována oprávněným lékařem.

Pod lékařský dohled jsou zahrnuty i lékařské prohlídky jakou jsou:

- **vstupní** (každý pracovník kategorie A ji před nástupem musí absolvovat),
- **periodické** (uskutečňují se jednou za kalendářní rok),
- **mimořádné** (dochází k nim pouze pokud se zdravotní stav pracovníka změnil, a nebo pokud došlo k překročení limitů z ozáření),
- **výstupní**. [1]

2.1.4 Radiační ochrana pacientů

Pacient, který podstoupil léčebný postup v nukleární medicíně je zdrojem záření, které může vést k expozici dalších osob, které se dostanou do blízkosti pacienta. Vnější ozáření osob v blízkosti pacienta závisí na použitém radionuklidu a jeho emisích, poločasu, ale i biokinetice. Následkem vylučování zbytkového záření můžeme docházet ke kontaminaci pacientova prostředí, čímž jsou ohroženy i další osoby. Jednotlivci, kteří pracují s terapeutickými pacienty v nukleární medicíně, podléhají systému radiační ochrany pro pracovníky vystavené práci. Pokud osoba, která není odborně způsobilá (lékař), vědomě a dobrovolně poskytuje péči, je její expozice považována za součást lékařské expozice.

Někteří pacienti mohou mít v průběhu vyšetření na oddělení nukleární medicíny potíže, blízcí pacienta se mohou vědomě a dobrovolně rozhodnout, že se o pacienta budou starat, podporovat jej nebo jej utěšovat. Za těchto okolností je poznamenáno, že dávka těmto osobám by měla být omezena tak, že je nepravděpodobné, že by dávka během doby výkonu pacienta přesáhla 5 mSv. Dávka pro děti (a také pro širokou veřejnost), které se setkávají s pacienty, kterým byly podány radioaktivní látky, by měla být podobně omezena na méně než 1 mSv. Zvláštní pozornost by měla být věnována členům rodiny pacienta, který podstoupil radionuklidovou terapii. [1]

Možnosti usměrňování radiační zátěže pacientů v nukleární medicíně:

1. volba alternativních vyšetřovacích metod bez ionizujícího záření (sonografie, magnetická rezonance),
2. kontrola aktivity a kvality radiofarmaka před aplikací,
3. respektování diagnostických referenčních úrovní a volba optimalizované aktivity radiofarmak,
4. ovlivňování kinetiky radiofarmak,
5. kontrola kvality vyšetřovacích přístrojů.

Obrázek 2 Radiační ochrana pacienta (zdroj: 2)

2.2 Radionuklidy a ionizující záření

V dnešní době známe přes 2000 radioaktivních izotopů 104 chemických prvků. Tyto radionuklidy jsou rozděleny na přirozené a umělé.

Přirozené radionuklidy jsou takové, které se volně nacházejí v přírodě, těch je kolem stovky. Mezi nejznámější radionuklidy patří ^{226}Ra , ^{222}Ra , ^{40}K , ^{87}Rb atd. Žádný z přirozených radionuklidů však nemá své uplatnění v NM.

Samotný obor zvaný NM mohl vzniknout pouze díky objevu umělé radioaktivity. Nyní je možnost užití velkého množství umělých radionuklidů vyráběných v jaderných reaktorech a urychlovačích. Radionuklidy přirozené i uměle vytvořené mají schopnost přeměny, přeměňují se různými způsoby na jiné nuklidy. Nuklidy jsou buď stabilní a nebo radioaktivní. Mají různý fyzikální charakter, díky němuž se dají využít v diagnostice a terapii v NM, ale i v radioterapii. [4]

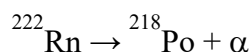
Ionizující záření se dělí na:

- korpuskulární – alfa, elektrony, pozitrony, přeměna alfa, beta- a beta+
- nekorpuskulární – X (rtg), gama, elektronový záchyt a izomerní přechod

2.2.1 Druhy radioaktivních přeměn

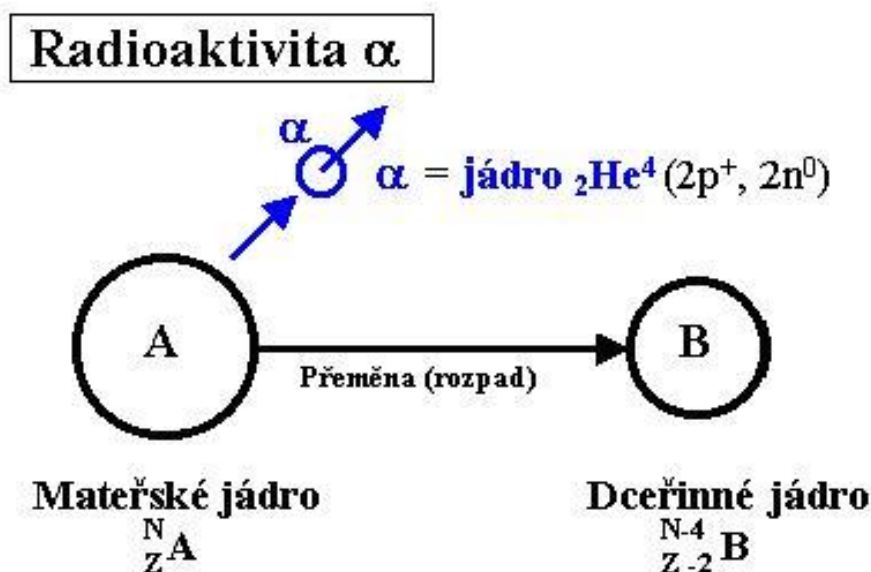
Přeměna α

K rozpadu dochází především u těžkých nuklidů, jako je Uran, Radon, Plutonium atd. Beryllium je jediný nejlehčí nuklid, který se svým rozpadem rozdělí na dvě α částice. Alfa částice jsou v podstatě ionty helia se dvěma protony, dvěma neutrony v jádru a dvěma elektrony odstraněnými z atomu helia. Po rozpadu se atomové číslo jádra poníží o 2 a hmotnostní číslo o 4.



Všechny částice α z daného radionuklidu mají poloviční energii, jež odpovídá rozpadu počátečního nuklidu na určitou energetickou úroveň produktu (samozřejmě včetně jeho základního stavu). Energie α částice se zpravidla rovná rozdílu energií mezi dvěma úrovněmi a pohybuje se v rozmezí od 1 do 10 MeV. Vysokoenergetické částice α obvykle pochází z radionuklidů s krátkou životností a naopak.

Dosah α částice je velmi krátký, přibližně 0,03 mm v tělesné tkáni. Částice α mohou být zastaveny pouhým kusem papíru, několika centimetrovou vzdáleností či rukavicemi. [9]



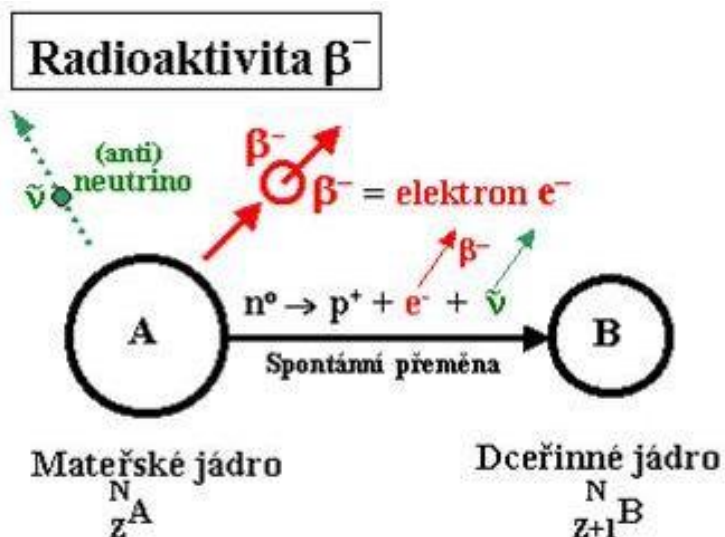
Obrázek 3 Přeměna alfa (zdroj: 3)

Přeměna β^-

Jádra, která mají příliš mnoho neutronů, jsou nestabilní. V těchto jádrech může být neutron přeměněn na proton. Přeměna β^- je v podstatě opakem elektronového záchytu (elektron je vytlačen z jádra, což vede k tomu, že se neutron stane protonem). Jelikož se jedná o opačný proces elektronového záchytu, v případě rozpadu β antineutrino vyrovnává rovnici. Přestože je vypuzený elektron fyzicky totožný s jakýmkoli jiným elektronem, což znamená, že vznikl v jádře, nazývá se beta částice β^- . Znaménko mínus po β označuje jeho záporný náboj.

Charakteristická je maximální energie β^- částice, která může vyplývat z rozpadu konkrétního izotopu. Antineutrino však může nést různá množství energie, a tak každá jednotlivá β^- částice je emitována určitou energií až na maximum. Průměrná energie dané β^- je asi jedna třetina maximální energie. Po podstoupení β^- rozpadu si atom udržuje stejnou atomovou hmotnost, ale atomové číslo se zvyšuje o jedna.

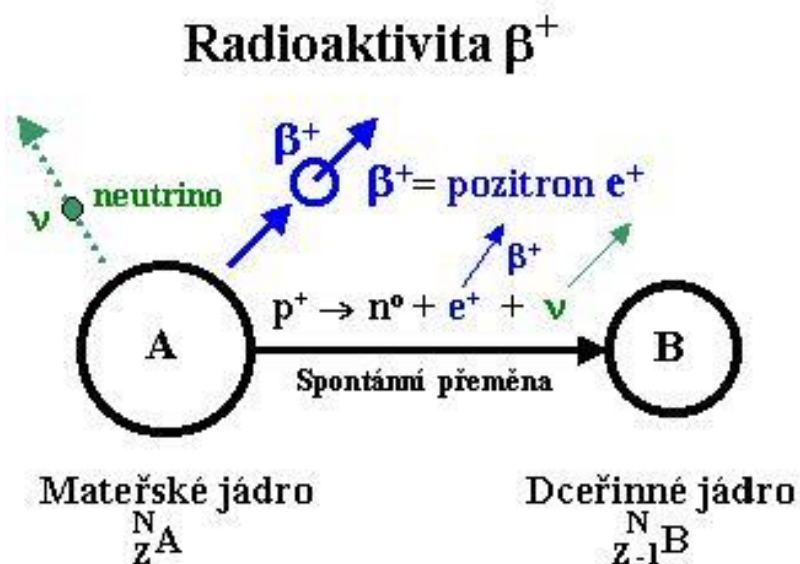
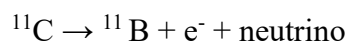
Vzdálenost, kterou urazí β^- částice, závisí na jejich energii a je typicky v milimetru až centimetru lidské tkáni. Vyšší energie má za následek delší dráhu, a proto je např. fotonové záření mnohem pronikavější. [11]



Obrázek 4 Přeměna beta- (zdroj: 3)

Přeměna β^+

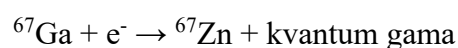
Jedná se o emisi pozitronů, které jsou kladně nabité. Pokud má jádro přebytek protonů, dojde k β^+ rozpadu. U protonu dojde k přeměně na neutron, neutrino a kladně nabitý pozitron, jež jsou z jádra emitovány. Protonové číslo dceřinného prvku je o jedno menší. Ve tkáni má pozitron dosah maximálně 2 mm, poté dojde ke spojení s elektronem a vzniknou dva kvanty anihilačního záření, jež má energii 511 keV.



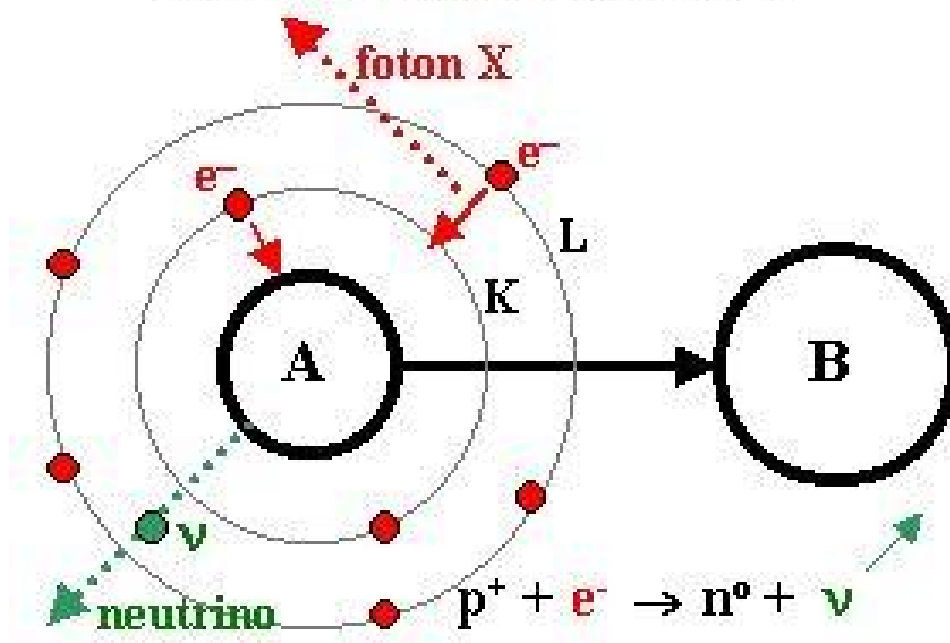
Obrázek 5 Přeměna beta⁺ (zdroj: 3)

Elektronový záchyt

Elektronový záchyt nastane u jader, jež mají neutronů nedostatek, zachytí elektron z valenční sféry atomu (nejčastěji ze slupek L nebo K), spojí se společně s protonem, dojde ke vzniku neutronu a emise gama záření a neutrína. Dceřiný prvek má protonové číslo o jedna menší. Elektron z vyšší orbity se dostane přeskokem na místo původního elektronu a při té příležitosti se uvolní kvantum RTG záření.



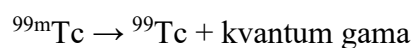
Elektronový záchyt



Obrázek 6 Elektronový záchyt (zdroj: 3)

Izomerní přechod

Tímto způsobem dochází k přeměně jader, jež se nachází v energeticky nestabilním stavu, současně dochází k emisi kvant gama záření. U nukleonového ani protonového čísla ke změně nedochází. [5]



2.3 Pozitronová emisní tomografie a výpočetní tomografie (PET/CT)

Tato vyšetřovací metoda patří v odvětví nukleární medicíny mezi jednu z nejnovějších. Cena vyšetření je vcelku nákladná, a také je nutná řádná příprava pacienta před samotným vyšetřením.



Obrázek 7 PET/CT scanner Discovery VCT 64 GE MS (zdroj: 5)

2.3.1 Pozitronová emisní tomografie (PET)

PET je diagnostickou zobrazovací metodou, jež má schopnost monitorovat na tomografických řezech jakým způsobem se v těle vyšetřovaného pacienta rozkládá radiofarmakum. Využívá se především pro onkologické diagnózy.

Vyšetření pomocí PET probíhá tak, že do těla pacienta je vpraven zářič β^+ . Tento typ zářiče má velice krátký poločas rozpadu, rozpad nastane maximálně do několika desítek minut. V těle pacienta dochází k rozpadu radiofarmaka, jež vytváří pozitrony. [16]

“Pozitron je antičásticí elektronu, která není schopna stálé existence a anihiluje s elektronem prostředí. Anihilace je proces, kdy hmota elektronu je přeměněna v energii ve formě dvou fotonů anihilačního záření, které se pohybují po přímce opačným směrem.

Vysoká energie – 511 keV těchto dvojic fotonů umožňuje jejich snímání prstencovitě uspořádanými detektory umístěnými v gantry přístroje. Vyšetření je emisní, protože záření vychází přímo z těla pacienta.

PET vyobrazuje místa s patologickými změnami metabolismu ještě před tím, než jsou viditelné změny morfologické, což přináší do medicíny časnější podchycení onemocnění. PET nezobrazuje detailní anatomické informace o lokalizaci těchto míst.“ [14, str. 46]

Pozitronový tomograf se skládá ze soustavy velkého množství miniaturních detektorů, jež jsou kruhovitě seřazeny do prstenců, které obklopují pacienta. V průběhu vyšetření detektory kolem pacienta nerotují. [4]

Nejvíce je užíváno zářiče izotopu ^{18}F , který má poločas rozpadu 110 minut, po rozpadu se přemění na kyslík. Tento zářič je do těla pacienta aplikován formou [^{18}F]-fluorodeoxyglukózy (FDG), jež je transformována na glukózu. Fluorodeoxyglukóza má obdobné chování jako glukóza, z toho důvodu se nejvíce vychytává v oblasti, kde je metabolismus aktivnější. [16]

Naprosto zásadní výhodou přístroje je prostorová rozlišovací schopnost a značná diagnostická přesnost. Podstatnou nevýhodou je pořizovací cena přístroje, která se odvíjí od jeho technické náročnosti. K samotnému přístroji je ve velké míře nevyhnutelně nutné pořídit i cyklotron. [1]

2.3.2 Výpočetní tomografie (CT)

Jedná se o neinvazivní metodu využívající průřezové obrazy tkáňových struktur, které jsou rekonstruovány výpočetní technikou podle rozdílné absorpce RTG záření v mnoha různých projekcích. CT má na rozdíl od PET velmi dobrou rozlišovací schopnost, zobrazení těla pacienta je možné ve 3D rozlišení.

Princip výpočetní tomografie:

- soustava zdroje RTG záření a detektorů, jež obíhají po kruhové ose,
- mezi rentgenkou a detektory je umístěn zkoumaný objekt (pacient),
- RTG paprsky procházejí pacientem z mnoha směrů,
- poté, co RTG paprsky projdou tělem pacienta, dopadnou na detektory, kde je zaznamenána intenzita dopadajícího záření,
- následně je obraz počítačově zpracován,
- vzniknou obrazy tkání v (desítkách - stovkách) řezů,
- posledním krokem je vyhodnocení. [15]

2.3.3 Fúze obrazů a hybridní zobrazení

PET přístroj nemá tak dobré rozlišovací schopnosti, zároveň anatomické i strukturální detaily nejsou tak dobře rozeznatelné jako u CT. PET však přináší informace o funkci, pokud je použito FDG, je možné určit úroveň spotřeby glukózy. Vyšetření pomocí samotné PET nelze jasně etiologicky určit.

Pouhé porovnávání PET a CT obrazů je pouze orientační. Pro specifikaci slouží počítačová registrace tomografických dat získaná z obou přístrojů a následující fúze snímků. Každý přístroj během fúze zobrazuje obraz v jinak barevné škále a v konečném snímku je možné procentuální zastoupení pozměnit. Konečný snímek není přesný a je pouze orientační. Z tohoto důvodu byly vytvořeny hybridní PET/CT skenery. Útvar PET i CT jsou seřazeny za sebou. Mají společné lehátko, jež má za úkol obstarat vhodnou polohu pro PET a CT snímání. Vyšetřovaný pacient se nesmí během vyšetření hýbat. Kvalita zaznamenaného obrazu z obou vyšetřovacích modalit je výrazně vyšší. Během vyšetření může dojít k nepatrným nepřesnostem, jež jsou většinou způsobeny dýcháním pacienta, a také samovolným pohybem myokardu. Hybridní PET/CT skenery se nevyužívají pouze k diagnostice, ale i při plánování radioterapie ke stanovení izodóz. Hybridní PET/CT skenery ovládly trh, a to především díky získanému kombinovanému obrazu, který podává informace o anatomii, ale i funkci. Pomocí těchto informací mohou lékaři v převážné části případů určit diagnózu a následný typ léčby. Ačkoli je FDG-PET/CT vyšetření i v dnešní době dostupné omezeně, je první volbou v 80 - 90 % celkového množství pacientů pro přesnou diagnostiku onkologických situací. [1]

2.3.4 Princip zobrazení pomocí FDG

Pacient musí dorazit minimálně 1,5 hodiny před samotným vyšetřením, aby mu mohlo být nitrožilně podáno radiofarmakum ^{18}F -FDG, které má aktivitu mezi 200 až 700 MBq. FDG proniká z krevního řečiště do extracelulární tekutiny, dále prostupuje do buněk, jež mají totožné mechanismy jako prostá glukóza. V tomto prostoru dojde prostřednictvím hexokinázy k fosforylaci na FDG-6-fosfát. FDG-6-fosfát je od běžné glukózy rozdílný, proto v těchto prostorách zůstává a dál není schopen nikam proniknout. Díky tomuto procesu dojde k tomu, že v buňkách se progresivně hromadí detekovatelné radionuklidy. Množství akumulace se odvíjí od intenzity hexokinázové reakce, kvantity a aktivity glukózových transportérů.

Před vyšetřením je nutné, aby pacient měl nízkou glykémii. Nízká glykémie je důležitá především proto, aby kompetice mezi plazmatickou glukózou a FDG o transportní mechanismy nenarušila kontrast patologických lézí. Non-dependentní transportní mechanismy inzulínu existují hlavně u nádorových buněk, z tohoto důvodu inzulinémie nezpůsobuje nadměrnou akumulaci FDG v lézích patologických. Pokud hodnota inzulinémie stoupne, následně dojde k odplavení FDG do svalstva, to má za důsledek zhoršení obrazového rozlišení. Je bezpodmínečně nutné, aby pacient před vyšetřením minimálně 6 hodin lačnil. U diabetiků je příprava na vyšetření daleko náročnější. Diabetici mají nižší výslednou hodnotu FDG-PET.

FDG je u zdravých pacientů fyziologicky vylučováno do dutého systému ledvin, následně močového měchýře a nakonec močí vypuzeno z těla ven. Šedá kůra mozková vykazuje vysokou akumulaci, protože glukóza je pro mozek primárním zdrojem energie. Především u štíhlých mladých a nervózních pacientů dochází v zimním období k vysoké akumulaci FDG v činné tukové tkáni krku a v oblasti paravertebrální. Po chemoterapii se některým pacientům vydatně znázorňuje benigně aktivovaná kostní dřevina anebo tračník. Pokud pacient před vyšetřením své tělo fyzicky namáhal, dojde k tomu, že po aplikaci FDG do těla, bude na výsledném obrazu patrná zvýšená akumulace ve svalstvu. [1]

2.3.5 PET radiofarmaka

V cyklotronu je produkováno mnoho radionuklidů emitujících pozitrony, ale jen málo z nich se používá k přípravě radiofarmak pro PET vyšetření.

Radionuklid	Poločas rozpadu	Typ rozpadu (%)	$E_{\beta} + \max$ (MeV)
^{11}C	20.4 min	β^+ (100)	0.970
^{13}N	10 min	β^+ (100)	1.2
^{15}O	2 min	β^+ (100)	1.74
^{18}F	110 min	β^+ (97) EC (3)	0.64
^{68}Ga	68 min	β^+ (89) EC(11)	1.90
^{82}Rb	75 s	β^+ (95) EC(5)	3.15
^{124}I	4.2 d	β^+ (23) EC(77)	2.14

Tabulka 1 Charakteristika PET radionuklidů (zdroj: 4)

I když se všechny tyto látky používají při vývoji nových PET radiofarmak, klinicky se využívá pouze radiofarmak ^{18}F , ^{13}N a ^{82}Rb .

Další radiofarmaka využívaná v NM při PET vyšetření:

- ^{82}Rb -RbCl a ^{13}N -amoniak se používají pro zobrazování perfuzí myokardu,
- ^{18}F -fluorodeoxyglukoza (FDG) se používá pro metabolické zobrazování srdce, mozku a různých typů rakoviny,
- ^{18}F -fluorodopa je využíváno pro zobrazení neuroendokrinních nádorů, ale i Parkinsonovy choroby,
- ^{18}F -fluorothimidin (FLT) pro zobrazení nádorů,
- ^{18}F -fluoromisonidazol (FMISO) po detekci hypoxických nádorů,
- ^{11}C -cholin pro zobrazení rakoviny tlustého střeva,
- ^{11}C -methionin pro zobrazení nádorů mozku,
- ^{18}F -florbetapir pro zobrazování amyloidních plaků u pacientů s Alzheimerovou chorobou,
- ^{18}F -HX4 pro zobrazení hypoxických nádorů. [10]

Pozitronová emisní tomografie má schopnost zobrazit metabolismus glukózy, proto je pro vyšetření maligního melanomu nejčastěji využíváno radiofarmaka ^{18}F -FDG.

^{18}F -FDG je pozitronovým zářičem s poločasem rozpadu 109 minut, díky němuž je možné provádět stagingu, a dále sledování účinku léčby.

Do těla pacienta je intravenózně vpraveno FDG o aktivitě 370 MBq.

Přibližně 45 - 60 minut od aplikace je prováděno celotělové PET/CT vyšetření. Celotělové vyšetření se provádí od baze lební do poloviny steh.

Fluorodeoxyglukóza se fyziologicky akumuluje v mozku, myokardu, játrech, slezině, střevech a v ledvinách. U mladších pacientů dochází k fyziologické akumulaci ještě v oblasti brzlíku. [12]

2.4 Radiofarmaka

Na rozdíl od běžného použití neradioaktivních terapeutických léčiv se radiofarmaka obecně podávají v subfarmakologické dávce při velmi vysoké specifické aktivitě (radioaktivita/ jednotková hmotnost). Radiofarmaka se mohou v některých případech skládat z radionuklidu v iontové formě jako je např.:

- jód-131 (^{131}I) pro léčbu rakoviny štítné žlázy,
- stroncium-89 (^{89}Sr) pro paliaci bolesti kostí,

ale tato činidla jsou obecně reprezentována farmaceutickými cílenými činidly, ke kterým je radioizotop chemicky připojen. Podobně jako u konvenčních farmaceutických přípravků se radiofarmakální zaměřovací činidla podávají:

- orálně,
- intraarteriálně,
- intravenózně,
- intratumorálně,
- intraportálně,
- intrakavitálně.

Podávaná radiofarmaka se akumulují v zájmovém orgánu nebo tkáni prostřednictvím různých zavedených známých biologických mechanismů, pro které jsou tato činidla navržena a vyvinuta. Radionuklidy připojené k radiofarmakům poskytují složku záření (radioaktivitu), zatímco molekula nosiče se zaměřuje konkrétně na nemocné tkáně nebo buňky. Tyto radiofarmaceutické nosné molekuly, na které jsou navázány radionuklidy se často nazývají vektory a skládají se z malých organických molekul, jako je lék, uhlohydrát, lipid, nukleová kyselina, peptid, fragment protilátky nebo dokonce velmi velké celé protilátky. Syntetické chemické a biologické problémy spojené s výběrem, vývojem a přípravou vektorů jsou náročné a klíčové faktory pro poskytnutí těchto činidel pro preklinické hodnocení s cílem případné klinické aplikace a jsou založeny na schopnosti radiofarmak se selektivně akumulovat v buňce, tkáni nebo orgánu.

Dávky aktivity radiofarmaka používaného pro diagnostické zobrazovací aplikace se liší v závislosti na rozsahu akumulace v cílovém místě, druhu prováděného vyšetřování typu a použité zobrazovací technice. Cílem je omezit úroveň aktivity, které jsou potřebné

pro zobrazování, aby se minimalizovala dávka záření na cílové tkáni. Hladiny radioaktivity v milicuriích (mCi) jsou mnohdy dostatečné pro diagnostické studie, zatímco pro terapeutické aplikace je často vyžadováno několik stovek mCi aktivity. Radiofarmaka jsou formulována v různých chemických a fyzikálních formách. Vyžadují výrobu a vydávání za dobrých výrobních podmínek. Radioizotopy používané pro diagnostické i terapeutické aplikace se obvykle vyrábějí ve výzkumných reaktorech a akcelerátorech nebo jsou k dispozici z radionuklidových generátorových systémů.

Radiofarmaka jsou dostupná v široké škále různých chemických a fyzikálních forem, které zahrnují radionuklidy v anorganických formách, jako jsou:

- Na^{131}I terapie štítné žlázy,
- $^{90}\text{SrCl}_2$ paliace bolesti kostí,
- $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_2$ zobrazování štítné žlázy,
- $^{99\text{m}}\text{Tc-MDP}$ (methyleno difosfonát) pro zobrazování kostí,
- $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ (methoxy isobutylisonitril), který je široce používán pro hodnocení regionální myokardiální perfuze.

Vývoj a používání radiofarmak je skutečně multidisciplinárním procesem. Radiofarmaka by měla být schopna rychle pročistit krev a pokud je to vhodné, tak díky vysoké membránové propustnosti usnadnit akumulaci buněk. Činidla by také měla vykazovat pomalý metabolismus před dodáním a po akumulaci v cílovém místě a minimální akumulaci v necílových orgánech. Kromě toho by měla mít omezený transport a biochemická transformace má napomáhat kinetickému modelování indikátoru. [8]

2.4.1 Lékové formy radiofarmak

U hromadně vyráběných RF pro aplikaci platí stejné podmínky jako pro výrobu jiných léčiv. Všechny předpisy a požadavky pro manipulaci s radioaktivními látkami musí být dodrženy. Při této výrobní fázi jsou radioaktivní látky společně s neaktivními materiály přeměněny v léčiva.

Parenterální RF

Tento typ RF je v klinické praxi nejpoužívanějším. Na základně fyzikální struktury jsou rozděleny na pravé roztoky, suspenze a koloidní disperze. Nejčastěji jsou podávány intravenózně, a to v případě, kdy se do těla pacienta vpravuje RA roztok, iontové disperze,

molekulární či koloidní suspenze. Subkutánně je do těla vpravována koloidní disperze, intralumbálně jsou podávány roztoky a plyny.

Perorální RF

Jako perorální RF může být označena tuhá látka i roztok. Vodné perorální roztoky mají podobné vlastnosti jako parenterální vodné roztoky a mohou obsahovat antioxidanty či bakteriostatiky, což jsou stabilizátory. V podobě želatinových tobolek jsou pro perorální aplikaci podávány tuhé látky. Tyto želatinové tobolky bývají naplněny indiferentní látkou, jež je radionuklidovým nosičem. Jodid sodný ^{131}I a cyanokobalamin ^{57}Co , ^{58}Co jsou toho příkladem. Bezvodý fosforečnan sodný, laktóza a prášková celulóza jsou indiferentními nosiči tvořícími náplně tobolek.

RF pro inhalaci

K inhalaci jsou užívány radioaktivní plyny. Krypton $^{81\text{m}}\text{Kr}$ je získáván proudem vzduchu z generátorového systému $^{81}\text{Rb}/^{81\text{m}}\text{Kr}$ k anihilaci. Nověji se v diagnostice užívá plynů, pomocí kterých jsou připravovány v malém cyklotronu, jež obsahuje radionuklidy s krátkým poločasem přeměny. Příkladem jest oxid uhličitý značen ^{11}C či ^{15}O i směs plynů obsahující ^{13}N .

RF pro lokální aplikaci

Iontoměničová fólie nasycená fosforem ^{32}P je příkladem lokální léčebné aplikace pro místní léčbu hemangiomů. [1]

2.4.2 Diagnostická radiofarmaka

Diagnostická RF se využívají pro zobrazování funkce orgánů a postižení nemocí, jedná se o jedinečnou schopnost nukleární medicíny. Radiofarmaka, která jsou užívána v diagnostických postupech nukleární medicíny obecně emitují buď záření gama nebo pozitrony. Poločasy radionuklidů pro zobrazení aplikace jsou obvykle od několika minut do několika hodin. [8]

2.4.3 Terapeutická radiofarmaka

Terapeutická RF nebyla na rozdíl od diagnostických navržena tak, aby jejich cílem bylo omezit dávku tkáňového záření. RF určená pro terapii mají za cíl dodání terapeutické dávky ionizujícího záření do konkrétního místa onemocnění pro vyléčení, kontrolu nemoci či zmírnění bolesti.

V radionuklidové terapii je biologický účinek získán energií absorbovanou ze záření emitovaného radionuklidu. Radionuklid užívaný pro cílenou terapii proto musí emitovat parciální paprsky, jež mají relativně krátkou dráhu, čímž ukládají energii záření v malém objemu buněk, aby se ušetřily okolní tkáně, které nejsou cíleny.

Účinnost terapeutických RF závisí na radiotoxické povaze vyzařovaného záření a cílové schopnosti radiofarmaceutického vektoru použitého k přenosu radionuklidu na místo onemocnění. [8]

2.5 Maligní melanom

V dnešní době patří právě maligní melanom k nádorům s nejrychleji rostoucí incidencí. Výzkumy bylo prokázáno, že největší výskyt byl nalezen u bělošské části populace, především severského typu, jež žijí v zemích s intenzivnějším slunečním svitem jako je např. Jižní Amerika, Austrálie či Nový Zéland. V České republice se roku 2016 udávala incidence invazivního melanomu 24,69 na 100 000 obyvatel. U žen je výskyt nižší než u mužů. Maligní melanom postihuje čím dál častěji mladší věkovou skupinu, výjimkou není ani výskyt ve věku prepubescentním.

2.5.1 Etiologie

Stále není znám důvod maligní transformace melanocytů. Je možnost, že se jedná o spontánní transformace, a to především u vzácných lokalizací. V převážné většině části kožních melanomů a s největší pravděpodobností i u okulárních forem se prokázalo, že jde o změny navozené UV zářením. Nejvíce riziková jsou obyvatelé s kožním fototypem I a II.

Nejvíce nebezpečné je nadměrné vystavování se UV záření, a to v krátkém časovém rozmezí. Dle patogeneze se přikládá velký význam i genetice. Uplatňuje se zde několik geneticky podmíněných syndromů, což je syndrom dysplastických névů, xeroderma pigmentosum a FAMM (familial atypical multiple mole and melanoma). V rodinách s dědičnou zátěží je výskyt melanomů přibližně 5-10 %.

Mezi další predisponující faktory patří imunosuprese vyvolaná léky, onemocnění HIV nebo velké kongenitální névy. [6]

2.5.2 Symptomatologie

Převážná část pacientů dorazí za odborníkem v případě, že jejich pigmentový névus změnil barvu, začal krvácet, zvětšil se, svědí či šupinatí. [6]

„Pro vyslovení klinického podezření jsou udávána ABCDE kritéria:

- *asymetrie – nepravidelný asymetrický tvar,*
- *bordeline – nepravidelnost ohraničení, cípaté okraje s výběžky a zářezy,*
- *colour – nepravidelné skvrnité zbarvení,*
- *diameter – průměr ložiska nad 5 mm a trvalé zvětšování,*
- *evolvment – tendence k rozvoji melanomu.“* [6, str. 188]

2.5.3 Diagnostika

Diagnostikování primárních kožních melanomů se v převážné části případů určuje klinicky zrakem, kde je nutností dlouholetá praxe a zkušenost.

Do klinického vyšetření podezřelé kožní tkáně patří palpace, případně i ultrazvukové vyšetření v oblasti uzlin. Lékař provádí palpační vyšetření inguin, axil, dále krční a nadklíčkové uzliny. Pro nezbytné celkové odstranění lézí je nutné histologické vyšetření.

Do stagingového vyšetření náleží ultrazvuk jater, RTG plic, CT hrudníku, břicha a malé pánve, dle symptomů lze doplnit scintigrafické vyšetření kostí, vyšetření mozku CT či magnetickou rezonancí, biochemii a krevní obraz. [6]

2.5.4 Diferenciální diagnostika

Aby mohlo být s přesností určeno, že se jedná právě o maligní melanom, musí být vyloučeny benigní léze jako jsou fibromy, onychomykomy, veruky, hemangiomy, ale také i spinoliomy a basaliomy, což jsou jiné maligní kožní nádory. [6]

2.5.5 Patologie

Maligní melanom je druh neuroektodermálního nádoru, jež vychází z melanocytů. Teoreticky je jeho výskyt možný v jakékoli tkáni. Z celkového množství případů se vyskytuje nejčastěji na kůži, ve tkáni oka a vzácněji na sliznicích. K rozhodování o dalších možnostech léčby je v současnosti zásadním vyšetřením také mutace BRAF 600.

Dle klinicko-patologického hlediska se rozlišují do několika typů:

- **Superficiálně se šířící melanom (SSM)** – zastoupení v cca 58 %. Jedná se o nejběžnější formu s nejvyšším kauzálním podílem UV záření. Růst je pomalý, nejčastějším místem výskytu je trup a končetiny.
- **Nodulární maligní melanom (NMM)** – představuje asi 21 %. Tento typ nádoru patří mezi nádory, které zpočátku rostou vertikálně, pravděpodobnost metastazování je velká.
- **Lentigo maligna (LMM)** zastoupení přibližně 9 %. Jde o formu rostoucí pomalu, s častým výskytem v obličeji, především u starších pacientů.
- **Akrolentiginosní maligní melanom (ALM)** jedná se o specifický formu melanomu, vyskytuje se na distálních člancích prstů, zpravidla pod nehtem. Mohou se vyskytovat i na ploškách dolních končetin a dlaních.

- **Slizniční melanomy** zastoupení je méně než 1 %. UV na jejich vznik nemá vliv, vyskytuje se u všech ras. Mohou vzniknout i v dutině ústní, vagíně, v okolí řitního otvoru a ve vedlejších dutinách nosních, apod. K samotné diagnostice dochází pozdě, tím se zhoršuje prognóza.
- **Oční melanomy** jedná se o nejčastější oční nádor u dospělých. Místem původu může být jakákoli oční struktura jako je například cévnatka, duhovka či řasnaté tělísko. [6]

2.5.6 Terapie

Maligní melanom se primárně léčí radikálním chirurgickým zákrokem (vyříznutí kožní tkáně s lemem o velikosti 1 cm zdravé tkáně u T1,2 a u T3,4 s lemem o velikosti 2 - 3 cm; hloubka vyříznutí maximálně po svalovou povázku). Jelikož maligní melanom je poměrně radiorezistentním onemocněním, není radioterapie užívána jako kurativní typ léčby. Při kontraindikaci chirurgického zákroku z jakékoliv příčiny lze naprosto mimořádně uskutečnit pokus o kurativní ozáření drobných plošných lézí (např. v oblasti obličeje).

U starších pacientů, jež se léčí s LMM a byla by operace rizikem, dá se použít terapie s kontaktním RTG.

Paliativní radioterapie může, i navzdory relativní radiorezistenci, zmírnit symptomy u pacientů s kostními metastázami, při kompresi míchy, inoperabilními uzlinovými metastázami a mnohočetnými mozkovými metastázami. Frakcionace, která by byla označena jako ta nejlepší, není jasná. Pro zdolání radiorezistence se používají vysoké jednotlivé dávky.

Pokud se nalezne pozitivní lymfatická uzlina při disekci uzlin, bývá jednotlivě zvažována adjuvantní radioterapie.

Frakcionace a dávka záření se odvíjí od velikosti a umístění nádoru, na celkovém stavu nemocného a také na zkušenostech radiačního onkologa.

Chemoterapie patří k paliativnímu typu léčby, užívá se jí při metastatickém postižení uzlin, její samotná úspěšnost či případná imunoterapie je dosti nízká. [7]

2.5.7 Komplikace po terapii

Potíže se odvíjejí od prováděného typu léčby. Chirurgické odstranění melanomu může být doprovázeno dehiscencí či jizvami s keloidy. Po radioterapii je možnost vzniku edému, epiteolýzy, exentémy, erytému nebo také může dojít k chronickým změnám jako je lymfedém,

fibróza a teleangiektasie. Po imunoterapii je větší pravděpodobnost teploty, příznaků chřipky, slizniční toxicita a jiné imunologické potíže. [6]

2.5.8 Prevence

Samotná prevence navazuje na dostatečnou informovanost společnosti o škodlivosti UV záření, nutnosti užívání krémů s vysokým ochranným faktorem a především fototypu I. a II. Terciální prevence si klade za cíl omezit progresi onemocnění, což znamená zabránit či včas podchytit progresi onemocnění u lidí, kteří se již s melanomem léčili. [6]

2.5.9 Prognóza

Prognóza se odvíjí od velikosti nádoru a včasného podchycení. Pokud se nádor chirurgicky odstraní ve fázi radiálního šíření, metastazování se dá vyloučit a pacient je pouhou excizí uzdraven. Prevencí a informovaností společnosti se případy dají ve větší míře podchytit již v prvotních fázích, a proto úmrtnost na kožní melanom je označována za naprosto nesmyslnou.

„Pro izolovaný primární maligní melanom existuje celá řada prognostických faktorů: věk, přidružené interní choroby, úroveň invaze tumoru do kůže dle Clarka, vertikální tloušťka nádoru (histopatologické měření maximální tloušťky nádoru dle Breslowa udávané v mm), přítomnost ulcerace, angioinvaze, lymfangioinvaze a mitotická aktivita.“ [6, str. 191]

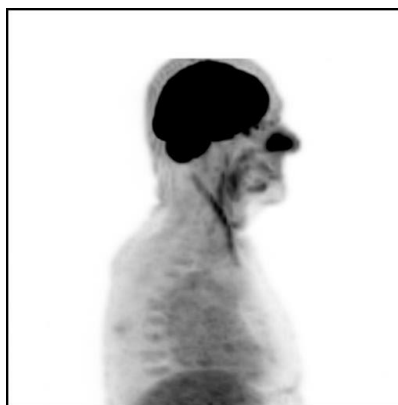
2.6 Patologické nálezy z praxe

Následující fotodokumentace vznikla v návaznosti na 3. kapitolu, jež popisuje praktickou část vyšetření. Pacienti s onkologickým onemocněním, kteří jsou v této kapitole zmíněni, byli vyšetřeni pomocí hybridního přístroje PET/CT za účelem upřesnění diagnostiky maligního melanomu.

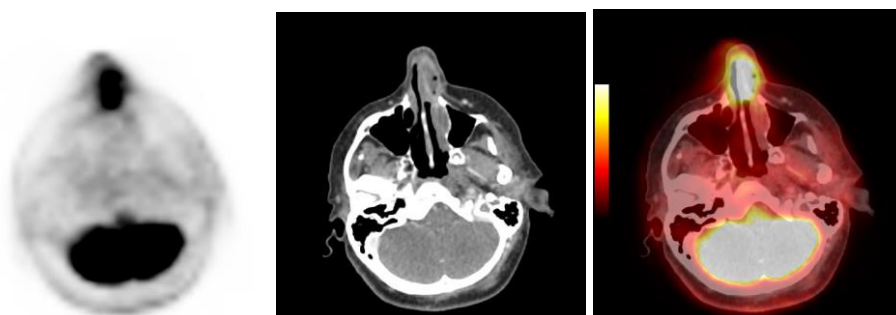
U všech vyšetřených pacientů bylo nitrožilně aplikováno radiofarmakum 2-deoxy-2-[^{18}F]-fluoro-D-glukóza. V praxi je zažita pod názvem fluoro-deoxy-glukóza (FDG).

Využívá se především z toho důvodu, že se dobře váže na glukózu a vykazuje metabolickou aktivitu orgánů či orgánových soustav. Následně byla provedena 3D rekonstrukce obrazu, vyšetření pomocí pozitronové emisní tomografie, počítačové tomografie a také PET/CT fúze (jedná se o sjednocení dat získaných z CT a PET). Fyziologická akumulace FDG je zřetelně viditelná v mozku, myokardu, játrech, slezině, střevech a také v ledvinách. U mladších pacientů se FDG fyziologicky akumuluje v brzlíku.

1. Maligní melanom v levé nosní dutině [12]

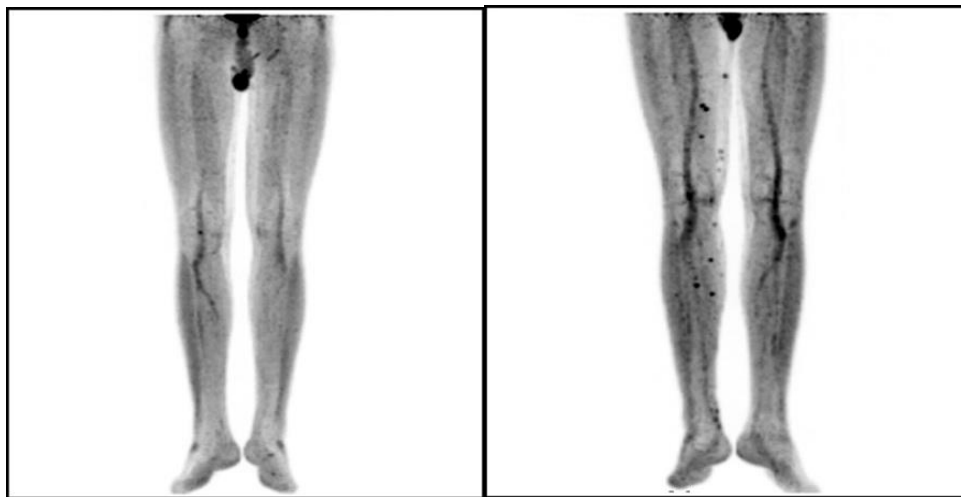


Obrázek 8 PET 3D rekonstrukce melanomu v nosní dutině (zdroj: 5)



Obrázek 9 Melanom levé dutiny nosní (zdroj: 5)

2. Pacient dorazil na kontrolní vyšetření po extirpaci maligního melanomu z levého lýtku. Dle vyšetření nebyly prokázány života schopné nádorové tkáně (obr. vlevo). Po pěti měsících pacient znovu přišel na vyšetření a byla zjištěna mnohočetná metastáza na levé dolní končetině (obr. vpravo) [12]

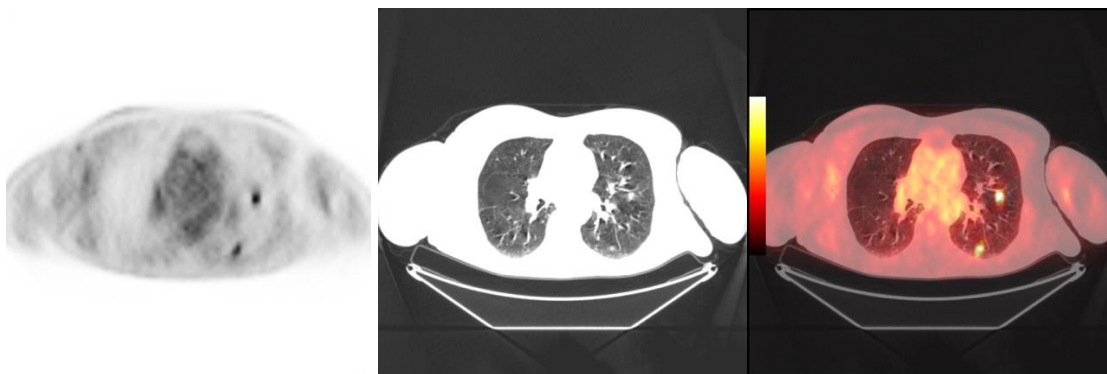


Obrázek 10 Melanom na levém lýtku (zdroj: 5)

3. Pacientovi bylo provedeno po extirpaci maligního melanomu pod levou lopatkou kontrolní vyšetření. Po pěti letech pacient přišel na kontrolní PET/CT. Vyšetřením byly zjištěny metastázy v obou plicích a také v pravé axile. [12]



Obrázek 11 PET – 3D rekonstrukce metastázy plic (zdroj: 5)

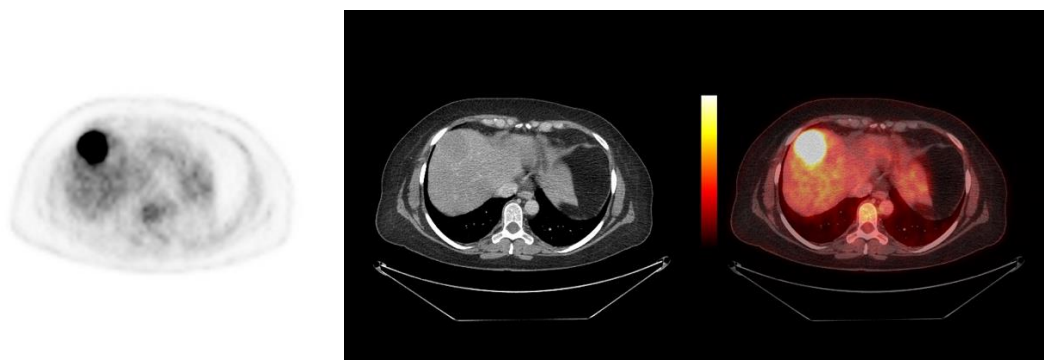


Obrázek 12 Metastáza maligního melanomu levé axily (zdroj: 5)

4. Pacient po extirpaci maligního melanomu v oblasti zad. Kontrolním vyšetřením byly zjištěny metastázy v pravém jaterním laloku a pretrachální lymfatické uzlině. [12]



Obrázek 13 PET 3D rekonstrukce metastázy v játrech a lymfatické uzlině (zdroj: 5)



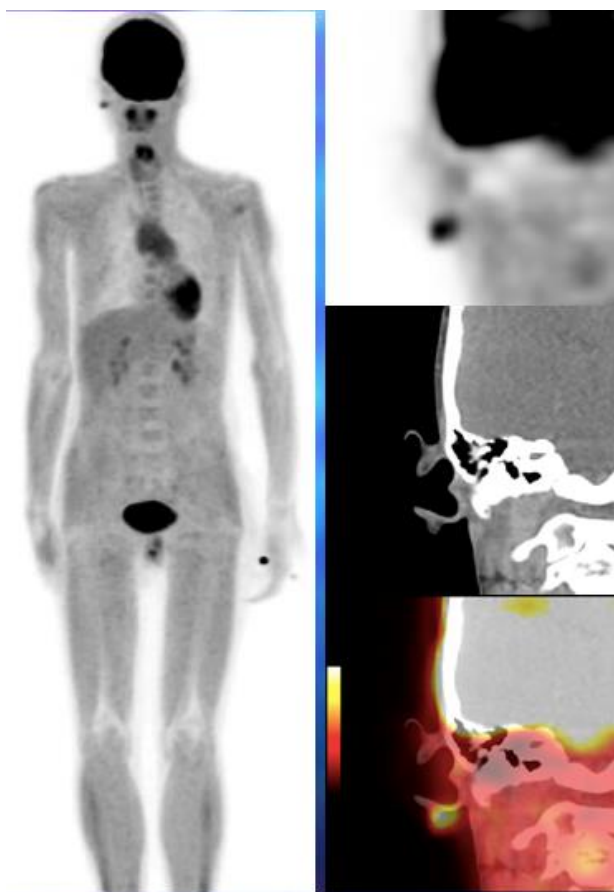
Obrázek 14 Metastáza v pravém jaterním laloku (zdroj: 5)



Obrázek 15 Metastáza v pretracheální lymfatické uzlině (zdroj: 5)

2.6.1 Neobvyklé nálezy při PET/CT vyšetření

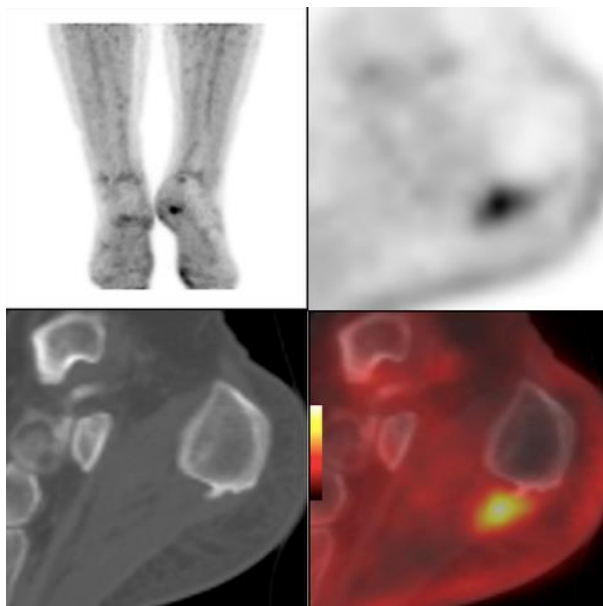
1. Maligní melanom na hrudníku po léčbě (žena, 27let)



Obrázek 16 Maligní melanom hrudníku (zdroj: 6)

Na obrazech získaných pomocí PET/CT vyšetření pozorujeme zvýšenou akumulaci FDG v oblasti zánětu. Zánět se nachází v dírci pravého ušního lalůčku. Následně je patrná akumulace v aktivovaném brzlíku po léčbě interferonem. [13]

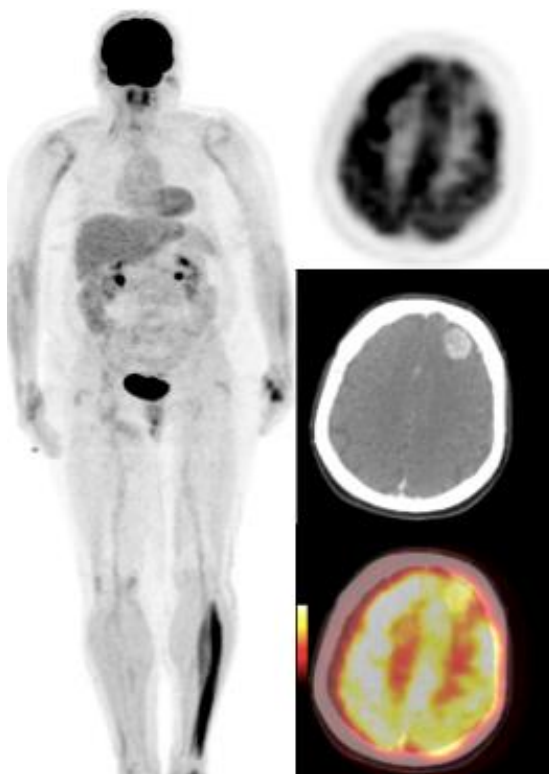
2. Kostní plantární ostruha (žena, 56let)



Obrázek 17 Plantární ostruha (zdroj: 6)

Žena byla léčena pro melanom v oblasti zad. Dorazila po excizi melanomu na kontrolu. Vyšetřením byla zjištěna kostní plantární ostruha. [13]

3. Maligní melanom na pravé patě (žena, 56 let)



Obrázek 18 Meningeom (zdroj: 6)

Maligní melanom pacientky se nachází na pravé patě. Pacientka přišla na kontrolní vyšetření po odstranění ložiska. Vyšetřením byl zjištěn kalcifikovaný meningiom (nádor mozkového obalu rostoucí z arachnoidei) frontálně vlevo. [13]

4. Maligní melanom v oblasti zad (žena, 31 let)



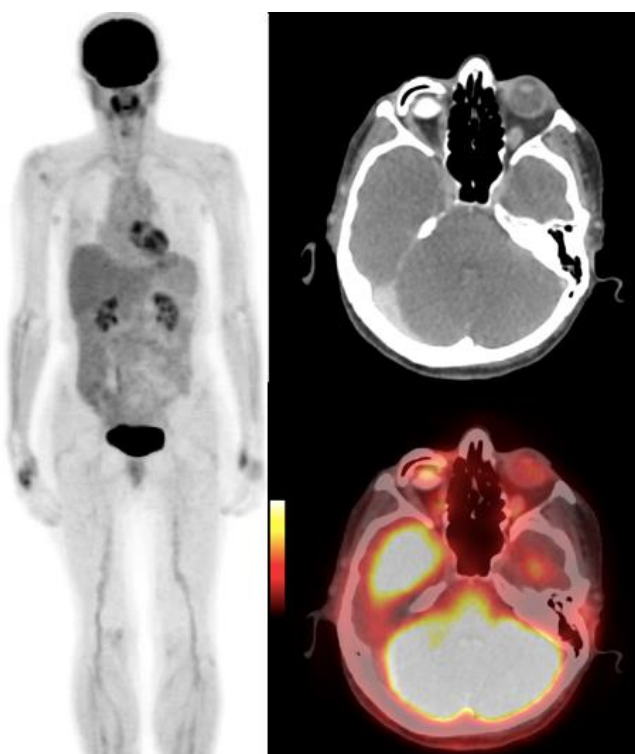
Obrázek 19 Fyziologická akumulace v prsech (zdroj: 6)



Obrázek 20 Fyziologická akumulace v prsech – 2 (zdroj: 6)

Pacientka po extirpaci maligního melanomu dorazila na kontrolu. Vyšetřením byla zjištěna fyziologická akumulace FDG v prsech. Tato akumulace byla následně vysvětlena tím, že žena je kojící. [13]

5. Maligní melanom cévnatky (žena, 58 let)



Obrázek 21 Maligní melanom cévnatky (zdroj: 6)

Pacientka měla v maligní melanom pravé cévnatky. Snímky jsou pořízeny po enukleaci (odebrání) pravého očního bulbu. Na snímcích vidíme i oční protézu. Vyšetřením pomocí PET byla vyloučena diseminace. [13]

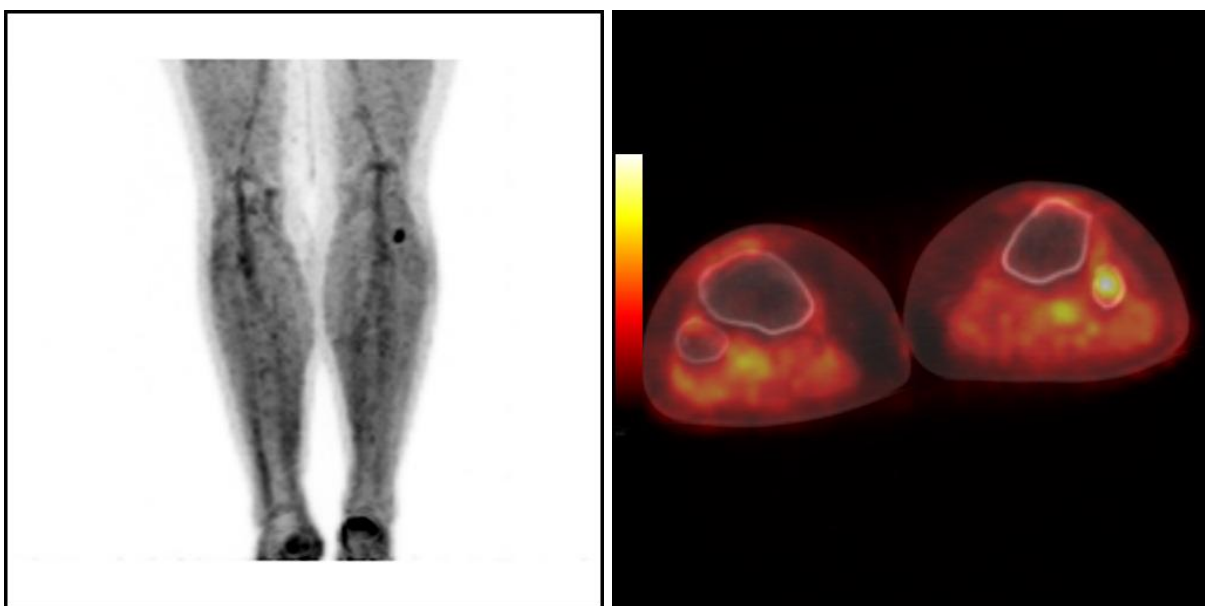
6. Enchondrom pravého talu (muž, 53 let)



Obrázek 22 Enchondrom talu (zdroj: 6)

Pacient byla léčena pro melanom v oblasti zad. Pro restaging po léčbě pacient dorazil na kontrolu. Na kontrolním vyšetření byl nalezen enchondrom (v kosti uložený nádor, jež je tvořen chrupavčitou tkání) s akumulací FDG v pravém talu. [13]

7. Enchondrom levé fibuly (žena, 43 let)



Obrázek 23 Enchondrom levé fibuly (zdroj: 6)

Pacientka byla léčena pro melanom a metastázu v levé axile. Pro restaging po léčbě přišla pacientka na kontrolu, díky níž byl diagnostikován enchondrom s akumulací v hlavici levé fibuly. [13]

3 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části své bakalářské práce se věnuji Hybridnímu PET/CT vyšetření u pacientů s maligním melanomem. Popisuji celý průběh vyšetření, jež zahrnuje přípravu před samotným vyšetřením, ale i doporučení, které by pacient měl dodržet po něm.

3.1 Příprava pacienta

Samotné vyšetření není možno správně provést bez důsledné přípravy pacienta. Snoubí se zde příprava pacienta jak pro CT, tak i pro PET. Příprava pro CT spočívá v podání kontrastní látky. Příprava PET je taktéž pro hladký průběh vyšetření nezbytná, pokud by nedošlo ke správnému dodržení, mohlo by dojít ke zkreslení výsledků ze samotného vyšetření.

Aby vyšetření bylo dostatečně validní, mělo maximální přínos pro pacienta a zároveň byla zajištěna přijatelná specificita i senzitivita, je zásadní:

- Aby se pacient alespoň tři dny před vyšetřením vyhýbal nepřiměřeně velké fyzické námaze, jeden den před vyšetřením a v den vyšetření by měl jakoukoli námahu minimalizovat.
- Pacient má povinnost minimálně šest hodin lačnit (nekonsumovat žádné žvýkačky ani bonbony)
- Pokud je pacient připojen na parenterální výživu, musí ji minimálně na čtyři hodiny přerušit, taktéž přerušit i infuzní terapii s roztoky obsahující glukózu.
- Je nutné, aby pacient před vyšetřením pil dostatečné množství tekutin. Je doporučeno vypít jeden litr neslazených tekutin v průběhu dvou hodin před vyšetřením. Jako nevhodné tekutiny jsou označeny všechny tekutiny, které jsou slazené, alkoholické, ale i mléko. Pokud není možný perorální příjem tekutin, je vhodné využít parenterálního typu hydratace (bez glukózy).
- Minimálně třicet až šedesát minut je nutné, aby byl pacient v teple (toto platí hlavně za chladného počasí – vhodné je, aby byl pacient před vyšetřením teple oblečen a zároveň aby eliminoval pobyt v chladu). V letním období by se pacienti neměli zdržovat v klimatizovaném prostoru. Pacient by měl dorazit s časovou rezervou minimálně půl hodiny před vyšetřením a odpočinout si v čekárně na pracovišti PET v optimální teplotě.
- Je nutné, aby byl dodržen dostačující časový odstup mezi chemoterapií a PET vyšetřením (alespoň dva týdny), radioterapií (alespoň tři měsíce – pokud se jedná o ozářenou oblast, ostatní části těla se mohou vyšetřovat bez omezení), operace (alespoň šest týdnů - pokud se jedná o operovanou oblast, ostatní části těla se mohou vyšetřovat bez omezení). Je všeobecně platné, že čím déle od operace či ozařování se vyšetření provádí, tím větší je spoleh na vyšetření. Je možné, že pokud by vyšetření proběhlo v blízké době od ozáření či operace, mohly by vznikat

pozitivní artefakty. Je také známé, že chemoterapie má schopnost zužitkovat glukózu nádorovým buňkám.

- U pacientů trpících diabetem (diabetes mellitus) je nutné, aby byla vyrovnána sérová hladina glukózy před vyšetřením. Pokud hladina glukózy převyší 7 mmol/l, snižuje se úspěšnost vyšetření. Jestliže hladina glukózy v krvi je vyšší než 10 mmol/l, vyšetření se nedá provést.
 - Jestliže pacient s 2. typem DM je na dietě, má přípravu stejnou jako pacienti bez DM.
 - Jestliže pacient s 2. typem DM užívá perorální antidiabetika (PAD), užije poslední dávku jeden den před vyšetřením. Ranní dávku užije až po PET/CT vyšetření. Mimoto se příprava neliší.
 - Pokud je pacient na inzulinoterapii s DM užije inzulin jeden den před vyšetřením podle pokynů ošetřujícího lékaře. Dále musí dodržet lačnění po dobu šesti hodin, v ranních hodinách před vyšetřením inzulin neužije. Dávku inzulinu určenou k ranní konzumaci si vezme s sebou spolu se snídaní, po PET/CT vyšetření se pacient nasnídá a aplikuje se mu inzulin. Mimoto se příprava v ničem neliší.

Neodmyslitelnou součástí vyšetření je samotné vyšetření pomocí CT přístroje, ve většině případů se podává jodová kontrastní látka (JKL), proto se mimo přípravu na PET vyšetření musí:

- Vysadit biguanidová perorální antidiabetika (PAD) po dobu 48 hodin.
- Pokud má pacient více druhů alergií nebo astma bronchiale, je nutné, aby byl premedikován. K premedikaci se užívá Prednison 40 mg v podobě tablet, užívá se 12 – 18 hod před aplikací JKL a ještě dávka Prednisonu o hmotnosti 20 mg v čase 6 – 9 hod před aplikací JKL.
- Pokud má pacient alergií na kontrastní látku nebo na jód, vyšetření je prováděno s dohlížejším anesteziologem za zvláštních opatření. Je nutné předem znát tyto alergie. Je nutné pacientovi zajistit termín, kdy bude moci být při vyšetření přítomen anesteziolog. Před vyšetřením musí být pacient premedikován Prednisonem o 40mg v podobě tablet, ideálně 12 – 18 hod před aplikací JKL a 6 – 9 hod před podáním JKL se podává Prednison o hmotnosti 20 mg. [20]

Během PET/CT vyšetření se mimo i.v. aplikace kontrastní látky ještě aplikuje perorální jodová kontrastní látka, pacient si s sebou musí vzít neslazenou vodu o objemu 1,5 l. Pacient je před vyšetřením řádně poučen, aby si na vyšetření přinesl lehké oblečení (triko, dlouhé kalhoty), protože po dobu 50 minut leží v PET/CT skeneru. Vyšetřovna je klimatizována, mohl by vzniknout tepelný diskomfort. Na pracoviště nukleární medicíny s sebou pacient nese anamnestický dotazník a vyplněný souhlas o vyšetření. V přílohách této bakalářské práce jsou výše zmíněné dokumenty k zahrnutý.

3.2 Průběh vyšetření PET/CT

Poté, co pacient dorazí na oddělení NM, sdělí na kartotéce své osobní údaje. Nato vyčkává v čekárně, než jej radiologický asistent vyzve, aby se dostavil do aplikační místnosti.

3.2.1 Aplikační místnost

Do aplikační místnosti s sebou pacient musí mít výsledky odběrů o ledvinných funkcích, dále anamnestický dotazník a podepsaný souhlas s vyšetřením.



Obrázek 24 Aplikační křeslo (zdroj: autor)

Pacient je radiologickým asistentem řádně poučen o průběhu vyšetření, je mu odebrána kapilární krev pro změření glykemie v krvi. Pokud by hladina glykemie byla vyšší než 8 mmol/l krve, byla by snížena citlivost vyšetření. Jestliže by změřená hladina glykemie v krvi převyšovala 12 mmol/l vyšetření nelze provést. Když jsou všechny hodnoty v pořádku, zavede se pacientovi, jenž sedí na odběrovém křesle, nitrožilní katetr do periferní žíly. Nitrožilní katetr se používá pro podání radiofarmak a kontrastních látek.

Radiologický asistent musí zředit kontrastní látku pro perorální užití, která se nazývá Micropaque od výrobce Guerbet a Mannitol, jež je produkován lékárnou FNHK. Zředěnou perorální kontrastní látku pacient popije po dobu 45 až 60 minut. Po tuto dobu vyčkává v kabině na následující vyšetření. Lékař nejdříve zkontroluje všechny údaje a změřené hodnoty pacienta, následně provádí aplikaci radiofarmaka. Pacient se může lékaře dotázat na případné nejasnosti.



Obrázek 25 Roztok Mannitolu (zdroj: autor)



Obrázek 26 Perorální kontrastní látka pro CT (zdroj: autor)

3.2.2 Příprava radiofarmak

Radiofarmaka, jež jsou určeny pro užití k vyšetření pomocí PET/CT přístroje, mají vysokou energii. Z tohoto důvodu potřebují speciální manipulaci. Na samotné přípravě RF pracují farmaceuti, kteří jsou zaměstnáni na oddělení NM. RF jsou jimi natahována do injekčních stříkaček ve stíněné olověné digestoři, a to za pomoci automatického dávkovače viz obr. 27.



Obrázek 27 Stíněná digestoř spolu s automatickým dávkovačem (zdroj: autor)

RA vloží do systému rodné číslo pacienta. Během přípravy RF je nutno přihlížet k pacientově výšce a váze. Dle těchto zadaných parametrů je přesná dávka radiofarmaka pro vyšetření natažena do injekční stříkačky o objemu 2 mililitry. Stříkačka krytá wolframovým stíněním (obr. 28), je vložena farmaceutem do digestoře, kde ji připojí k automatickému dávkovači a dojde k jejímu naplnění. Samotná stříkačka určená k aplikaci RF musí být vložena do olověného krytu, ten je umístěn do přepravního olověného vozíku (obr. 29) a převezen farmaceutem na aplikační místnost.



Obrázek 28 Wolframové stínění pro injekční stříkačku (zdroj: autor)



Obrázek 29 Olověný stínící vozík (zdroj: autor)

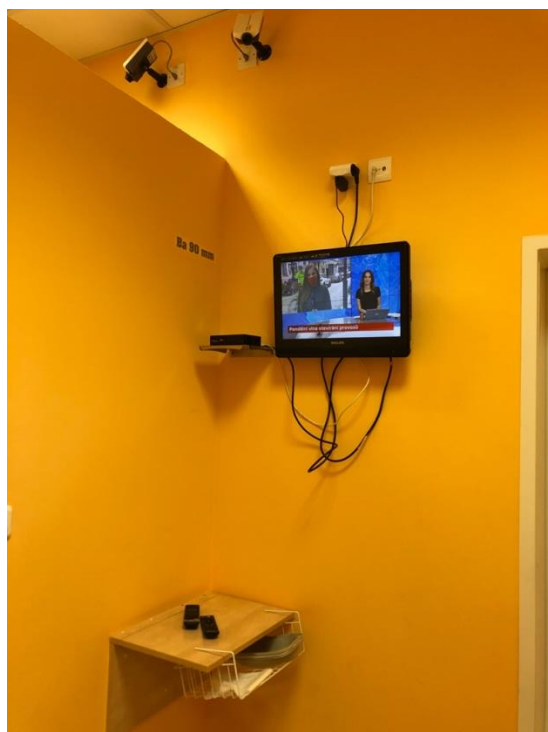
3.2.3 Převlékácká kabinka

Kabinka je malou uzavřenou místností, kde pacient následně po aplikaci RF sedí, vyčkává na vyšetření a popíjí kontrastní látku. V kabině je nainstalován kamerový i zvukový systém (viz obr. 30, 31, 32), díky kterému se personál může s pacientem dorozumívat. V kabině se nachází nejen křeslo, ale i televize. Pacientovi je naordinován absolutní klid. Pokud by pacient nedodržel lékařovo nařízení a pohyboval by se, RF by se vychytávalo ve svazech a došlo by ke zkreslení výsledků vyšetření. Pár okamžiků před vyšetřením je pacientovi RA doporučeno, aby si zašel na toaletu, a to z toho důvodu, že se FDG vylučuje močí z těla ven.

Po příchodu z toalety je pacient RA vyzván, aby si odložil všechny kovové předměty jako jsou např. šperky, oblečení se zipem, hodinky atd.



Obrázek 30 Křeslo v převlékáci kabince s dorozumívacím systémem (zdroj: autor)



Obrázek 31 Televize se sledovacím kamerovým systémem (zdroj: autor)



Obrázek 32 Kamerový systém pro sledování pacienta v kabině (zdroj: autor)

3.2.4 Způsob uložení pacienta

Pacient v kabině pobyl přibližně 1 hodinu, což je doba potřebná k akumulaci RF ve tkáních a také k vypití perorální kontrastní látky. Pacient je radiologickým asistentem vpuštěn do vyšetřovny. Pro ukládání pacienta na vyšetřovací stůl musí být zvolen nejrychlejší možný způsob, jelikož naaplikovaný pacient je zdrojem ionizujícího záření. Z tohoto důvodu je pacient instruován RA z bezpečné vzdálenosti, jak si má na vyšetřovací stůl správně lehnout. Pacientům s maligním melanomem je vyšetřováno celé tělo od hlavy až ke špičkám prstů dolních končetin. Pacient je instruován, jak zaujmout polohu vleže na zádech s rukama podél těla. Za použití fixačních pásů jsou paže připevněny k tělu, paže musí být co nejbližší tělu. Nesmí vzniknout vzduchová kapsa. Během upevňování fixačních pásů RA zjišťuje od pacienta, jaké jsou jeho zkušenosti s intravenózním podáním kontrastních látek. Následně je pacient poučen o nepříjemných pocitech, které mohou v průběhu vyšetření nastat. Mezi tyto průvodní pocity patří pocit sucha v ústech, teplo a nauzea. RA sdělí pacientovi, aby při obtížích neprodleně informoval personál, jež vyšetření provádí. Pacient je RA nastaven díky laserům do určené vyšetřovací pozice. Pacientům s maligním melanomem RA centruje laser temeno hlavy. RA na vyšetřovně má povinnost zkontrolovat, zdali je periferní žilní katétr průchodný. Po kontrole průchodnosti napojí RA katétr na tlakový injektor (viz obr. 33) a díky němu je do pacientova oběhu vpravena jodová kontrastní látka. Po aplikaci jodové kontrastní látky do pacientova žilního oběhu RA opouští vyšetřovnu, kde za sebou zavírá dveře.



Obrázek 33 Tlakový injektor (zdroj: autor)

3.2.5 Vyšetření pacienta

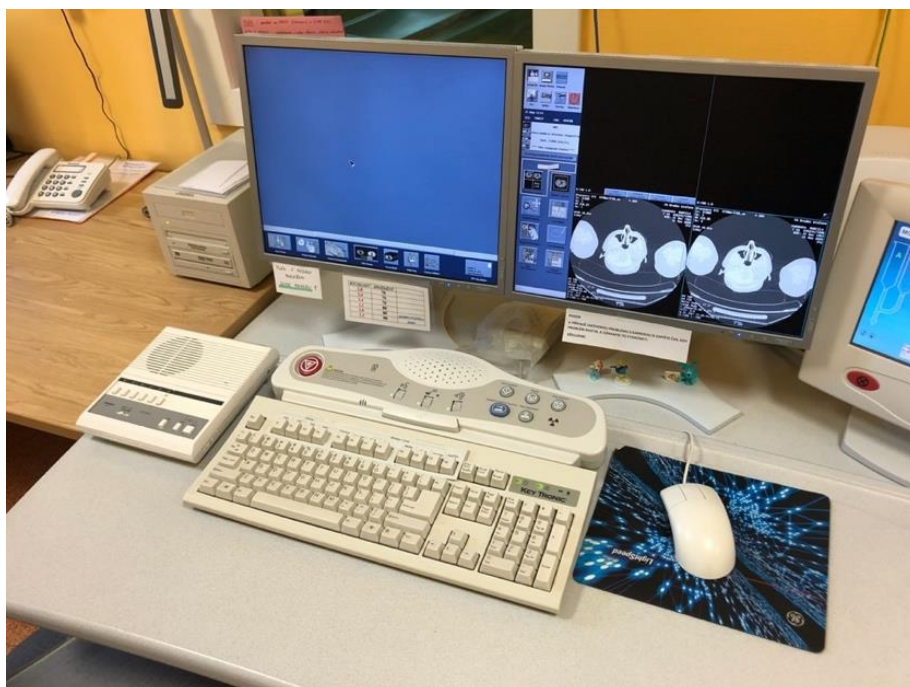
Vyšetření pomocí hybridního PET/CT přístroje není prováděno lékařem, nýbrž samotným radiologickým asistentem. RA provádí vyšetření v ovládací místnosti (viz obr. 34), kde má díky olověnému sklu a kamerovému systému přehled o pacientovi.

Ovládací konzole se skládá ze:

- dvou monitorů,
- ovládacího panelu, mikrofону,
- klávesnice,
- monitoru k ovládání tlakového injektoru.

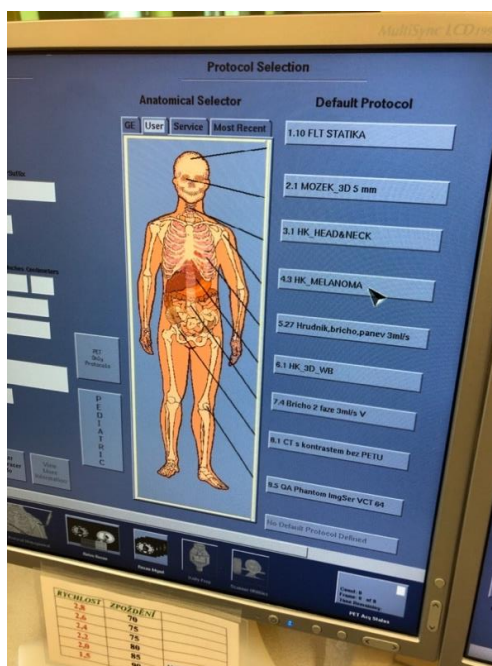
Na pravém monitoru RA sleduje aktuální snímkovanou část v detailním zobrazení. Vedle pravého monitoru se nachází ještě jeden monitor, který je menší a slouží k dálkovému ovládání tlakového injektoru. Tlakový injektor se nachází vyšetřovací místnosti. Levý monitor slouží k nastavení vyšetřovacího protokolu. Před klávesnicí se nachází ovládací panel s mikrofonom, díky kterému může RA po celou dobu vyšetření komunikovat s pacientem. V případě, že pacient má potíže a nemůže vyšetření dokončit, RA ihned ukončí vyšetření a s pacientem vyjede na vyšetřovacím stolem pryč z gantry. Tomuto případu se ale personál nemocnice snaží předejít. Vyšetření PET/CT je velmi nákladné, proto je velmi důležité, aby pacient si ještě před samotným vyšetřením vyzkoušel, zdali je schopen celé vyšetření absolvovat. Ideální je,

aby si proceduru vyzkoušel v den, kdy mu lékař vypíše žádanku k vyšetření pomocí PET/CT přístroje, tedy ještě dříve než pro něj nemocniční personál obstará RF.



Obrázek 34 Ovládací konzole pro PET/CT (zdroj: autor)

Vyšetření je započato až poté, co RA provede akvizici toposcanu, díky němuž je poté nastavena vyšetřovaná oblast zájmu pro CT a PET.



Obrázek 35 Vyšetřovací protokol pro maligní melanom (zdroj: autor)

Před vyšetřením je RA povinen nastavit, jestli je CT prováděno pouze s perorální kontrastní látkou nebo i s intravenózní kontrastní látkou. V případě, že byla aplikována KL intravenózně, musí se nastavit rychlost pro podání v ml/s a také i zpoždění, za jakou dobu od aplikace kontrastní látky CT scan započne. Poté, co tyto parametry byly RA nastaveny, spolu se startem vyšetření se zapne i tlakový injektor pomocí ovládací konzole (viz obr. 36). Ovládací konzole k tlakovému injektoru slouží k nastavení objemu kontrastní látky, která má být intravenózně vpravena do těla pacienta pomocí již zavedeného nitrožilního katetru.



Obrázek 36 Ovládací konzole k tlakovému injektoru (zdroj: autor)

Ihned po skončení CT scanu dojde RA díky ovládacímu mechanismu zpět na začátek a zahájí akvizici dat PET scannerem. Ne všechny hybridní PET/CT přístroje mají tu schopnost vyšetřit pacienta v plném rozsahu. Vyšetřovací rozsah se odvíjí od výšky pacienta, vysokým pacientům končí rozsah v oblasti bérů či kolen. V tomto případě se musí dalším vyšetřením doplnit chybějící data. RA odpojí pacienta od tlakového injektoru a informuje ho, že se bude otáčet. Pacient změní polohu, do gantry zajíždí nohama napřed. Toposcan i nastavování oblasti zájmu se musí znovu nastavit, následně se spouští vyšetření CT a PET. Dolní končetiny se vyšetřují obdobným způsobem, jediný rozdíl je, že už se kontrastní látka nepodává. V průběhu vyšetření RA kontroluje kamerovým systémem v kabinkách i ostatní pacienty.



Obrázek 37 Vyšetřovací lůžko s gantry a tlakovým injektorem (zdroj: autor)

3.2.6 Pacientův odchod

Následně poté, co vyšetření skončí, je pacient vyvezen RA z gantry a vyzván k odchodu do převlékací kabinky. Oblečený pacient se vrací zpět do aplikační místnosti, kde mu je nemocničním personálem vyjmut periferní žilní katétr a zároveň je poučen, jakým způsobem se má v následujících dnech chovat. Po samotném vyšetření by pacient neměl přijít 24 hodin do kontaktu s těhotnými ženami, dětmi, měl by dodržovat pitný režim, aby se lépe vyplavilo radiofarmakum a kontrastní látka z těla ven. Jestliže by pacienta v blízké době čekal let letadlem, je žádoucí, aby si dal vystavit potvrzení o aplikaci radioaktivní látky.

4 DISKUZE

Maligní melanom je zhoubným nádorem kůže, spadá mezi neuroektodermové nádory, postihuje zpočátku kůži.

Téma jsem si vybrala proto, že v dnešní době je aktuální a dovoluji si tvrdit, že je stále velmi podceňované. Zásadní problém spatřuji v nedostatečné prevenci. Lidé si často neuvědomují škodlivost ultrafialového záření, které toto onkologické onemocnění způsobuje. Z velké části je UV záření pohlceno ozónovou vrstvou atmosféry. To dokazuje, že na Novém Zélandě a v Austrálii je výskyt tohoto onemocnění častější, právě z důsledku vyššího výskytu ozónové díry v těchto oblastech. Velkým přínosem pro tyto oblasti by bylo zavedení povinných prohlídek u kožního specialisty. Jak již víme, tak časná diagnostika melanomu je zásadní v otázce následující léčby. V tomto spatřuji obrovský problém zdravotnický, ale i socioekonomický. Nejdůležitějším faktorem při léčbě melanomu je časná diagnostika, vykazující lepší prognózu onemocnění. Preventivní vyšetření by mělo být cíleno na rizikovou skupinu pacientů s kožním fototypem I. a II. kategorie. Dále bych chtěla podotknout na edukaci populace a dostupnost dermatoonkologického vyšetření. Jako další důležitý bod bych ráda zmínila samovyšetření. [18]

Česká republika se pohybuje na světové hranici v první desítce v četnosti nově diagnostikovaných melanomů na 100 000 obyvatel. Jak uvádí *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* v roce 2016 bylo v ČR diagnostikováno okolo 2600 nových primárních melanomů kůže. To je 24,69 nových případů na 100 000 obyvatel. Zajímavostí však je, že mortalita melanomu je téměř neměnná. [6]

Studie dle Kodeta a Krajsové uvádí, že incidence primárního kožního melanomu v populaci stoupá, z posledních 40 let čtyřnásobně. [18]

Hybridní PET/CT patří k jedné z nejmodernějších diagnostických zobrazovacích metod. Jedná se o jedinečnou kombinaci pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie. Tato metoda zobrazuje tkáň lidského těla v tomografických řezech.

PET přístroj je schopen poskytnout informace o rozsahu poškozených buněk. CT udává informace o reálné poloze patologických ložisek. Tato vyšetřovací metoda je využívána především pro diagnostiku onkologických onemocnění a následující léčbu. Překážkou je vysoká pořizovací cena přístroje a od ní se odvíjející provozní náklady na obsluhu. Z tohoto

důvodu tyto zařízení nalézáme pouze ve větších nemocnicích. Další nevýhoda spočívá ve velkých nákladech na výrobu a následnou přepravu radiofarmak.

Praktická část je zpracována dle postupů a standardů oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové. Všechna vyšetření maligního melanomu pomocí hybridního PET/CT přístroje probíhala naprosto standardně a bez komplikací.

Radiologický asistent před vyšetřením má za úkol zhodnotit hladinu glykémie, ideálně by měla hodnota být 8 mmol/l, nicméně v praxi je možné, aby hodnota byla i vyšší. Neměla by ale převýšit hodnotu 12 mmol/l, výsledek vyšetření by byl v takovém případě značně zkreslený. Všem pacientům je aplikována stejná dávka radiofarmaka FDG o aktivitě 370 MBq. [19]

Studie dle (Cachin a kol.) uvádí, že pacienti, kterým bylo aplikováno radiofarmakum ^{18}F -FDG (fluorodeoxyglukóza) za účelem diagnostiky maligního melanomu, měli před vyšetřením lačnit 4 – 6 hodin. Měli pít čistou neslazenou neperlivou vodu, stejně jako jsou indikováni pacienti ve FNHK. Voda se před vyšetřením pije proto, aby radiofarmakum po vyšetření bylo co nejdříve vyloučeno močí z těla pacienta.

RA stanovil z kapilární krve hladinu glykémie, obdobně jako ve FNHK. Test prokázal, že hladina glukózy v krvi byla pod hranicí 10 mmol/l. Pacienti obdrželi dávku mezi 3 až 5 MBq/kg. Samotné vyšetření bylo zahájeno až po 60 minutách od aplikace radiofarmaka. Vzniklé obrazy byly zpracovány dle použitých PET/CT skenerů. Obrazy získané pomocí hybridního PET/CT vyšetření byly vizuálně hodnoceny zkušeným lékařem z oddělení nukleární medicíny, který v případě pochybností o povaze abnormalit hodnotil obraz s kolegy. PET obrazy byly nejprve hodnoceny nezávisle na obrazech CT, a poté byly přímo korelovány s abnormalitami CT. [17]

5 ZÁVĚR

Do bakalářské práce jsem využila své vlastní poznatky z praktické výuky a také jsem čerpala ze svých zápisů z přednášek předmětu nukleární medicína. Samozřejmostí bylo použití odborné literatury. Ačkoli přednášek na dané téma bylo několik, zásadní informace a reálnou představu jsem získala až během odborné praxe na oddělení nukleární medicíny.

Svou práci rozděluji na dvě části, na teoretickou a praktickou. V teoretické části popisuji radiační ochranu pracovníků a pacientů. Dále popisuji hybridní přístroj PET/CT a radiofarmaka, která se při vyšetření maligního melanomu používají. V teoretické části je mou předností podrobné popsání rozdělení typů maligních melanomů. V neposlední řadě se zmiňuji o ionizujícím záření. Na teoretickou část jsem navázala částí praktickou, ve které se věnuji přesnému popisu samotného vyšetření maligního melanomu pomocí přístroje PET/CT. Praktická část zahrnuje celý popis vyšetření. Popisuji příchod pacienta, aplikaci radiofarmaka a jodové kontrastní látky, následuje způsob správného uložení pacienta, průběh vyšetření a končí instruktáží pacienta v souvislosti s jeho odchodem z oddělení nukleární medicíny.

Způsob vyšetření, který je v mé práci popsán, byl prováděn pracovištěm nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové. Vyšetření maligního melanomu pomocí pozitronové emisní tomografie a počítačové tomografie jsem vykonávala pod odborným dohledem radiologického asistenta. Mé poděkování za cenné informace a rady patří zvláště personálu oddělení nukleární medicíny ve FNHK.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- 1 KUPKA, Karel, Jozef Kubinyi, Martin Šámal a kol. *Nukleární medicína*. Vyd. 1. Příbram. P3K, 2007. 185 str. ISBN 978-80-903584-9-2.
- 2 ČESKO. *Zákon č. 18/1997 Sb.*, o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon). Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-18>
- 3 ČESKO (SÚJB). Vyhláška č. 307/2002 Sb., Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-307>
- 4 KORANDA, Pavel a kolektiv. *Nukleární medicína*. Vyd. 1. Olomouc. Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 201 str. ISBN 978-80-244-4031-6.
- 5 DOLEŽAL, Jiří. *Fyzika - NM*. Hradec Králové: FZS Univerzita Pardubice. In: portal.upce.cz [online]. 2017. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>
- 6 SOUMAROVÁ, Renata, Martina Kubecová a kol. *Onkologie: Učební texty pro studenty 3. LF* [online]. [cit. 15.1.2020]. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta, Radioterapeutická a onkologická klinika, 2011. Dostupné z: <https://www.lf3.cuni.cz/3LF-1478.html> ISBN: 978-80-87878-37-8.
- 7 ŠLAMPA, Pavel, Jiří Petera et al. *Radiační onkologie*. Vyd. Praha. Galen, 2007. 450 str. ISBN 978-80-7262-469-0.
- 8 KNAPP, F.F. (Russ), Ashuotosh Dash. *Radiopharmaceuticals for therapy*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2016. 347 str. ISBN 978-81-322-2606-2.
- 9 SAHA, Gopal B. *Physics and radiobiology of nuclear medicine*. 3rd ed. New York: Springer, 2006. 356 str. ISBN 978-0387-30754-1.
- 10 VOLTERRANI, Duccio a kolektiv. *Nuclear Medicine Textbok*. Springer Nature Switzerland, 2019. 1331 str. ISBN 978-3-319-95564-3.
- 11 PRYMA, A. Daniel. *Nuclear Medicine Practical physics, atifacts, and pitfalls*. Oxford, 2014. 209 str. ISBN 978-0-19-991803-4.
- 12 DOLEŽAL, Jiří. *NM - onkologie*. Hradec Králové: FZS Univerzita Pardubice. In: portal.upce.cz [online]. 2017. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

- 13 DOLEŽAL, Jiří. *PET - neobvyklé nálezy*. Hradec Králové: FZS Univerzita Pardubice.
In: *portal.upce.cz* [online]. 2017. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>
- 14 TICHÝ, Lubomír. *Medicína pro praxi*. Olomouc. [online]. 2009. [cit. 2020-05-29].
Dostupné z: <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2009/01/11.pdf>
- 15 SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. 368 str. ISBN 978-80-247-4108-6.
- 16 NAVRÁTIL, Leoš a Jozef Rosina, et al. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Praha: Grada, 2005. 524 str. ISBN 80-247-1152-4.
- 17 CACHIN, Florent and col. *¹²³I-BZA₂ a Melanin-Targeted Radiotracer for the Identification of Melanoma Metastases: Results and Perspectives of a Multicenter Phase III Clinical Trial*. 2014. [online]. [cit. 2020-06-02].
Dostupné z: <http://jnm.snmjournals.org/content/55/1/15.long>
- 18 KODET, Ondřej a Ivana Krajsová. *Maligní melanom, incidence, rizikové faktory a jeho časná diagnostika*. 2017. [online]. [cit. 2020-06-02].
Dostupné z: <https://www.onkologiecs.cz/pdfs/xon/2017/03/07.pdf>
- 19 KOLEKTIV ÚNM. *Příprava k vyšetření ¹⁸F-FDG-PET/CT*. Ústav nukleární medicíny 1. LF ÚK. [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupný z: http://unm.lf1.cuni.cz/materialy/PET/PET_priprava_lek.pdf

7 ZDROJE OBRÁZKŮ A TABULEK

1. ŠTĚDROVÁ, Veronika. *Nový atomový zákon a vyhláška o radiační ochraně - specifiky pro pracoviště nukleární medicíny*. In: *SUJB*. [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/radiacni-ochrana/seminare/NAZ_kurzy/Stedrova__seminarNM.pdf
2. KUPKA, Karel, Jozef Kubinyi, Martin Šámal a kol. *Nukleární medicína*. Vyd. 1. Příbram. P3K, 2007. 185 str. ISBN 978-80-903584-9-2.
3. DOLEŽAL, Jiří. *Fyzika - NM*. Hradec Králové: FZS Univerzita Pardubice. In: *portal.upce.cz* [online]. 2017. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>
4. VOLTERRANI, Duccio a kolektiv. *Nuclear Medicine Textbok*. Springer Nature Switzerland, 2019. ISBN 978-3-319-95564-3.
5. DOLEŽAL, Jiří. *NM - onkologie*. [online]. 2017 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>
6. DOLEŽAL, Jiří. *PET - neobvyklé nálezy*. [online]. 2017 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>

8 PŘÍLOHY

Příloha A Pozvánka na vyšetření (zdroj: FNHK, oddělení nukleární medicíny)



Vážená paní, vážený panedostavte se, prosím, na vyšetření PET/CT na Oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice v Hradci Králové, budova číslo 23 (naproti chirurgické klinice)

dne v hodin

Pozorně si přečtete přiložené dokumenty, řiďte se jimi a pečlivě vyplňte anamnestický dotazník a souhlas pacienta/ky s vyšetřením.

V den vyšetření si sebou přineste:

- VYPLNĚNÝ ANAMNESTICKÝ DOTAZNÍK
- VYPLNĚNÝ SOUHLAS PACIENTA/KY
- LABORATORNÍ VÝSLEDKY (UREA, KREATININ, GLOMERULÁRNÍ FILTRACE)
- 1,5 l NESLAZENÉ NEPERLIVÉ VODY

Prosíme, abyste alespoň 6 hodin před vyšetřením nic nejedli a nepili slazené nápoje či mléko!!!

DOPORUČENÍ:

vzhledem k nižší teplotě vyšetřovny PET/CT doporučujeme pohodlné teplejší a volnější oblečení bez kovových ozdob a zipů

PROSÍME:

ŠPERKY ZANECHTE DOMA

Nemůžete-li se na vyšetření dostavit, dejte nám to co nejdříve vědět na telefonní číslo **495 834 542**.

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

ANAMNESTICKÝ DOTAZNÍK PŘED VYŠETŘENÍM PET/CT
(vybranou odpověď zakroužkujte)

Příjmení a jméno pacienta:

Rodné číslo: Pojišťovna:

Mám alergii na jód (v potravě, lécích, dezinfekci)	ANO	NEVÍM	NE
Měl/a jsem již alergii na nitrožilně podané kontrastní látky	ANO	NEVÍM	NE
Mám sennou rýmu	ANO	NEVÍM	NE
Mám astma	ANO	NEVÍM	NE
Mám vleké onemocnění ledvin se sníženou funkcí ledvin	ANO	NEVÍM	NE
Mám cukrovku (diabetes mellitus)	ANO	NEVÍM	NE
Mám onemocnění krve, krvetvorby nebo mnohočetný myelom	ANO	NEVÍM	NE
Podstoupil/a jsem operaci	ANO	NEVÍM	NE
Kdy a jakou?			
Podstoupil/a jsem cytostatickou léčbu (chemoterapii)	ANO	NEVÍM	NE
Kdy byla ukončena?			
Podstoupil/a jsem léčbu zářením (radioterapii)	ANO	NEVÍM	NE
Kdy byla ukončena?			
Užívám antirevmatika (léky jako např. Ibalgin, Brufen, Ibuprofen, Nimesil, Aulin,...) nebo kortikosteroidy	ANO	NEVÍM	NE
Užívám streptomycin nebo neomycin	ANO	NEVÍM	NE
Mám vysoký krevní tlak (arteriální hypertenzi)	ANO	NEVÍM	NE
Mám srdeční nedostatečnost (srdeční městnání)	ANO	NEVÍM	NE
Mám vleké onemocnění jater	ANO	NEVÍM	NE
Mám zvýšenou funkci štítné žlázy (hypertyreózu)	ANO	NEVÍM	NE
Jsem těhotná, mám podezření na těhotenství, kojím	ANO	NEVÍM	NE

Pokud jste něčemu nerozuměl/a nebo máte doplňující otázky – obraťte se na lékaře či sestru

Datum:

Podpis pacienta – zákonného zástupce:

Příloha C Souhlas s vyšetřením (zdroj: FNHK, oddělení nukleární medicíny)



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

Tel.: 495 831 111

IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny - 6682

tel./fax: 495 834 542

**Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce
s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ^{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, sanitář, ...)

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

Vážená paní, vážený pane,
na základě Vašeho zdravotního stavu doporučil Váš ošetřující lékař vyšetření na našem oddělení. Vyšetření se provádí na moderním přístroji PET/CT. Tato metoda umožňuje velmi podrobně zobrazit změny na vnitřních orgánech pomocí radioaktivní látky. Často je součástí vyšetření i nitrožilní podání jódové kontrastní látky s cílem dosažení kvalitnějšího zobrazení.
Před vyšetřením prosím vyplňte krátký anamnestický dotazník.

Popis výkonu:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dne: v hodin

Podpis:

Místo aplikace radiofarmaka a kontrastní látky:

kubitální žíla ☐ vpravo ☐ vlevo

předloktí ☐ vpravo ☐ vlevo

dorsum ruky ☐ vpravo ☐ vlevo

flexila ☐ vpravo ☐ vlevo

jiné

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

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

jmenovka a podpis:



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

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

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

Výsledky MUSÍ být v tištěné formě!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Vyšetření se doporučuje provést:

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

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

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

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

Pokud se Vám datum a čas vyšetření nehodí, je nutné přebjedenat 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.