

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

Lukáš Diblík

Univerzita Pardubice

Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při PET/CT vyšetření pacientů s maligním
melanomem

Lukáš Diblík

Bakalářská práce

2016

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Diblík**
Osobní číslo: **Z13043**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při PET/CT vyšetření pacientů s maligním melanomem**
Zadávající katedra: **Katedra informatiky, managementu a radiologie**

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

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

Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 35 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

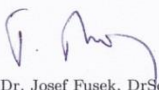
Seznam odborné literatury:

1. KORANDA, Pavel. Nukleární medicína. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 201 s. ISBN 978-80-244-4031-6
2. HUŠÁK, Václav. Radiační ochrana pro radiologické asistenty. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, 138 s. ISBN 978-80-244-2350-0
3. VOTRUBOVÁ, Jana, et al. Klinické PET a PET/CT. 1. vyd. Praha: Galén, 2009, 207s. ISBN 978-80-7262-619-9
4. ULLMANN, Vojtěch. Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření. Ostrava 2002. [online] Dostupné z: <http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm> [cit. 2015-04-18]
5. Česko Vyhláška č. 307 ze dne 13.června 2002 Vyhláška o radiační ochraně [online] Dostupné z: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/legislativa/vyhlasiky/307_po_novele.pdf [cit. 2015-04-18]
6. DOLEŽAL, Jiří. Fyzika. 2012. [online] Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/moje-studium/materialy.html> [cit. 2015-04-18]
7. KUBECOVÁ, Martina, a kol. Onkologie: Učební texty pro studenty 3. LF. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. LF UK, 2011. ISBN 978-80-254-9742-5

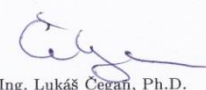
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kulíř**
Katedra informatiky, managementu a radiologie

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2016**


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Ing. Lukáš Čegaň, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. března 2016

PROHLÁŠENÍ

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 6. 5. 2016

Lukáš Diblík

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Jiřímu Kulířovi. Děkuji moc za jeho ochotu, spolupráci a cenné rady při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům z oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové, kteří mi věnovali svůj čas a prostor ke sběru dat pro praktickou část mé práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za jejich podporu v průběhu celého mého studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá činností radiologického asistenta v průběhu PET/CT vyšetření maligního melanomu. Práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. Část teoretická je zaměřena na shrnutí informací potřebných k porozumění tohoto vyšetření. Část praktická pak popisuje a dokumentuje, jak se PET/CT vyšetření provádí a jak probíhá příprava pacienta před samotným vyšetřením.

KLÍČOVÁ SLOVA

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

TITLE

The role of radiological assistant during PET / CT examination of patients with malignant melanoma.

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the activities of a radiology assistant during the PET/CT examination of malignant melanoma. The thesis consists of two parts, a theoretical and a practical one. The theoretical part focuses on an overview of information necessary to understand the examination. The practical part then describes and documents the PET/CT examination itself and the preparation of the patient before it.

KEYWORDS

positron emission tomography, malignant melanoma, radiology assistant, radiation protection.

OBSAH

ÚVOD	11
CÍL PRÁCE	11
1 TEORETICKÁ ČÁST	12
1.1 RADIOLOGICKÝ ASISTENT	12
1.2 ANATOMIE KŮŽE.....	15
1.3 NÁDOROVÝ RŮST A KLASIFIKACE	19
1.4 NÁDORY KŮŽE	21
1.5 MALIGNÍ MELANOM.....	25
1.6 RADIAČNÍ FYZIKA	29
1.7 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA	36
1.8 RADIAČNÍ OCHRANA	42
1.9 RADIAČNÍ OCHRANA V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ	48
2 PRAKTICKÁ ČÁST	51
2.1 PŘÍPRAVA PACIENTA PŘED VYŠETŘENÍM.....	51
2.2 PRŮBĚH PET/CT VYŠETŘENÍ	52
3 DISKUZE	57
4 ZÁVĚR	59
5 POUŽITÁ LITERATURA	60
6 PŘÍLOHY	62
6.1 PŘÍLOHA A - PŘÍPRAVA PACIENTA NA PET/CT	62
6.2 PŘÍLOHA B - SOUHLAS S VYŠETŘENÍM	64
6.3 PŘÍLOHA C - ANAMNESTICKÝ DOTAZNÍK.....	66
6.4 PŘÍLOHA D - POZVÁNKA K VYŠETŘENÍ	67

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Epidermis (zdroj: 16)	16
Obrázek 2 Bazocelulární karcinom (zdroj: 16).....	24
Obrázek 3 Model atomu uhlíku (zdroj: autor).....	30
Obrázek 4 Scintilační detektor (zdroj: 11).....	38
Obrázek 5 Schéma gamakamery (zdroj: 11).....	39
Obrázek 6 Hybridní PET/CT (zdroj: 11, autor).....	42
Obrázek 7 Osobní filmový dozimetr (zdroj: 15)	48
Obrázek 8 Prstový TLD dozimetr (zdroj: 14).....	48
Obrázek 9 Detekční sonda a data ze sond na oddělení (zdroj: autor).....	49
Obrázek 10 Měřič povrchové kontaminace (zdroj: autor).....	49
Obrázek 11 Schéma pohybu radiofarmak na NM. (zdroj: 11)	50
Obrázek 12 Stíněná digestoř s automatickým dávkovačem (zdroj: autor)	52
Obrázek 13 Wolframové stínění (zdroj: autor).....	52
Obrázek 14 Odběrové křeslo v aplikační místnosti (zdroj: autor).....	53
Obrázek 15 Nastavení pacienta – lasery (zdroj: autor).....	54
Obrázek 16 Tlakový injektor (zdroj: autor).....	55

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

i. v.	intravenózně
IZ	ionizující záření
CT	computed tomografy
NM	nukleární medicína
RO	radiační ochrana
FDG	fluor-deoxy-glukóza
DNA	deoxyribonukleová kyselina
PET	pozitronová emisní tomografie
SÚRO	Státní úřad radiační ochrany
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost

0 ÚVOD

Jako téma své bakalářské práce jsem si vybral úlohu radiologického asistenta při PET/CT u pacientů s maligním melanomem, jelikož se v rámci nukleární medicíny jedná o vcelku novou a rozvíjející se hybridní metodu. Tato metoda, poskytuje morfologický i metabolický obraz tkáně při jediném vyšetření bez nutnosti změny polohy pacienta. Širší veřejnosti však není doposud příliš známá. Maligní melanom je naopak téma, které v současné době přitahuje pozornost odborníků i laické veřejnosti. Jedná se totiž o jeden z nejzhubnějších kožních nádorů s rostoucí incidencí, který na rozdíl od ostatních kožních nádorů začíná brzy metastazovat. Bakalářská práce je rozdělena do dvou částí, teoretické a praktické. V teoretické části se snažím o nastínění oboru radiologický asistent a dostatečné přiblížení problematiky maligního melanomu. Část práce věnuji hybridnímu PET/CT přístroji a radiofarmakům užívaných na odděleních nukleární medicíny. Zmiňuji se i o radiační ochraně v rámci nukleární medicíny. V praktické části pak popisuji průběh vyšetření pacienta s maligním melanomem hybridním PET/CT a úlohu radiologického asistenta.

CÍL PRÁCE

Cílem mé práce je zdokumentovat čtenářům PET/CT vyšetření a úlohu jakou při něm zastává radiologický asistent. Dále si kladu za úkol přiblížit problematiku maligního melanomu a radiační ochrany v nukleární medicíně.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Radiologický asistent

1.1.1 Legislativa

Díky rozvoji využívání ionizujícího záření na poli zdravotnictví, konkrétně v oblasti radiodiagnostiky, radioterapie a nukleární medicíny, vznikla potřeba odborně kvalifikovaného personálu, který by byl schopen provádět specializovaná vyšetření na nových radiologických přístrojích. Tato skutečnost zavedla vznik novému oboru radiologický asistent. Působení zdravotnického asistenta je definováno zákonem č.96/2004 Sb. O nelékařských zdravotnických povoláních a je upraveno vyhláškou 55/2011 Sb.

“(1) Radiologický asistent vykonává činnosti podle § 3 odst. 1 a dále bez odborného dohledu a bez indikace může

- a) provádět a vyhodnocovat zkoušky provozní stálosti zdrojů ionizujícího záření a souvisejících přístrojů ve všech typech zdravotnických radiologických pracovišť.*
- b) zajišťovat, aby lékařské ozáření nebylo v rozporu se zásadami radiační ochrany, a v rozsahu své odborné způsobilosti vykonávat činnosti při zajišťování optimalizace radiační ochrany, včetně zabezpečování jakost,*
- c) vykonávat činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, pokud splní požadavky jiného právního předpisu,*
- d) provádět specifickou ošetrovatelskou péči poskytovanou v souvislosti s radiologickými výkony,*
- e) přejímat, kontrolovat a ukládat léčivé přípravky, manipulovat s nimi a zajišťovat jejich dostatečnou zásobu,*
- f) přejímat, kontrolovat a ukládat zdravotnické prostředky a prádlo, manipulovat s nimi a zajišťovat jejich dezinfekci a sterilizaci a jejich dostatečnou zásobu.*

(2) Radiologický asistent může provádět jako aplikující odborník v obecně odůvodněných případech stanovených standardy bez odborného dohledu na základě požadavku indikujícího lékaře jednotlivé lékařské ozáření, a to

- a) skiagrafické zobrazovací postupy včetně screeningových,*
- b) peroperační skiaskopii,*

*c) kostní denzitometrii,
a nese za ně klinickou odpovědnost.*

(3) Radiologický asistent může provádět bez odborného dohledu na základě požadavku indikujícího lékaře a na základě indikace lékaře, který je aplikujícím odborníkem, praktickou část jednotlivého lékařského ozáření, především jeho konkrétní provedení. Přitom může

- a) provádět radiologické zobrazovací postupy používané při lékařském ozáření,*
 - b) asistovat a instrumentovat při postupech intervenční radiologie,*
 - c) provádět léčebné ozařovací techniky,*
 - d) provádět nukleárně medicínské zobrazovací i nezobrazovací postupy,*
- a za tuto část přebírá klinickou odpovědnost.*

(4) Radiologický asistent bez odborného dohledu na základě indikace lékaře může

- a) provádět léčebné a zobrazovací výkony, které využívají jiné fyzikální principy než ionizující záření,*
- b) aplikovat léčivé přípravky nutné k provedení výkonů podle písmene a) nebo podle odstavce 2 trávícím traktem, dýchacími cestami, formou podkožních, kožních a nitrosvalových injekcí.*

(5) Radiologický asistent může aplikovat pod odborným dohledem lékaře intravenózní léčiva nutná k realizaci postupů podle odstavce 2 nebo odstavce 3 písm. a).

(6) Radiologický asistent může vykonávat pod odborným dohledem radiologického fyzika se specializovanou způsobilostí v radioterapii dílčí činnosti při plánování radioterapie.“

(1)

1.1.2 Radiační pracovník

Radiační pracovníci jsou všechny osoby vystavující se profesnímu ozáření.

Podle vyhlášky 307/2002 se dělí do dvou kategorií, A a B.

A

Pracovníci kategorie A jsou ti, kteří by mohli obdržet vyšší efektivní dávku než 6mSV za rok. Či ekvivalentní dávku vyšší než 3/10 limitu pro kůži, oční čočku a končetiny, který je stanoven v § 20 odst.

B

Pracovníky kategorie B jsou potom všichni ostatní pracovníci.(2)

1.1.3 Radiologický asistent – katalog prací

Dle nařízení vlády č. 222/2010 Sb. ze dne 14. června 2010 se zařazení do platových tříd stanovuje, podle její složitosti, odpovědnosti a namáhavosti.

Obor radiologický asistent se pohybuje v rozmezí 8. -11. platové třídy. Asistenti v osmé platové třídě musí vykonávat svou činnost pod dozorem, od deváté platové třídy již mohou práci vykonávat samostatně.

8. platová třída

Provádění radiologických zobrazovacích postupů při lékařském ozáření, provádění statických zobrazovacích postupů v nukleární medicíně a provádění léčebných ozařovacích technik pod odborným dohledem. Poskytování specifické ošetrovatelské péče poskytované v souvislosti s aplikací lékařského ozáření pod odborným dohledem.

9. platová třída

Provádění základních zobrazovacích a terapeutických výkonů v radiodiagnostice, radiační onkologii a nukleární medicíně bez odborného dohledu, poskytování specifické ošetrovatelské péče bez odborného dohledu.

Hodnocení a korigování projekčních a expozičních odchylek rentgenogramů, zpracovávání potřebné obrazové dokumentace, asistence při skiaskopicko-skiagrafických vyšetřeních.

Provádění specializovaných zobrazovacích a terapeutických výkonů v radiodiagnostice, radiační onkologii a nukleární medicíně pod odborným dohledem.

10. platová třída

Provádění specializovaných zobrazovacích a terapeutických výkonů v radiodiagnostice, radiační onkologii a nukleární medicíně bez odborného dohledu.

Provádění specializovaných činností na lineárních urychlovačích a asistence při intervenčních výkonech brachyterapie.

Provádění jednofotonové emisní výpočetní tomografie, pozitronové emisní tomografie, navrhování pracovních parametrů přístrojů a provádění zaměření vyšetření a provádění lokalizace cílového objemu.

11. platová třída

Provádění nejnáročnějších specializovaných diagnostických a terapeutických výkonů v radiodiagnostice, radiační onkologii a nukleární medicíně bez odborného dohledu

na základě specializované nebo zvláštní odborné způsobilosti, například zobrazovacích postupů v rámci intervenčních radiologických a kardiologických výkonů, navigační, perioperační a spektroskopické magnetické rezonance, vyšetření srdce magnetickou rezonancí nebo počítačovou tomografií, screeningové diagnostické mamografie v akreditovaných centrech, radiologických zobrazovacích postupů pro plánování a ověřování léčby, plánování léčby, provádění zobrazovacích postupů pomocí hybridních diagnostických technologií v nukleární medicíně.

Vykonávání soustavného dohledu nad dodržováním požadavků radiační ochrany jako dohlížející osoba nebo jako osoba s přímou odpovědností za radiační ochranu na radiologických pracovištích. Metodické usměrňování oboru. Zajišťování a provádění celoživotního vzdělávání zdravotnických pracovníků včetně specializačního vzdělávání v oboru příslušné specializace. Aplikace výsledků výzkumu a vývoje do klinické praxe na vlastním pracovišti i v rámci oboru. (3)

1.2 Anatomie kůže

Kůže je ochrannou vrstvou těla, brání vnitřní prostředí organismu, za pomoci UVB záření produkuje vitamín D3. Změnou barvy kůže chrání před UV zářením a významně se podílí na termoregulaci organismu. V kůži jsou četně uloženy smyslové receptory, které zaznamenávají změnu tlaku, teploty a bolesti. Povrch kůže má asi 1,7 m², při popáleninách je důležitá znalost procentuálního rozsahu kůže jednotlivých částí těla. Hlava a krk je přibližně 11 %, trup 30 %, dolní končetiny 36 % a horní 23 %. Pokožka se skládá ze dvou vrstev: z epidermis a dermis, na které se připojuje tela subcutanea spojující kůži s povrchovými fasciemi nebo okosticí. Obecně se kůže dělí na tenkou ochlupenou část pokrývající většinu těla a silnou neochlupenou, vyskytující se převážně na dlaních a ploskách nohou.(4, s. 328)

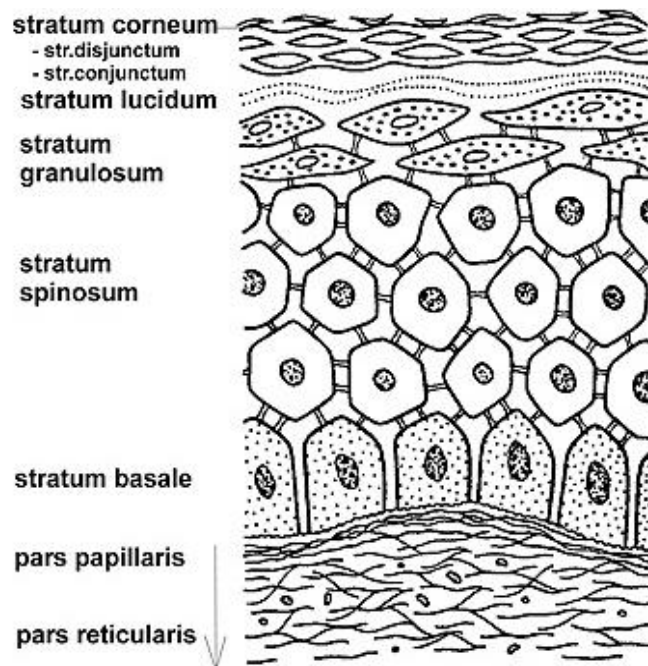
1.2.1 Epidermis

Pokožka je utvořena mnohvrstevným plochým epitelem, který rohovatí. Nachází se zde kmenové buňky umožňující trvalou sebeobnovu kůže. Tyto buňky si udržují schopnost dělit se po celý život člověka. Po jejich dělení si vždy jedna dceřiná buňka nechává vlastnosti kmenové buňky a další se nadále přeměňuje a dělí. Proces, při kterém se keratinocyty mění z cylindrických na ploché a bezjaderné, je nazýván keratinizace.(4, s. 327).

Skladba epidermis

Stratum basale je základní vrstvou epidermis. Tvoří ji jediná vrstva buněk cylindrického tvaru. Kreatinocyty stratum basale jsou spolu spojeny desmosomy, které představují modifikaci plasmatické membrány a mezibuněčný komponent kreatinocytů. Směrem k povrchu pokožky se bazální vrstva mění ve Stratum spinosum tvořeného více vrstvami kreatinocytů nepravidelného polyedrického, nebo oploštělého tvaru. Stratum spinosum se směrem k povrchu mění na tzv. stratum granulosum, které je tvořeno jednou, nebo více vrstvami oploštělých buněk, jejichž cytoplazma obsahuje bazofilní granula keratohyalinu. Stratum lucidum je velmi zřetelně vytvořeno pouze v kůži plosek nohou a na dlaních, tvořené je 2–3 řadami zcela plochých buněk. Vrstva se jeví jako jasný pruh, dobře absorbující kyselá barviva. Povrch epidermis potom tvoří stratum corneum, které obsahuje mnoho vrstev plochých, zrohovatělých buněk bez jader, majících hexagonální tvar, tzv. korneocyty. Stratum corneum je kompaktní a pevné, ale na povrchu se neustále odlupuje. Kromě keratinocytů obsahuje epidermis i melanocyty, Langerhansovy a Merkelovy buňky.

(5, s. 18-19)



Obrázek 1 Epidermis (zdroj: 16)

Melanocyty

Jedná se o buňky neuroektodermálního původu, které jsou v pokožce řídky rozloženy mezi buňkami stratum basale. K těm však nejsou poutány desmosomy. Přítomnost melanocytů bývá v různých částech kůže rozdílná. Na tváři jich je tak například kolem 2000 na jeden

milimetr čtvereční. Na kůži trupu pak přibližně 800 na milimetr čtvereční. Melanocyty reagují na UV záření produkcí tmavého pigmentu melaninu, který UV záření pohlcuje. Neschopnost produkovat melanin vede k albinismu. Během cesty melanocytů z neurální lišty do epidermis může dojít k nahromadění melanocytů. Vznikají tak pigmentová znaménka (naevi pigmentosi), která mohou být místem vzniku melanomu. Dlouhá doba vystavení UV záření má za následek zvýšení rizika vzniku tohoto zhoubného nádoru. (4, s. 327)

Langerhansovy buňky

Jedná se o buňky mezenchymového původu, vznikající v kostní dřeni. Morfologicky jsou podobné melanocytům. Díky tomu, že stejně jako melanocyty mají dendrické výběžky, nemají desmosomy a jeví se při rutinních barveních jako světlé buňky. Na rozdíl od melanocytů se však nevyskytují ve vyšších vrstvách epidermis. Jejich množství v epidermis narůstá při kontaktních alergických reakcích. Vyskytují se i ve sliznicích ústní dutiny, pochvě, lymfatických žlázách, thymu ale i v coriu. Hlavní funkcí Langerhansových buněk je fagocytóza a zpracování antigenu před jeho vzájemným působením s lymfocyty.

Merkelovy buňky

Jsou zcela ojediněle přítomny ve stratum basale a ústní sliznici. Mají nepravidelné rozmístění, občas se vyskytují i ve sluchcích. Jejich distální část je obklopena konečnými vlákny senzoričského nervu. Fungují jako mechanoreceptory. (5, s. 20)

1.2.2 Dermis

Korium tvoří dvě vrstvy dohromady silné jeden až tři centimetry. Blíže k povrchu leží stratum papillare, které vybíhá dermálními papilami proti pokožce a je tvořeno řídkým kolagenním vazivem s fibrocyty. Hlubší vrstva stratum reticulare je tvořena pruhy hustého kolagenního vaziva. Toto vazivo vytváří svazky, které dále splétají prostorovou síť. Převažující orientace vláken v jednom směru určuje linie štěpnosti kůže. Pokud vedeme řez kůží souběžně s vlákny, nedochází k zení jizev, rána se lépe hojí a naopak kolmé řezy se rozevírají. Při nadměrném roztážení škáry, například v těhotenství a při obezitě, dochází k její ruptuře a vzniku strií. Vzhledově strie vypadají jako drobné světlé jizvy. Dermis obsahuje také hladkou svalovinu, která může vytvářet buďto drobné svaly, sloužící k vzpřimování chlupů (mm. arrectores pilorum), nebo utváří souvislou vrstvu. Ve škáře jsou uloženy potní žlázy, nervové pleteně, vlasové folikuly, mízní a cévní síť. (4, s. 328)

1.2.3 **Tela subcutanea**

Podkožní vazivo je utvářeno řídkým kolagenním vazivem. Tloušťka vaziva v rozpětí 0,5–10 centimetrů je určujícím faktorem množství tukové tkáně. K podkladu (fascii či okostici) je podkožní vazivo připojeno pruhy vaziva různé síly. Mezi nimi se nachází ostrůvky tukové tkáně v některých místech splývajících v souvislý tukový polštář. Rozvoj těchto polštářů je ovlivněn různými faktory (např.: věk, pohlaví, výživa, činnost žláz s vnitřní sekrecí či pohybový režim). Jeho hlavní funkcí je mechanická a tepelná izolace vnitřních tkání těla a slouží jako zásobárna energie. Podkožním vazivem probíhají cévy a nervy, které se větví. Větvení pokračuje směrem do škáry. (6, s. 11-12)

1.2.4 **Přídavná kožní ústrojí**

Kožní adnexa se dělí na dvě skupiny: zrohovatělé deriváty pokožky a kožní žlázy.

Zrohovatělé deriváty

Těmito strukturami rozumíme nehty a chlupy (vlasy), mající za úkol zvyšovat a zdokonalovat ochrannou funkci kůže.

Chlupy

Jedná se o kreatinizovaná vlákna rozmístěná po povrchu těla v různé hustotě. Některá místa na těle, jako dlaně, chodidla, rty a některé části pohlavních orgánů, jsou zcela bez ochlupení. Chlupy se skládají ze dvou částí, vlasového kořenu a volného vlasového kmenu, který vyčnívá nad povrch kůže (viz obr. 2.). U každého chlupu je umístěna i mazová žláza a drobný sval musculus arrector pili (vzpřimovač chlupu). Délka chlupů je různá, od několika milimetrů až do několika metrů, jsou silné od 5 do 170 mikrometrů. Každý člověk má asi 100 000 chlupů, čtyři pětiny z tohoto čísla se nachází na kůži lebky. (6, s. 13–17)

Nehty

Jedná se o tvrdou zrohovatělou destičku, chránící dorsální stranu distálních článků prstů. Je složena z nehtové ploténky (corpus unguis), lůžka (matrix unguis), nehtového valu (vallum unguis) a nehtové rýhy (sulcus lectuli unguis). Nehty může dorůst i více jak pět centimetrů, ale při větší délce je křehký, ohýbá a láme se. (6, s. 18-20)

Kožní žlázy

Dělí se na žlázy mazové a potní

Potní žlázy

Ekrinní

Potní žlázy jsou přítomné v kůži prakticky po celém těle, nejvíce se jich nachází na dlaních a ploskách nohou. Produkují pot, který má odpadní a termoregulační funkci. Potem se z těla vylučují některé odpadní látky, například kyselina mléčná nebo močovina. Žlázy jsou uloženy v dermis a ústí na povrchu kůže. Mají tubulární tvar, sekreční část připomíná klubíčko a část vývodní pokračuje šroubovitě vzhůru k povrchu kůže. (4, s. 330)

Apokrinní

Stavbou se podobají ekrinním žlázám, jsou však větší a jejich vývod je vázaný k vlasovému folikulu. Nachází se převážně v axile, kolem anu a zevního zvukovodu. K postupnému rozvoji dochází až v pubertě. Sekret apokrinních žláz obsahuje pachové stopy.

Mazové žlázy

Tyto žlázy jsou uloženy v coriu, jsou vázány především na chlup a mají vývody ústící do horní části folikulu. Nejvíce jich nalezneme v kůži obličeje a kštice. Chybí v kůži dlaní a na ploskách nohou. Produkují maz (sebum), který v drobné vrstvě pokrývá a sytí pokožku, či promašťuje a vyživuje vlasy. (4, s. 330)

1.3 Nádorový růst a klasifikace

1.3.1 Vznik nádorového bujení

Přesné příčiny nádorového bujení zatím nejsou známy. Pravděpodobně mají komplexní povahu. Podstatou vzniku je množení buněk, které se vymknulo kontrole organismu. Vyznačují se postupným šířením do přilehlých tkání a možného průniku do krevního a lymfatického systému s následnou tvorbou metastáz v jiné části těla, než ve které se nalézá primární ložisko. Změny ve zdravé buňce vedoucí k její transformaci na buňku nádorovou, mohou být způsobeny různými rizikovými faktory.

- *Fyzikální vlivy:* ionizující záření, UV záření (hlavně UVB), popáleniny a chronické dráždění jako jsou lupénka, dekubity, píštěle.
- *Chemické vlivy:* přírodní i syntetické chemikálie, alkohol, azbest, kouření, atd.
- *Viry:* například lidský papilomavirus u karcinomu děložního čípku.
- *Familiární výskyt:* BRCA1 a BRCA2 u karcinomu prsu, neurofibromatoza. (7, s. 6)

Vznik nádorového růstu je multietologický, vícestupňový proces, který je výsledkem působení vnějších i vnitřních faktorů. Na začátku se nádorová přeměna odehrává na molekulární úrovni. Dochází k ní v důsledku změny genetické informace (mutace) na úrovni DNA. Mutace vznikají nejčastěji na podkladě působení vnějších faktorů na řetězce DNA v jádře buněk. Buňka může reagovat na poškození své genetické informace několika způsoby: podle velikosti poškození a životního cyklu, ve kterém se nalézá. Většinou je buňka za pomoci reparačních mechanismů opravena. Někdy se však buňku nepodaří opravit a proto buňka zaniká (apoptóza, nekróza), nebo dochází ke genetickým změnám (mutacím), které mohou mít vliv na její funkci, což může vést k nádorovému bujení. Nádorové buňky se vyznačují samostatným chováním, invazivitou, schopností tvořit vzdálená ložiska a ztrátou diferenciací. Dochází u nich k neregulovanému množení, při kterém chaoticky se vyvíjející buňky ztrácí schopnost dospět do zralosti, ale přitom se dál množí, tím dochází k dalším genetickým změnám a vývoji ještě agresivnějších buněk. (8, s. 9–11)

1.3.2 Staging

Rozsah onemocnění je důležitým faktorem pro určení dalšího vývoje onemocnění i výběru možnosti jeho léčby. Přesné určení jeho rozsahu je důležité i pro vypracování léčebných standardů, díky kterým můžeme srovnávat výsledky jednotlivých pracovišť a vyhodnocovat epidemiologická data. Na základě dohody onkologických společností, byla vypracována jednotná klasifikace umožňující poměrně přesný a jednoduchý popis stavu nádorových onemocnění. Klasifikace nazvaná TNM systém byla celosvětově přijata a je závazná i pro Českou republiku. Existují i další systémy klasifikace, například mezinárodní histologická klasifikace nádorů (International Classification of Diseases for Oncology). (7, s. 8)

TNM klasifikace

T-tumor, **N**-noduli (uzliny) a **M**-metastáza

T-tumor: vypovídá o rozsahu primárního nádoru, čísla od 1–4 za písmenem T, určují velikost primárního ložiska. Tato informace je stanovena klinickým a diagnostickým vyšetřením. Pokud nelze prvotní ložisko najít za pomoci dostupných vyšetření, používá se symbol T0. Jestliže nebyla provedena dostupná vyšetření k zjištění nádoru, nebo nelze-li určit jeho velikost, užívá se symbol TX. Karcinom in situ se označuje symbolem TIS.

N-noduli: tento symbol ukazuje informaci o stavu regionálních mízních uzlin. Je přesně stanoveno, které uzliny jsou spádové pro dané umístění tumoru. Stejně jako u symbolu T, číslice za symbolem N popisují přesnou charakteristiku uzlin. N1 – N3 udávají zvětšující

se postižení regionálních uzlin. N0 znamená, že v uzlinách nebyla prokázána přítomnost metastáz. Symbol NX vyjadřuje, že stav uzlin nelze spolehlivě určit.

M-vzdálené metastázy: tento údaj vypovídá o tom, zdali jsou přítomné vzdálené metastázy, či metastázy v mízních uzlinách, které nejsou regionální. Nalezneme zde pouze 2 úrovně: buď M0 (bez metastáz) nebo M1 (výskyt vzdálených metastáz). Kategorii M1 je možné dále specifikovat místem, kde se metastáza vyskytuje (PUL. - plíce, OSS. - kosti, HEP. - játra, atd.). (7, s. 8)

1.3.3 Grading

Údaj o stupni diferenciacie nádoru, který je významným prognostickým údajem, na jehož základě můžeme určit, jak se bude nádor chovat při léčbě. Nádory, které jsou méně diferenciovány, bývají převážně senzitivní k chemoterapii i radioterapii. Tyto nádory se vyznačují agresivním růstem a ohrožují život pacienta již v brzkém stadiu onemocnění. V případě sarkomů měkkých tkání má grading nadřazené postavení před velikostí nádoru. Grading se značí symbolem G, čísla za tímto symbolem označují stupeň vyžralosti nádoru na stupnici od 1 do 4 (G1-dobře diferenciováný, G2-střední diferenciacie, G3-malá diferenciacie, G4-nediferenciováný). GX označuje nemožnost stanovit stupeň diferenciacie.(8, s. 43)

1.4 Nádory kůže

V této kapitole se zabývám pouze nejčastějšími nádory kůže, bazaliomy a spinocelulárními karcinomy. Malignímu melanomu věnuji samostatnou kapitolu.

1.4.1 Epidemiologie

Nádory kůže představují přibližně 16 % ze všech nádorů a v úmrtnosti představují asi 1 % případů. Jejich incidence stoupá společně s věkem, nejčastěji se objevují v období mezi 75. a 79. rokem života. Výskyt těchto nádorů je častější u europoidní populace a s vyšší intenzitou pigmentace jejich výskyt klesá. (8, s. 206)

1.4.2 Etiologie

Kůže je ze všech orgánů nejvíce vystavena kancerogenním vlivům, protože tvoří ochranou bariéru lidského těla před vnějšími vlivy. Nádory kůže vznikají převážně z keratinocytů bazální vrstvy pokožky a na jejich vzniku se může podílet celá řada rizikových faktorů.

Rizikové faktory

- *Sluneční záření*: přibližně 90 % všech karcinomů vzniká na částech těla, které jsou pravidelně vystavována slunci. Obzvláště náchylní jsou jedinci s fototypem I a II.
- *Kancerogeny*: arsen, benzpyreny, dehet, kadmium a další kancerogeny obsažené v pesticidech a ropných produktech.
- *Imunosupresiva*: látky potlačující imunitní systém. Používají se po transplantacích a při autoimunitních onemocněních.
- *Chronické záněty a traumatizace*: píštěle, chronické drenáže, lupénka, jizvy po popáleninách a jiné.
- *Vrozené syndromy*: například syndrom bazocelulárních névů, Xenoderma pigmosum, albinismus, lidský papilomavirus nebo FAMM. (8, s. 206)

1.4.3 Symptomatologie

Všechny delší dobu nehojící se kožní léze, které svědí, krvácí, hrubnou, šupinatí nebo jinak mění svůj povrch, by měly být vyšetřeny na dermatologii.

1.4.4 Diagnostika

Nádorové onemocnění kůže bývá často zachyceno v raném stádiu, díky dobré přístupnosti a viditelnosti defektů. Přesto mnozí pacienti často přicházejí až v pokročilém stádiu onemocnění. V rámci diagnostiky pacient podstupuje základní klinické a fyzikální vyšetření na kožním oddělení. Zde si podezřelý defekt prohlédne specialista a může pacienta poslat na další doplňující vyšetření (histologické vyšetření, RTG plic, UZ regionálních uzlin, atd.). (7, s. 167-8)

Prekancerózy

- *Solární keratózy*: malé šupinaté skvrny na hlavě, krku nebo ušních boltcích, které jsou způsobené nadměrnému vystavení slunečnímu záření. Vyskytují se převážně u starší části populace. Solární keratózy se mohou změnit v kožní nádor, proto se při jejich výskytu doporučuje navštívit odborníka.
- *Radiační keratózy*: objevují se v místě ozáření, často společně s chronickou dermatitidou. Vzhled je téměř stejný jakou u solární keratózy.
- *Termální keratózy*: vyskytují se v jizvách po popáleninách.
- *Kožní výrůstky*: zrohovatělé výrůstky na kůži lišící se velikostí. Po čase se mohou vyvinout ve spinocelulární karcinom.

- *Leukoplakie*: bílé skvrny vyskytující se v ústní dutině, na rtech nebo genitálu.
- *Dysplastické névy*: atypické pigmentové névy (svědění, nepravidelné okraje a změna pigmentace). (7, s. 168)

1.4.5 Histopatologie

Klasifikace nádorů vychází z jejich histopatologické stavby, dělí se podle struktur, ze kterých vznikají.

Dělení dle místa vzniku

Epitelové

- *Benigní*: bradavice
- *Maligní*: bazaliomy, spinaliomy, Pagetova nebo Bowenova choroba, atd.

Adnexální

- *Trichoepiteliom*: vznikající z vlasových váčků.
- *Syringom*: vznikající z potních žláz.
- *Cylindrom*: vznikající z potních žláz i vlasových váčků.

Mezenchymální

- *Benigní*: hemangiomy, lipomy a fibromy.
- *Maligní*: sarkomy, maligní fibrózní histocytom.

Neuroektodermové

- *Benigní*: neurofibrom.
- *Maligní*: maligní melanom, karcinom Merklových buněk a neurofibrosarkom.

Mezi nejčastější nádorová onemocnění kůže patří bazaliomy a spinaliomy epitelového původu. (7, s. 168–9)

Bazocelulární karcinom

Tvoří přibližně 80 % všech kožních nádorů, metastazuje pouze v ojedinělých případech a dělí se do několika subtypů.

- *Nodulárně ulcerózní*: nejčastější typ bazocelulárního karcinomu. Objevuje se nejčastěji v oblasti obličeje. Jedná se o kožní pupenec voskovitého vzhledu (viz obr. 2). Část lézí může mít pigmentaci. Šíří se jak plošně tak i do hloubky, může vředovatět nebo působit destrukci kostí a chrupavek. Při špatné léčbě vede k deformacím obličeje nebo důležitých orgánů krku a hlavy.

- *Superficiální:* Obvykle se vyskytuje na trupu, často mnohočetně. Vytváří načervenalé skvrny s pigmentací hnědé nebo černé barvy. Pokud se rozroste, může vytvářet uzlíky.
- *Sklerotizující:* vyskytuje se hlavně v obličeji, léze připomínají jizvy slonovinové barvy. V okolí nádoru vznikají fibrózy.
- *Cystický:* jedná se o velmi vzácný bazocelulární karcinom podléhající centrální degeneraci a tvořící cysty. (8, s. 207)



Obrázek 2 Bazocelulární karcinom (zdroj: 16)

Spinocelulární karcinom

Obvykle se vyskytuje na kůži vystavené kancerogenům, většinou mívá ulcerózní léze, ale může mít i léze polypózní. Agresivní forma spinocelulárního karcinomu vzniká obvykle na místech poškozených zářením nebo v jizvách způsobených popáleninami. Někdy vzniká i v ložiscích Bowenovy dermatózy. Metastázy vznikají většinou jen u málo diferenciovaných spinocelulárních karcinomů. Vyskytují se hlavně v regionálních uzlinách, mohou zakládat i orgánové metastázy.

1.4.6 Terapie

Hlavní modalitou léčby kožních nádorů je chirurgická léčba spočívající v excizi nádoru a ochranného lemu měřícího 0,5 – 1cm. Při nedostatečném odstranění tkáně okolo nádoru často dochází k recidivě. Pokud je nádor veliký, stává se součástí chirurgického výkonu i rekonstrukce kůže nebo transplantace kožního štěpu. Malé bazaliomy a prekancerózy mohou být řešeny kryodestrukci často vyžadující jedno i víc sezení. U malých nádorů a dysplazií můžeme přistoupit ke kyretáži nebo elektrokauterizaci. Použití těchto technik musí předcházet histologické vyšetření. V případech, kdy nelze přikročit k chirurgické léčbě, je indikována radioterapie. Kurativní dávka na spinocelulární karcinom a bazaliom je 60 Gy a aplikuje se po dobu šesti týdnů. Touto cestou lze většinou dosáhnout úplné regrese onemocnění.

K ozáření povrchových lézí se často používá ortovoltážní RTG přístroj, zatímco u hlouběji pronikajících nádorů využíváme lineární urychlovač nebo kobaltový ozařovač. V některých případech je možné zvolit metodu intersticiální brachyterapie. Chemoterapie se používá pouze při výskytu metastáz. Můžeme zvolit například Cisplatinu nebo Bleomycin. (8, s. 207–8)

1.4.7 Prevence

U kožních nádorů prevence spočívá hlavně v zamezení kontaktu kancerogenů s kůží. Za nejvyšší rizikový faktor kancerogeneze je považováno časté vystavování pokožky slunečnímu záření. Prevence spočívá tedy v omezení pobytu na slunci. Pokud se mu není možné vyhnout, doporučuje se vhodné oblečení a užití krémů s ochranou před UV zářením.

1.4.8 Prognóza

Více jak 90 % nádorových onemocnění kůže je trvale vyléčeno. Velkou roli u kožních nádorů hraje včasný záchyt onemocnění. Při pokročilém stádiu onemocnění se prognóza zhoršuje.

(8, s. 207–8)

1.5 Maligní melanom

Maligní melanom, melanoblastom, či krátce melanom jsou synonyma pro stejný typ neuroektodermálního nádoru. Jedná se o zhoubný nádor vznikající z melanocytů. Během embryogeneze melanocyty migrují převážně do kůže, ale mohou cestovat i do ostatních tkání jako jsou meningy, oko, sliznice genitouritálního a gastrointestinálního ústrojí. Díky tomu, se tak melanom může vyskytovat prakticky v kterékoliv lokalizaci. Melanomy očí zaujímají přibližně 1 % z celkového počtu těchto nádorů. (8, s. 208-9)

1.5.1 Epidemiologie

Výskyt melanoblastomu se liší v závislosti dle zeměpisné šířky a složení populace. Melanom se nejčastěji vyskytuje u bílé (europoidní) rasy. Asiaté melanomem trpí vzácně, převážně se u nich vyskytuje na ploskách nohou. U černé rasy je velmi vzácný. Největší incidenci nalézáme u bělošské populace v Austrálii v oblasti Queensland, kde postihuje 30 až 40 lidí na 100 000 obyvatel. U nás se vyskytuje u 13 ze 100 000 obyvatel. Úmrtnost na melanoblastom je v současné době asi 3:100 000, častěji umírají muži. Tato skutečnost je dána faktem, že u žen vzniká často na dolních končetinách, zatímco u mužů se častěji vyskytuje na zádech. Incidence maligního melanomu trvale stoupá a posunuje se i do mladších věkových skupin. (8, s. 209)

1.5.2 Etiologie

Hlavním faktorem vzniku maligního melanomu je UV-B záření. Zvýšená expozice tomuto záření, silně zvyšuje pravděpodobnost vzniku melanomu. Nejvyšší riziko pro vznik melanomu představuje vystavení UV-C záření, které zatím filtruje ozonová vrstva. Význam vzniku melanomu díky chemických kancerogenů není jednoznačně hodnotitelný a je známo pouze několik potenciálně nebezpečných látek například polyvinylchlorid. Melanom může vznikat na intaktní kůži, častěji se však rozvíjí v afekcích, jako jsou kongenitální nebo dysplastické névy (DN). Významným rizikovým faktorem je i onemocnění HIV a imunosuprese. Jsou známy i dědičné syndromy, které pravděpodobně ovlivňují vznik melanomu.

Dědičné syndromy

- *Syndrom dysplastických névů*
- *Xenoderma pigmosum*
- *Syndrom familiárního výskytu melanomu (FAMM):* riziko vzniku melanomu u tohoto syndromu se blíží k 100 %. (8, s. 209–10)

1.5.3 Symptomatologie

Velká část pacientů přichází k dermatovenerologovi s tím, že se jejich pigmentové znaménko začalo zvětšovat, má nepravidelné okraje, změnilo barvu, krvácí, svědí nebo ulceruje.

1.5.4 Diagnostika

Za základní diagnostickou modalitu u maligního melanomu je uznáván odběr anamnestických údajů a klinické vyšetření provedené dermatologem. K diferenciální diagnostice lze užít klasickou i počítačovou dermatoskopií. Součástí klinického vyšetření musí být palpáce uzlinových oblastí, případně bývá použito i ultrazvukové zařízení. Pro přesnou diagnostiku a určení následné léčby je nezbytné rovněž histologické vyšetření tkáně. (7, s. 173-4)

Klinické vyšetření

Jedná se o posouzení lézí podle ABCDE škály. Čím více kritérií léze splňuje, tím větší je pravděpodobnost, že se jedná o maligní melanom.

ABCDE kritéria

- **A** (*asymetry*) = nepravidelnost
- **B** (*border*) = ohraničení
- **C** (*colour*) = zbarvení

- *D(diameter)* = průměr
- *E (elevation)* = vyvýšení

(7, s. 173-4)

1.5.5 Diferenciální diagnostika

Nutnost vyloučení benigních lézí (veruky, fibromy, hemangiomy, atd.) i maligních kožních nádorů (bazaliomy a spinaliomy). (7, s. 174)

1.5.6 Histopatologie

Klinicko-histologické dělení

- *Superficiální*: melanom se šíří po povrchu kůže, roste pomalu a vyskytuje se převážně na trupu a končetinách. Představuje asi 58 % ze všech melanomů. Tato forma melanomu bývá vyvolána především UV zářením.
- *Nodulární*: jedná se o vertikálně rostoucí, často metastazující nádor. Mezi ostatními formami je zastoupen asi 21 %.
- *Lentigo maligna*: pomalu rostoucí forma melanomu vyskytující se často ve vyšším věku převážně v obličeji.
- *Akrolentignozní*: zvláštní forma melanomu vyskytující se na místech bez folikulů (dlaně, plošky nohou a pod nehty). Při špatné diagnostice bývá zaměňován za hematom nebo onychomykózu.
- *Oční*: u dospělých jsou nejčastěji vyskytující se nitroočním nádorem vycházejícího z očních struktur, jako jsou cévnatka, duhovka nebo řasnaté těleso.
- *Slizniční*: u všech lidských ras bývá stejný výskyt. Není vyvolán UV zářením, nejčastěji se objevuje v ústní dutině, vagíně, paranasálních dutinách a v okolí anu. Zastupuje asi 1 % melanomů, často je diagnostikovaný až v pokročilé fázi.

Ke stagingu melanoblastomů se využívá TNM klasifikace, ale při posuzování velikosti nádoru patologové používají mikro staging podle Clarka, který rozděluje nádory na stádia podle hloubky prorůstání. K rozdělení dle vertikální tloušťky je využíváno dělení dle Breslowa. Nebezpečným prognostickým faktorem bývá vysoká mitotická aktivita, prorůstání do lymfatických a krevních cév nebo přítomnost ulcerace. (7, s. 175)

1.5.7 Terapie

Chirurgie

První volbou léčby maligních melanomů bývá chirurgická léčba, především úplná excize nádoru s dostatečně velkým ochranným lemem. U časného záchytu bývá chirurgické odstranění definitivní léčbou nádoru. Platí doporučení pro excizi nádoru s 1 cm širokým lemem zdravé tkáně u melanomů T1 a T2. U melanomů s hodnocením T3 a T4 se doporučuje odstranění 2 až 3 cm zdravé tkáně. Pokud nádor nebyl odstraněn zcela, nebyl dodržen dostatečný lem či procházel-li řez nádorem. Doporučuje se reexcize, která by měla být uskutečněna do čtyř týdnů od prvotního zákroku. Důležité je odstranění tkáně až na povrchovou fascii a kompletní odstranění podkožního tuku. Disekce uzlin se provádí v případě prokázání jejich postižení. (7, s. 175-6)

Radioterapie

Užívá se při uzlinových metastázách v případě, že je nelze chirurgicky odstranit nebo při paliativních indikacích, jako jsou metastázy kostí a mozku (analgetické ozáření).

Chemoterapie

Při léčbě uzlinových, kožních, podkožních a někdy i plicních metastáz bývá chemoterapie často využívána jako paliativní péče. Používá se Cisplatina a temozolomid.

Biologická léčba

Bývá často kombinována s chemoterapií a využívá se pro adjuvantní léčbu u nemocných s rizikem systémové diseminace, používá se zde interferon s alfa základem.

1.5.8 Prognóza

Jak u maligního melanomu, tak i u ostatních nádorů platí, že čím dřívější záchyt, tím lepší prognóza. Léze menší než 0,75 mm tloušťky mají malé riziko diseminace a při plošné fázi růstu pod 0,75 mm melanom takřka nemetastazuje. S rostoucí tloušťkou úměrně roste riziko tvorby metastáz. (8, s. 212–13)

1.6 Radiační fyzika

1.6.1 Atom

Veškerý materiální svět můžeme rozdělit na dvě základní formy hmoty

- *Látku*: ta je tvořena hmotnými částicemi (elementární částice, atomy, molekuly a složitějšími soubory, které se z nich tvoří.).
- *Pole*: zprostředkovávají interakce mezi částicemi látky.

Díky dokonalejší technice lidé stále více pronikají do mikrosvěta stavby hmoty a objevují, že dříve nedělitelné atomy jsou složeny z dalších, mnohem drobnějších částic. Tyto částice již nelze rozložit na jednodušší objekty schopné samostatné existence. Nazýváme je elementární částice a dají se považovat za základní "stavební kameny" hmoty. Částice však nejsou neměnné ani statické, ale mohou procházet vzájemnými přeměnami. Některé vykazují jistou vnitřní strukturu. Ve stavbě atomů se setkáváme hlavně se třemi důležitými částicemi, protonem, neutronem a elektronem. Při procesu ionizace, excitace a přeměnách atomů se dále setkáváme s neutrinem, pozitronem a s fotony, které jsou kvanty elektromagnetického záření. (9, s. 6)

1.6.2 Struktura atomu

Jádro

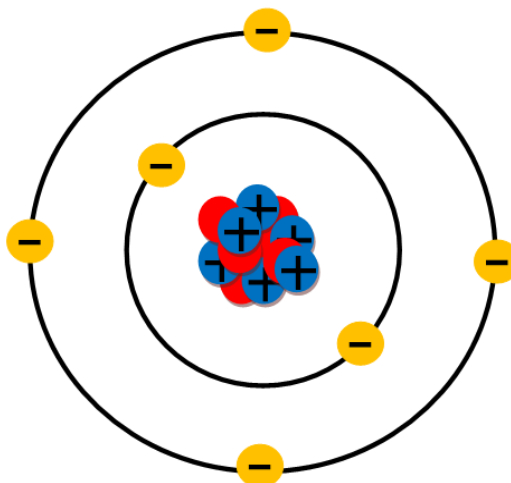
Obsahuje protony (částice s kladným nábojem) a neutrony (částice bez náboje), klidová hmotnost těchto částic je takřka shodná. Počet protonů v jádře odpovídá počtu elektronů v obalu (viz obr. 3.).

- *Protonové číslo Z* : udává počet protonů v jádře atomu. U elektron-neutrálních atomů, se rovná počtu elektronů v obalu. Zapisuje se dolním indexem před chemickou značkou prvku.
- *Neutronové číslo N* : značí počet neutronů v jádře.
- *Nukleonové číslo A* : označuje součet protonového čísla Z a neutronového čísla N , který udává počet protonů a neutronů v atomu. Zapisuje se před značku prvku jako horní index.

Elektronový obal

Obal je tvořen elektrony, které mají negativní náboj. Klidová hmotnost je 1840 krát menší než u protonu. Stavba elektronového obalu podmiňuje chemické vlastnosti prvku. Orbital je prostor v obalu, kde se s 95 % pravděpodobností nachází elektron.

(10, s. 11–13)



Obrázek 3 Model atomu uhlíku (zdroj: autor)

1.6.3 Ionizující záření

Ionizace je proces, při kterém se interakcí částic nebo fotonových kvant s původně neutrálními atomy tvoří iont. Ionizující záření můžeme dělit podle interakce s hmotou a podle jejich fyzikální podstaty

Dělení dle interakce s hmotou

Přímo ionizující

Jedná se o záření tvořené nabitými částicemi, které dovedou přímo vyřázet či coulombovskými silami vytrhávat elektrony z atomů. Do této skupiny patří pozitrony, protony, alfa beta částice mající dost vysokou energii k vyvolání ionizace.

Nepřímo ionizující

je zastoupeno fotonovými kvanty a neutrony, které nemají elektrický náboj a samy nedokáží ionizovat, ale při interakci s prostředím dokáží však uvolnit sekundární částice schopné přímo ionizovat.

Dělení dle fyzikální podstaty

Korpuskulární

Korpuskulární neboli částicové záření můžeme charakterizovat elektrickým nábojem, kinetickou energií a klidovou hmotností. Korpuskulární záření můžeme dělit podle jejich hmotnosti.

- *těžká* (alfa částice, protony, neutrony);
- *středně těžká* (mezony);
- *lehká* (pozitrony a elektrony).

Fotonová

Kvanta elektromagnetického záření mají duální charakter. Mají jak vlastnosti elektromagnetického vlnění, tak i částice nulové hmotnosti. Rozeznáváme RTG a γ záření lišící se převážně svým vznikem. Z fyzikálního hlediska se jedná v podstatě o stejný typ záření. RTG záření vzniká v elektronovém obalu atomu, na rozdíl od γ záření vznikajícího v jádře atomu.

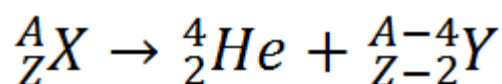
(9, s. 101–2), (7, s. 12)

1.6.4 Radioaktivita

Jedná se o jev vznikající při přeměně prvků nestabilního jádra na prvky se stabilnějšími jádry za současné emise vysokoenergetického záření. Existují tři druhy radioaktivních přeměn - α , β a γ

Alfa (α)

Při této jaderné přeměně jádro mateřského prvku (X) emituje těžkou částici α (jádro helia (He), která obsahuje dva protony a dva neutrony. Vzniká tak dceřiné jádro prvku (Y) ležící v Mendělejevově tabulce o dvě místa směrem doleva (směrem k jednodušším prvkům).



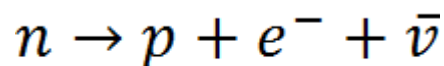
Záření α má čárové energetické spektrum a spektrometrickým měřením bylo dokázáno, že čím kratší má radionuklid poločas rozpadu, tím vyšší je energie emitovaného α záření. Toto záření má malou pronikavost. Bývá zabrzděno již 0,1 milimetrem tkáně. Proto tento druh záření nelze využít v diagnostice a jen málokdy se užívá v terapii. (9, s. 46–47)

Beta (β)

Jedná se o nejčastější a nejdůležitější druh využívané radioaktivity. Existují tři formy radioaktivity β . Ve vzduchu dosah β záření činí několik metrů, ve tkáních několik desítek milimetrů.

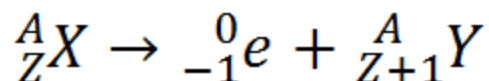
Beta minus (β^-)

Toto záření se vyskytuje pouze u jader s přebytkem neutronů. U této přeměny vylétá z původního jádra elektron. Paradoxně v jádru atomů se elektrony nevyskytují, a tak se dlouhou dobu uvažovalo o tom, že beta záření vzniká v obalu atomu. Tato teorie však byla později vyvrácena. Zjistilo se, že rozpadu předchází přeměna jednoho přebytečného neutronu (n) v jádře na proton (p), elektron (e^-) a antineutrino ($\bar{\nu}$).



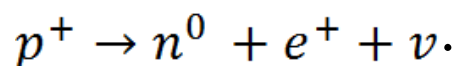
Během přeměny se nukleonové číslo (A) nemění ale, protože se jeden neutron přeměnil na proton, zvýší se protonové číslo (Z) o jedna. Výsledné dceřiné jádro (Y) se tak posunuje o jedno místo doprava v Mendělejevově tabulce. To znamená, že se stává složitějším jádrem

než původní jádro (X). (9, s. 47–50)

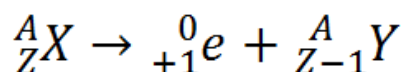


Beta plus (β^+)

Při jaderné přeměně β^+ dochází k emisi pozitronu (e^+) z jádra atomu. Tento druh radioaktivní přeměny, se vyskytuje u radionuklidů, ve kterých je větší počet protonů než neutronů (tzv. neutron-deficitní jádra). Stejně jako elektrony i pozitrony se normálně v jádře nevyskytují a za jejich vznikem stojí přeměna protonu (p^+) na neutron (n^0), pozitron (e^+) a neutrino (ν).



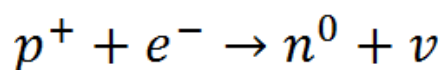
Při této přeměně se nukleonové číslo (A) stejně jako u záření nemění, ale dochází ke změně čísla protonového (Z) o -1. To znamená, že dceřiné jádro (Y) se posunuje o jedno místo doleva na Mendělejevově tabulce. Výsledné dceřiné jádro se stává jednodušším, než bylo jádro mateřské (X).



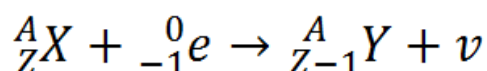
Chování pozitronu v látce je však odlišné než chování elektronu. Ve chvíli, kdy se pozitron setká s elektronem v látce, dochází k anihilaci (zániku obou částic) a při této interakci vznikají dvě kvanta tvrdého gama záření o shodných energiích (511 keV), které vyletí z místa vzniku v protilehlém směru (úhel 180°). Tato skutečnost bývá využívána v pozitronové emisní tomografii. (9, s. 50–52)

Elektronový záchyt

U této interakce dochází k záchytu elektronu z elektronového obalu do jádra. Proton (p^+) si „stáhne“ elektron (e^-) z obalu, sloučí se s ním a vzniká neutron (n^0) a neutrino (ν).



Při procesu nedochází ke změně nukleonového čísla (A), ale protonové číslo (Z) se stejně jako u β^+ záření snižuje o -1. Jádro dceřiného prvku (Y) se tedy posouvá v tabulce o jedno místo doleva a vzniká jednodušší prvek.



Uvolněné místo po elektronu, který byl zachycen jádrem, zaplní přeskokem elektron z vyšší orbity a při tomto přesunu vyzáří kvantum charakteristické pro RTG záření.

(9, s. 52)

Gama (γ)

Po radioaktivní přeměně alfa nebo beta, málokdy zůstává dceřiné jádro v nevybuzeném stavu. Většinou vzniká dceřiné jádro v excitovaném stavu a přebytečná energie se buď přímo, nebo postupně uvolňuje deexcitací. Dochází k vyzáření energetického rozdílu ve formě kvanta fotonů tvrdého elektromagnetického záření gama. Doba, za jakou u jádra proběhne deexcitace, je tak krátká, že se nedá změřit. Fotonové kvantum se tedy vyzáří prakticky

ve stejnou chvíli, kdy probíhá emise hmotné částice. Gama záření má krátké vlnové délky a velkou energii, což má za následek jeho velkou pronikavost. Přírodní radioaktivní prvky jsou většinou smíšenými zářiči ($\alpha + \gamma$, $\beta + \gamma$). Čisté gama zářiče v přírodě neexistují, ale dají se uměle vyrobit, příkladem je ^{99m}Tc (metastabilní technecium). Tento radionuklid vzniká v molybden-techneciovém generátoru. (9, s. 54–55)

1.6.5 Interakce ionizujícího záření s hmotou

Alfa (α)

Jak už bylo řečeno, alfa záření je částicové záření skládající se ze dvou protonů a dvou neutronů, proto má tato částice velkou hmotnost a nese veliký náboj. U částicového záření platí, že čím větší náboj, tím vyšší ionizace. Alfa částice proto mají vysokou specifickou lineární ionizaci – dochází ke vzniku několika desítek tisíc iontů na dráze 1 cm. Protože má alfa záření při průletu hmotou velké ionizační ztráty, které mají za následek excitace a ionizace, je dolet alfa částic malý. Dolet částice α o energii 10 MeV ve vzduchu, je přibližně 10 cm. (9, s. 112–13)

Beta (β)

Dělí se na β^- a β^+ ; záření, která mají rozdílné reakce při průchodu hmotou.

β^-

Částicí tohoto záření je elektron, který při průchodu látkou reaguje ionizací a excitací.

Ionizace a excitace

Elektron letící látkou narazí do elektronu umístěného v obalu atomu látky, kterou prochází, a předá mu svou energii – pokud je dostatečně velká, dochází k uvolnění elektronu z vazby k mateřskému atomu. Jedná se o proces nazývaný se ionizace. Takto vyražený elektron může po dráze, kterou letí, dále ionizovat (tzv. sekundární ionizace). Pokud je však energie malá, předaná energie stačí pouze k přeskočení elektronu do vyšší energetické hladiny a tento proces se nazývá excitace. Excitovaný stav je však pouze krátkodobý a elektron, který přeskočil do vyšší energetické hladiny, se následně vrací zpět. Aby k tomuto návratu mohlo dojít, musí se nejprve elektron zbavit nadbytečné energie. Učiní tak vyzářením kvanta fotonového záření. Pokud excitace probíhá ve vnějších slupkách, dochází k emisi viditelného světla a děj probíhá ve vnitřních slupkách. Dochází k emisi fotonů charakteristického RTG záření.

Brzdné záření

Při průchodu látkou se elektron může ocitnout v blízkosti jádra atomu, látky, kterou prolétá díky tomu, že má záporný náboj a jádro náboj kladný, dochází k zbrzdění elektronu a zakřivení jeho dráhy. Kinetická energie ztracená zbrzděním se vyzáří v podobě fotonového kvanta o určité energii závislé na rychlosti, kterou elektron měl.(7, s. 13)

β^+

Oproti β^- se jedná o záření tvořeno pozitrony. Podobně jako elektron, bude zpočátku působením Coulomboských sil vytrhávat elektrony a ztrácet při tom energii. Po zbrzdění pozitronu však dochází k jinému procesu, než je u elektronu. Zbrzděný pozitron v látce interaguje s elektronem a dochází k jejich anihilaci, přeměně na dvě kvanta fotonového záření gama o energiích 511 keV, která z místa anihilace pokračují v protilehlých směrech.(9, s. 114)

Gama (γ) a RTG

Gama a RTG záření nemá elektrický náboj, proto nemohou přímo ionizovat, jsou ovšem kvanty elektromagnetického vlnění s krátkou vlnovou délkou tudíž mohou předávat svou elektromagnetickou energii dalším částicím. Tyto částice následně působí sekundární ionizaci. Známe tři druhy interakce fotonového záření:

Comptonův rozptyl

Dochází k interakci fotonového záření se slabě vázaným, nebo volným elektronem. Foton předá část své elektromagnetické energie, pružně se odrazí a pokračuje v odlišném směru dál se sníženou energií. Čím větší bude úhel rozptylu, tím větší energii elektron obdrží a foton ztratí. Urychlený elektron poté působí sekundární ionizaci. Tento proces se může opakovat, několikrát za sebou do doby, dokud foton neopustí látku nebo ztratí tolik energie, že zanikne fotoefektem. (7, s. 13-14)

Fotoefekt

Foton se srazí s elektronem vázaným v obalu atomu, předá mu svojí veškerou energii a zaniká. Uvolněný elektron s předanou energií vyletí a chová se jako záření beta, ionizuje a excituje. Předaná kinetická energie je dána rozdílem energie záření a vazebnou energií v atomu. Na místo, odkud vyletěl elektron zasažený fotonem, přeskočí elektron z vyšší orbity, přičemž energetický rozdíl je vyzářen ve formě kvanta elektromagnetického, charakteristického rtg. záření. Fotoefekt nastává nejčastěji u záření gama s nižšími energiemi a v látkách, které mají velké protonové číslo. Při energiích nad 1–2MeV je pravděpodobnost fotoefektu malá. (7, s. 13–14)

Tvorba pozitron-elektronových párů

Nastává, jestliže vletí do látky foton o vysoké energii (nad 1.022 MeV), který se při průletu kolem atomového jádra může přeměnit na dvojici částic elektron a pozitron. Po jejich zabrzdění beta mechanismem, v látce zůstává jako trvalá částice pouze elektron, zatímco pozitron anihiluje s některým dalším elektronem látky. (9, s. 116–17)

1.7 Nukleární medicína

Nukleární medicína je specializovaný lékařský obor využívající ke své činnosti radionuklidové zdroje ionizujícího záření ve formě otevřených zářičů, které mohou mít různá skupenství (kapaliny, suspenze, plyny, aerosoly a tuhé látky). Rozlišujeme také metody in vivo a vitro.

Metody in vivo

Radiofarmaka se aplikují přímo do pacientova těla nejčastěji intravenózním podáním. Radionuklidy, které jsou při vyšetřeních využívány, emitují při své přeměně buď charakteristické RTG záření, nebo záření gama. Tento druh záření je možné díky své pronikavosti registrovat pomocí vnějších detektorů. Hlavním nástrojem nukleární medicíny je gamakamera schopná tento druh záření detekovat. Počítačová technika následně vyhodnocuje nasbíraná data a převádí je do obrazové podoby. Metody a přístroje nukleární medicíny jsou schopny podat údaje o funkci orgánů, fyziologických a patofyziologických jevech v těle a charakteru tkání. Nukleární medicína se netýká pouze diagnostiky, provádí se zde i některé terapeutické metody, například terapie štítné žlázy, při které se jako radiofarmakum užívá smíšený zářič (beta + γ) ^{131}I , který se po aplikaci do těla fyziologicky vychytává ve štítné žláze.

Metody in vitro

U těchto metod se pracuje pouze se vzorky krve, plazmy nebo jiné tekutiny odebrané z těla pacienta. (11, s. 7)

1.7.1 Radionuklidy a radiofarmaka v nukleární medicíně

V současné době je známo přes dva tisíce radioaktivních izotopů, 104 chemických prvků, které můžeme rozdělit do dvou skupin.

Dělení dle vzniku

Přirozené

Radionuklidy, které můžeme nalézt v přírodě, jedná se přibližně o sto radionuklidů. Mezi nejznámější patří ^{232}Th , ^{238}U , ^{226}Ra , ^{222}Rn .

Umělé

Radionuklidy vyráběné v jaderných reaktorech, radionuklidových generátorech a urychlovačích. Mezi nejznámější a nejpoužívanější patří $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{99}Mo , ^{123}I , ^{131}I , ^{18}F , ^{67}Ga .

Požadavky na radionuklidy používané v nukleární medicíně

Pouze malá část radionuklidů je vhodná pro využití v rámci nukleární medicíny, protože ne všechny jsou výrobně a cenově dostupné a nemají potřebné vlastnosti (poločas přeměny, aktivitu a druh přeměny). V současné době nukleární medicína využívá pouze několik vhodných radionuklidů. (11, s. 8–16)

PET

Využívá pozitronových zářičů, nejvýznamnější z nich je ^{18}F . Dalšími zářiči jsou ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , které však mají pouze krátký poločas rozpadu a proto je jejich přeprava problémová.

Terapie

Využívá radionuklidů, které jsou zdrojem alfa, beta či smíšeného záření ($\beta + \gamma$). Nejužívanějšími radionuklidy v terapii jsou ^{131}I , ^{89}Sr , ^{90}Y .

Diagnostika

Nejvíce bývá využíváno radionuklidů, které jsou zdrojem gama záření, případně smíšeného $\beta + \gamma$ záření. Nejvýznamnějším radionuklidem nukleární medicíny je $^{99\text{m}}\text{Tc}$, který je vyráběn v elučnicích (molybden-techneciových) generátorech přímo na oddělení nukleární medicíny. Dalšími významnými radionuklidy jsou ^{68}Ga , ^{201}Tl , ^{131}I , ^{111}In a radioaktivní plyn $^{81\text{m}}\text{Kr}$.

(11, s. 8–16)

Radiofarmaka

Radiofarmakum je přípravek obsahující radionuklid a nosnou sloučeninu, na kterou se váže. Tato nosná látka určuje, jak se radiofarmakum v organismu bude chovat. Používá se velké množství nosných sloučenin a každá z nich má specifickou biokinetiku v organismu. Většina

radiofarmak se připravuje tak, že se neradioaktivní farmakum označí radionuklidem například ^{99m}Tc . Radiofarmaka se mohou dělit podle aplikační formy:

- *Parenterální*: roztoky, koloidní disperze, suspenze.
- *Perorální*: roztoky, koloidy, emulze a tuhé látky.
- *Inhalační podání*: plyny a aerosoly.

(11, s. 8–21)

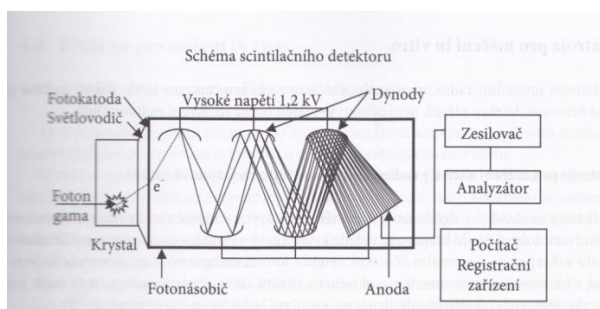
1.7.2 Diagnostické přístroje nukleární medicíny

Scintilační detektor

Nejdůležitějším přístrojem nukleární medicíny je scintilační detektor (obr. 4). Tento přístroj se skládá ze tří částí:

- *Scintilační krystal*: složení se mění podle toho, jak vysoké energie gama záření je potřeba detekovat (nejčastěji NaI (Tl) - jodid sodný aktivovaný taliem). Při fotonového záření na krystal dochází ke vzniku scintilací (záblesků) viditelného světla.
- *Fotonásobič*: je spojen se scintilačním krystalem, zajišťuje převod světelného signálu z krystalu na elektrický signál. Světlo dopadající na fotokatodu fotonásobiče uvolní elektrony, které se pomocí dynod, pod vysokým napětím znásobí natolik, aby vzniklý elektrický impuls byl dobře měřitelný.
- *Amplitudový analyzátor*: vyhodnocuje, elektrické impulzy podle jejich amplitudy. Velikost impulsu odpovídá energii krystalem detekovaného fotonu.

Pokud scintilační detektor spojíme s analyzátozem, můžeme měřit scintilační spektrum zářiče. Scintilační detektor je součástí prakticky všech přístrojů nukleární medicíny mající za úkol detekci gama záření. (11, s. 24–25)

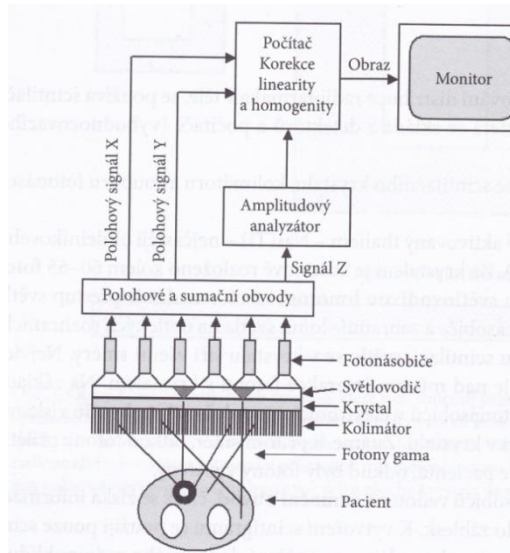


Obrázek 4 Scintilační detektor (zdroj: 11)

Scintilační gamakamery

Pro scintigrafické zobrazení distribuce radiofarmaka v těle, se v nukleární medicíně využívá scintilační kamera (viz obr. 5). Detektor gamakamery se skládá z kolimátoru, scintilačního krystalu, souboru fotonásobičů a počítačové techniky vyhodnocující získané údaje. Scintilační krystal je obvykle složen z NaI (TI), má nejčastěji obdélníkový tvar o rozměrech kolem 50cm. Za krystalem je rozloženo, přibližně 60–65 fotonásobičů spojených s krystalem světlovodivou hmotou, usnadňující přestup světla z krystalu do fotonásobiče. Pokud foton způsobí v krystalu scintilaci, šíří se jím světlo všemi směry, nejvíce se však dostane do fotonásobiče, který je nad místem interakce krystalu a fotonu. Na základně vyhodnocení ze všech fotonásobičů získáme informaci o poloze, kde ke scintilaci došlo. Známe-li směr odkud záření přišlo, můžeme určit místo v těle pacienta, odkud vyšlo. Kolimátor funguje jako filtr propouštějící pouze paprsky v žádaném směru. Rozlišujeme několik druhů kolimátorů, podle energie na kterou jsou určeny (nízká, střední, vysoká), rozlišení, citivosti, podle konfigurace a počtu otvorů.

Nejčastěji používanými kolimátory jsou nízko energetické paralelní kolimátory s vysokým rozlišením a kolimátory pro střední nebo vysoké energie. Kolimátor typu pinhole je speciální, má tvar trychtýře a pouze jeden otvor, díky tomu poskytuje zvětšený a převrácený obraz. (11. s. 27–28)



Obrázek 5 Schéma gamakamery (zdroj: 11)

SPECT-jednofotonová emisní tomografie

Termín „emisní“ označuje, že u tohoto tomografického postupu je registrováno gama záření vyzařované radiofarmakem z těla pacienta. Tím se odlišuje od transmisního CT. Základní aparaturou pro vyšetřování SPECT je detektor. U tohoto zařízení jsou používány jeden nebo dva detektory (detektorové hlavy) s podobnou konstrukcí jako u gamakamery. Při vyšetření

se detektory otáčí kolem pacienta. Tento pohyb může být krokový (kamera se otočí o několik stupňů, nabírá data a zase se otočí) nebo plynulý (méně používaný). Získané obrazy z jednotlivých projekcí jsou ukládány do počítače. Obvykle se zaznamenává 120 projekcí na jednu 360° rotaci, posun detektorů je po třech stupních. Pokud je k dispozici dvouhlavý přístroj, stačí, aby každý z detektorů zaznamenal jen 60 projekcí, a každá hlava se otočí pouze o 180°. Doba vyšetření se tedy zkracuje na polovinu. Po dokončení náběru dat je počítačovou rekonstrukcí vygenerován trojrozměrný obraz rozložení radioaktivní látky v místě vyšetřované oblasti. Výhodou SPECT proti planárním snímkům je nejen 3D obraz, ale i zobrazení ložiska s vyšším kontrastem. Větší kontrast může vést k odhalení lézí neviditelných na klasickém planárním snímku.

Hybridní SPECT/CT

Tato hybridní metoda kombinující CT a SPECT umožňuje záznam funkčních a anatomických zobrazení v těsném sledu za sebou. Přístroje mohou mít různá konstrukční řešení, část má rentgenku pevně spojenou s gantry SPECT kamery, což omezuje rychlost její rotace. Díky tomu mohou být pořízeny pouze orientační snímky s nízkým rozlišením. Existují ovšem i hybridní přístroje, které mají rychlou rotaci rentgenky a jsou schopny pracovat jak v nízkodávkovém, tak i plně diagnostickém režimu (ten sice poskytuje přesné anatomické informace ale jeho nevýhodou je velká radiační zátěž pacienta).

(11, s. 29–30)

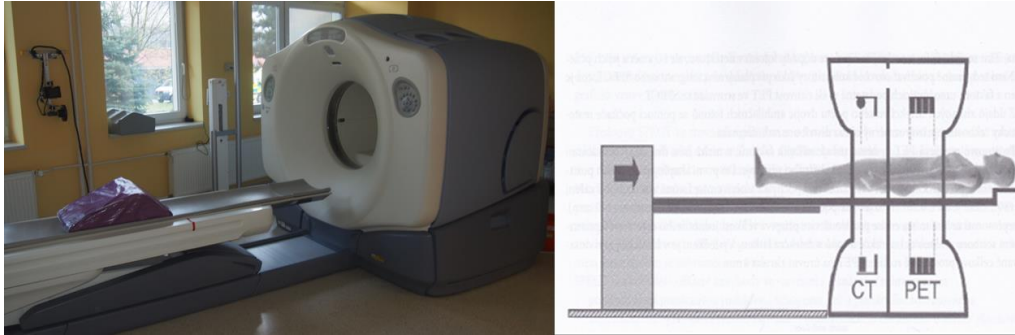
PET-pozitronová emisní tomografie

Tato metoda se proti předešlým metodám liší hned několika rozdíly. Prvním rozdílem je radionuklid, který se při tomto vyšetření používá. Jak už jsem v některém z předešlých odstavců uvedl, tato metoda užívá radionuklidy, které jsou zdrojem β^+ záření. Tyto radionuklidy jsou vyráběny v cyklotronu, proto je jejich výroba nákladná. Jednou z nevýhod je také krátký poločas rozpadu. Díky tomu je na jejich dopravu a využití pouze krátký časový úsek. Nejčastěji používaným radiofarmakem, pro toto vyšetření je FDG. Po aplikaci do pacientova těla se radiofarmakum vychytává ve tkáních, které mají vysokou spotřebu glukózy (nádorová a zánětlivá ložiska). Pozitrony radiofarmaka reagují s elektrony kolem sebe a dochází k anihilaci, při které vznikají dvě tvrdá fotonová kvanta o energii 511 keV, která se od sebe šíří v úhlu 180°, rychlostí světla. Tato dvě kvanta jsou zachycena detektory, které jsou seřazeny v kruhu okolo pacienta. Díky rychlosti fotonů a faktu, že oba fotony letí po přímce z místa jejich vzniku, není potřeba klasického kolimátoru a je využito tzv. koincidenční detekce, kdy jsou zachyceny pouze fotony, dopadající naráz na protilehlé

detektory. Detektory umístěné v PET mají odlišné složení než detektory klasických gamakamer z důvodu vysoké energie anihilačního záření. Klasické NaI (TI) krystaly registrují pouze malé procento fotonů tak vysoké energie, proto jsou nahrazeny BGO (bismut-germanátové) nebo modernějšími LSO (lutecium oxyorthosilikát) krystaly. PET skenery mají několik prstenců, které se skládají z mnoha bloků detektorů. Detektory těchto přístrojů se nepohybují, tudíž veškerý pohyb je zastáván posunem vyšetřovacího stolu. Kromě akumulace radiofarmaka FDG v patologických tkáních, dochází i k fyziologickým akumulacím v některých druzích tkáně, převážně se jedná o mozek, močové cesty, thymus a stěnu žaludku. (12, s. 13–17)

PET/CT

U tohoto hybridního systému nalezneme nejen PET skener, ale i CT přístroj schopný plnohodnotného diagnostického snímání. Vyšetření na tomto přístroji je prováděno postupně, bez toho, aby pacient musel měnit polohu. Po uložení pacienta na vyšetřovací stůl, nastavení vyšetřovací polohy a napojení přetlakového injektoru s kontrastní látkou pro CT vyšetření, se provede akvizice toposcany, při kterém rentgenka nerotuje, ale pouze stojí na místě, zatímco je pacient zavezen skrz gantry vyšetřovacím stolem. Podle toposcany je následně vymezena oblast zájmu CT a PET, která je následně vyšetřena. Nejprve je provedeno CT vyšetření, po kterém je lůžko s pacientem posunuto hlouběji do gantry a probíhá PET vyšetření. Akvizice PET obrazu je však snímána v několika pozicích („postelích“), které se lehce překrývají, každé z těchto polí zaujímá přibližně 15–20 centimetrový úsek a je snímáno detektory asi 3minuty, poté se vyšetřovací stůl posune a dochází k akvizici dalšího úseku. Hybridní PET/CT(obr. 6) přístroj má hluboké gantry, které se nedá sklápět. Obrovskou výhodou těchto přístrojů je snadná fúze obou vyšetření oproti fúzi PET a CT vyšetření provedených na dvou různých přístrojích v různou dobu, při změně polohy pacienta. Nevýhodou tohoto systému je velká radiační zátěž pacienta a riziko spojené s podáváním kontrastní látky pro CT vyšetření, která bývá na jodové bázi a po její aplikaci dochází k alergickým reakcím. Příprava pacienta před PET/CT vyšetřením je tedy ještě obsáhlejší než u samotné pozitronové emisní tomografie. (12, s. 44–49)



Obrázek 6 Hybridní PET/CT (zdroj: 11, autor)

1.8 Radiační ochrana

Radiační ochrana je podle atomového zákona o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření definována jako „*systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzických osob a k ochraně životního prostředí.*“

(§ 2 písm. e) zákona č. 18/1997 Sb.)

Hlavní organizací odpovědnou za dohled nad jadernou bezpečností, havarijní připraveností a radiační ochranou v České republice je Státní úřad pro jadernou bezpečnost, který má své hlavní sídlo v Praze a regionální centra v Ostravě, Plzni, Hradci Králové, Brně, Českých Budějovicích a Ústí nad Labem. Dalším úřadem, který má na starost radiační ochranu je Státní úřad radiační ochrany, zabývající se odbornou činností v oblasti ochrany obyvatelstva před ionizujícím zářením. SÚJB má na starosti kontrolu nad všemi zařízeními souvisejícími s využíváním jaderné energie nebo ionizujícího záření. Vydává a registruje povolení k činnosti v této oblasti a drží nad nimi dohled.

Zákony a vyhlášky týkající se radiační ochrany

- *Zákon č 18/1997 Sb.* Atomový zákon o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění.(13)
- *Vyhláška č.307/2002 Sb.* o radiační ochraně, vydaná Státním úřadem pro jadernou bezpečnost.(2)

1.8.1 Principy radiační ochrany

- *Zdůvodnění činnosti zdrojů:* ozáření osob a využití zdrojů ionizujícího záření musí být odůvodněno očekávaným přínosem, který vyváží rizika vznikající touto činností.
- *Optimalizace:* ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Osoby provádějící činnosti vedoucí k ozáření, jsou povinny dosažení a udržení takové úrovně radiační

ochrany, aby riziko ohrožení života a zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při zvážení společenských a hospodářských hledisek.

- *Nepřekročitelnost limitů*: nesmí dojít k překročení limitů ozáření, limity najdeme ve vyhlášce 307/2002
- *Zabezpečení zdrojů*: zdroje záření musí být zabezpečeny proti zcizení a zneužití, jejich technický stav nesmí mít za následek nárůst radiační zátěže.

(14, s. 63–64)

1.8.2 Cíl radiační ochrany

Hlavním cílem radiační ochrany je kompletně vyloučit deterministické účinky ionizujícího záření a snaha o omezení vzniku stochastických účinků vlivem IZ na míru přijatelnou jedincem i společností. (14, s. 46)

1.8.3 Veličiny a jednotky radiační ochrany

Základním předpokladem pro dodržování bezpečnosti, limitů a aplikací ionizujícího záření je znalost definic a jednotek, týkajících se radiační ochrany.

Aktivita

Pojmem aktivita látky můžeme definovat jako počet radioaktivních přeměn za jednotku času. Jednotkou aktivity je Becquerel (Bq).

Poločas rozpadu (T)

Udává, za jak dlouhou dobu se přemění původní počet jader na polovinu.

Absorbovaná dávka (D)

Udává podíl střední energie, kterou předá ionizující záření malému objemovému elementu tkáně. Jednotkou absorbované dávky je gray (Gy) neboli joule na kilogram ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$), často jsou používány i dílčí jednotky (miligray (mGy), mikrogray (μGy) a nanogray (nGy).

Pro radiační ochranu je velmi důležitá, protože se podle ní mohou posuzovat biologické účinky záření. Jedná se o dobře měřitelnou fyzikální veličinu.

Dávkový příkon (Ď)

Lze jej popsat, jako přírůstek dávky za jednotku času. Jeho jednotkou je tedy gray za sekundu (Gy/s).

Kerma

Jedná se o veličinu podobnou absorbované dávce využívanou v souvislosti s nepřímo ionizujícím zářením. Kerma charakterizuje energii předanou nepřímo ionizujícím zářením při první srážce nabitým částicím (elektronům, protonům).

Ekvivalentní dávka (H_T)

Představuje informaci o dávce absorbované dávce ve tkáni nebo orgánu, zohledňuje biologickou účinnost typu působícího záření.

$$H_T = \sum W_R D_{TR}$$

Ekvivalentní dávka je vyjádřena součinem radiačního váhového faktoru (W_R) a střední absorbovanou dávkou (D_{TR}) ve tkáni nebo orgánu (T) pro ionizační záření (typu R). Jednotkou ekvivalentní dávky je 1 sievert (Sv), který jako gray odpovídá jednomu Joulu absorbovaného v 1 kg látky.

Efektivní dávka (H_E)

Tato veličina je součtem tkáňových váhových faktorů a ekvivalentních dávek v ozářených orgánech a tkáních.

$$H_E = \sum W_T \times H_T$$

Tkáňový váhový faktor (W_T)

Představuje relativní příspěvek tkání nebo orgánů k celkové újmě ze stochastických účinků při rovnoměrném celotělovém ozáření. Tkáňové, váhové faktory tedy vyjadřují rozdílnou radiosenzitivitu tkání ke vzniku stochastických účinků. (14, s. 15–21)

1.8.4 Druhy ozáření

Rozlišujeme 3 druhy ozáření:

- *Pracovní:* zahrnují veškerá ozáření radiačních pracovníků, ke kterým dochází při výkonu práce nebo jejím důsledkem. Profesní ozáření je regulováno třemi principy RO (zdůvodnění, optimalizace, nepřekročitelnost limitů)
- *Lékařské:* ozáření pacientů v rámci diagnostických a terapeutických postupů na nich prováděných. Lékařské ozáření se týká pouze prvních dvou principů (zdůvodnění a optimalizace) a nepodléhá tedy třetímu (nepřekročitelnosti limitů). Důvodem je, že každý pacient přichází s jiným onemocněním a v případě limitace by mohlo docházet k omezení možností lékaře v získávání diagnostických informací potřebných k léčbě. Proto zde platí zásada, že očekávaný přínos vyšetření nebo terapie musí být větší, než riziko vznikající tímto vyšetřením nebo terapií. Pro ozáření platí určité referenční úrovně, které by neměly být překračovány.
- *Ozáření obyvatel:* spadají sem veškerá další ozáření.

1.8.5 Radiační limity

Kvantitativní ukazatele, jejichž překročení je nepřijatelné. Limity nalezneme ve vyhlášce 307/2002.

Obecné limity

Tyto limity platí pro jednotlivce z obyvatelstva za jeden kalendářní rok.

- *Efektivní dávka nesmí překročit 1 mSv /rok*
- *Ekvivalentní dávka na oční čočku 15 mSv/rok*
- *Průměrná ekvivalentní dávka na kůži a končetiny 50 mSv/rok*

Pro radiační pracovníky

Radiační pracovník je každá osoba vystavená profesnímu ozáření.

- *Efektivní dávka nesmí překročit 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a 50 mSv za jeden kalendářní rok*
- *Ekvivalentní dávka na oční čočku 150 mSv/rok*
- *Průměrná ekvivalentní dávka v na kůži a končetiny 500 mSv/rok*

Pro učně a studenty

Jedná se o osoby mezi 16. a 18. rokem vykonávajících praxi, při níž se setkávají s ozářením.

- *Efektivní dávka nesmí překročit 6 mSv /rok*
- *Ekvivalentní dávka na oční čočku 50 mSv/rok*
- *Průměrná ekvivalentní dávka v na kůži a končetiny 150 mSv/rok*

Odvozené limity

- *Osobní dávkový ekvivalent v hloubce 0,07 mm 500 mSv/rok*
- *Osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10 mm 20 mSv/rok*

Autorizované limity

Jedná se o limity, které stanoví SÚJB držitelům povolení pro konkrétní činnost.

(11, s. 46–47),(2)

1.8.6 Reakce na ozáření

Dělení podle úrovně poškození

Mechanismy účinků ionizujícího záření na organismus se zabývá radiobiologie a dají se dělit podle úrovně poškození na molekulární, buněčné, tkáňové a úroveň celého organismu.

Molekulární úroveň

Jedná se o procesy probíhající na úrovni buněčných jader, kde dochází k poškození molekul DNA. Vlivem působení ionizujícího záření dochází ke zlomům na řetězcích DNA buďto přímo (samotným zářením) nebo nepřímo (radikály vzniklémi zářením).

Buněčná úroveň

Poškození DNA se může projevit smrtí buňky, ztrátou její schopnosti se dělit nebo změnou její genetické informace formou mutací. Mutace mají vliv na funkci a chování buňky, mohou později vyústit v nádorové bujení. Poškození buňky může být zcela eliminováno jejími reparačními mechanizmy.

Úroveň tkáňová

Mrtvé buňky tkáně jsou odstraněny a nahrazeny novými, při velkém poškození však může dojít ke ztrátě funkčnosti tkáně jako celku.

Úroveň organismu

Mutace se projevují jako genetické nebo somatické změny. Somatické změny se projevují u jejich nositele v místě ozářené tkáně a jsou příčinou nádorových transformací. Genetické změny týkající se zárodečných žláz, se mohou přenášet na další generaci. (14, s. 35)

Dělení podle nepříznivých účinků radiční expozice

Ozáření může vyvolat chorobné změny projevující se v rámci dnů až týdnů, jiné v průběhu desítek let. Bylo zavedeno třídění následků ozáření podle vztahu k dávce a účinku.

Deterministické

Je spojené se zdravotním poškozením odpovídajícím určité prahové dávce a s rostoucí dávkou se závažnost postižení zvětšuje. Deterministické účinky mohou být označeny i jako tkáňová reakce na ozáření. Patří sem akutní nemoc z ozáření, dělí se na tři formy-dřeňovou, střední a neuropsychickou (léčitelná je prozatím pouze první fáze vznikající nad 0,7 Gy). Dále sem spadají akutní poškození kůže vznikající při velkém lokálním ozáření (nad 3–4 Gy), poškození gonád a s nimi spojený pokles fertility nebo její úplná ztráta (nad 0,5 Gy u mužů a 2 Gy u žen).

Stochastické

Na rozdíl od deterministických účinků jsou bezprahové, vyskytují se s určitou pravděpodobností úměrnou dávce ozáření. Obvykle k jejich výskytu dochází po dlouhé době

od ozáření a jejich následkem jsou různé formy nádorového bujení. Pro odhad stochastických účinků se využívají tzv. nominální koeficienty rizika. (14, s. 36-41)

1.8.7 Možnosti ochrany před ionizujícím zářením

Uznávají se tři základní způsoby ochrany před ionizujícím zářením-ochrana časem, vzdáleností a stíněním.

Ochrana časem

Základem tohoto způsobu ochrany je fakt, že radiační zátěž, kterou pracovník obdrží při výkonu zaměstnání, roste spolu s dobou, po které je záření vystaven. Fyzikální vyjádření vztahu: Dávka (D) = doba pobytu (t) krát dávkový příkon (\dot{D})

$$D = \dot{D} \cdot t$$

Platí tedy, že pokud zkrátíme dobu vystavení zdroji ionizujícího záření, bude obdržená dávka menší. Tento způsob ochrany je důležitý převážně na oddělení nukleární medicíny, kde je zdrojem záření pacient. Na diagnostických a terapeutických odděleních, kde se přístroj dá vypnout a zapnout, je využitelnost tohoto typu ochrany menší. (14, s. 64)

Ochrana vzdáleností

Platí zde skutečnost, že dávkový příkon klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje záření. Zvětšíme-li tedy svou vzdálenost od zdroje záření, dávka, kterou obdržíme, klesne. Například pokud se vzdálíme na dvojnásobnou vzdálenost od zdroje dávkový příkon, klesne na čtvrtinu původní hodnoty. Naopak, pokud snížíme vzdálenost o polovinu, dávka vzroste čtyřikrát.

Ochrana stíněním

Efektivním způsobem ochrany před ionizujícím zářením je odstínění záření absorbujícím materiálem. Interakce záření s látkovým prostředím vede k absorbování určitého množství záření, díky tomu dochází k zeslabení toku záření. Dáme-li mezi pracovníka a záření vhodný materiál určité tloušťky můžeme, dosáhnou úplného odstínění záření. U gama záření je vhodnou stínící látkou olovo, případně beton s příměsí barytu, při potřebě zachování viditelnosti se používá olovnaté sklo. (14, s. 64–65)

1.9 Radiační ochrana v nukleární medicíně

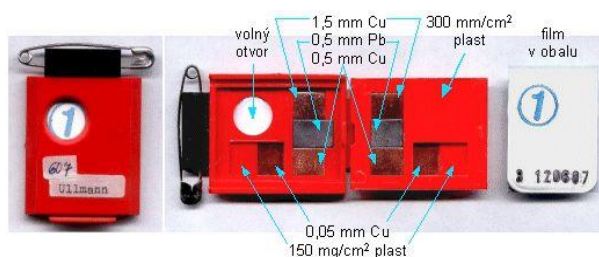
Pracovníci nukleární medicíny manipulují s otevřenými zářiči, proto jsou ohroženi vnější i vnitřní kontaminací. Zdrojem záření jsou na těchto pracovištích radionuklidy nacházející se v těle pacientů nebo radiofarmacích určených k aplikaci. Pracoviště nukleární medicíny mohou být zařazeny jako pracoviště I., II., III. kategorie, podle toho, s jakými radionuklidy pracují. Většina pracovišť nukleární medicíny spadá do druhé kategorie. Do třetí kategorie spadají oddělení aplikující radionuklidy vysokých energií, např. ^{131}I , nebo pozitronové zářiče potřebné pro PET vyšetření. (11, s. 46)

1.9.1 Monitorování

Můžeme monitorovat osoby, pracovní prostředí a okolí pracoviště.

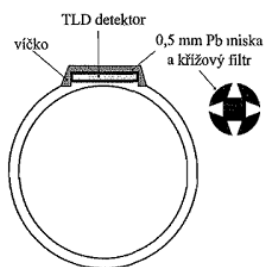
Osobní monitorování

U pracovníků kategorie A se provádí pomocí osobních dozimetrů (obr. 7) měřících β a γ záření. Tyto dozimetry zaznamenávají osobní dávkový ekvivalent, který se přepočítává na efektivní dávku. Vyhodnocování těchto údajů probíhá většinou jednou za měsíc. Existuje několik typů dozimetrů: filmový, termoluminiscenční nebo OSL (opticky stimulovaná luminiscence.).



Obrázek 7 Osobní filmový dozimetr (zdroj: 15)

Dozimetry se nosí na tzv. referenčním místě (přední levá strana hrudníku v oblasti srdce). Pro monitorování vnitřní kontaminace se používá celotělových detektorů nebo scintilačního detektoru (u kontaminace ^{131}I). Na odděleních NM, se používají mimo jiné i prstové dozimetry (obr. 8) a to z důvodu zvýšeného ozáření rukou vlivem manipulace s radiofarmakem.



Obrázek 8 Prstový TLD dozimetr (zdroj: 14)

Monitorování pracoviště

Uskutečňuje se pomocí měření dávkového příkonu gama záření v místnostech a kontaminace povrchů radionuklidy. Existují systémy umožňující kontinuální monitorování oddělení, jsou jimi různé soustavy detektorových sond (viz obr. 9), které odesílají získaná data to počítače.



Obrázek 9 Detekční sonda a data ze sond na oddělení (zdroj: autor)

Do monitorování pracoviště můžeme zahrnout detekci plošné kontaminace, při které může dojít během špatné manipulace s otevřenými zdroji záření. K detekci lze použít měřiče povrchové kontaminace (obr. 10).



Obrázek 10 Měřič povrchové kontaminace (zdroj: autor)

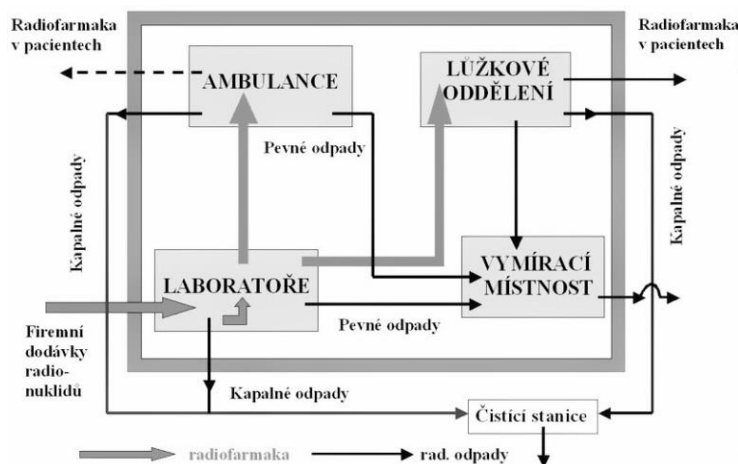
Monitorování odpadu a výpustí

V rámci nukleární medicíny se pracuje s otevřenými radioaktivními zářiči, které jsou aplikovány do těla pacientů, následně se z nich různými cestami vylučují. Tato farmaka jsou dopravována na oddělení nukleární medicíny, kde se dále zpracovávají a rozplňují v laboratorních částech, jejich cesta po oddělení vypadá podobně jako na obrázku 11. Některá radiofarmaka se mohou vylučovat močí, jiná třeba dechem či potem. Odpady na nukleární medicíně mohou být zdroji ionizujícího záření, proto je s nimi třeba zacházet velmi obezřetně. Na odděleních se nacházejí tzv. „vymírací místnosti“, kam se ukládá pevný a nebezpečný odpad do doby, než poklesne radioaktivita. Platí pravidlo deseti poločasů. Kapalné odpady jsou odváděny do čistících stanic, kde jsou zadržovány ve vymíracích nádržích a po odeznění radioaktivity se vypouští do kanalizace. Podobným způsobem se zachází i s odpady plynnými.

Monitorování okolí

Týká se pouze některých oddělení s kategorií III., kde je to vyžadováno SÚJB.

(11, s. 48–49)



Obrázek 11 Schéma pohybu radiofarmak na NM. (zdroj: 11)

1.9.2 Sledované a kontrolované pásmo

Sledované pásmo

Jedná se jednoznačně určenou a stavebně oddělenou část pracoviště I. až IV. kategorie, kde se dá očekávat vyšší efektivní dávka než 1 mSv ročně nebo ekvivalentní dávka, která by mohla být vyšší než jedna desetina limitu ozáření pro oční čočku, končetiny a kůži. Vstup do sledovaného pásma musí být označen upozorněním o vstupu do sledovaného pásma, které se doplňuje znakem radiačního nebezpečí.

Kontrolované pásmo

Vymezuje se na pracovištích, pracujících se zdroji IZ. Všude tam, kde by mohla efektivní dávka být vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávka vyšší než 3/10 limitu pro ozáření oční čočky, končetin a kůže. Stanovuje se jako ucelená, jednoznačně vymezená část oddělení, která bývá stavebně oddělená a na vstupu do této části musí být umístěno upozornění o vstupu do kontrolovaného pásma se zákazem vstupu nepovolaným osobám. Toto upozornění musí být doplněno znakem radiačního nebezpečí. (14, s. 53-54)

2 PRAKTICKÁ ČÁST

V této části práce se věnuji PET/CT vyšetření pacienta s maligním melanomem, dokumentuji a popisuji celé vyšetření, včetně přípravy před ním a instrukcemi, kterými by se měl řídit po něm.

2.1 Příprava pacienta před vyšetřením

Důležitou součástí vyšetření je správná příprava pacienta před vyšetřením. Spojuje se zde jak příprava před CT vyšetřením s podáním kontrastní látky, tak i příprava před PET vyšetřením, nezbytná pro jeho provedení, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků.

Pacient se v rámci přípravy musí vyvarovat alespoň 2 dny před vyšetřením velké svalové zátěži, aby nedošlo k vychytávání radiofarmaka (FDG) ve svalech. Rovněž je důležité, aby před vyšetřením hladověl alespoň 6 hodin. Na rozdíl od jídla je příjem tekutin vhodný ve zvýšené míře, nutno se však vyvarovat všem slazeným nápojům; ideální je pití čisté vody. Léky, které pacienti užívají, mohou brát v předepsaných dávkách, bez jakýchkoliv změn, výjimku tvoří léky na cukrovku (PAD, Inzulin). Pacienti trpící diabetem, musí dodržovat pokyny uvedené na stránkách nemocnice, bývají jim také zasílány poštou, nebo předány indikujícím lékařem vyšetření. Další příprava je spojená s podáním kontrastní látky pro CT na jodové bázi, která může způsobit alergické reakce (kožní reakce, dušnost, kýchání a ve velmi ojedinělých případech vést k anafylaktickému šoku, nebo jiným život ohrožujícím stavům). Kontrastní látka může mít škodlivý vliv na pacienty s onemocněním ledvin, epilepsií, srdečním selháním a řadu dalších onemocnění. Proto je důležité před jejím podáním zjistit alergie pacienta, předchozí zkušenosti s podáním kontrastní látky a funkci ledvin. Pacient jdoucí na PET/CT vyšetření musí mít u sebe výsledky odběru krve na kreatinin a ureu které nesmí být starší než 14 dnů. V případě alergické reakce na jodovou kontrastní látku v minulosti, může být při vyšetření použita jiná kontrastní látka nebo nasazena premedikace jako jsou kortikoidy (Prednison). Vyšetřovna musí být vybavena základními resuscitačními léky, kortikoidy a antihistaminiky.

V rámci PET/CT se kromě i. v. kontrastní látky podává i perorální kontrast, proto si sebou pacient musí přinést 1,5 l neslazené vody. Pacientovi jsou předány instrukce týkající se vhodného oblečení bez kovových ozdob a šperků. Sebou si přinese vyplněný souhlas s vyšetřením a anamnestický dotazník. Veškeré zmiňované dokumenty, jsou k nalezení v přílohách bakalářské práce.

2.2 Průběh PET/CT vyšetření

Po příchodu na oddělení pacient v kartotéce nahlásí své osobní údaje a v čekárně vyčkává, než se uvolní aplikační místnost.

2.2.1 Příprava radiofarmaka

Radiofarmaka používaná při PET/CT vyšetření mají vysokou energii záření, proto vyžadují speciální zacházení. Přípravu a natažení těchto radiofarmak provádí farmaceuti pracující na odděleních nukleární medicíny. Jejich natažení probíhá ve stíněných digestořích s automatickým dávkovačem viz obr. 12.



Obrázek 12 Stíněná digestoř s automatickým dávkovačem (zdroj: autor)

Radiofarmaka se natahují v závislosti na parametrech pacienta (váha, výška). Tato data jsou zadávána společně s rodným číslem na ovládacím panelu dávkovače a podle zadání je natažena potřebná dávka radiofarmaka do 2 mililitrové injekční stříkačky. Farmaceut vloží stříkačku krytou wolframovým stíněním (obr. 13) do digestoře a napojí ji na automatický dávkovač, který jí naplní. Takto připravenou stříkačku farmaceut vyjme a uloží ji do přepravního vozíku, který je silně stíněný olovem.



Obrázek 13 Wolframové stínění (zdroj: autor)

2.2.2 Aplikační místnost

Pacient si s sebou na aplikační místnost přináší výsledky odběrů na ledvinné funkce, souhlas s vyšetřením a anamnestický dotazník. Zde je řádně poučen o průběhu vyšetření a je mu odebrána kapilární krev na zhodnocení glykemie v krvi. Vyšší hladina glykemie nad 8 mmol/l má za následek snížení citlivosti vyšetření, v případě hladiny 12mmol/l se vyšetření neprovádí. Jsou-li všechny hodnoty v pořádku, sedícímu pacientovi na speciálním odběrovém křesle (obr. 14) se zavádí periferní žilní katétr pro podání radiofarmaka a kontrastní látky. Úlohou radiologického asistenta v aplikační místnosti je mimo jiné naředit perorální kontrast (Manitol, Micropaque), který si pacient bude popíjet během dalších 45 až 60 minut, kdy čeká v kabině na vyšetření. Samotnou aplikaci radiofarmaka provádí lékař po předchozí kontrole všech údajů a hodnot pacienta.



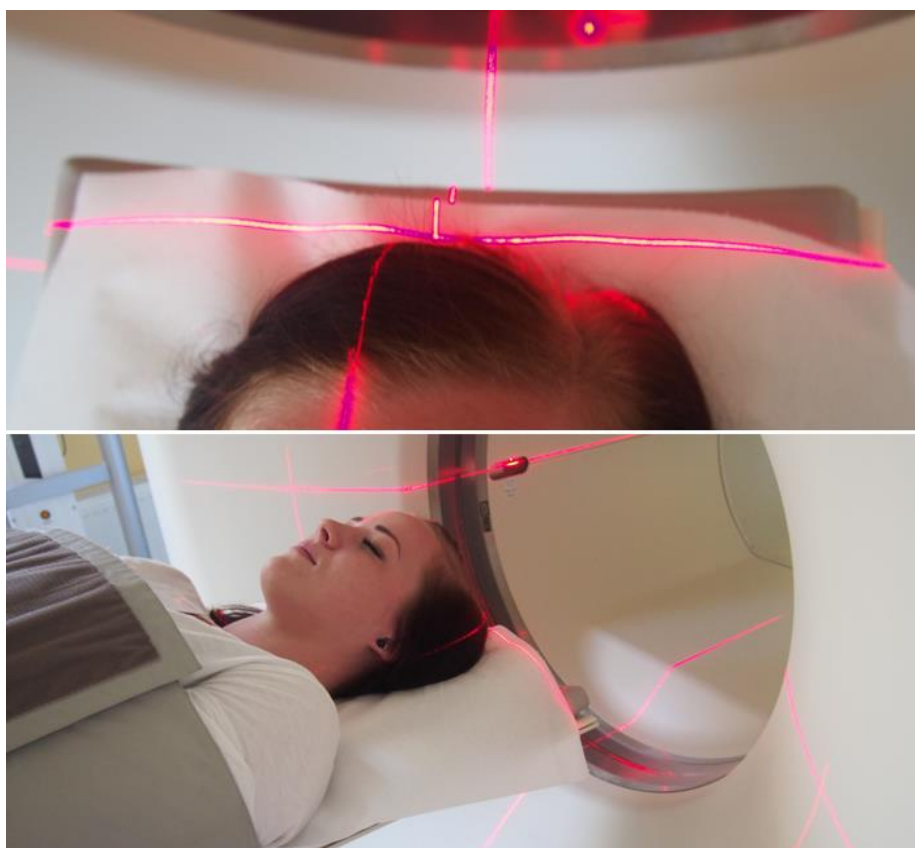
Obrázek 14 Odběrové křeslo v aplikační místnosti (zdroj: autor)

2.2.3 Kabinka

Místnost, ve které pacient po aplikaci radiofarmaka sedí a pije kontrastní látku pro CT vyšetření. Box je vybaven systémem umožňujícím vizuální kontrolu pacienta a oboustrannou hlasovou komunikaci, mezi pacientem a personálem. Nachází se zde i křeslo k sezení a pro zpříjemnění času stráveného v kabině, je zde zabudován televizní přijímač. Pacient by měl dodržovat co největší klid a neměl by mluvit. Při nedodržování pohybového režimu dochází k vychytávání radiofarmaka ve svalech. Těsně před vyšetřením je pacient radiologickým asistentem vyzván, aby si došel na toaletu, protože FDG se částečně vylučuje močí. Po návratu z toalety je instruován, aby si odložil veškeré kovové předměty z těla (kalhoty s kovovým zipem, šperky, hodinky...).

2.2.4 Uložení pacienta

Přibližně po hodině strávené v boxu, která je nutná pro akumulaci radiofarmaka ve tkáních a vypití perorálního kontrastu, přichází na řadu samotné vyšetření. Radiologický asistent otevírá dveře boxu a z bezpečné vzdálenosti instruuje pacienta, jak se má položit na vyšetřovací stůl. U pacienta s maligním melanomem se vyšetřuje celé tělo od hlavy až k špičkám prstů dolních končetin, proto pacient zaujímá polohu vleže na zádech s rukama podél těla. Ruce jsou k tělu upevněny fixačními pásy a paže přitaženy co nejvíce k tělu, aby nevznikaly vzduchové kapsy. V této fázi se radiologický asistent ptá pacienta na předchozí zkušenosti s podáním intravenózní kontrastní látky. Dále ho poučí o možných průvodních pocitech, jako jsou pocit tepla, sucho v ústech a nauzea. Pacient je také informován, že v případě obtíží má okamžitě uvědomit obsluhující personál. Radiologický asistent následně nastaví pacienta pomocí laserů do správné polohy. U maligního melanomu se lasery centrují těsně za temeno hlavy viz obrázek 15.



Obrázek 15 Nastavení pacienta – lasery (zdroj: autor)

Posledním úkolem radiologického asistenta na vyšetřovně je kontrola průchodnosti periferního žilního katétru. Pokud je průchozí, spojí se katétr s tlakovým injektorem (obr. 16), pomocí kterého bude do pacienta během vyšetření aplikována jodová kontrastní látka.

Radiologický asistent následně odchází z vyšetřovny a zavírá za sebou bezpečnostní dveře. Uložení pacienta musí být co nejrychlejší, personál by měl od pacienta udržovat co největší vzdálenost, protože pacient je zdrojem ionizujícího záření.



Obrázek 16 Tlakový injektor (zdroj: autor)

2.2.5 Vyšetření pacienta

Samotné vyšetření pacienta je prováděno radiologickým asistentem z ovladovny, odkud vidí na pacienta přes olovnaté sklo a pomocí kamerového systému. Během vyšetření kontroluje asistent i ostatní pacienty v kabinkách, vybavených kamerami. Vyšetření začíná akvizicí toposcany, podle kterého se nastaví vyšetřovaná oblast CT a PET. Radiologický asistent dále nastavuje, zdali bude CT prováděno s intravenózním nebo jen s perorálním kontrastem. Pokud je použit i. v. kontrast, musí se nastavit *rychlost* podání v ml/s a *zpoždění*, za jak dlouhou dobu od podání kontrastu začne CT scan. Po nastavení těchto parametrů zapíná asistent tlakový injektor spolu se startem vyšetření. Jakmile skončí CT scan, radiologický asistent pomocí ovládacího mechanismu přístroje dojede vyšetřovacím stolem na začátek a odstartuje akvizici dat PET scannerem. Některé PET/CT sestavy nedokáží vyšetřit celého pacienta najednou, rozsah přístroje může skončit v závislosti na délce pacienta v oblasti kolen nebo bérců. U těchto přístrojů je nutné doplnit chybějící data dalším vyšetřením, při kterém zajíždí pacient do gantry nohama napřed. Radiologický asistent tedy musí na vyšetřovně odpojit pacienta od tlakového injektoru a instruuje ho, aby se otočil. Vyšetření dolní části probíhá stejným způsobem pouze bez podání kontrastní látky. Opět se zhotoví toposcan, nastaví oblast zájmu a postupně se spustí CT a PET vyšetření.

2.2.6 Odchod pacienta

Po skončení PET/CT vyšetření radiologický asistent vyveze pacienta z gantry a vyzve jej k odchodu do boxu, kde se pacient převlékne. Pacienta též informuje, aby se vrátil do aplikační místnosti, kde mu bude vytažen periferní žilní katétr a vysvětleno, čeho se má v následujících dnech vyvarovat. Pacient by se 24h po vyšetření měl vyhýbat kontaktu s dětmi a těhotnými ženami, měl by dodržovat zvýšený pitný režim, aby docházelo k lepšímu vyplavování kontrastní látky a radiofarmaka z těla. Pokud by pacient měl cestovat v brzké době letadlem, je vhodné, aby si nechal vystavit potvrzení o aplikaci radioaktivní látky.

3 DISKUZE

Cílem této práce je vysvětlit, jak pomocí PET/CT přístroje probíhá vyšetření pacienta s maligním melanomem a jakou roli má při tomto vyšetření radiologický asistent, vedlejším cílem je seznámení s problematikou maligního melanomu a radiační ochrany v nukleární medicíně.

Maligní melanom je jeden z nádorů s trvale rostoucí incidencí a jeho největší nebezpečí se skrývá v jeho schopnosti metastazovat již v časně fázi onemocnění. Největším rizikovým faktorem jeho vzniku je vystavení pokožky slunečnímu záření a zvláště ohroženou skupinou jsou jedinci s kožním fototypem I. a II. Můj názor se shoduje s ostatními autory (Kubecová, 2004; Petruželka, 2005) v tom, že prevence a včasný záchyt tohoto onemocnění, má velký vliv na odhad vývoje a léčbu onemocnění. Rád bych upozornil i na možnost nechat si bezplatně vyšetřit znaménka v preventivních akcích, jako jsou dny prevence rakoviny kůže a myslím si, že by těchto akcí mělo přibývat stejně, jako přibývá incidence kožních nádorů.

Moderní přístroje kombinující pozitronovou emisní tomografii a CT vyšetření jsou důležitou součástí onkologické léčby, protože umožňují akvizici jak funkčních, tak anatomických dat. Tato data mohou být neocenitelná při diagnostice onkologických onemocnění a jejich následné léčbě. Největší nevýhodou vyšetření pomocí těchto přístrojů je velká pořizovací cena přístroje, provozní náklady, požadavky na jejich provoz a obsluhu. Velkou nevýhodou jsou i vysoké náklady na výrobu a přepravu radiofarmak. PET/CT vyšetření je podle mého názoru velice specializované vyšetření vyžadující vysokou odbornou způsobilost a flexibilitu obsluhujícího personálu a dlouholeté zkušenosti zkušenost lékařů, kteří informace získané touto metodou hodnotí. Příprava pacienta před vyšetřením, pochopení na jakém principu PET/CT přístroj funguje a jak vyšetření probíhá, byly pro mě stěžejní informace, pro pochopení úlohy kterou při tomto vyšetření zastává radiologický asistent.

Radiologický asistent hraje nezbytnou roli při PET/CT vyšetření. Jeho práce začíná už při příchodu pacienta na oddělení, je odpovědný za zavedení periferní žilního katétru, nezbytného pro podání radiofarmaka a aplikaci kontrastní látky. Dále odpovídá za odběr kapilární krve pro zhodnocení hladiny glykemie, přípravu kontrastních látek pro vyšetření a správné nastavení pacienta při výkonu. Radiologický asistent provádí PET/CT vyšetření a nese odpovědnost za jeho správné provedení. Pacient je od podání radiofarmaka zdrojem ionizujícího záření, proto v rámci ochrany před zářením musí radiologický asistent být,

při ukládání a nastavování pacienta stručný a musí pacientovi umět srozumitelně vysvětlit, co má dělat aniž by byl nucen se k němu přiblížit. Ze zkušeností získaných při praxi během PET/CT vyšetření vím, jak je velmi obtížné rychle a přesně instruovat pacienta. Zvláště pak pokud se jedná o pacienty se zhoršeným zrakem, sluchem či se sníženou pohyblivostí.

Radiační ochrana je v rámci nukleární medicíny velice důležitá. Jak už jsem dříve uvedl, zdrojem ionizujícího záření je zde pacient, na rozdíl od klasické diagnostiky a terapie, není tedy možné zmáčknout tlačítko, které by ukončilo expozici ionizujícímu záření. Pracovníci nukleární medicíny pro svoji ochranu, musí využívat všech tří známých způsobů ochrany před ionizujícím zářením (ochranou časem, vzdáleností a stíněním). Přesto z vlastní zkušenosti na praxi musím souhlasit s autorem Korandou (2014), který ve své práci uvádí, že v některých případech uplatňování těchto způsobů naráží na problémy. Ty jsou spojené především s malými rozměry vyšetřoven a s nepohyblivými a nespolupracujícími pacienty, kteří vyžadují asistenci personálu. Díky tomu jsou radiologičtí asistenti nuceni vystavovat se větší dávce ionizujícího záření.

4 ZÁVĚR

Hlavním cílem této bakalářské práce je přiblížit čtenáři PET/CT vyšetření u maligního melanomu, dle mého názoru se mi v teoretické části zdařilo podat dostatek informací, jak k tématu maligního melanomu, tak i k přístroji, který se k tomuto vyšetření využívá. Praktická část práce potom na tyto informace navazuje a podává informaci o průběhu samotného vyšetření a úlohy, kterou při ní zastává radiologický asistent. Při tvorbě této práce jsem mohl porovnávat informace získané při praxi na oddělení nukleární medicíny s vědomostmi získanými odbornými přednáškami v rámci studia v akreditovaném oboru radiologický asistent a v odborné literatuře zabývající se danou problematikou. Došel jsem k závěru, že přes hodnotné informace, získané v odborné literatuře nebo v rámci univerzitních předmětů, byly pro mne nejvíce stěžejní zkušenosti a poznatky získané při činnosti na odděleních nukleární medicíny v rámci praktické části studia na vysoké škole. Oddělení nukleární medicíny jsou naprosto závislá na práci radiologických asistentů to oni, zde zajišťují veškerou odbornou práci, provádí vyšetření, zavádí žilní vstupy, provádí zkoušky provozní stálosti, odpovídají za návaznost vyšetření a vytíženost přístroje. Radiologický asistent na nukleární medicíně musí být dobře vyškolen v radiační ochraně, protože je zde ohrožen větší radiační zátěží než na jiných odděleních.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- 1) **ČESKO.** *Vyhláška č. 55/2011 Sb.*, o činnostech zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-55> [cit. 2. 4. 2016].
- 2) **ČESKO (SÚJB).** *Vyhláška č. 307/2002 Sb.*, Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-307> [cit. 3. 5. 2016].
- 3) **ČESKO.** *Narižení vlády č. 222/2010 Sb.*, o katalogu prací ve veřejných službách a správě. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-222> [cit. 3. 5. 2016].
- 4) **NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA.** *Přehled anatomie. 2.*, dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
- 5) **NOVOTNÝ, František et al.** *Obecná dermatologie.* 1.vyd. Praha: Avicenum, 1989. 311 s.
- 6) **DOKLÁDAL, Milan a Milan PÁČ.** *Anatomie člověka III: systém kožní, smyslový a nervový.* Brno: Vydavatelství Masarykovy univerzity, 1995. ISBN 80-210-1169-6.
- 7) **KUBECOVÁ, M. et al.** *Onkologie: Učební texty pro studenty 3. LF* [online]. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta, Radioterapeutická a onkologická klinika, 2011. 178 s. Dostupné z: <http://www.lf3.cuni.cz> ISBN: 978-80-254-9742-5 [cit. 2. 5. 2016]
- 8) **PETRUŽELKA, Luboš a Bohuslav KONOPÁSEK.** *Klinická onkologie.* Praha: Karolinum, 2003. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 80-246-0395-0.
- 9) **ULLMANN, Vojtěch.** *Jaderná a radiační fyzika.* Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2009. ISBN 978-80-7368-669-7.
- 10) **MAREČEK, Aleš a Jaroslav HONZA.** *Chemie pro čtyřletá gymnázia.* 3. opr. vyd. Olomouc: Nakladatelství Olomouc, 1998. ISBN 80-7182-055-5.
- 11) **KORANDA, Pavel.** *Nukleární medicína.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6
- 12) **VOTRUBOVÁ, Jana.** *Klinické PET a PET/CT.* Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-619-9.

- 13) **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>
- 14) **HUŠÁK, Václav.** *Radiační ochrana pro radiologické asistenty.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-244-2350-0.
- 15) **Ullmann, V.:** *Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření.* Ostrava 2002. [online] dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/> [cit. 2. 5. 2016]
- 16) **MUDr. Arenberger, Petr DrSc., MBA.** *Maligní melanom.* Česká onkologická společnost České lékařské společnosti Jana Evangelisty Purkyně. [online]. Dostupné z: <http://www.linkos.cz/maligni-melanom-spinaliom-bazaliom-c43-44-d03/maligni-melanom-a-ostatni-nadory-kuze/> [cit. 2. 5. 2016].

6 PŘÍLOHY

6.1 Příloha A - příprava pacienta na PET/CT str. 1



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 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) objednána(a), je poměrně náročné na správnou přípravu. Abychom vyšetření mohli provést co nejlépe, prosím, pozorně si prostudujte následující pokyny.

Nejprve si pozorně přečtete a vyplňte přiložený informovaný souhlas s vyšetřením PET/CT s jodovou kontrastní látkou a vyplňte anamnestický dotazník.

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

Vzhledem k tomu, že bude provedeno vyšetření CT s jódovou kontrastní látkou, je **NUTNÉ** si s sebou přinést výsledky sérové hodnoty urey a kreatininu, které **NESMÍ** být starší 14 dnů před termínem vyšetření na PET/CT! Odběr krve ke zjištění těchto hodnot provede praktický či ošetřující lékař. Výsledky **MUSÍ** být v tištěné formě!

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

Diabetik pouze na dietě - hladoví 6 hodin před vyšetřením, více pije (alespoň 1 litr), a to pouze čistou vodu bez sladidel, či hořký čaj.

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

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

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

Před vyšetřením bude všem pacientům odebrána kapilární krev z prstu na ruce a vyšetřena glykémie (hladina krevního cukru). Pokud bude hladina glykémie vyšší než 8 mmol/l, dochází ke snížení citlivosti vyšetření. Pokud hladina glykémie bude vyšší než 12 mmol/l, vyšetření není možné provést. Pokud pacient s cukrovkou má dlouhodobě vysoké hladiny glykémie, je nutné nejprve provést kompenzaci diabetu na spádovém interním oddělení či u spádového diabetologa.

Hospitalizovaným pacientům v nemocnici se 6 hodin před vyšetřením nesmějí podávat žádné infuze či parenterální výživa s glukózou či dextrózou. Jinak platí předchozí informace.

Příloha A-příprava pacienta na PET/CT str. 2

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 nejasnosti nás neváhejte kontaktovat.

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

Prosím, **přineste si s sebou** výsledky z předchozích zobrazovacích vyšetření, jako je CT, MR, UZ, scintigrafie, PET, PET/CT, pokud lze i na CD či DVD.

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

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

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

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

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

Po příchodu na PET/CT vyšetření nám, prosím, oznamte, zda máte cukrovku, klaustrofobii (chorobný pocit strachu před uzavřenými prostory) nebo zda jste těhotná. Jako doprovod na vyšetření s sebou, prosím, neberte těhotné ženy a malé děti.

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

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

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

6.2 Příloha B - souhlas s vyšetřením str. 1



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 Hradec Králové
Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906
Oddělení nukleární medicíny - 6682
tel./fax.: 495 834 542

Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce
s vyšetřením na přístroji PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ^{18}F -FDG
a jódové kontrastní látky

Pacient/ka:
příjmení jméno titul

Rodné číslo: Pojišťovna:

Zákonný zástupce:
(otec, matka) příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

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

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

Radiofarmakum: ^{18}F -FDG (fludeoxyglukosa)

Vážená paní, vážený pane,

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

Před vyšetřením prosím vyplňte krátký anamnestický dotazník.

Popis výkonu:

Do žíly Vám bude zavedena 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, myasthenii gravis, paraproteinemii, epilepsií a u některých osob trpících cukrovkou.

Příloha B - souhlas s vyšetřením str. 2

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 thyreotoxikózu (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, vyžadujících neodkladné provedení dalších zákroků nutných k záchraně mého života nebo zdraví souhlasím s tím, aby byly provedeny veškeré další potřebné a neodkladné výkony nutné k záchraně mého života nebo zdraví.

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

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

dne: v hodin

Podpis:

Místo aplikace radiofarmaka a kontrastní látky:

kubitální žíla vpravo vlevo

předloktí vpravo vlevo

dorsum ruky vpravo vlevo

flexila vpravo vlevo

jiné

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

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

jmenovka a podpis:

6.3 Příloha C - Anamnestický dotazník



Fakultní nemocnice, Sokolská 581, 500 05 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 či lécích)	ANO	NEVIM	NE
Měl/a jsem již alergii na nitrožilně podané kontrastní látky	ANO	NEVIM	NE
Mám sennou rýmu	ANO	NEVIM	NE
Mám astma	ANO	NEVIM	NE
Mám vleké onemocnění ledvin se sníženou funkcí ledvin	ANO	NEVIM	NE
Mám cukrovku (diabetes mellitus)	ANO	NEVIM	NE
Mám onemocnění krve, krvetvorby nebo mnohočetný myelom	ANO	NEVIM	NE
Podstoupil/a jsem operaci	ANO	NEVIM	NE
Kdy a jakou?			
Podstoupil/a jsem cytostatickou léčbu (chemoterapii)	ANO	NEVIM	NE
Kdy byla ukončena?			
Podstoupil/a jsem léčbu zářením (radioterapii)	ANO	NEVIM	NE
Kdy byla ukončena?			
Užívám antirevmatika nebo kortikosteroidy	ANO	NEVIM	NE
Užívám streptomycin nebo neomycin	ANO	NEVIM	NE
Mám vysoký krevní tlak (arteriální hypertenzi)	ANO	NEVIM	NE
Mám srdeční nedostatečnost (srdeční městnání)	ANO	NEVIM	NE
Mám vleké onemocnění jater	ANO	NEVIM	NE
Mám zvýšenou funkci štítné žlázy (hypertyreózu)	ANO	NEVIM	NE
Jsem těhotná, mám podezření na těhotenství, kojím	ANO	NEVIM	NE

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

Datum:

Podpis pacienta – zákonného zástupce:

6.4 Příloha D - Pozvánka k vyšetření

Vážená paní, vážený pane
dostavte se 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**
- **1,5 l NESLAZENÉ NEPERLIVÉ VODY**

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 včas zprávu na telefonní
číslo **495 834 542**.