

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Zuzana Kuřová

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií

Úloha radiologického asistenta při PET/CT vyšetření mozku

Zuzana Kuřová

Bakalářská práce

2017

Univerzita Pardubice
Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zuzana Kuřová**
Osobní číslo: **Z13056**
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Radiologický asistent**
Název tématu: **Úloha radiologického asistenta při PET/CT vyšetření mozku**
Zadávací 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 vedoucích**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

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

Seznam odborné literatury:

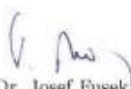
1. DRUGA, Rostislav, Miloš GRIM a Petr DUBOVÝ. Anatomie centrálního nervového systému. 1. vyd. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-706-6.
2. VOTRUBOVÁ, Jana. Klinické PET a PET/CT. 1. vyd. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-619-9.
3. KORANDA, Pavel. Nukleární medicína. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-4031-6.
4. NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. Přehled anatomie. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, 2009. ISBN 978-80-7262-612-0.
5. SEIDL, Zdeněk. Radiologie pro studium i praxi. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a. s., 2012. ISBN 978-80-247-4108-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kulíř**

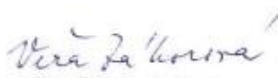
Katedra informatiky, managementu a radiologie

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

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2017**


prof. MUDr. Josef Fusek, DrSc.
děkan

L.S.


Věra Záhorová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 27. února 2017

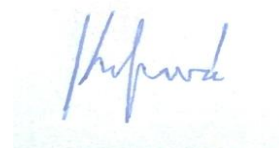
Prohlášení

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 7. května 2017



Zuzana Kufová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala Ing. Jiřímu Kulířovi za vedení mé bakalářské práce, za poskytnuté informace a za trpělivý přístup. Dále bych ráda poděkovala zaměstnancům na oddělení Nukleární medicíny Fakultní nemocnice v Hradci Králové za ochotu a vstřícnost.

ANOTACE

Moje bakalářská práce Úloha radiologického asistenta při PET/CT vyšetření mozku se skládá ze dvou částí. První teoretická část se zaměřuje na obecnou charakteristiku oboru radiologického asistenta, popisuje nukleární medicínu a její historie. V dalších kapitolách jsou zahrnuty základní informace o radiační ochraně, charakteristika fyzikálních veličin a radiofarmaka. Nakonec je zde popsána technika hybridního PET/CT přístroje a problematika nádorů mozku, epilepsie a demence.

V praktické části práce popisují úlohu radiologického asistenta při PET/CT vyšetření mozku pomocí radiofarmak ^{18}F -FLT a ^{18}F -FDG. Shrnuje praktické otázky přípravy na vyšetření a jeho provedení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Radiologický asistent, nukleární medicína, mozek, hybridní PET/CT systém. Title

TITLE

Radiologic assistant role using PET/CT scan in brain imaging.

ANNOTATION

My bachelor's thesis *Radiologic assistant role using PET/CT scan in brain imaging* consists of two parts. First theoretical part is focused on general description of radiologic assistant profession, nuclear medicine and its history. In next chapters I summarized basic information about radiation protection, physical quantities and medical radiocompounds. Finally I described hybrid PET/CT scanner and issues about brain tumors, epilepsy and dementia.

Practical part of my thesis is focused on description of role of radiologic assistant during PET/CT brain scan using medical radiocompounds ^{18}F -FLT and ^{18}F -FDG. I summarized practical issues about preparation for examination and its execution.

KEYWORDS

Radiology assistant, nuclear medicine, brain, hybrid PET/CT system.

Obsah

1	ÚVOD.....	14
2	CÍL.....	15
3	TEORETICKÁ ČÁST	16
3.1	Radiologický asistent	16
3.1.1	Historie radiologie.....	16
3.1.2	Kompetence a práva radiologického asistenta.....	16
3.1.3	Hlavní náplní radiologického asistenta	18
3.2	Nukleární medicína	18
3.2.1	Historie nukleární medicíny	19
3.2.2	Radiační ochrana v nukleární medicíně	19
3.2.3	Pracoviště nukleární medicíny.....	20
3.2.4	Kategorizace radiačních pracovníků	21
3.3	Radiační ochrana.....	21
3.3.1	Principy radiační ochrany.....	21
3.3.2	Monitorování	22
3.3.3	Radioaktivní odpad v nukleární medicíně.....	24
3.4	Fyzikální pojmy	24
3.4.1	Radioaktivita.....	24
3.4.2	Energie.....	25
3.4.3	Poločas přeměny	25
3.4.4	Ionizující záření a interakce záření s prostředím	26
3.5	Radiofarmaka.....	27
3.5.1	Výroba.....	27
3.5.2	Aplikační formy radiofarmak	28
3.5.3	Příprava radiofarmak.....	28
3.5.4	Kontrola kvality	29

3.6	Anatomie mozku	29
3.6.1	Neuron	29
3.6.2	Obaly mozku	30
3.6.3	Hlavní oddíly mozku a funkce	30
3.7	Nádory mozku	33
3.7.1	Diagnostika	33
3.7.2	Rozdělení nádorů	34
3.8	Epilepsie	35
3.8.1	Diagnostika	35
3.9	Demence	36
3.9.1	Alzheimerova choroba	36
3.9.2	Diagnostika	37
3.10	PET/CT vyšetření	37
3.10.1	Radiofarmakum	37
3.10.2	Radiofarmakum	38
3.11	PET/CT	41
3.11.1	Historie PET/CT	41
3.11.2	Radioaktivní přeměna β^+ a princip PET/CT	41
3.11.3	2D a 3D režim snímání	42
3.11.4	Rekonstrukce a vizualizace dat	42
3.11.5	Artefakty při PET/CT vyšetření	42
3.11.6	Radiofarmaka využívaná při PET/CT mozku	43
4	PRAKTICKÁ ČÁST	44
4.1	Objednání vyšetřovaného pacienta na PET/CT vyšetření	44
4.1.1	Postup při vstupu pacienta k vyšetření pomocí PET/CT	45
4.2	Příprava před PET/CT vyšetřením pomocí ^{18}F -FLT	45
4.2.1	Postup prováděného vyšetření	46

4.3	Příprava před PET/CT vyšetřením pomocí 18F-FDG.....	47
4.3.1	Příprava pacienta.....	47
4.3.2	Postup prováděného vyšetření	48
5	DISKUZE.....	50
6	ZÁVĚR	52
7	POUŽITÁ LITERATURA	53
8	PŘÍLOHY	54

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obr. č.1: Deterministické a stochastické účinky.....	19
Obr. č.2: Radioaktivita β^+	25
Obr. č.3: Recepce PET/CT vyšetření	44
Obr. č.4: CT a PET/CT fúze	46
Obr. č.5: Aplikační místnost	46
Obr. č.6: PET/CT přístroj	47
Obr. č.7: Digestoř.....	49
Obr. č.8: CT a PET/CT fúze	49
Tabulka č.1: Obecné limity v radiační ochraně	22

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ČR	Česká republika
Sb.	Sbírka zákonů
PET/CT	Hybridní systém pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie
CT	Výpočetní tomografie
MR	Magnetická rezonance
SPECT	Jednofotonová emisní výpočetní tomografie
PET	Pozitronová emisní tomografie
UZ	Ultrazvuk
EEG	Elektroencefalografie

1 ÚVOD

Mým tématem bakalářské práce, které jsem si vybrala je úloha radiologického asistenta při PET/CT vyšetření mozku. Domnívám se, že vyšetření mozku je v dnešní době velice aktuální téma. S výraznějším posunem věkové hranice žijících lidí úměrně roste i výskyt nejružnějších onemocnění mozku.

V dnešní době je výskyt zhoubného nádorového onemocnění centrální nervové soustavy 1 % ze všech zhoubných onemocnění. Největší procento zastoupené populace se zhoubným nádorem centrální nervové soustavy je v dětském věku do 5 let života a pak také starší lidé nad 60 let. Díky hybridnímu PET/CT systému, které zachycuje anatomické i funkční obrazy dané tkáně během jednoho vyšetření dostaneme přesné zobrazení vyšetřovaného objektu. Tato diagnostika je rychlá a u onkologických pacientů zásadní. Také je velice důležitá při kontrole pacienta po prodělané léčbě nádoru a vyšetření ukáže okamžitý účinek protinádorové terapie. Výhodou je také přesná diagnostika recidivy maligních nádorů.

Další výhodou hybridního PET/CT systému je diagnostika epileptického fokusu. Při nezdárném léčení epilepsie medikamentózní cestou je zásadní epileptochirurgická léčba, u které vyšetřením pozitronové emisní tomografie zjistíme ložisko epileptických záchvatů.

S narůstajícím věkem dnešní populace se zvyšuje procento lidí se začínající demencí. Demence je stav, při kterém dochází ke snížení paměťové úrovně, emoční lability a v pozdějších fázích tohoto onemocnění dojde k rozpadu osobnosti a smrti pacienta. Nedílnou součástí diagnostiky demence je vyšetření PET/CT systémem.

V jedné části mé práce popisují radiační ochranu, která je velice důležitá pro personál pracující na oddělení nukleární medicíny, protože nevýhodou PET/CT systém je vysoká radiační zátěž pacienta ale právě také personálu. O radiofarmacích se zmiňuji v teoretické části své bakalářské práce. Dalšími kapitolami v této části je i popis principu hybridního PET/CT systému, klinické indikace pro vyšetření mozku.

V praktické části mé bakalářské práce popisují vyšetření mozku na hybridním PET/CT systému s použitím nejčastěji využívaných radiofarmak a to ^{18}F -FDG a ^{18}F -FLT. V této části také popisují přípravu pacienta, samotné vyšetření pomocí radiofarmak, jeho postup, a přípravu, kterou musí zajistit radiologický asistent. Praktická část je i fotograficky zdokumentovaná. Doufám, že tato práce bude sloužit jako literatura pro další radiologické asistenty a jejich prohlubování informací o této problematice.

2 CÍL

Cílem mé bakalářské práce je podat přehled o problematice nádorů mozku, epilepsii a demenci a podle odborné literatury nastínit informace o oboru nukleární medicíny a vše s tím souvisejícím a také o hybridním PET/CT přístroji.

V praktické části je zásadní cíl podrobně popsat i podle svých zkušeností z praxe úlohu radiologického asistenta při PET/CT vyšetření mozku.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Radiologický asistent

Radiologického asistenta řadíme do nelékařského zdravotnického personálu. Radiologický pracovník může vykonávat svoji práci na oddělení nukleární medicíny, radiodiagnostice a radioterapii a na odděleních, kde se provádí radiologické výkony. Radiologický asistent pracuje samostatně a svoji konečnou práci podá lékaři k vyhodnocení. Každý radiologický asistent přichází do kontaktu se zdroji ionizujícího záření nebo magnetickým polem. Tento obor vyžaduje teoretickou i praktickou znalost, kterou získává studiem a celoživotním vzděláním. [2, 7]

3.1.1 Historie radiologie

Historie oboru radiologie nastává důležitým objevem paprsků X. Tyto paprsky objevil Wilhem Konrád Röntgen 8. listopadu 1895. V roce 1896 byl tento objev pojmenován rentgenovo záření po svém objeviteli. W. K. Röntgen si nedal patentovat tento objev, a proto se dostává velkého rozvoje rentgenova záření. Za tento objev dostal v roce 1901 Nobelovu cenu za fyziku.

Velký objev Wilhema Konráda Röntgena odstartoval rozvoj v radiodiagnostice. Po sestavení rentgenového zobrazovacího přístroje se zkonstruovali přístroje na další zobrazovací metody, jako například ultrasonografie, termografie, výpočetní tomografie, magnetická rezonance a hybridní přístroje.

Podstatný objev pro radiodiagnostiku se stal v roce 1971, kdy byl sestaven CT panem G. N. Hounnsfieldem. Nezávisle na něm i Allanem McLeod Cormackem. V roce 1979 byli za výpočetní tomografii oceněni také Nobelovou cenou.

Další čin v diagnostice maligních onemocnění a zánětů se stal v roce 1975. Michel M. Ter-Pogossian s kolegy sestrojil pozitronovou emisní tomografii. [2, 5]

3.1.2 Kompetence a práva radiologického asistenta

K získání odborné způsobilosti radiologického asistenta nám pojednává zákon č. 96/2004 Sb. o nelékařských zdravotnických povoláních. Radiologický asistent musí absolvovat:

tříleté vysokoškolské studium zakončené bakalářským titulem v oboru radiologický asistent, diplomovaný radiologický asistent na vyšší zdravotnické škole s nástupem ve školním roce 2004/2005,

radiologický laborant na střední zdravotnické škole s nejpozdějším nástupem školního roku 1996/1997.

Práva a činnosti radiologického asistenta popisuje zákon č. 424/2004, částka 139, paragraf 7. Nejdůležitější informace z tohoto zákona:

1. *Radiologický asistent vykonává činnosti bez odborného dohledu a bez indikace:*
 - A, provádí a vyhodnocuje zkoušky provozní stálosti zdrojů ionizujícího záření a souvisejících přístrojů ve všech typech radiologických pracovišť.*
 - B, zajišťuje, aby byly dodržovány předpisy radiační ochrany podle paragrafu 3, odstavec 2, vyhlášky č. 146/1997 Sb.*
 - C, zajišťuje přejímání, kontrolu a uložení léčivých přípravků, manipulaci s nimi a jejich dostatečnou zásobu.*
2. *Radiologický asistent provádí jako aplikující odborník v obecně odůvodněných případech stanovených standardy bez odborného dohledu na základě požadavku indikujícího lékaře jednotlivé lékařské ozáření:*
 - A, skiagrafické zobrazovací postupy včetně screeningových*
 - B, peroperační skiaskopii*
 - C, kostní denzitometrii*

A nese za ně klinickou zodpovědnost.

3. *Na základě požadavku indikujícího lékaře a na základě indikace lékaře, který je aplikujícím odborníkem, provádí praktickou část lékařského ozáření:*
 - A, provádí radiologické zobrazovací postupy používané při lékařském ozáření*
 - B, asistuje a instrumentuje při postupech intervenční radiologie*
 - C, provádí léčebné ozařovací techniky*
 - D, provádí nukleárně medicínské zobrazovací i nezobrazovací postupy*
4. *Radiologický asistent bez odborného dohledu na základě indikujícího lékaře:*
 - a, provádí léčebné a zobrazovací výkony, které využívají jiné fyzikální principy než ionizující záření*
 - b, aplikuje léčivé přípravky trávícím traktem, dýchacími cestami, formou podkožních, kožních a nitrosvalových injekcí*
5. *Radiologický asistent pod odborným dohledem lékaře aplikuje intravenózní léčiva nutná k realizaci vyšetřovacích postupů podle odstavce 2 nebo 3.*
6. *Radiologický asistent se pod odborným dohledem radiologického fyzika se specializovanou způsobilostí v radioterapii podílí na plánování terapie.*

O činnosti radiologického asistenta nás informuje vyhláška č. 55/2011 Sb. o činnostech zdravotnických pracovníků (konkrétně) § 7. [2, 5, 12]

3.1.3 Hlavní náplní radiologického asistenta

Hlavní náplní radiologického asistenta na nukleární medicíně je:

- musí znát průběh vyšetření a umět pracovat s technikou,
- měl by mít příjemné a klidné vystupování,
- poskytuje ošetrovatelskou péči s daným radiologickým výkonem,
- podle indikace lékaře dělá zobrazovací i nezobrazovací vyšetření,
- spolupracuje se zdravotnickým personálem, lékaři a ostatními radiologickými asistenty,
- podává informace o radiologickém výkonu, přínosu a rizicích s ním spojených pacientovi, zákonnému zástupci nebo členovi rodiny,
- zachovávat Provozní řád pracoviště,
- provádět zkoušky provozní stálosti. [2, 5]

3.2 Nukleární medicína

Nukleární medicína je lékařský obor používající ionizující záření v podobě otevřených zářičů radionuklidových zdrojů. Otevřené zářiče mají podobu tuhých látek, kapalin, aerosolů a plynů. Rozlišujeme použití radionuklidových zdrojů ionizujícího záření na postup in vivo a in vitro. Nukleární medicína se zabývá i terapií.

Metoda in vivo využívá radioaktivní látky, které se vpravují intravenózně do těla pacienta.

Nejvíce používanou metodou zobrazování v nukleární medicíně je scintigrafická zobrazovací technika. Scintigrafické přístroje pomocí vnějších detektorů registrují fotony elektromagnetického záření (záření gama) při přeměně radionuklidů v těle pacienta. Získaný obraz ukazuje rozložení vychytaného radiofarmaka v těle a určuje fyziologické, patofyziologické procesy a patologická ložiska.

In vitro metoda využívá vzorky plasmy a jiné tekutiny odebrané pacientovi a v laboratořích se vyšetřují koncentrace látek v tělních tekutinách radioimunoanalytickými metodami.

Terapie využívá radiofarmaka emitující beta eventuálně alfa záření, které mají krátký dosah záření v těle. Pacientovi se vpravují tak aby ozářila cílovou tkáň a co nejméně poškodila okolní tkáň.

Metody nukleární medicíny vynikají v poskytování informací o funkci orgánu, procesech fyziologických a patologických dějů a charakteru tkání. Méně vhodné jsou na zachycení anatomických detailů oproti zobrazovacím metodám (MRI, CT, UZ). Nukleární medicína využívá hybridních přístrojů pro anatomicko-funkční zobrazení, které vytváří přesnější

výsledky nukleárních vyšetření. (PET/CT, SPECT/CT, PET/MRI) je spojení tomografické nukleárně medicínské a rentgenové záření. [2, 5]

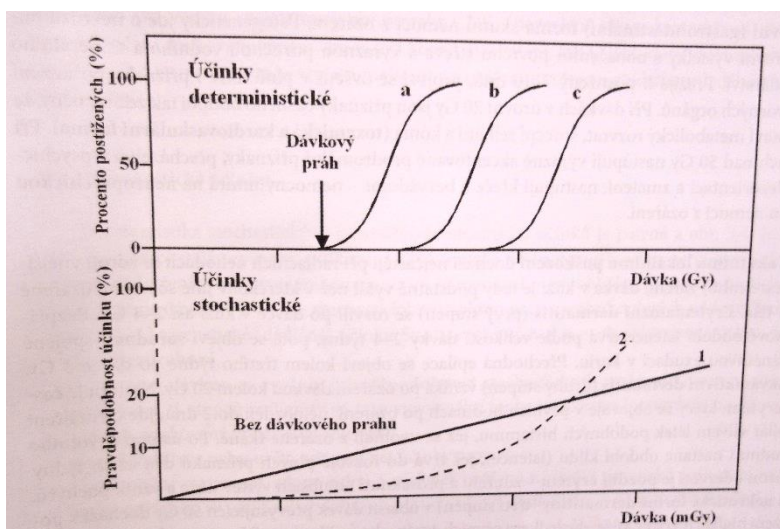
3.2.1 Historie nukleární medicíny

Začátek oboru nukleární medicíny se datuje v roce 1932, kdy byla objevena umělá radioaktivita. Umělé radionuklidy se vyrábějí v reaktorech a urychlovačích. Radionuklidy mají různou přeměnu na nuklidy, které jsou stabilní ale i nadále radioaktivní. Mají různorodé fyzikální charakteristiky a používají se v diagnostice a terapii na oddělení nukleární medicíny i v radioterapii. [2, 5, 7]

3.2.2 Radiační ochrana v nukleární medicíně

Nukleární medicína v ochraně před ionizujícím zářením se řídí obecnými principy, zásadami radiační ochrany a limity. Všechna oddělení, která pracují se zdroji ionizujícího záření dodržují Zákon č. 263/2016 Sb., Atomový zákon.

Radiační ochrana má za cíl zcela vyloučit deterministické účinky ionizujícího záření a snížit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na rozumně dosažitelnou mez a řídí se principy radiační ochrany v nukleární medicíně.



Obr. č.1: Deterministické a stochastické účinky

Zdroj: [2, str. 41]

- K deterministickým účinkům dochází při smrti nebo ztrátě možnosti dělení ozářených buněk. Projevují se po překročení prahové dávky, která je u každých orgánů odlišná. Dopad překročení prahové dávky vzniká krátce po ozáření v rámci několika dnů až týdnů.
- Stochastické účinky nemají prahovou dávku. Dochází ke kumulaci dávek, které zvyšují lineárně pravděpodobnost stochastických účinků ale nikoliv jejich závažnost. Mezi

stochastické účinky se zařazují genetické změny a zhoubné novotvary, kde jejich projev může nastat až mnoho let po ozáření.

- „Musí dbát na to, aby jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který převáží rizik, jež při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout – princip zdůvodnění.“
- „Je povinen dodržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby dávky ozáření osob a riziko ohrožení života, zdraví a životního prostředí byly tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek – princip optimalizace.“
- „Je povinen omezovat ozáření osob tak, aby nepřesáhlo stanovené limity – princip nepřekročení limitů.“ [2, str. 46]

3.2.3 Pracoviště nukleární medicíny

Pracoviště nukleární medicíny řadíme do II. kategorie, kde se pracuje s jednoduchými zdroji ionizujícího záření.

Sledované pásmo

„(1) Na pracovišti se zdrojem ionizujícího záření, kde lze předpokládat, že by efektivní dávka mohla být vyšší než 1 mSv ročně nebo by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než jedna desetina limitu ozáření pro radiačního pracovníka pro oční čočku, kůži a končetiny, je držitel povolení nebo registrant povinen vymezit sledované pásmo, dokumentovat jeho provoz a zajistit radiační ochranu fyzické osoby do něj vstupující.“

(2) Sledované pásmo se nevymezuje, pokud by jeho rozsah nepřesáhl vymezení kontrolovaného pásma.

(3) Držitel povolení nebo registrant vymezující sledované pásmo je povinen neprodleně oznamovat Úřadu

- a) vymezení sledovaného pásma,
- b) změnu vymezení sledovaného pásma a
- c) zrušení sledovaného pásma.

(4) Prováděcí právní předpis stanoví

- a) rozsah a způsob vymezení sledovaného pásma,
- b) způsob zajištění radiační ochrany ve sledovaném pásmu,
- c) požadavky na dokumentaci provozu sledovaného pásma.“ [12]

Kontrolované pásmo

„(1) Na pracovišti se zdrojem ionizujícího záření, kde lze předpokládat, že by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně nebo že by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu pro radiačního pracovníka pro kůži anebo končetiny nebo 15 mSv pro oční čočku, je držitel povolení podle § 9 odst. 2 písm. b) a f) povinen vymezit kontrolované pásmo, dokumentovat jeho provoz a zajistit radiační ochranu fyzické osoby do něj vstupující.

(2) Držitel povolení vymezující kontrolované pásmo je povinen neprodleně oznamovat Úřadu

- a) vymezení kontrolovaného pásma,*
- b) změnu vymezení kontrolovaného pásma a*
- c) zrušení kontrolovaného pásma.*

(3) Prováděcí právní předpis stanoví

- a) rozsah a způsob vymezení kontrolovaného pásma,*
- b) rozsah omezení vstupu do kontrolovaného pásma,*
- c) podmínky výkonu práce v kontrolovaném pásmu,*
- d) způsob zajištění radiační ochrany v kontrolovaném pásmu,*
- e) požadavky na dokumentaci provozu kontrolovaného pásma.“ [12]*

3.2.4 Kategorizace radiačních pracovníků

Radiační pracovníci se rozdělují na pracovníky kategorie A a B. Rozdělení spočívá z ozáření při normálním provozu, při očekávaných poruchách a odchylkách a s výjimkou radiační havárie.

3.3 Radiační ochrana

3.3.1 Principy radiační ochrany

Cílem radiační ochrany je vyloučit deterministické účinky a snížit pravděpodobnost stochastických účinků. Radiologičtí pracovníci by měli dodržovat čtyři principy radiační ochrany.

Princip zdůvodnění, který poukazuje na to, aby použití ionizujícího záření mělo přínos nad jeho riziky, která při něm vznikají nebo mohou vznikat.

Princip optimalizace také princip ALARA, vysvětluje, aby použité dávky byly tak nízké, jak lze rozumně získat z ekonomických a sociálních hledisek.

Princip nepřekročení nesmí přesáhnout dané limity. Výjimkou je lékařské ozáření, které se řídí principem zdůvodnění a optimalizací.

Čtvrtým principem je princip bezpečnosti zdrojů, kde se zajišťuje vyhovující a bezpečná práce se zdroji ionizujícího záření.

Tabulka č.1: Obecné limity v radiační ochraně

	Obecný limit	Limit pro radiační pracovníky	Limit pro studenty
Efektivní dávka/rok	1 mSv	20 mSv	6 mSv
Efektivní dávka/5 let po sobě jdoucích	5 mSv	100 mSv	
Ekvivalentní dávky v oční čočce/rok	15 mSv	100 mSv	15 mSv
Ekvivalentní dávka na končetiny/rok		500 mSv	150 mSv
Průměrná ekvivalentní dávka na 1cm² kůže/rok	50 mSv	500 mSv	150 mSv

Zdroj: [vlastní zpracování]

Tabulka znázorňuje základní veličiny radiační ochrany v nukleární medicíně. Ekvivalentní dávka je to součin radiačního váhového faktoru w_R a střední absorbované dávky $D_{T,R}$ v tkáni či orgánu. Efektivní dávku vypočítáme součtem součinů ekvivalentní dávky H_T v ozářených tkáních či orgánech T a tkáňových váhových faktorů w_T . Obě tyto veličiny mají jednotku Sievert Sv ($J \cdot kg^{-1}$). A další veličina v radiační ochraně je absorbovaná dávka D . Je to podíl střední sdělené energie, kterou odevzdá ionizující záření látce a hmotnosti této látky. Jednotkou této veličiny je Gray Gy ($J \cdot kg^{-1}$). [2]

3.3.2 Monitorování

Na oddělení nukleární medicíny, kde se pracuje s otevřenými zářiči dochází k monitorování. Souhrn monitorování je rozdělen na osobní monitorování, monitorování pracoviště a výpustí.

Osobní monitorování

Každý pracovník kategorie A je povinen nosit osobní dozimetr na levé přední straně hrudníku na svém pracovním oděvu. Osobní dozimetr může být filmový nebo termoluminiscenční. Na vyhodnocení se odesílá každý měsíc a výsledky o zjištěných dávkách získá dané pracoviště a SÚJB. Dozimetry měří efektivní dávku daného pracovníka, která vyjadřuje radiační limit pracovníka. Ve vyhlášce č. 422/2016 Sb. Vyhláška o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. (část druhá radiační ochrana, hlava I obecná pravidla radiační ochrany díl 1 limity odstavec 4. [9])

Limity pro radiačního pracovníka

„Limity pro radiačního pracovníka musí být použity pro omezení profesního ozáření a jsou

- a) Pro součet efektivních dávek ze zevního prostředí ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření 20 mSv za kalendářní rok nebo hodnota schválena Úřadem podle § 63 odst. 4 atomového zákona, nejvýše však 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv za jeden kalendářní rok,*
- b) Pro ekvivalentní dávku v oční čočce 100 mSv za 5 po sobě jdoucích kalendářních let a současně 50 mSv v jednom kalendářním roce,*
- c) Pro průměrnou ekvivalentní dávku na každý 1cm² kůže 500mSv za kalendářní rok bez ohledu na velikost ozářené plochy a*
- d) Pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky 500 mSv za jeden kalendářní rok.“ [12]*

Existují i prstové dozimetry. Tyto dozimetry používají pracovníci, kteří vystavují ruce vyššímu ozáření a vyhodnocují se také jednou měsíčně. Na oddělení nukleární medicíny do osobního měření řadíme i vnitřní kontaminaci pracovníků kde se pracuje hlavně s ¹³¹I a méně často ¹²⁵I. Radionuklidy ¹³¹I a ¹²⁵I pracovník nukleární medicíny vdechuje při jejich manipulaci. Měření vnitřní kontaminace se provádí kolimovaným scintilačním detektorem, kterým přiložením vyšetřujeme štítnou žlázu pracovníka.

Monitorování pracoviště

Do monitorování pracoviště se zahrnuje vyšetřovna, ovladovna, čekárna a další prostory které souvisí s vyšetřovnou. Kontrolovány jsou přístroje vybavenými GM počítači nebo proporcionalními detektory. Měří se kontaminace povrchů radioaktivními látkami a dávkový příkon záření gama.

Monitorování výpustí

Měří se objemová aktivita radionuklidů v odpadní vodě, která odchází z oddělení nukleární medicíny do kanalizace. [2]

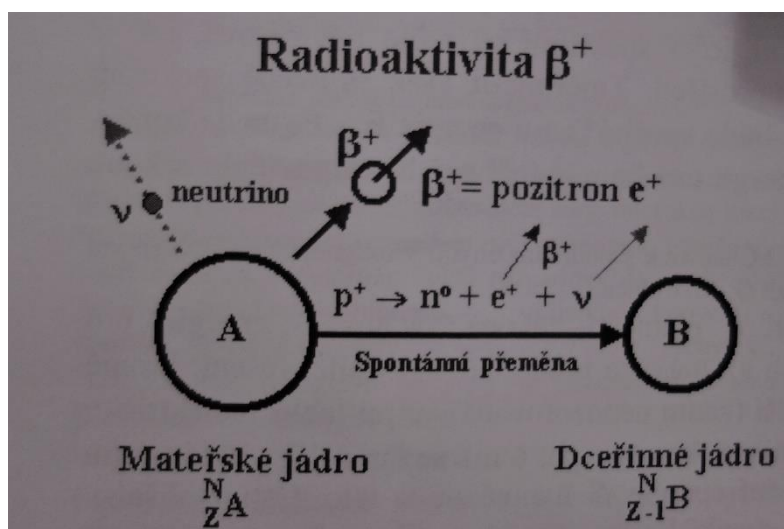
3.3.3 Radioaktivní odpad v nukleární medicíně

Při nakládání s radioaktivním odpadem je radiační ochrana stejná jako u radionuklidových zářičů. Radioaktivní odpady jsou tříděny podle chemických a fyzikálních vlastností. Rozlišují se na kapalné, plynné a pevné. Kapalné radioaktivní odpady se uskladňují v jímkách, které musí být opatřeny proti přeplnění. Musí být vodotěsné, opatřené signalizací při úniku radioaktivního odpadu a musí být odčerpateľné. Plynný radioaktivní odpad musí být zachycen speciálními účinnými filtry, které zabraňují úniku radionuklidových plynných odpadů do ovzduší. Filtry jsou nainstalovány na pracovištích se zdroji ionizujícího záření. Pevný radioaktivní odpad se dělí na přechodný, nízko a středně aktivní a vysokoaktivní odpad. Odpad je rozdělen také na hořlavý a nehořlavý. Pevný radioaktivní odpad je ukládán v igelitových pytlích a uskladňován ve vymíracích místnostech. Všechny radioaktivní odpady jsou uskladněny ve vymíracích místnostech po období deseti fyzikálních poločasů rozpadu radionuklidů, poté je odpad opět přeměřen. Uvolňovací úroveň stanovuje, kdy se určité skupenství radioaktivního odpadu může vypustit do životního prostředí bez předchozího povolení Úřadu. Dané hodnoty uvolňovacích úrovní zmiňuje vyhláška č. 377/2016 Sb. o požadavcích na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a vyřazování z provozu. [12]

3.4 Fyzikální pojmy

3.4.1 Radioaktivita

„Radioaktivita je proces, při kterém se nestabilní jádro určitého nuklidu samovolně přeměňuje na jádro nuklidu jiného za současného vzniku ionizujícího záření.“ [6, str.38]



Obr. č.2: Radioaktivita β^+

Zdroj: [6, str.50]

Radioaktivitu měříme v becquerelech (Bq). Becquerel je jedna přeměna za sekundu.

Radioaktivní přeměny rozdělujeme na tři základní typy:

Přeměna α je pouze u radioaktivních izotopů prvků, které mají vyšší protonové číslo než 82. Při přeměně α emitují nabitě částice α (jádra $4/2$ He) a jsou složeny ze dvou protonů a dvou neutronů.

Přeměna β je rozdělena na přeměnu β^- doprovázenou emisí elektronů z atomového jádra, přeměnu β^+ ta je doprovázená emisí pozitronů z atomového jádra. Elektronový záchyt, který je doprovázen emisí charakteristického rentgenového záření z elektronového obalu.

K přeměně γ dochází při přechodu z excitovaného stavu do stavu základního, při kterém se uvolní přebytečná energie v podobě elektromagnetického vlnění – fotonů γ .

3.4.2 Energie

O pronikavosti fotonového záření do tkání rozhoduje energie. Jednotka energie je Joule (J). Energie záření se udává i v elektronvoltech (eV). Převod je $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. V nukleární medicíně se využívají energie záření γ kolem 100–200 keV. Při PET je energie 511 keV anihilačních fotonů. [2, 6]

3.4.3 Poločas přeměny

Je to doba, při které se rozpadne právě polovina jader daného radionuklidu. Poločas přeměny lze nazvat také fyzikálním poločasem.

„Fyzikální poločas přeměny radionuklidu je doba, za níž se v daném vzorku radionuklidu přemění polovina všech přítomných radioaktivních jader.“ [2, str.12]

3.4.4 Ionizující záření a interakce záření s prostředím

Ionizující záření má kvanta s takovou energií, které při své dráze ionizují elektrony z elektronového obalu atomů. Při této reakci vzniká kladný iont a záporný iont. Ionizační záření rozdělujeme na přímo ionizující a nepřímo ionizující.

Přímo ionizující záření jsou částice s elektrickým nábojem (částice alfa, beta, elektrony, pozitrony, protony). Mají dost velkou kinetickou energii, aby vyvolaly ionizaci.

Nepřímo ionizující záření jsou nenabitě částice, které samy neionizují (fotony a neutrony). Tyto nenabitě částice při interakci s prostředím uvolní sekundární, přímo ionizující částice, které ionizují prostředí.

Částice α

Částice α je velmi těžká a tvoří ji jádro $4/2\text{He}$ a tím nese dvojitý elektrický náboj (2 neutrony a 2 protony). Dosah částice α je v tkáních velmi malý (pohybuje se v rozmezí desítek μm podle energie), ale dosahuje velké ionizace molekul a atomů prostředí v místech, jenz prochází. Díky velké ionizační schopnosti a biologickému účinku v tkáních se částice α používají v terapii maligních nádorů. Bohužel nesnadná výroba stabilních radiofarmak s částicemi α , velké riziko stochastických účinků u léčených pacientů a riziková práce zdravotníka s otevřenými zářiči α stěžuje možnost použití těchto částic. V dnešní době se začíná zavádět radiofarmakum ^{223}Ra k léčbě kostních metastáz u pacientů s karcinomem prostaty.

Zářiče β^-

Zářiče β^- mají střední dolet elektronů ve tkáních, udává se několik milimetrů a většina energie se pohlcuje v cílové tkáni léčeného pacienta. Tyto zářiče se používají v léčbě nádorových a jiných onemocnění. K terapii jsou vhodné čisté zářiče β^- , ale využívají se také zářiče β^- s γ zářením, kde je výhodou monitorování postupu terapie scintigrafií. ^{131}I využívaný pro léčbu onemocnění štítné žlázy je zářič β^- a γ .

Zářiče β^+

Zářiče β^+ mají střední dolet elektronů ve tkáních, udává se několik milimetrů a většina energie se pohlcuje v cílové tkáni léčeného pacienta. Tyto zářiče se používají v léčbě nádorových a

jiných onemocnění. K terapii jsou vhodné čisté zářiče β^- , ale využívají se také zářiče β^- s γ zářením, kde je výhodou monitorování postupu terapie scintigrafií. ^{131}I využívaný pro léčbu onemocnění štítné žlázy je zářič β^- a γ .

Zářiče β^+

Principem zářiče β^+ jsou emitující pozitrony, které při své krátké dráze (desítky až několik milimetrů) interagují s elektronem z obalu dalšího atomu a dochází k anihilaci. Při anihilaci vznikají dva anihilační fotony elektromagnetické záření s opačným směrem a energií 511 keV. Zářiče β^+ se využívají při pozitronové emisní tomografii (PET).

Zářiče γ

Zářiče gama emitující γ z jader atomů se na oddělení nukleární medicíny využívá při vyšetření in vivo i in vitro. Používají se čisté zářiče gama, kvůli radiační zátěži pacienta při vyšetření. Vyšetření spočívá v pronikání fotonů γ skrz pacienta a následná detekce.

Charakteristické rentgenové záření

Charakteristické rentgenové záření neboli elektromagnetické záření z atomového obalu se vyskytuje u dceřiných jader přeměňujících se elektronovým zachytem. Na oddělení nukleární medicíny se využije při užití ^{125}I in vitro vyšetření. [2]

3.5 Radiofarmaka

Radiofarmakum je léčivý přípravek obsahující jeden nebo více radionuklidů, které se užívají pro lékařské záměry. Používají se k diagnostickým nebo terapeutickým účelům. Základní složkou radiofarmaka je farmakum, které má funkci nosiče. Nosiče mohou být chemické nebo biologicky aktivní látky anorganické soli, buňky, krevní elementy, protilátky a další. Volba farmaka je závislá na distribuci v lidském těle. Radionuklid je uměle vytvořený pro účely nukleární medicíny. Váže se na vhodný nosič.

3.5.1 Výroba

Radionuklidy, které jsou obsažené v radiofarmacích používaných v nukleární medicíně jsou připravovány v jaderném reaktoru nebo cyklotronu. Radionuklidy mohou být izolovány i v radionuklidových generátorech. Tak samovolnou přeměnou z mateřského prvku vzniká dceřiný prvek, který je potřebný v nukleární medicíně.

Výroba v jaderném reaktoru

Výroba v jaderném reaktoru má dva druhy postupu. Prvním postupem je ozáření materiálu neutronovým svazkem, při kterém se aktivují stabilní jádra daného materiálu. Vzniká například ^{131}I , ^{125}I , ^{32}P , ^{51}Cr . Druhým způsobem je separace štěpných produktů ^{235}U . Vzniká ^{99}Mo , ^{131}I , ^{90}Sr .

Výroba v cyklotronech

V cyklotronech se dané materiály ozařují protony, deuterony a částicemi α . V urychlovačích vznikají ^{18}F , ^{15}O , ^{111}I , ^{13}N . Výroba v urychlovačích je více nákladná než výroba v jaderném reaktoru.

Generátor

Radionuklidový generátor obsahuje mateřský radionuklid, který se mění na radionuklid dceřiný s kratším poločasem přeměny. Dceřiný radionuklid je pak vhodný v nukleární medicíně. Nejčastěji používaný radionuklidový generátor je $^{99}\text{Mo} - 99\text{mTc}$. Z ^{99}Mo vzniká elucí sterilního fyziologického roztoku ze sloupce nosiče $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Radionuklidový generátor lze elucí používat 1 týden, poté musí být nahrazen novým. Dalším radionuklidovým generátorem je $^{81}\text{Rb} - 81\text{mKr}$. Radioaktivní krypton v plynné formě používaný z tohoto generátoru je uplatňován pro vyšetřování ventilace plic. ^{81}Rb má krátký poločas rozpadu, a proto je třeba rychle využívat tento generátor po jeho transportu.

3.5.2 Aplikační formy radiofarmak

Jsou tři druhy rozdělení radiofarmak. Parenterální neboli injekční, perorální a inhalační.

Parenterální aplikací jsou přípravky v podobě pravých roztoků (NaTcO_4), suspenzí a koloidních disperzí ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ - nanokoloid).

Perorální forma radiofarmak se aplikuje koloidy, emulze, roztoky, želatinové tobolky obsahující tuhou látku jodid (^{131}I).

Inhalační přípravky jsou ve formě aerosolů nebo radioaktivní plyny ($^{81\text{m}}\text{Kr}$).

3.5.3 Příprava radiofarmak

Na oddělení nukleární medicíny jsou při přípravě radiofarmak zvláštnosti a specifické zásady definované jako správná praxe při přípravě radiofarmak. Je to soubor opatření, ke správnému zacházení, přípravování a kontrolování radiofarmak. Radiofarmaka se připravují ředěním objemu aktivity, u farmak vyráběných ve větším množství, smísením neaktivního kitu

s roztokem radionuklidu a inkubací vhodné chemické sloučeniny roztoku radionuklidu a biologického materiálu (značení krvinek).

3.5.4 Kontrola kvality

Kontrolou kvality radiofarmak se rozumí běžné postupy jako u normálních léčiv bez radionuklidů (sterilita, pH, apyrogenita, zkouška chemické čistoty), ale také nestandardními postupy. Tyto postupy zahrnují aktivitu radiofarmaka pomocí kalibrátoru, radionuklidovou čistotu měřenou energetickým spektrem záření, produkovaného radiofarmakem a radiochemickou čistotou měřenou chromatografickou metodou. [3, 2]

3.6 Anatomie mozku

Mozek je složitý orgán lidského těla. Hmotnost mozku je přibližně 1500 g a jeho uložení je v neurokraniu. O mozku se může říct, že je řídicí a organizační centrum nervové soustavy. Funkce nervového systému je příjem, rozbor a integrace informací, které nervová soustava získala z vnějšího a vnitřního prostředí těla a vytvoření reakcí na různé změny. Informace se uloží v paměti.

3.6.1 Neuron

Neuron se řadí do základní stavební a funkční buňky nervové tkáně. Funkce neuronu je šířit a zpracovávat dané informace. Neuron je složen z buněčného těla a výběžků z něhož vycházejících. Buněčné tělo není jednotvárné a nemá stejnou velikost (6- 100 μ m). Neuron je obalen buněčnou membránou, která vytváří některé úseky synaptické kontakty s výběžky gliových buněk. Buněčná membrána také obsahuje nepřeberné množství odlišných typů receptorů glykoproteinového složení. Tyto receptory předávají informace do neuronu o styku se signální molekulou. V cytoplazmě je obsaženo jádro, jedno jadérko, granulární endoplazmatické retikulum a Golgiho aparát, který je nápomocen při transportu glykoproteinů. Mitochondrie jsou důležité jako zdroj energie pro funkci celého neuronu. Výběžky se dělí na dendrity, kterých je několik a vybíhají z těla buňky. Dendrity jsou dostředivé neboli aferentní výběžky. Dendritické výběžky se mohou tvarově lišit a vytváří například kuželovitý tvar. Na povrchu dendritu jsou synaptické kontakty a výběžky glie. Dalším výběžkem je axon. Axon je odstředivým neboli eferentním výběžkem a je pouze jeden. Axon je složen z iniciálního segmentu a odstupující kolaterální větve s terminálním větvením. Na konci tohoto větvení je presynaptické rozšíření, které slouží ke kontaktu mezi neurony a jinak je to označováno také jako synapse. Synapse jsou různé od kontaktu s dendritem nebo buněčným tělem až po vzácný kontakt s jiným neuronem.

3.6.2 Obaly mozku

Ochrana mozku je složená z lebky (cranium), vazivových obalů (meningy) a mozkomíšního moku (likvor). Hematoencefalická bariéra (HEB) slouží k ochraně nervových buněk centrálního nervového systému krevní cestou.

Jednotlivé vrstvy vazivových obalů jsou tvrdá plena neboli dura mater, pavučnice latinsky arachnoidea a omozečnice nebo také pia mater. Dura mater je tuhá vazivová blána složená převážně z kolagenních vláken. Srůstá s periostem. Úkolem tvrdé pleny mozkové je mechanická ochrana mozku, cévní zásobení a odvod krve z mozku. Dalším vazivovým obalem je pavučnice (arachnoidea) je to tenká, bezcévná blána také složená z kolagenních vláken. Mezi pavučnicí a pia mater je prostor – spatium subarachnoideum, ve kterém je likvor a trámečky, které spojují tyto dvě pleny. Posledním obalem je omozečnice jinak také pia mater. Je to tenká vazivová blána přiléhající úzce k mozku a vystýlá nerovnosti na povrchu mozku. Obsahuje mnoho cév pronikajících do hloubky centrálního nervového systému.

Mozkomíšní mok je čirá, nažloutlá tekutina obsahující různé složky. Objem likvoru v centrálním nervovém systému je 150ml. Funkcí likvoru je nadnášet mozek, tím zajišťuje mechanickou ochranu. Další funkcí je výživa mozku, odvod odpadní látek nervových buněk a funguje jako komunikační cesta v oblasti centrální nervové soustavy. [1, 4]

3.6.3 Hlavní oddíly mozku a funkce

Prodloužená mícha – medulla oblongata

Má tvar kužele, užší konec míří k hřbetní míše. Její umístění je v zadní jámě lební. Zadní strana kmene utváří spodinu čtvrté mozkové komory. Funkcí prodloužené míchy je vstup i výstup některých hlavových nervů, přepojení vzruchů do dalších částí mozku, kříží se tam motorické dráhy, sídlo retikulární formace a průběh vzestupných i sestupných nervových drah.

Mozeček – cerebellum

Mozeček je uložen v zadní jámě lební nad dorzální stranou mozkového kmene s ním je spojen třemi svazky vláken. Základní funkce mozečku je udržet rovnováhu a vzpřímenou polohu těla, koordinace a řízení pohybů celého těla, ovládní svalového tonu, přesnost a spolupráci svalových pohybů.

Varolův most – pons Varoli

Varolův most nasedá na prodlouženou míchu a přechází v mesencephalon. V pontu se nachází senzitivní i motorická jádra hlavových nervů, přepojují se signály do center CNS.

Střední mozek – mesencephalon

Střední mozek je část mozkového kmene, spojuje se vlákny s diencephalonem a telencephalem. Tectum se skládá z horních a dolních párových hrbolků, které jsou zapojeny do zrakových drah a dolní hrbolky jsou spojeny do sluchových drah. Centrum pupilárního reflexu je uloženo pod hlavovými hrbolky.

Mezimozek – diencephalon

- Mezimozek se nachází mezi koncovým mozkem a mozkovým kmenem. Mezimozek je tvořen z epithalamu, metathalamu, thalamu, subthalamu, hypothalamu a hypophysis cerebri.
- Epithalamus obsahuje melatonin, který ovládá rytmy bdění a spánku.
- V Metathalamu vedou vlákna sluchové dráhy a dráhy zrakové.
- Thalamus je párový, vejčitý útvar. Převádí senzitivní signály z těla do speciálních oblastí mozkové kůry, přes thalamus prochází každá informace putující do mozkové kůry, aktivně se zpracovává. Thalamus má funkci zesilovat nebo zeslabovat signály pro mozkovou kůru. Thalamus má i motorická jádra.
- Subthalamus leží pod thalamem.
- Hypothalamus ovlivňuje a kontroluje důležité funkce a reflexy. Hypothalamus působí na endokrinní systém, tvorbu paměti, reguluje cyklus spánku, působí na emoční reakce a chování, reguluje hlad, žízeň a tělesnou teplotu a kontroluje parasymphaticus a symphaticus. Podvěsek mozkový (hypothalamus cerebri) je drobná žláza s vnitřní sekrecí. Podvěsek je rozdělen na dva oddíly na adenohipofýzu, která produkuje hormony STH, ACTH, TSH, LH, FHS, prolaktin. A druhým oddílem je neurohypofýza, která vylučuje hormony hypothalamu: ADH a oxytocin.

Koncový mozek – Telencephalon

Koncový mozek je největší část centrální nervové soustavy. Telencephalon je utvářen levou a pravou hemisférou. Hemisféry odděluje fissura longitudinalis cerebri. Rýha sagitálně orientovaná mezi hemisférami. Silné svazky vláken (corpus callosum) spojují obě hemisféry ve stejných místech hemisfér. V obou hemisférách se nachází postranní mozková komora. Povrch koncového mozku tvoří na povrchu mozková kůra, bílá hmota a vevnitř bazální ganglia.

Bazální ganglia

Bazální ganglia jsou útvary šedé hmoty obklopené bílou hmotou uložené z velké části ve spodním úseku frontálního laloku. Funkcí bazálních ganglií je řízení a vytváření pohybů spolu s mozkovou kůrou. Řídí složité vztahy útlumu a podráždění při vědomých pohybech

Bílá hmota

Bílá hmota má tvar půl oválu. Bílá hmota má tři druhy vláken. Asociační, komisurální a projekční. Asociační vlákna spojují korové oblasti na stejné straně. Komisurální propojují totožné oblasti pravolevě a projekční pojí vzestupně a sestupně odlišné struktury s mozkovou kůrou.

Mozková kůra

Mozková kůra vytváří povrch koncového mozku, který tvoří asi 40 % celkové hmoty mozku. Kryje bílou hmotu a je tvořen z šedé hmoty. Mozková kůra je řídicí centrum nervové soustavy. Kůru je rozdělena na pět laloků: čelní lalok, temenní lalok, týlní lalok, spánkový lalok a ostrovní lalok.

- Oblast čelního laloku obsahuje primární motorickou oblast, kde se nacházejí pyramidové buňky. Oblast obstarává přesné a zručné pohyby těla. Premotorická kůra ovládá pohyby a změny pohybu, je tady potřebná zraková kontrola pohybů. Brocovo řečové motorické centrum řídí tvorbu řeči v dominantní hemisféře. V nedominantní mozkové hemisféře se naopak monitoruje zabarvenost mluveného slova. Vzájemně souvisí s levorukostí nebo pravorukostí. Dále je zde uložena čelní zraková oblast, kde se kontrolují zrakové vjemy při sledování pohyblivého cíle. Primární čichová oblast a bulbus odpovídá za čichové vjemy a prefrontální kůra se účastní poznávacích kognitivních funkcí a abstraktního myšlení.
- Oblast temenního laloku, kde se nachází oblast senzitivní korová, odpovídající za schopnost prostorově lokalizovat vjemy a vnímat tělesné vjemy. A druhou oblastí je somatosenzitivní asociační, která je schopna rozpoznat objekt podle tvaru dle předešlé zkušenosti.
- Oblast týlního laloku obsahuje primární zrakovou oblast. Ta vnímá orientaci předmětů a pracuje s informacemi z obou očí dohromady. Asociační zraková oblast spolupracuje s primárním zrakovým polem a s předními a zadními drahami.
- Oblast spánkového laloku, kde se nachází vestibulární a sluchová oblast a rozlišuje se primární a asociační pole.
- Poslední částí je řečová oblast, v které se nachází porozumění a tvorba řeči, rozbor mluveného slova, spolupráce zrakových a sluchových stránek řeči. [1, 4]

3.7 Nádory mozku

Nádorové onemocnění mozku lze rozdělit na primární karcinomy, které vycházejí přímo z mozkové tkáně nebo okolních struktur. Sekundární karcinomy, které jsou metastázami hlavně maligních nádorů z jiných částí organismu, příkladem jsou plíce, mammy a ledviny. Dalším rozdělením je rozlišení nádorů na intraaxiální, vycházející z mozkové tkáně, příkladem těchto nádorů jsou astrocytom, ependymom, oligodendrogliom a na nádory extraaxiální, které mají zdroj z okolních tkání, například meningeom anebo adenom hypofýzy.

Zhoubné nádory mozku tvoří 1 % ze všech zhoubných nádorů. Incidence nádorů má dva vysoké vrcholy, incidence u dětí do 5 let a incidence zhoubných nádorů v dospělém věku nad 60 let života. Nejnižší výskyt zhoubných nádorů je ve věku 16 až 24 let. Rizikové faktory ze zevních příčin nejsou zcela známy, ale faktory původu onemocnění lze považovat za vystavení se chemickým přípravkům (etylnitrozomocovina, polychromované bifenyly), ionizujícímu záření, virová onemocnění z onkologie a různá poranění hlavy. Dalším faktorem jsou dědičné predispozice, především v dětském věku a také poruchy v embryonálním vývoji plodu. V České republice onemocnění zhruba 700 lidí ročně na nádory mozku. [11, 8]

3.7.1 Diagnostika

„Při diagnostice nádorů bychom se měli snažit zodpovědět tři základní otázky, charakterizující tumor:

- 1. typing – snaha o histologickou klasifikaci tumoru;*
- 2. staging – hodnotí stupeň pokročilosti růstu nádoru, kde kromě radiologického nálezu je nutné vzít v úvahu i neurologické a histologické vyšetření;*
- 3. grading – stupeň malignity (četnost mitóz, jaderná atypie, angiogeneze, nekrózy).“* [, str]

(radiologie pro studium i praxi)

Mezi hlavní symptomy při diagnostice nádorů mozku řadíme bolest hlavy, psychické změny chování doprovázené agresivitou, labilitou. Syndrom nitrolební hypertenze, který se projevuje zvracením, mlhavým viděním, spavostí až bezvědomím. Dalším příznakem mohou být epileptické záchvaty, vyskytující se u 20–30 % pacientů. Ložiskové příznaky také hrají svoji roli v diagnostice nádorů. Jde o výpadky funkcí specifických částí mozku, kvůli rostoucímu nádoru. Příkladem těchto poruch jsou malé výpadky hybnosti, ochrnutí, poruchy sluchu, řeči nebo také zraku.

Každý pacient s uvedenými příznaky by měl být vyšetřen neurologem. Mezi základní zobrazovací metody patří magnetická rezonance (MRA), počítačová tomografie (CT), MR angiografie a také spektroskopie. Významnou diagnostickou metodou v nynější době při diagnostikování nádoru mozku je pozitronová emisní tomografie (PET). Touto metodou se rozlišuje recidiva nádorových onemocnění od postradiačních nekrotických center v oblasti tkáně mozku. Histologické ověření je nezbytnou součástí při diagnostikování nádorů, pomocí klasického operačního zákroku nebo stereotaktickou punkcí. Další diagnostickou metodou je vykonání cytogenetického vyšetření v dětském věku. U pacientů s nádory metastazující krevní cestou je nezbytné vyšetření lbi, plic a orgánů tvořených parenchymem. Vyšetření mozkomíšního moku je doporučeno u nádorů postupujících do míšního vaku.

3.7.2 Rozdělení nádorů

Nádorové bujení lze rozdělit na intraaxiální a extraaxiální nádory.

Intraaxiální nádory

Intraaxiální nádory jsou gliomy, vytvářející se z buněk glie – astrocytů, ependymálních buněk, oligodendrocytů a z buněk chorioidálního plexu. Gliomy zastupují více než 50 % nádorů centrální nervové soustavy. Druhým typem intraaxiálních nádorů jsou neuronální a neurogliální smíšené nádory. Tento typ nádorů je relativně vzácný. Posledním typem jsou metastázy mozku mimo lymfomy.

Gliomy

Astrocyty patřící do intraaxiálních typů nádorů se dělí na low – grade astrocytom a glioblastoma multiforme.

Low – grade astrocytom má sklon k maligní progresi možné i semimaligní formy. Pacientova průměrná doba přežití je okolo 10 let. U low – grade astrocytomů nejsou nalezené kalcifikace, krvácení ani cysty.

Glioblastoma multiforme mají vysoký sklon k malignitám. Pacientova doba přežití je 1–2 roky. U tohoto typu nádorů je charakteristický edém, rozpínavý charakter a vznik nekrotických ložisek. Možnost výskytu krvácení.

Oligodendrogliom lze zařadit do všech stupňů malignity od grade I až po IV a v polovině případů dochází ke kalcifikaci.

Ependyom je charakteristický výskytem v dětském věku. Nejvíce je lokalizovaný ve IV. mozkové komoře. Výskyt ependyomu je v míšním kanálu v části caudyquiny, metastazují přes likvor. U nádoru jsou silné bolesti hlavy s rychlým odezněním, zvracení, ataxie.

Extraaxiální nádory

Do extraaxiálních nádorů řadíme meningeální nádory, nádory glandula pinealis, nádory tvořené ze spinálních a periferních nervů. Ve většině případů se jedná o benigní léze. Skupina těchto nádorů se vytváří z mozkových nervů, hypofýzy, chrupavky, embryonální tkáně.

Meningeom se vyskytuje hojněji u starších pacientů nebo žen a představuje okolo 20 % mozkových nádorů. Meningeom lze rozlišit na typický, atypický a anaplastický. U meningeomu bývá typický edém. Léčba spočívá v chirurgickém odstranění a u pacientů s vyšším věkem je sledován růst nádoru.

Meduloblastom je typický v dětském věku. Agresivní typ nádoru s častým růstem v centrálním nervovém systému i kolem kraniální osy. Jeho agresivní růst vyvolává uzávěr čtvrté mozkové komory a vytvoří se hydrocefalus. Největší sklon u meduloblastomu je diseminace neuroaxiální a hematogenní cestou. [11, 8]

3.8 Epilepsie

Epilepsie zahrnuje větší skupinu chorob, doprovázeným nevyprovokovaných epileptických záchvatů. U větší poloviny pacientů zabírá dobře medikace, ale u části pacientů nepůsobí a zvažuje se epileptochirurgická léčba. Vyšetřením zjistíme typ epilepsie, epileptogenní zónu a rozsah. U epileptogenní zóně se zohledňují oblasti jako zóna morfologické léze, která ukazuje strukturální abnormalitu s epilepsií příčinně spojená. Další oblastí je funkčně deficitní zóna, tato část mozku funguje abnormálně mezi záchvaty. Abnormálně se rozumí neurologický nebo neuropsychologický defekt. Iritační zóna, iktálně symptomatická zóna, odpovědná za iniciální klinickou symptomatologii epileptického záchvatu. Zóna začátku záchvatu, kde začíná samotný záchvat na EEG. Pacienti trpící epilepsií lze rozdělit z hlediska epileptochirurgického na meziotemporální, extramezitemporální a nelokalizované.

3.8.1 Diagnostika

Základem je anamnestické vyšetření a neurologické vyšetření. Významnou diagnostikou je také interní a laboratorní vyšetření (KO, CRP, krvácivost, srážlivost, glykémie, M+S, renální a jaterní testy).

Elektroencefalografie (EEG) nejvýznamnější diagnostická metoda, která registruje a zaznamenává křivkou bioelektrické potenciály mozku. Neinvazivní diagnostika, při které nemusí být žádná příprava pacienta.

Magnetická rezonance (MR) je základní diagnostickou metodou při těžších stavech epilepsie a při uvažování nad chirurgickým zákrokem.

Výpočetní tomografie (CT) se využívá v akutních stavech, kdy není možné využít MR.

(SPECT) slouží k diagnostice perfúze mozkové tkáně.

Pozitronová emisní tomografie (PET) slouží ke zjištění poruch metabolismu mozkové tkáně. Při předoperačním vyšetření u pacientů s neléčitelnou medikamentózní epilepsií se provádí v interiktálním období, kde se ložisko objeví jako oblast hypometabolizmu, ale specifická a senzitivita není tak výrazná jako při vyšetření v iktálním období.

Vyšetření v iktálním období se radiofarmakum aplikuje při začátku epileptického záchvatu, pacient je EEG a videokamerou sledován. Ložisko se objeví hyperaktivní. Bohužel krátký poločas ^{18}F je nevýhodou u tohoto vyšetření, kvůli nepřesnosti vyvolání epileptického záchvatu. [1, 4, 8, 5]

3.9 Demence

Demenci je možné diagnostikovat již od dvou let věku. U demence dochází ke snížení paměťové úrovně a intelektu. Lze pozorovat změny chování, porucha paměti, emoční labilita a ztráta úsudku. Dalším pozdějším projevem je dezorientace časová, prostorová, zhoršení kognitivních funkcí, rozpad osobnosti a poté smrt.

Při diagnostikování demence je důležité zobrazit lokalizace a charakter postižení, podle toho lze rozlišit posteriorní, frontotemporální a vaskulární typ demence.

Demence se rozlišují na Alzheimerovu chorobu, která je nejčastější diagnózou více než 50 %. Dalším typem je vaskulární demence, se zastoupením v 10–30 % diagnostikovaných. Lewy body demence, která má kolísavý průběh a projevuje se zrakovými halucinacemi a výraznější poruchou paměti se řadí také do častých typů demence. Poslední demencí je Parkinsonova nemoc a sekundární demence.

3.9.1 Alzheimerova choroba

Je představována jako polovina všech případů. Mezi projevy se řadí atrofie mozku, tvorba beta-amyloidy, formace plaků a zánik acetylcholinergních neuronů. V mozkové kůře se

začínají vyskytovat rozpadlá nervová vlákna utvářející chumáče, ve středu chumáče je bílkovina amyloid. Při Alzheimerově chorobě je chorobným stavem zvýšená tvorba amyloidu, který poškozuje nervové výběžky a prozatím je největším viníkem u této choroby právě beta-amyloid. Vyskytující se plaky vytváří zánět, který aktivuje mikroglie a astrocyty, uvolní volné kyslíkové radikály a cytokíny. Díky volným kyslíkovým radikálům zanikají neurony a ty přitom uvolňují aminokyseliny a vede to k buněčné hyperexcitaci. Prostředí neuronů se narušuje s aktivizací enzymů proteinkinázy a končí to smrtí neuronů.

„Kauzální léčba neexistuje, centrální inhibitory acetylcholinesterázy zpomalí postup nemoci.“ [5, str.302]

3.9.2 Diagnostika

Mezi diagnostická vyšetření pro stanovení demence je celkový klinický obraz zahrnující psychologické a psychiatrické vyšetření, neurologické a interní vyšetření. Vyšetření poruch paměti je také důležitým bodem diagnostiky. K těmto vyšetřením je důležité zařadit také diagnostické zobrazovací metody. Mezi tyto metody se řadí výpočetní tomografie (CT), magnetická rezonance (MR), SPECT hybridní PET/CT systém, kde se zobrazují postižené oblasti mozku. [1, 4, 8, 5]

3.10 PET/CT vyšetření

Vyšetření regionálních změn v distribuci aminokyselin v mozku pomocí PET/CT ^{18}F -FLT

3.10.1 Radiofarmakum

Fluorothymidin

Radiofarmakum 3'-deoxy-3'- ^{18}F -thymidin (^{18}FLT) zobrazuje mitotickou aktivitu nádorů. V nich se vyskytuje zvýšená syntéza deoxyribonukleové kyseliny (DNA). Syntéza DNA zahrnuje čtyři báze (adenin, cytosin, guanin a thymin). Nukleotid Thymidin se vyskytuje v DNA oproti ostatním nukleotidům, které se vyskytují v ribonukleové kyselině (RNA), ta se podílí při tvorbě bílkovin. Radiofarmakum ^{18}FLT kvantitativně informuje o syntéze DNA a tím zjišťuje buněčné bujení. ^{18}FLT se neakumuluje ve zdravé mozkové tkáni. Radifarmakum se nevyčytává v šedé kůře mozkové.

Aplikace

K vyšetření se používá pozitronový zářič ^{18}F -FLT o celkové aplikované aktivitě 150-600MBq v závislosti na hmotnosti dospělého pacienta. Poločas rozpadu radionuklidu je 110 minut. Radiofarmakum se aplikuje přes periferní kanylu zavedenou v kubitální žíle.

Indikace k vyšetření

^{18}F FLT se používá při srovnání vyšetření před a po léčbě nádorů. Radiofarmakum lépe ukáže okamžitý účinek protinádorové terapie než radiofarmakum ^{18}F -FDG. Použitím ^{18}F -FLT se vyšetřují maligní nádory mozku. Radiofarmakum se vychytává v maligních nádorech a ukazuje stupně přeměny aminokyselin (proteosyntézy) a proliferační aktivitu. Recidivy maligních nádorů.

Kontraindikace k vyšetření

Kontraindikací vyšetření je těhotenství a laktace.

Hydratace

Pacient musí být před vyšetřením dobře hydratován. Sníží se tím radiační zátěž pacienta z radiofarmaka a dostatečná hydratace zaručuje lepší distribuci radiofarmaka.

Specifika vyšetření

Pacient se zpravidla vyšetřuje v leže na zádech a ruce volně podél těla. Hlava je položena ve speciálním nástavci s bradou co nejbližší k tělu. Bradu lze připevnit páskem. Vyšetřované pole je pouze v rozsahu mozku. PET/CT je prováděno většinou v LowDose CT režimu s nízkodávkovým protokolem (15–20 mAs) provedeného CT vyšetření v axiální rovině. [2, 3, 5, 6, 8, 10]

Vyšetření regionálního metabolismu glukózy v mozku a regionálního průtoku mozkiem pomocí PET/CT s pozitronovým zářičem ^{18}F -FDG

3.10.2 Radiofarmakum

Fluoro-deoxy-glukóza

V roce 1977 Sokoloff et al. objasnili autoradiografické stanovení spotřeby glukózy v mozku krysy prostřednictvím ^{14}C deoxyglukózy. Poté označili deoxyglukózu pozitronovým zářičem ^{18}F . Ido et al. v roce 1978 popsali výslednou 2- ^{18}F - fluoro- 2- deoxy- D- glukózu. V 90.

letech minulého století se FDG dostala do klinické praxe a nyní představuje 90 m % PET a PET/CT vyšetření na nukleární medicíně.

Transport glukózy a ^{18}F -FDG zabezpečuje skupina transportních proteinů i proti koncentračnímu gradientu (SGLT) a podél něj (GLUT). Transportní proteiny mají rozdílnou afinitu ke glukóze a pro odlišné buňky jsou jinak formulovány. GLUT- 4 se hodně vyskytuje povrchově na svalových a tukových buňkách v závislosti na inzulínové hladině v těle. V buňce organismu je glukóza a FDG fosforylována díky enzymu hexokinázy na glukóza-6-fosfát a 2-FDG-6-fosfát, ten se v buňce hromadí. Prostřednictvím enzymu Glukóza-6-fosfatáza dochází v malém množství k reverzní reakci při které se FDG z buňky zčásti vyplaví.

Zmnožení non-inzulíndependentní glukózových proteinů, sníženou hladinu glukóza-6-fosfatázy a rychlejší fosforylaci jsou charakteristické nádorové buňky. Dochází ke zvýšení akumulace FDG v nádorových a buňkách. Toto radiofarmakum se akumuluje i v zánětech.

Proto je potřebná správná příprava pacienta na vyšetření. Doporučené je šestihodinové lačnění při vyšetření mozku pomocí ^{18}F -FDG. Díky šestihodinovému lačnění dojde ke snížení hladiny glykémie a zmenší se kompetice FDG s glukózou. Kvůli zvýšené hladině glykémie dochází k horším kontrastním poměrům mezi krevním pozadím a nádorových buněk. Lačnění ovlivňuje také sníženou hladinu inzulíniemie a ta zvyšuje kontrast oproti zdravým tkáním v okolí nádoru nebo zánětu. Ve zdravých tkání jsou neaktivní inzulíndependentní glukózové proteiny.

^{18}F -FDG se fyziologicky vylučuje močí a tím způsobuje vyšší hromadění v ledvinách a močovém měchýři. Velká akumulace radiofarmaka je také v šedé kůře mozkové, kvůli glukóze, která patří mezi nepostradatelné látky k distribuci energie do mozku.

Aplikace

K vyšetření je použit pozitronový zářič ^{18}F -FDG o celkové aplikované aktivitě okolo 370 MBq pro 70kg dospělého člověka. Poločas rozpadu 109 minut. Aplikuje se také přes periferní kanylu zavedenou v kubitální žíle pacienta.

Indikace k vyšetření

Indikací k vyšetření pomocí hybridního PET/CT pomocí pozitronového zářiče ^{18}F -FDG jsou mozkové nádory, detekce epileptické fokusu, diferenciální diagnostika demence. Záchyt ^{18}F -FDG v mozku závisí na regionálním metabolismu glukózy. Bílá hmota mozková vykazuje

nižší záchyt glukózy než šedá hmota, která má výskyt záchytu 4krát vyšší. Epileptický fokus v iktálním stádiu a maligní nádory mají zvýšenou akumulaci ^{18}F -FDG než u demence, CMP nebo epileptogenním fokusu v interiktálním stádiu.

Kontraindikace k vyšetření

Mezi kontraindikace k vyšetření je těhotenství žen, laktace, alergie na jodové kontrastní látky. Do relativní kontraindikace se řadí dekompenzovaný diabetes mellitus nebo jeho ranné zjištění. Zvýšená hladina glykémie nad 10 mmol/l vytváří horší kontrast mezi nádorem a krevním pozadím. Mezi další relativní kontraindikaci při PET/CT vyšetření patří klaustrofobie a neschopnost ležet 30 minut v klidu.

Aplikace jodové kontrastní látky

Nejčastěji se aplikuje Manitol nebo Micropaque.

Lačnění

Pro správně proveditelné a dobře hodnotitelné PET/CT vyšetření je důležitá lačnost. Od posledního jídla stačí šestihodinová pauza. Při lačnění se udržuje hladinu glukózy na bazální úrovni a předejde se výskytu zvýšené akumulace ve fyziologických strukturách.

Glykémie a inzulinemie

Dalším faktorem, který ovlivňuje kvalitu vyšetření je hladina glukózy v krvi. Hyperglykemie je nežádoucí v onkologické diagnostice, protože nepříznivě působí na vztah mezi glukózou a ^{18}F -FDG a zhoršuje kvalitu obrazu. Měření glykémie se provádí glukometrem před zavedením intravenózní kanyly. Hladina glykémie v krvi musí být pod 10mmol/l při vyšších hodnotách se podává intravenózní krátkodobě působící inzulin.

Hydratace

Hydratace pacienta před vyšetřením by měla být neslazenými nápoji a pacient se vyvaruje pití mléka. Pití je doporučováno až do začátku samotného vyšetření. Dostatečná hydratace je důležitá pro rychlejší vyplavení radiofarmaka z těla, snížení radiace a řádné šíření radiofarmaka. Hydratace je také důležitá při prevenci nefropatií po aplikaci jodové kontrastní látky intravenózně.

Specifika vyšetření

Pacient je vyšetřován vleže na zádech a hlavu má položenou ve speciálním nástavci. Vyšetřované pole je v rozsahu od očních do 1/3 stehů a dle určení lékaře. Po podélné ose se plánuje axiální rozsah CT vyšetření a počet sekvencí PET. CT je standardní (100 mAs) s intravenózním podáním JKL. Následuje snímání PET kamerou v sekvenčním režimu. Jednotlivé sekvence se poněkud překrývají, běžná doba snímání je 3-5 minut po 15 cm. Záleží na výšce vyšetřovaného pacienta. Celé vyšetření trvá 30 minut. [2, 3, 5, 6, 8, 10]

3.11 PET/CT

3.11.1 Historie PET/CT

První PET/CT skener za podpory grantu z Národního ústavu pro výzkum rakoviny v Bethesdě v Marylandu byl vyvinut D. Townsendem. V roce 2001 byl připraven PET/CT ke komerčním účelům. V České republice byl spuštěn v roce 2003 v nemocnici Na Homolce do provozu první PET/CT přístroj. V dnešní době již máme více center s PET/CT v České republice. Vyšetřování maligních tumorů a diagnostika benigních a maligních lézí v dnešní době stanovuje 90 % PET i PET/CT vyšetření po celém světě.

3.11.2 Radioaktivní přeměna β^+ a princip PET/CT

PET/CT metoda, která využívá pozitronové zářiče. Při přeměně β^+ se v nestabilním jádře atomu jeden proton přemění na jeden neutron, celé je to provázeno vyzářením pozitronu. Délka dráhy vyzářeného pozitronu je určena jeho energií. Na konci dráhy pozitronu se setká s elektronem okolní hmoty a dojde po pár mm k anihilaci s elektronem a vznikají 2 fotony. Emise dvou fotonů záření gama o energii 511keV, jejichž dráha je po přímce a opačná v úhlu 180°. Ty jsou pak zachytávány na prstenci detektoru. K zaznamenání drah anihilačních fotonů dochází na koincidenčních detektorech. Systém PET je multidetektorové zařízení, kde se nacházejí malé detektory v několika prstencích, které jsou umístěné kolem pacienta v PET gantry. Hybridní PET/CT systém je jeden přístroj složený z pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie. Tento přístroj umožňuje vytvořit fúzi díky anatomickým (CT) a funkčním (PET) datům během jednoho vyšetření beze změny polohy vyšetřovaného pacienta. Spojení těchto diagnostických přístrojů vytváří přesné zobrazení lokalizace hypermetabolických ložisek a lze je morfologicky popsat. Standardně se vyšetření vytváří topogramem, který se zobrazí jako předozadní projekce a poté se plánuje rozsah skenování. Pacient zajede dál do gantry přístroje. Poté začíná snímání emisních PET dat opět ve vymezené oblasti. PET, snímání probíhá ve směru vyšetřované osy a posunuje se podle

sekvencí, ve kterých PET snímá 15-20 cm oblasti po dobu 3 minut. Lůžko s pacientem se automaticky posouvá. PET snímky jsou zaznamenávány do menší matice než CT proto se musí zvětšit PET snímky pomocí fúze obrazu. Alpha- blending je metoda, při které se stanovuje různý rozsah průhlednosti těchto modalit. Zvýšení citlivosti detekce se dosáhne kolimací řízenou elektricky.

3.11.3 2D a 3D režim snímání

Sestava detektoru PET skenerů se skládá ze za sebou řazených prstenců, které se skládají ze spousty bloků detektorů. Zorné pole dosahuje v axiálním směru přes 15 cm. Modus 2D obsahuje přepážky, při kterých se snímají koincidenční přímky pouze v rovině prstenců. 2D režim při snímání má stejnou citlivost podél všech detektorových prstenců. U 3D režimu bez přepážek se zvyšuje plocha snímání. Je citlivější, než režim 2D ale citlivost snímání klesá k okrajům plochy snímání, proto překryv v režimu 3D je 35- 50% z axiální délky pole. Režimu 3D se zvýší zorné pole oproti 2D režimu a tím narůstá náhodné koincidence. Při vyšetření mozku jsou náhodné koincidence v 3D režimu nevýhodou kvůli vysoké aktivitě vyzářování v tomto orgánu.

3.11.4 Rekonstrukce a vizualizace dat

Nasnímané koincidenční přímky jsou přepracovány do transaxiálních řezů. Z nich se vytváří koronární, sagitální a další šikmé řezy. PET vytváří trojici objemů dat, které jsou využity k diagnostickým účelům. Jsou to základní objemové jednotky nesoucí příslušnou informaci. První data představují naměřenou aktivitu radiofarmaka bez jakékoli korekce na absorpci, druhá data představují aktivitu korigovanou na absorpci a třetí je absorpční koeficient, podle kterého se korigování vytváří. Při použití CT se korekční koeficienty použít nemusí. Diagnostické systémy počítače jsou schopny zobrazit šikmé řezy, na sebe kolmé řezy. Využití různou barevnou škálou obrazu, zvětšit obraz, filtrovat, oříznout.

3.11.5 Artefakty při PET/CT vyšetření

Mezi artefakty řadíme přítomnost kovových svorek, kardiostimulátorů, koncertovaných baryových a jodových kontrastních látek, které ve zvýšeném množství vychytávají rentgenové záření na CT snímku a při korekci absorpce s PET snímky vytváří hyperaktivní ložisko.

Dalším artefaktem, který se může vyskytnout je ořezový. Ten se vytváří při odlišném zorném poli CT a PET skeneru. CT skener má menší zorné pole než PET skener a vytváří hyperdenzní okraj (zobrazí se místo zvýšené akumulace) na PET obraze díky chybějící korekci z CT skeneru.

Poslední artefakt, jenž je způsobený respirací pacienta nebo pohybem pacienta při vyšetření. Respirace pacienta je pak na snímku zobrazena jako pruhy orientované paralelně s bránicí. U pohybů hlavy je hůře anatomicky lokalizováno ložisko.

3.11.6 Radiofarmaka využívaná při PET/CT mozku

Nejčastěji využívaná radiofarmaka při vyšetření mozku je ^{18}F -FDG a ^{18}F -FLT. Škála radiofarmak pro vyšetření mozku je širší. Radiofarmaka využívaná v nukleární medicíně k diagnostice a terapii jsou registrovaná Státním ústavem pro kontrolu léčiv (SÚKL) v Praze. [2, 3, 5, 7, 8, 10]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části mé bakalářské práce se podrobně zaměřím na úlohu radiologického asistenta při vyšetření mozku na hybridním PET/CT přístroji. Budu popisovat pozitronovou emisní tomografii pomocí pozitronového zářiče ^{18}F -FLT při vyšetření maligních nádorů, radiofarmakum je dále ukazatelem metabolismu aminokyselin, nacházející se v maligních nádorech. Pozitronový zářič ^{18}F -FDG je ukazatelem metabolismu glukózy v mozku a lze zobrazit regionální průtok mozku.

Práce radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny zahrnuje více úloh. Jejich práce se pravidelně obměňuje kvůli radiační ochraně (ochrana časem). Radiologický asistent na oddělení nukleární medicíny vykonává práci v kartotéce, kde se registruje nově přichodzí pacient, další prací je příprava radiofarmak k aplikaci do organismu pacientů před vyšetřením, zavedení kanyl, asistence při aplikaci radiofarmak v aplikační místnosti a následující provedení samotného vyšetření.

4.1 Objednání vyšetřovaného pacienta na PET/CT vyšetření

Pacient se objednává na podkladě žádanky, kterou mu vystavil lékař. Objednává se telefonicky, sám osobně na recepci nukleární medicíny nebo ho objedná indikující lékař. V kartotéce zanecháváme žádanku s telefonním číslem na pacienta. Pokud se pacient objedná osobně předáváme mu informace o prováděném vyšetření a přípravě na samotné vyšetření. Pacientovi oznámíme datum a čas provedení vyšetření a dáme mu Informovaný souhlas s vyšetřením a Souhlas s aplikací radiofarmaka s sebou, aby měl možnost si ho v klidu přečíst. U žen se informujeme o stavu těhotenství.



Obr. č.3: Recepce PET/CT vyšetření

Zdroj: [vlastní zpracování]

4.1.1 Postup při vstupu pacienta k vyšetření pomocí PET/CT

Samotná identifikace pacienta (příjmení, jméno, rodné číslo, číslo pojišťovny, trvalé bydliště) a založíme kartu pacienta nebo v případě opakované návštěvy oddělení se přesvědčíme o správnosti informací a případně je aktualizujeme.

Na kartu se napíše datum vyšetření, o jaký druh vyšetření se jedná, aplikované radiofarmakum a do horního rohu se píše stav o alergii pacienta.

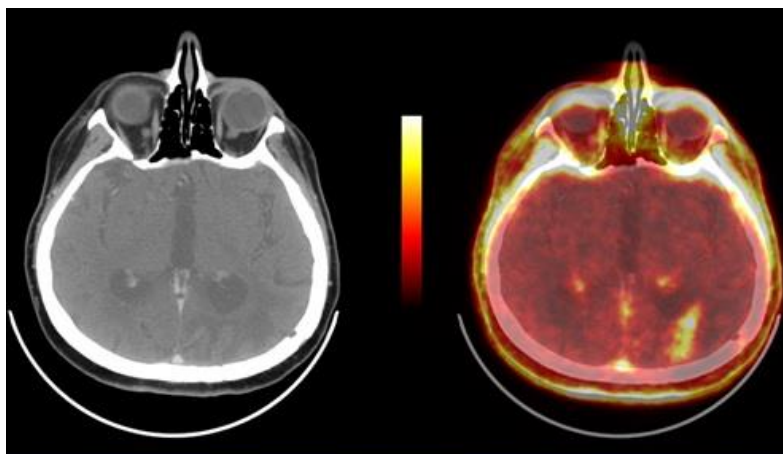
Dalším krokem je doplnění hmotnosti a výšky pacienta a zkontrolování pacientovy přípravy před vyšetřením.

Pacienta dále pošleme do aplikační místnosti k následnému postupu. Po aplikaci radiofarmaka radiologický asistent vyplní aktivitu užitého radiofarmaka do karty pacienta.

Před samotným zahájením vyšetření na přístroji zapíšeme pacienta do počítačového systému.

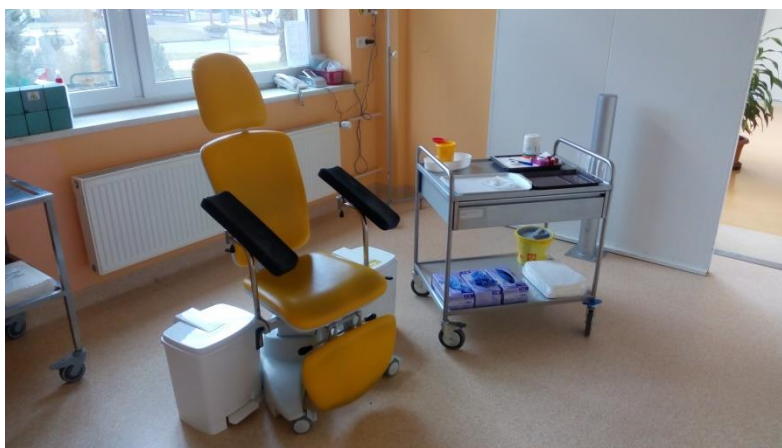
4.2 Příprava před PET/CT vyšetřením pomocí ^{18}F -FLT

Vyšetřovaný pacient přichází na dané vyšetření v objednané době. Jeho příprava před vyšetřením není žádná, pacient před samotným vyšetřením může jíst a pít dle jeho návyků. Radiofarmakum ^{18}F -FLT je dováženo na oddělení nukleární medicíny ve skleněné lahvičce uzavřené pryžovou zátkou a objímkou z hliníku. Pověřená osoba k manipulaci s radiofarmakem si dané radiofarmakum natáhne v místnosti na to určené a pod digestoří, ve které natáhne radiofarmakum do injekční stříkačky, která má wolframový obal a po dotažení umístí radiofarmakum do stínícího boxu. Aplikovaná dávka již zmiňovaná dříve se řídí hmotností pacienta. Pacient je vyzván do aplikační místnosti, kde se posadí na křeslo, pro kontrolu identifikace se pacienta zeptáme na jméno a rodné číslo a poté zavedeme kanylu do kubitální žíly pro aplikaci radiofarmaka. Periferní kanylu zavádí zdravotní sestra nebo radiologický asistent. Na zavedení kanyly je potřeba desinfekci, kanylu, rukavice, vatové tampónky, injekční stříkačku s fyziologickým roztokem, škrtidlo a náplast. Po úspěšném zavedení kanyly se propláchne fyziologickým roztokem pro kontrolu správného zavedení. Aplikaci radiofarmaka vykonává lékař a radiologický asistent mu asistuje. Ihned po aplikaci zapisujeme čas, způsob a místo aplikovaného radiofarmaka. Odpad po zavádění radiofarmaka vyhodíme do příslušných kontejnerů. Po 15 minutách po zavedení radiofarmaka provádíme vyšetření na hybridním přístroji pozitronové emisní tomografii (PET) spolu s výpočetní tomografií (CT).



Obr. č.4: CT a PET/CT fúze

Zdroj: [Doležal, 2014]



Obr. č.5: Aplikační místnost

Zdroj: [vlastní zpracování]

4.2.1 Postup prováděného vyšetření

Po aplikační místnosti vyzveme pacienta do kabinky pro PET/CT vyšetření a požádáme o odložení obuvi, kovových předmětů a svlečení do spodního prádla a poté, aby si došel na toaletu. Při vstupu pacienta do vyšetřovny se snažíme držet co nejdál od pacienta kvůli radiační ochraně a opět se ho zeptáme na celé jméno a rodné číslo případně datum narození. Pacientovi vysvětlíme, jak se má položit na vyšetřovací lůžko. Vleže na zádech, ruce podél těla a hlavu mu pomůžeme položit do speciálního nástavce s bradou co nejbližší k tělu, u pacientů můžeme použít i pásek k přidržení brady během vyšetření. Paprsek laseru centrujeme za hlavu pacienta. V ovládací místnosti provedeme toposken a naplánujeme rozsah CT vyšetření v axiální rovině. Po skončení CT vyšetření provádíme ve stejném rozsahu

pozitronovou emisní tomografií. Vyšetření obvykle trvá 30 minut. Po celou dobu vyšetření kontrolujeme pacienta. Po ukončení vyšetření, pokud lékař nestanoví jinak, se může pacient obléci. Pacienta informujeme o vyhýbání se kontaktu s dětmi a těhotnými ženami po dobu alespoň jednoho dne kvůli aplikovanému radiofarmaku. Pro snazší vyplavení radiofarmaka z organismu poučíme pacienta o zvýšené hydrataci.

Vyšetřovací protokol se odesílá do vyhodnocovacího počítače, kde hodnotí výsledek lékař a poté se odešle lékaři, který si o vyšetření zažádal.

4.3 Příprava před PET/CT vyšetřením pomocí 18F-FDG

4.3.1 Příprava pacienta

U pacienta je důležité, aby se vyvaroval fyzické námaze alespoň 1-2 dny před vyšetřením. Pacient je 6 hodin lačný před vyšetřením a omezí příjem slazených nápojů. Doporučuje se pít čistá voda. Důležitá je dostatečná hydratace pro snížení radiační zátěže po podání radiofarmaku a také prevence nefropatií po podání jodové kontrastní látky. Pacienti s reakcí po podání jodové kontrastní látky premedikujeme Prednisolem 40mg, 12-18 hodin a 20mg 6-8 hodin před podáním jodové kontrastní látky. U diabetiků se musí upravit užívání inzulínu tak, aby před vyšetřením byla glykémie pod 10mmol/l. Dle možností na oddělení se snažíme diabetického pacienta objednat v ranních hodinách mezi prvními. Pacienti trpící velkými bolestmi zad poučíme o užití léků zklidňujících bolest, kvůli ležení na zádech při vyšetření.



Obr. č.6: PET/CT přístroj

Zdroj: [vlastní zpracování]

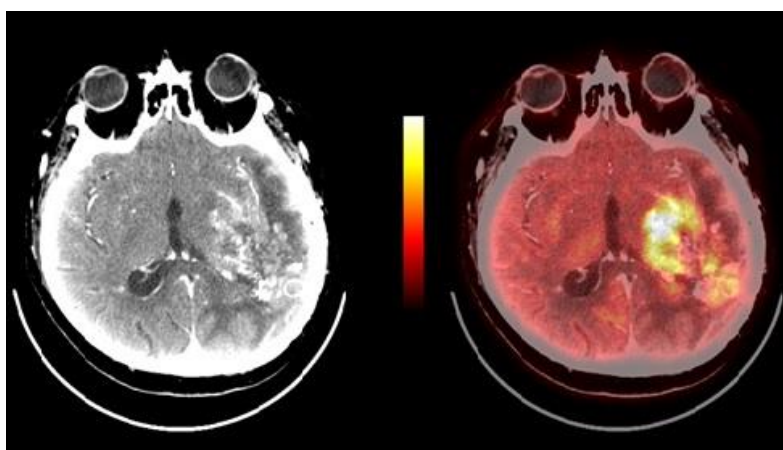
4.3.2 Postup prováděného vyšetření

Pacient objednaný na vyšetření a zařazen v kartotéce PET/CT je vyzván ke vstupu do aplikační místnosti. Pacientovi požádáme o odložení a posazení na aplikační křeslo. Pacientovi změříme hladinu glykémie pomocí glukometru. Připravíme si glukometr, testovací proužek, dezinfekční čtverečky, sterilní oranžovou jehlu. Testovací proužek vložíme do glukometru, dezinfikujeme prst pacienta a pícháme jehlou do konečku prstu a přiložíme testovací proužek. Získaná hodnota se zapíše do dokumentace. Dále si připravíme pomůcky k zavedení periferní kanyly do kubitální žíly. A zavedeme kanylu a propláchneme fyziologickým roztokem. V místnosti na to určené si farmaceut v digestoři připraví radiofarmakum ^{18}F -FDG do injekční stříkačky s wolframovým obalem a odloží do stínícího boxu. Lékař aplikuje dané radiofarmakum přes periferní kanylu a radiologický asistent ihned zapíše čas, způsob a místo aplikovaného radiofarmaku. Po aplikovaném radiofarmaku vyzveme pacienta, aby se přemístil do kabinky pro PET/CT vyšetření. Kabinky jsou monitorovány a vybaveny pro komunikaci s pacientem. V kabinkách pacient popíjí kontrastní látku určenou pro aplikaci per os. Množství kontrastní látky je vypočítáno z váhy pacienta. Pacienta poučíme o vypití přidělené kontrastní látky po dobu 45 minut a žádáme ho o fyzický klid. Mezitím si připravíme vyšetřovací lůžko, odesinfikujeme a položíme čistý papír. Dále si připravíme pumpu pro aplikaci kontrastní látky. Nejprve doplníme fyziologický roztok k proplachu kanyly a na hlavici pumpy je ovládání, kterým natáhneme dané množství fyziologického roztoku. Do druhého pístu natáhneme jodovou kontrastní látku stejným způsobem. Po klidové době požádáme pacienta, aby si došel na toaletu a poté si odložil všechny kovové předměty a svléknul se do spodního prádla. Pozveme pacienta do vyšetřovací místnosti, udržujeme odstup od pacienta kvůli radiační ochraně. Pacient si lehne na vyšetřovací lůžko na záda, ruce nad hlavou položené na připravené podložce. Pacientovi vypodložíme oblast pod kolena. Vyšetřovací lůžko s pacientem zasuneme hlouběji do gantry, propláchneme kanylu fyziologickým roztokem a napojíme hadičku k pumpě aplikující jodovou kontrastní látku. Z ovládací místnosti spouštíme topogram od baze lebni do 1/3 stehén. Topogram provádíme při spuštění pumpy. Po odpojení pumpy s jodovou kontrastní látkou spouštíme PET stejné oblasti jako topogram. Celé vyšetření trvá okolo 30 minut. Po dobu vyšetření kontrolujeme pacienta. Po ukončení vyšetření, pokud lékař nestanoví jinak, propouštíme poučeného pacienta domů.



Obr. č.7: Digestor

Zdroj: [vlastní zpracování]



Obr. č.8: CT a PET/CT fúze

Zdroj: [Doležal, 2014]

5 DISKUZE

V době mého studia oboru Radiologický asistent na Univerzitě Pardubice jsem měla možnost se dostat při své praxi na více oddělení Nukleární medicíny. Ale bohužel pouze jedno z těchto oddělení bylo vybavené hybridním PET/CT systémem s kterým jsem měla možnost se seznámit. Hybridní systém PET/CT je velice nákladnou investicí, proto jsou vybavené tímto přístrojem pouze velké oddělení Nukleární medicíny v České Republice. Správné postupy, kterými se každé oddělení Nukleární medicíny řídí podle svých individuálních radiologických standardů, které čerpají z obecných národních radiologických standardů. Tyto postupy by měl každý radiologický asistent dodržovat a řídit se jimi ale jsou teoretické odlišnosti v péči o pacienta, různé odlišnosti v indikaci u pacientů a také požadavky u práce s různými lékaři na oddělení. Při tvorbě své bakalářské práce Úlohy radiologického asistenta při PET/CT vyšetření mozku jsem získané praktické informace a dovednosti porovnávala s teoretickými znalostmi získanými z knih, které jsou dostupné a zabývají se problematikou vyšetření mozku a následně aplikovala při tvorbě. Při výběru tohoto tématu u mě hrálo klíčovou roli stálý nedostatek dostupných knih o tomto tématu.

V teoretické části mé práce popisuji anatomii mozku, kterou je důležité znát, neboť je nezbytnou součástí při práci s pacienty s onemocněním mozku. Zahrnula jsem do dalších kapitol i obecné informace o onemocnění, které lze hybridním PET/CT systémem vyšetřit. Zhoubné nádorové onemocnění je problémem celé populace, neboť postihuje ve velké míře pacienty již v dětském věku a také pacienty staršího věku, kterých s rostoucím dosažitelným věkem přibývá. Při zmínce o populaci s vyšším věkem nelze opomenout demenci, s kterou se při vyšším věku často setkáváme. Epilepsii řadíme také do onemocnění mozku a lze tímto vyšetřením diagnostikovat ložisko vzniku epileptických záchvatů u předoperační přípravy pacienta. Mezi další kapitoly, které jsem vypracovala ve své práci zahrnuji fyzikální pojmy a informace o nich, které jsou velice důležité pro pochopení funkce hybridního systému PET/CT, ale také informace o reakci těla na ionizující záření. Ke zvládnutí práce radiologického asistenta je důležité také vědět něco o oboru a historii ale také o radiační ochraně hlavně o principech, které jsou ochrana časem, vzdáleností a stíněním. Mnoho pacientů vnímá radiologického asistenta jako nekomunikativního pracovníka, který si drží velký odstup, ale mnozí pacienti si neuvědomují, že jsou zdrojem ionizujícího záření a pracovníci se tímto pouze chrání. Pro kvalitní práci radiologického asistenta je důležitá dostatečná praxe a získané informace studiem, ale také zvládnutí vyskytujících stresových situací při práci.

Hybridní PET/CT systém je řazen mezi nejmodernější metody molekulárního zobrazení. Popisem tohoto složitého systému, který se skládá z pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie jsem získala přehledné informace, jak systém pracuje. U tohoto zobrazení mozku jsou využity nejpoužívanější radiofarmaka a to ^{18}F -FLT a ^{18}F -FDG. Díky využití radiofarmak u hybridního PET/CT systému můžeme vyšetřit recidivu nádorového onemocnění, okamžitý účinek protinádorové léčby ale také pomoci diagnostikovat demenci a epileptický fokus.

V praktické části se zaměřuji na úlohu radiologického asistenta, který je důležitý pro pacienta při celém postupu vyšetření. Proto by měl radiologický asistent znát princip hybridního PET/CT systému, znalost postupů při vyšetření a různých protokolů. Jeho práce musí být pečlivá a nesmí svoji práci provádět automaticky. Důležitá je také identifikace pacienta, na kterou nesmí opomínat, aby nedošlo k záměně pacientů.

Nukleární medicína je stále rozvíjející a zdokonalující obor. Patří do velice moderního oboru se stálým vývojem s tím přibývající nové postupy, modernější přístroje a tím se zkvalitňuje péče na oddělení nukleární medicíny.

6 ZÁVĚR

V teoretické části mé bakalářské práce jsem si zadala za cíl popsat chod na oddělení nukleární medicíny, nastínit její historii a historii oboru radiologický asistent. Důležitou částí bakalářské práce jsou informace o radiační ochraně, kterou je podstatné znát při práci radiologického asistenta. Za další popsat problematiku nádoru mozku, epilepsii a zmínit se o onemocnění demence. Vytvořením tohoto stručného a uceleného dokumentu jsem chtěla podat základní informace i o hybridním PET/CT systému, který je složen z počítačové tomografie a pozitronové emisní tomografii.

V praktické části bakalářské práce jsem se pokusila vytvořit základní literaturu, která popisuje jednotlivé činnosti radiologického asistenta při vyšetření mozku za pomoci hybridního systému pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie. Popsala jsem v jednoduchosti práci radiologického asistenta od příchodu vyšetřovaného pacienta, přes přípravu pacienta před vyšetřením, přípravu pomůcek pro zavedení kanyly, aplikaci radioaktivní látky a jodové kontrastní látky až po práci při samotném vyšetření pacienta.

Myslím si, že své zadané cíle se mi podařilo splnit. Díky vypracování své bakalářské práce jsem si rozšířila a ucelila informace a poznatky v oboru nukleární medicíny a samotné provedení vyšetření s pomocí hybridního systému PET/CT.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DRUGA, Rastislav, Miloš GRIM a Petr DUBOVÝ. *Anatomie centrálního nervového systému*. Praha: Galén, c2011. ISBN 9788072627066.
- [2] KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 9788024440316.
- [3] KRAFT, Otakar a Jan PEKÁREK. *Radiofarmaka*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Lékařská fakulta, 2012. ISBN 9788074641831.
- [4] NAŇKA, Ondřej, Miloslava ELIŠKOVÁ a Oldřich ELIŠKA. *Přehled anatomie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2009. ISBN 9788072626120.
- [5] SEIDL, Zdeněk. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada, 2012. ISBN 9788024741086.
- [6] ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, Fakulta zdravotnických studií, 2009. ISBN 9788073686697.
- [7] VOMÁČKA, Jaroslav, Josef NEKULA a Jiří KOZÁK. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 9788024431260.
- [8] VOTRUBOVÁ, Jana. *Klinické PET a PET/CT*. Praha: Galén, c2009. ISBN 9788072626199.
- [9] ČESKÁ REPUBLIKA. *Vyhláška*. In: . Praha, 2017, ročník 2016, 172/2016, číslo 422. Dostupné také z: <https://zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>
- [10] FAKULTNÍ NEMOCNICE HRADEC KRÁLOVÉ [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.fnhk.cz/>
- [11] ONKOLOGIE: Učební texty pro studenty 3. lékařské fakulty UK [online]. 2011. Univerzita Karlova v Praze, 2011 [cit. 2017-05-01]. ISBN 9788025497425. Dostupné z: https://www.lf3.cuni.cz/3LF-806-version1-kubecova_onkologie.pdf
- [12] Zákon pro lidi.cz [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263#cast2>

8 PŘÍLOHY

1. Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce s vyšetřením PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka ¹⁸F-FDG a jódové kontrastní látky [10]

Příjmení _____ a _____ jméno _____ pacienta:
.....

Rodné číslo: Pojišťovna:
.....

Mám alergii na jód (v potravě, lécích, dezinfekci)	ANO	NEVÍM	NE
Měl/a jsem již alergii na nitrožilně podané kontrastní látky	ANO	NEVÍM	NE
Mám sennou rýmu	ANO	NEVÍM	NE
Mám astma	ANO	NEVÍM	NE
Mám vleké onemocnění ledvin se sníženou funkcí ledvin	ANO	NEVÍM	NE
Mám cukrovku (diabetes mellitus)	ANO	NEVÍM	NE
Mám onemocnění krve, krvetvorby nebo mnohočetný myelom	ANO	NEVÍM	NE
Podstoupil/a jsem operaci	ANO	NEVÍM	NE
Kdy a jakou?			
Podstoupil/a jsem cytostatickou léčbu (chemoterapii)	ANO	NEVÍM	NE
Kdy byla ukončena?			

Podstoupil/a jsem léčbu zářením (radioterapii)	ANO	NEVÍM	NE
Kdy byla ukončena?			
Užívám antirevmatika (léky jako např. Ibalgin, Brufen, Ibuprofen, Nimesil, Aulin,...) nebo kortikosteroidy	ANO	NEVÍM	NE
Užívám streptomycin nebo neomycin	ANO	NEVÍM	NE
Mám vysoký krevní tlak (arteriální hypertenzi)	ANO	NEVÍM	NE
Mám srdeční nedostatečnost (srdeční městnání)	ANO	NEVÍM	NE
Mám vleké onemocnění jater	ANO	NEVÍM	NE
Mám zvýšenou funkci štítné žlázy (hypertyreózu)	ANO	NEVÍM	NE
Jsem těhotná, mám podezření na těhotenství, kojím	ANO	NEVÍM	NE

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

Datum:
Podpis pacienta – zákonného zástupce:

2. Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce

s PET/CT vyšetřením mozku s nitrožilní aplikací radiofarmaka 18F-FLT

[10]

Pacient/ka:

.....
příjmení jméno titul

Rodné číslo:

.....

Pojišťovna:

.....

Zákonný zástupce:

(otec, matka)

.....
příjmení jméno titul

Doprovod hospitalizovaného v jiném zdravotnickém zařízení:

.....
příjmení jméno titul pracovní zařazení

(zdravotní sestra, sanitář, ...)

Plánovaný výkon: **PET/CT s nitrožilní aplikací radiofarmaka**

Radiofarmakum: ¹⁸F-FLT (fluorodeoxythymidin)

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 mozku pomocí radioaktivní látky. 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 -FLT se provede do zavedené kanyly a není spojeno s nežádoucími účinky.

Po cca 15-20 minutách (nutný interval k dostatečné akumulaci radiofarmaka) následuje vlastní vyšetření na přístroji PET/CT. Vyšetření se provádí vleže a trvá 15 minut. Vyšetření není spojeno s nežádoucími účinky.

Po vyšetření není nutné omezení obvyklého způsobu života, nedochází ke změně pracovní způsobilosti, není třeba měnit Váš léčebný režim. Po ukončení vyšetření je vhodné více pít (pokud Vám Váš lékař neomezil příjem tekutin), radioaktivita se rychleji vyloučí z těla. **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 srozumitelně všechny mé otázky.

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

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:

3. Příprava pacienta na PET/CT vyšetření mozku s použitím ^{18}F -FLT

[10]

Vážená paní, vážený pane,

byl(a) jste objedná(n)a, k PET/CT vyšetření mozku s pomocí ^{18}F -FLT, které umožňuje velmi podrobně zobrazit změny na mozku.

Před vyšetřením:

- vyplňte, prosím, krátký anamnestický dotazník
- můžete jíst jako obvykle, není třeba měnit váš obvyklý režim a ani užívání Vašich léků se nemění
- zvyšte příjem tekutin (pokud Vám Váš lékař neomezil příjem tekutin)

Také v průběhu celého dne po vyšetření je potřeba více pít (pokud Vám Váš lékař neomezil příjem tekutin) a častěji chodit močit, aby se snížila radiační zátěž Vašich močových cest.

Kontraindikací vyšetření je těhotenství – vyšetření se provádí pouze v případě ohrožení života pacientky. Vyšetření lze provést u kojící matky, ale po vyšetření je nutno přerušit kojení na 24 hodin.

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

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

Vyšetření je kromě vpichu do žíly na horní končetině zcela nebolestivé.

Výjimečně může dojít k výpadkům dodávek radioaktivní látky ^{18}F -FLT 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 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 (pokud Vám Váš lékař neomezil příjem tekutin), 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.

4. ŽÁDANKA NA PET/CT VYŠETŘENÍ [10]

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

Příjmení, jméno:

Pojišťovna:

Rodné číslo:

Telefon:

Adresa:

Druh / rozsah požadovaného vyšetření:

Časový horizont:

Přesná DG (slovně i kódem MKN):

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

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

e-

Alergie:

Váha/výška:

DM:

Pohyblivost pacienta:

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

Způsob dopravy:

Datum odběru:

Gravidita: ANO NE

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

Jméno, adresa, razítko a podpis odesílajícího lékaře:

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

Telefonní kontakt:

Datum vyplnění: