

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rok 2023

Vendula Volfová

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií

Detekce metastáz karcinomu prostaty pomocí hybridního PET/CT

Bakalářská práce

Rok 2023

Vendula Volfová

Univerzita Pardubice  
Fakulta zdravotnických studií  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vendula Volfová**  
Osobní číslo: **Z19417**  
Studijní program: **B5345 Specializace ve zdravotnictví**  
Studijní obor: **Radiologický asistent**  
Téma práce: **Detekce metastáz karcinomu prostaty pomocí hybridního PET/CT**  
Téma práce anglicky: **Detection of prostate cancer metastases using hybrid PET/CT**  
Zadávající katedra: **Katedra klinických oborů**

## Zásady pro vypracování

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

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

Seznam doporučené literatury:

BERTOLDO, F., et al., 2017. *Bone Metastases from Prostate Cancer*. Cham: Springer International Publishing. 293 s. ISBN 978-3-319-42326-5.  
COOK, Gary, 2017. *PET/CT in Prostate Cancer*. Cham: Springer International Publishing. 73 s. ISBN 978-3-319-57623-7.  
KORANDA, Pavel. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2014. Skripta. ISBN 978-80-244-4031-6.  
KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0168-9.  
VOTRUBOVÁ, Jana. *Klinické PET a PET/CT*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-7262-619-9.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. MUDr. Jiří Doležal, Ph.D.**  
Katedra klinických oborů

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2021**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. dubna 2023**

**doc. Ing. Jana Holá, Ph.D.** v.r.  
děkanka

L.S.

**Mgr. Zuzana Červenková, Ph.D.** v.r.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 2. března 2023

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA**

Prohlašuji:

Práci s názvem Detekce metastáz karcinomu prostaty pomocí Hybridního PET/CT jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše. Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 04. 2023

Vendula Volfová v. r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala panu doc. MUDr. Jiřímu Doležalovi Ph.D. za odborné vedení, ochotu, trpělivost, ale především za jeho čas. Dále bych chtěla poděkovat kolektivu oddělení nukleární medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové za rady a pomoc při získávání dat do mé bakalářské práce. V neposlední řadě děkuji své rodině a blízkým za podporu během celého studia.

## **ANOTACE**

Popis metody vyšetření metastáz karcinomu prostaty na hybridním přístroji PET/CT. Základy radiační ochrany pracovníků na pracovišti. Popis kostních metastáz.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Pozitronová emisní tomografie, nukleární medicína, výpočetní tomografie, choliny, karcinom prostaty, radiační ochrana

## **TITLE**

Detection of prostate cancer metastases using hybrid PET/CT

## **ANNOTATION**

Description of the method of examining prostate cancer metastases on a hybrid PET/CT device. Basics of radiation protection of workers at the workplace. Description of bone metastases.

## **KEYWORDS**

Positron emission tomography, nuclear medicine, computed tomography, choline, prostate cancer, radiation protection

# OBSAH

Úvod.....	12
1 Cíle práce .....	13
Teoretická část .....	14
2 Anatomie prostaty .....	14
2.1 Funkce prostaty .....	15
2.2 Prostatický specifický antigen.....	15
2.2.1 Testování PSA .....	15
3 Epidemiologie .....	15
4 Etiologie.....	16
4.1 Věk .....	16
4.2 Rodinná historie a genetická predispozice .....	16
4.3 Etnicita .....	16
4.4 Kouření a alkohol.....	17
4.5 Obezita .....	17
5 Pozitronová emisní tomografie .....	17
5.1 Radioaktivní přeměna $\beta +$ .....	18
5.2 Fyzikální poločas přeměny radionuklidu .....	18
5.3 Interakce ionizujícího záření .....	19
5.3.1 Přímě ionizující záření.....	19
5.3.2 Nepřímě ionizující záření .....	19
5.4 Princip detekce .....	19
5.5 Hybridní PET/CT .....	19
5.6 Tvorba obrazu .....	20
6 Výpočetní tomografie .....	21
7 Radiační ochrana.....	22
7.1 Radiační limity .....	22



7.2	Kategorizace pracovišť .....	22
7.3	Monitorování pracovníků .....	23
7.4	Radiační ochrana pracovníků .....	23
7.5	Deterministické účinky .....	23
7.5.1	Akutní nemoc z ozáření .....	24
7.6	Stochastické účinky.....	24
8	Radiofarmaka.....	24
8.1	Výroba radionuklidu .....	25
8.1.1	Výroba v cyklotronu .....	25
8.2	Kontrola kvality .....	26
8.3	Choliny.....	27
8.3.1	Úloha cholinu v metabolismu fosfolipidů .....	27
8.3.2	Fluorocholin.....	27
8.3.3	Fyziologická akumulace FCH .....	28
9	Metastázy.....	28
9.1	Kostní metastázy .....	29
9.2	Typy kostních metastáz.....	30
9.2.1	Osteolytické .....	30
9.2.2	Osteoblastické.....	30
9.2.3	Smíšené.....	30
9.3	Mechanismus kostních metastáz .....	30
9.4	Klinické aspekty.....	31
10	Praktická část .....	32
10.1	Objednání pacienta .....	32
10.2	Příprava pacienta na vyšetření.....	32
10.3	Příchod pacienta na vyšetření .....	32
10.4	Samotné vyšetření .....	35

11	Diskuze .....	37
12	Závěr .....	38
13	Použitá literatura .....	39
13.1	Odborné články .....	39
14	Zdroje obrázků .....	41
15	Přílohy .....	42

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 - Anatomie prostaty (Urogyn centrum, 2023).....	14
Obrázek 2 - Transaxiální PET a fúzovaný PET/CT (Cook, 2017, s. 36).....	20
Obrázek 3 – Kennedyho dráha (Awwad M. H., et al., 2012, s. 1550).....	28
Obrázek 4 - Zobrazení metastázy (Vali. R., et at., 2015) .....	29
Obrázek 5 - Micropaque (Zdroj: autor) .....	32
Obrázek 6 - Micropaque CT (Zdroj: autor) .....	32
Obrázek 7 - Připravený stůl s pomůckami (Zdroj: autor).....	33
Obrázek 8 - Vozík na převoz radiofarmaka (Zdroj: autor).....	34
Obrázek 9 – Stříkačka s radiofarmakem (Zdroj: autor) .....	35
Obrázek 10 - Gantry PET/CT (Zdroj: autor) .....	36
Obrázek 11 - Stůl přístroje (Zdroj: autor).....	36

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

PSA	Prostatický specifický antigen
PET	Pozitronová emisní tomografie
MRI	Magnetická rezonance
CT	Výpočetní tomografie
SPECT	Jednofotonová emisní výpočetní tomografie
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Na(I)TI	Thaliem aktivovaný jodid sodný
μg	Mikrogram
keV	Kiloelektronvolt
mm	Milimetr
cm	Centimetr
FDG	Fluorodeoxyglukóza
FCH	Fluorocholin

## ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřená na detekci metastáz karcinomu prostaty pomocí hybridního PET/CT. Karcinom prostaty je stále nejčastějším zhoubným nádorem u mužů a jeho počet stále roste. Incidence se v České republice pohybovala 151,8/100 000 mužů a mortalita 26,2/100 000 mužů. Po 50. roce lékaři nejčastěji nabízí vyšetření PSA, test se většinou opakuje jednou za rok, to však může být individuální. Při hraničních hodnotách se test opakuje častěji. Pokud jsou hodnoty velmi nízké, je možné test provádět až za několik let. Pokud se v rodině vyskytuje anamnéza karcinomu prostaty, může lékař doporučit testování od 40. let. Díky tomu je mortalita nižší.

Pro detekci metastáz se využívá vyšetření na oddělení nukleární medicíny. Vyšetřuje se na přístroji PET/CT. Pro detekci metastáz karcinomu prostaty se používá radiofarmakum  $^{18}\text{F}$ -FCH, které má lepší výsledky, než FDG. Toto vyšetření nám díky PET umožňuje sledovat fyziologické a patologické děje a CT nám dodává anatomickou přesnost. Hybridní PET/CT nám tak umožňuje sjednotit výsledky vyšetření pro detailní obraz.

# **1 CÍLE PRÁCE**

Cílem práce je seznámit čtenáře s karcinomem prostaty a jeho metastázami a také s postupem vyšetření na oddělení nukleární medicíny pomocí hybridního PET/CT.

V teoretické části je mým cílem přiblížit anatomii prostaty, popsat rizikové faktory pro vznik karcinomu, vysvětlit princip fungování přístroje PET/CT, popsat choliny a kostní metastázy. Dále popsat zásady radiační ochrany.

V praktické části se věnuji postupu vyšetření pacienta od jeho příchodu, aplikaci radiofarmaka, samotnému vyšetření až po odchod pacienta.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 2 ANATOMIE PROSTATY

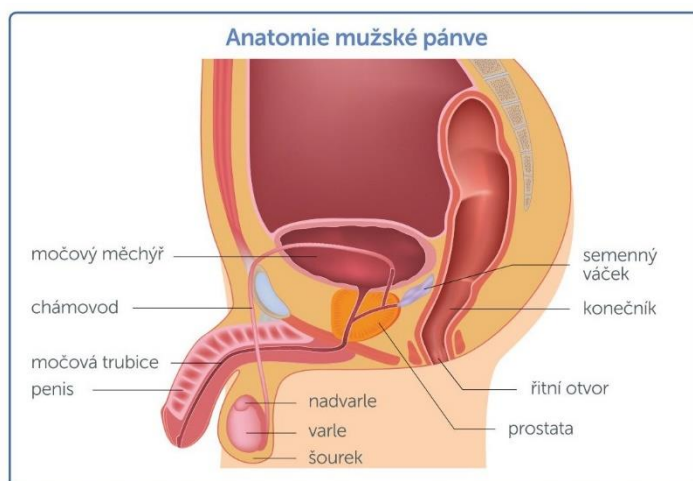
Prostata je přídatná pohlavní žláza muže, uložená kolem začátku močové trubice, těsně pod močovým měchýřem. Její tuboalveolární žlázy, jichž je 30-50, jsou zanořeny ve stromatu, tvořeném spleť hladké svaloviny a vaziva. (Čihák, 2002, s. 321)

Prostata má tvar méně zploštělého kužele, který směřuje bazí směrem k močovému měchýři.

Basis prostatae, baze prostaty, těsně přiléhá k močovému měchýři; do baze se vtlačuje cervix vesicae; apex prostatae, hrot prostaty, míří dopředu dolů a dosahuje k diaphragma urogenitale; prostatou od baze k apexu probíhá úsek močové trubice – pars prostatica urethrae; urethra pak dále pokračuje samostatně. (Čihák, 2002, s. 321)

Facies anterior – přední plocha je obrácená k symfyse. Facies posterior – zadní plocha je obrácená k rektu a je per rectum hmatná. (Čihák, 2002, s. 322)

Povrch prostaty tvoří vazivový obal – capsula prostatica. Ta zahrnuje dvě vrstvy vaziva: capsula propria je pevně srostlá s vazivem a s hladkou svalovinou prostaty, capsula periprostatica jako husté vazivo obaluje zvenčí prostatu i s plexus prostaticus a současně poutá prostatu k okolí. (Čihák, 2002, s. 322)



**Obrázek 1 - Anatomie prostaty (Urogyn centrum, 2023)**

1

<sup>1</sup> Urogyn centrum: Anatomie mužské pánve [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.urogyn.cz/zvetsena-prostata/nezhoubne-zvetseni-prostaty/anatomie-muzske-panve/>

## **2.1 Funkce prostaty**

Prostata zajišťuje zhruba 30% objemu tekutiny ejakulátu. Je jako jiné přídatné pohlavní žlázy citlivá na hormony. Testosteron se ve stromatu prostaty mění na dihydrotestosteron. Dihydrotestosteron udržuje prostatu v činnosti.

## **2.2 Prostatický specifický antigen**

PSA je glykoprotein serinová proteáza, která podporuje motilitu spermií prostřednictvím degradace proteinů semenogelinu I a II. Hladiny PSA jsou závislé na věku a rase.

### **2.2.1 Testování PSA**

Nenákladnost a neinvazivnost testování PSA ho učinila široce dostupným jako nástroj pro screening rakoviny prostaty, a to i přes jeho neuspokojivou specifitu. PSA v séru se může také zvýšit u několika nezhoubných onemocnění prostaty, jako je benigní hyperplazie prostaty, který ukazuje histologickou prevalenci 50 % u mužů ve věku 50–60 let a 90 % u mužů starších 80 let.

## **3 EPIDEMIOLOGIE**

Karcinom prostaty je druhým (po karcinomu plic), nejvíce diagnostikovaným karcinomem u mužů a pátý, který světově vede k úmrtí. Karcinom prostaty může být v časně fázi asymptomatický a vyžaduje aktivní sledování k jeho odhalení.

Vyšší nárůst případů sledujeme v rozvojových zemích. Rozdíly v počtu výskytu jsou zapříčiněny různými metodami testování.

Incidence a mortalita karcinomu prostaty celosvětově koreluje se zvyšujícím se věkem, přičemž průměrný věk v době zjištění diagnózy je 66 let. Je třeba poznamenat, že u afroamerických mužů je míra výskytu vyšší ve srovnání s bílými muži, se 158,3 novými případy diagnostikovanými na 100 000 mužů a jejich úmrtnost je přibližně dvakrát vyšší než u bílých mužů.

Předpokládá se, že je to v důsledku rozdílů sociálních, environmentálních a genetických faktorů.

Rakovina prostaty může být v časném stádiu asymptomatická a má často indolentní průběh a může vyžadovat minimální nebo dokonce žádnou léčbu. Nejčastější jsou však potíže s močením, zvýšená frekvence a nykturie, což jsou všechny příznaky, které mohou také vzniknout z hypertrofie prostaty. Pokročilejší stadium onemocnění se může projevit retencí



moči a bolestmi zad, protože osový skelet je nejčastějším místem kostního metastatického onemocnění.

Mnoho karcinomů prostaty je detekováno na základě zvýšených plazmatických hladin prostatického specifického antigenu. Protože však u mužů bez rakoviny bylo také zjištěno, že mají zvýšené PSA, je tkáňová biopsie standardem péče k potvrzení přítomnosti rakoviny.

## **4 ETIOLOGIE**

Etiologie karcinomu prostaty je multifaktoriální a zůstává značně matoucí, s četnými modifikovatelnými a nemodifikovatelnými rizikovými faktory spojenými s jeho rozvojem. Některé dobře zavedené rizikové faktory zahrnují pokročilý věk, pozitivní rodinnou anamnézu a africký původ.

### **4.1 Věk**

Věk je dobře známým rizikovým faktorem rakoviny prostaty. Výskyt rakoviny prostaty se zvyšuje s věkem. Rakovina prostaty je vzácná ve věku do 40 let.

Screening PSA vede k časnějšímu věku detekce rakoviny prostaty, protože má dobu trvání přibližně 10 let, než se objeví jakékoli příznaky. Pravděpodobnost histologické diagnózy rakoviny prostaty je vyšší, protože 50 % mužů ve věku 70 až 80 let vykazuje histologické známky malignity.

### **4.2 Rodinná historie a genetická predispozice**

Rakovina prostaty má zvýšenou dědičnost. Muži s bratrem nebo otcem s diagnózou rakoviny prostaty mají dvojnásobné až čtyřnásobné riziko vzniku rakoviny prostaty – riziko je vyšší, pokud je diagnostikován bratr.

Nedávné studie také naznačily zvýšené riziko rakoviny prostaty v rodinách s familiárními rysy rakoviny prsu a familiární rakoviny prostaty.

### **4.3 Etnicita**

Existují etnické a geografické rozdíly ve výskytu rakoviny prostaty. Mezi muži černého afrického původu je vyšší výskyt, závažnost a úmrtnost. V USA existuje trojnásobná variabilita mezi různými etnickými/rasovými skupinami, přičemž nejvyšší výskyt je mezi černými muži afrického původu.

#### **4.4 Kouření a alkohol**

Mezi ovlivnitelnými rizikovými faktory pro rakovinu prostaty bylo prokázáno, že kouření má souvislost s výskytem rakoviny prostaty a mortalitou. U současných kuřáků nebylo zvýšené riziko nebo výskyt rakoviny prostaty, ale riziko se zvyšovalo s rostoucím množstvím vykouřených. Kromě toho bývalí kuřáci měli zvýšené riziko rakoviny prostaty a těžcí kuřáci měli o 24–30 % vyšší riziko úmrtí souvisejících s rakovinou prostaty.

#### **4.5 Obezita**

Obezita a zvýšený index tělesné hmotnosti byly spojovány s řadou druhů rakoviny včetně rakoviny prostaty, přičemž zvýšená adipozita vede ke zvýšenému riziku úmrtnosti na rakovinu prostaty.

### **5 POZITRONOVÁ EMISNÍ TOMOGRAFIE**

Pozitronová emisní tomografie (PET) je vynikající neinvazivní zobrazovací postup se širokou škálou klinických a výzkumných aplikací při hodnocení patofyziologie mnoha mozkových poruch, jako jsou neurodegenerativní poruchy, infekce, epilepsie, záchvaty, psychiatrické poruchy a mozkové nádory, stejně jako při studiu neurofyziologie normálního mozku.

PET je vysoce citlivá zobrazovací technika umožňující trojrozměrné mapování pozitronových radiofarmak podávaných v nepatrných ( $\mu\text{g}$ ) množstvích, aniž by to způsobilo jakékoli významné fyziologické nebo farmakologické účinky. PET je proto často označován jako funkční nebo molekulární zobrazovací nástroj, který umožňuje studium biologických funkcí ve zdraví i nemoci, na rozdíl od zobrazování magnetickou rezonancí (MRI) a počítačové tomografie (CT), které jsou vhodnější pro studium tělesného morfologické změny, ačkoli funkční MRI lze také použít ke studiu určitých mozkových funkcí měřením změn průtoku krve během plnění úkolu.

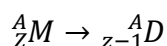
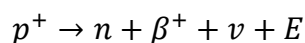
Některé radionuklidy při rozpadu jader emitují pozitrony, kladně nabitě antičástice elektronu. Pozitrony v hmotném prostředí ztrácejí energii podobným způsobem jako elektrony, tj. excitací elektronů, ionizací a produkcí brzděného záření. Dolet pozitronů ve tkáni je velmi krátký (3–4 mm), většina jich zanikne na kratší vzdálenosti od původního atomu (1 mm). Po ztrátě kinetické energie zaniká pozitron interakcí s elektronem v procesu označovaném jako anihilace pozitronu. Při anihilaci obě částice zaniknou a přemění se na dva fotony záření gama o energii 511 keV, které se z místa anihilace vzdalují po přímce opačnými směry. Fotony vytvořené při anihilaci se nazývají anihilační fotony nebo anihilační záření. (Kupka, K. et al., 2007, s. 53)

Na rozdíl od klasické scintilační kamery a kamery pro SPECT není v PET nutné používat olověné kolimátory, protože směr zaznamenaných fotonů je určen koincidenční detekcí: hovoříme o elektronické kolimaci. Elektronická kolimace výrazně zvyšuje citlivost detekce, protože nedochází k zániku fotonů v septech kolimátoru. (Kupka, K. et al., 2007, s. 53)

## 5.1 Radioaktivní přeměna $\beta^+$

V nestabilním jádře pozitronového zářiče dochází k přeměně protonu na neutron, což je provázeno vyzářením kladného náboje na formě pozitronu – částice podobné svými vlastnostmi elektronu s kladným nábojem. (Votrubová, J. et al., 2009, s. 13)

Při této přeměně se emitují z jádra kladně nabitě pozitrony (antičástice k elektronu). Proton v jádře se změní na neutron a elektron s kladným nábojem nazývaný pozitron a na neutrino. Protonové číslo mateřského jádra se zmenší o jedničku, a tím se vzniklý dceřiný radionuklid posune v periodické soustavě prvků o jedno místo doleva:



Přeměna  $\beta^+$  je v nukleární medicíně charakteristická pro radionuklidy  $^{18}\text{F}$ . (Krupka, et al., 2007, s. 20)

Délka dráhy pozitronu závisí na jeho energii. Na konci dráhy pozitronu je setkání s elektronem okolní hmoty na jejich zánik – anihilace, provázená emisí dvou kvant záření gama o energii 511 keV. Obě kvanta se z místa anihilace pohybují opačným směrem téměř po přímce. (Votrubová, J. et al., 2009, s. 13)

## 5.2 Fyzikální poločas přeměny radionuklidu

Fyzikální poločas přeměny radionuklidu je doba, za níž se v daném vzorku radionuklidu přemění polovina všech přítomných radioaktivních jader. V diagnostické nukleární medicíně se používají radionuklidy s poločasem od několika desítek sekund do několika dnů. (Koranda, 2014, s. 12)

Krátkodobé radionuklidy, které se nezískávají z generátorů, se na pracoviště musí dopravit z výrobního centra, i za cenu že v dodávce poklesne objemová aktivita radionuklidu. Je tomu tak u radiofarmak, které jsou značené pozitronovým zářičem  $^{18}\text{F}$ . U krátkodobých radionuklidů je potřeba mít na pracovišti umístěný cyklotron (jedná se o radionuklidy s poločasem rozpadu např. 20 minut)

### **5.3 Interakce ionizujícího záření**

Dle způsobu ionizace dělíme záření přímo a nepřímo ionizující

#### **5.3.1 Přímo ionizující záření**

Přímo ionizující částice jsou částice, které mají elektrický náboj ( $\alpha$ ,  $\beta^+$ ,  $\beta^-$ ). Tyto částice při průchodu prostředím interagují s elektrony v atomových obalech a způsobují excitaci a ionizaci atomů. Při každé interakci ztrácí částice část energie a její dosah v tkáni je jen několik milimetrů. (Koranda, 2014, s. 13)

#### **5.3.2 Nepřímo ionizující záření**

Nepřímo ionizující záření je tok částic bez náboje, které svoji energii předávají nejprve nabitým částicím a jejich prostřednictvím ionizují nebo excitují jádra hmotného prostředí. Jeto záření  $\gamma$ , X záření, neutronové záření a další. (Krupka, et al., 2007, s. 21)

### **5.4 Princip detekce**

PET se od scintigrafie či SPECT liší současným snímáním obou fotonů bez použití kolimátorů. Zde se využívá faktu, že oba fotony letí po přímce. (Votrubová, J. et al., 2009, s. 13)

Pro PET je vhodnější využívat specializované systémy. Svoji konstrukcí se konvenčním scintilačním kamerám blíží systém s hexagonálně uspořádanými šesti silnými Na(I)TI detektory. Standard dnes představují systémy s kruhově uspořádanými detektory s počtem krystalů v řádu desítitisíců. (Votrubová, J. et al., 2009, s. 13)

PET skenery se skládají z několika za sebou zařazených prstenců skládajících se z mnoha detektorů.

### **5.5 Hybridní PET/CT**

PET/CT nabízí kombinaci vynikajících farmakokinetických charakteristik, funkčních informací, vysokého rozlišení PET modality a podrobné, přesné anatomické lokalizace a morfologické korelace nádorových lézí CT. Osvědčila se jako neinvazivní, metabolická zobrazovací modalita pro diagnostiku maligního onemocnění i pro hodnocení nových terapií pomocí dynamické akvizice a kvantitativní analýzy.

Skládá se ze systému, ve kterém se nachází PET skener spolu s plnohodnotným diagnostickým CT skenerem. Snímání provádíme postupně bez změny polohy pacienta. Nejprve proběhne topogram, kdy rentgenka zůstává v předem zvolené pozici a pouze projíždí lůžko s pacientem skrz gantry. Obraz, který vznikne, slouží pouze k vymezení vyšetřované oblasti. Plnohodnotné

CT vyšetření dále probíhá pouze ve vymezené oblasti zájmu. Poté se lůžko s pacientem posune dále do gantry, kde probíhá snímání PET dat ze stejné oblasti, která je vymezená.

Snímání dat u PET neprobíhá jako u spirálních CT, ale v pozicích, které označujeme jako postele. Jedná se o sběr dat z objemu pacienta o délce axiálního zorného pole (zhruba 20 cm), které trvá zhruba 3 minuty a po nasbírání požadovaného počtu dat se automaticky lůžko přesune a je snímána další oblast.

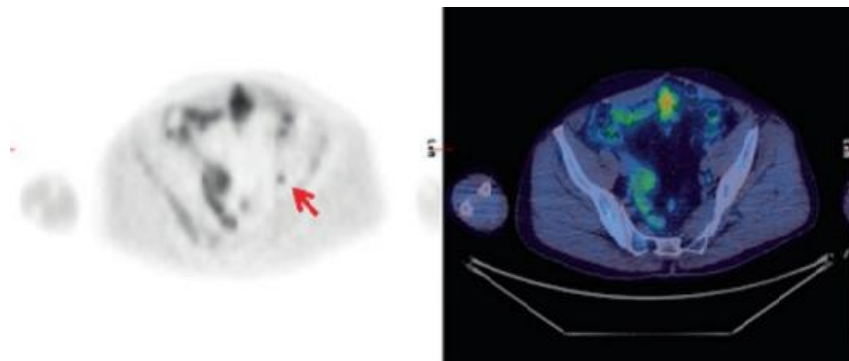
Hloubka gantry je větší, proto nelze sklánět a snímáme tak vždy se stejným sklonem.

Cílem je využít přednosti jednotlivých metod a poskytnout dokonalejší a úplnější diagnostickou informaci. Snímek získaný CT nebo magnetickou rezonancí má velkou prostorovou rozlišovací schopnost, dobře zobrazuje anatomické detaily vyšetřované struktury, ale až na výjimky nepostihuje funkční stav tkání. Naproti tomu snímek pořízený jednofotonovou nebo pozitronovou emisní tomografií zobrazuje mapu funkce vyšetřovaného orgánu, ale jeho prostorová rozlišovací schopnost je malá a neumožňuje přesnou lokalizaci funkčních poruch. (Kupka, K. et al., 2007, s. 47)

## 5.6 Tvorba obrazu

Pro vytvoření PET/CT obrazu využíváme tzv. fúzi. Jedná se o sloučení výsledných obrazů z PET a CT.

Na vyhodnocovací konzoli je tedy možné prohlížet PET a CT vyšetření odděleně a současně prohlížet hybridní obrazy s různým podílem anatomické a metabolické informace ve všech rovinách. (Votrubová, J. et al., 2009, s. 44)



Obrázek 2 - Transaxiální PET a fúzovaný PET/CT (Cook, 2017, s. 36)

Hybridní (multimodální, synergické, kombinované) zobrazení umožňuje kombinovat snímky z různých zobrazovacích metod (např. z rentgenové výpočetní tomografie nebo tomografie magnetickou rezonancí a z emisní tomografie) do jednoho výsledného obrazu. Cílem je využít přednosti jednotlivých metod a poskytnout dokonalejší a úplnější diagnostickou informaci. Snímek získaný CT nebo magnetickou rezonancí má velkou prostorovou rozlišovací schopnost, dobře zobrazuje anatomické detaily vyšetřované struktury, ale až na výjimky nepostihuje funkční stav tkání. Naproti tomu snímek pořízený jednofotonovou nebo pozitronovou emisní tomografií zobrazuje mapu funkce vyšetřovaného orgánu, ale jeho prostorová rozlišovací schopnost je malá a neumožňuje přesnou lokalizaci funkčních poruch. Za určitých podmínek lze oba typy snímků v počítači zkombinovat do jediného obrazu a ložisko s poškozenou funkcí vyznačit např. barevně na snímku anatomické struktury. V angličtině se proces vytváření kombinovaného obrazu označuje jako image registration, fusion nebo matching. Moderní zobrazovací přístroje umožňují současný záznam kombinovaného anatomického a funkčního zobrazení (tzv. hybridní přístroje PET/CT a SPECT/CT). (Kupka, K. et al., 2007, s. 48)

## **6 VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE**

Rentgenové záření objevil v roce 1895 německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen, který získal Nobelovu cenu za fyziku v roce 1901. První rentgenový počítačový tomografický systém vyrobil v roce 1972 Godfrey Newbold Hounsfield (nositel Nobelovy ceny v roce 1979 za fyziologii a medicínu), který zkonstruoval prototyp prvního lékařského CT skeneru a je považován za otce počítače tomografie.

CT systém se skládá ze zdroje rentgenového záření, otočného stolu, detektoru rentgenového záření a datové procesorové jednotky pro výpočet, vizualizaci a analýzu dat výsledků měření.

V principu CT vytváří obrazy příčných řezů promítáním paprsku emitovaných fotonů přes jednu rovinu objektu z definovaných úhlových poloh při provedení jedné otáčky. Když rentgenové paprsky (emitované fotony) procházejí objektem, některé z nich jsou absorbovány, některé jsou rozptýlené a některé jsou přenášeny.

Výpočetní tomografie nabízí snímky, na kterých jsou ostře zobrazeny struktury vybrané vrstvy. Můžeme si zobrazit transverzální, sagitální, frontální vrstvy, a jiné.

Po rekonstrukci obrazů několika sousedních vrstev lze data uspořádat ve třech rozměrech tak, abychom získali prostorový obraz struktury zobrazovaného objektu. Stále častěji se v praxi

používají i postupy pro třírozměrné snímání a rekonstrukci prostorových obrazů. (Kupka, K. et al., 2007, s. 49)

## **7 RADIAČNÍ OCHRANA**

V České republice se na všech pracovištích s ionizujícím zářením řídí vyhláškou o radiační ochraně a atomovém zákonu.

Cílem radiační ochrany je zcela vyloučit deterministické účinky ionizujícího záření a omezit pravděpodobnost vzniku stochastických účinků na míru přijatelnou pro jednotlivce a společnost. (Koranda, 2014, s. 46)

Při provádění činnosti, která vede k ozáření, se také musíme řídit třemi principy: principem zdůvodnění, principem optimalizace a principem nepřekročení limitů.

Obecně rozlišujeme tři druhy ozáření: ozáření při práci, kdy zahrnujeme všechna ozáření radiačních pracovníků, ke kterým došlo v důsledku práce. Dále lékařské ozáření, které je součástí léčebných postupů a poslední ozáření obyvatel, kam zařazujeme všechna ostatní ozáření.

### **7.1 Radiační limity**

Radiační limity dělíme do tří skupin: obecné limity, limity pro radiační pracovníky a limity pro učně a studenty.

Obecné limity jsou platné pro obyvatele: pro efektivní dávku je to 1 mSv/rok, pro ekvivalentní dávku v oční čočce 15 mSv/rok a pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1  $cm^2$  kůže hodnota 50 mSv/rok. (Koranda, 2014, s. 47)

Limity pro radiační pracovníky (profesní ozáření) – efektivní dávka nesmí překročit za rok 20 mSv, ekvivalentní dávka v oční čočce 150 mSv za rok, průměrná ekvivalentní dávka na končetiny 500 mSv za rok a průměrná dávka v 1  $cm^2$  kůže 500 mSv za rok. (Koranda, 2014, s. 47)

### **7.2 Kategorizace pracovišť**

Pracoviště dělíme na I., II. a III. kategorii. Oddělení nukleární medicíny zpravidla zařazujeme do pracoviště II. kategorie, pokud je zde nakládáno s tzv. jednoduchými zdroji. Pokud se na pracovišti nachází lůžkové oddělení, kde je prováděna aplikace radionuklidu jódu při léčbě štítné žlázy zařazujeme do kategorie III.

Dále rozdělujeme kontrolované a sledované pásmo. Kontrolované pásmo je vymezeno tam, kde by mohla efektivní dávka pro pracovníky za rok přesáhnout 6 mSv, nebo by ekvivalentní dávka mohla přesáhnout více než tři desetiny limitu pro oční čočku, kůži a končetiny. Do této kategorie se zařazují pracovníci kategorie A. Do kontrolovaného pásma řadíme také vymírací místnosti (sklady radioaktivních odpadů). Sledované pásmo vymezuje tam, kde jsou požadavky na radiační ochranu menší, než v kontrolovaném pásmě (např. čekárny, prostory sousedící s kontrolovaným pásmem).

### **7.3 Monitorování pracovníků**

Na oddělení nukleární medicíny se využívá osobní monitorování za pomoci osobních dozimetrů. Dozimetr je nošen na levé přední straně oděvu. Dále se využívá prstový dozimetr. Nosí se po dobu jednoho měsíce, po uplynutí období se odešle na vyhodnocení. O výsledku je informováno pracoviště a SÚJB.

### **7.4 Radiační ochrana pracovníků**

Pro dodržení principu limitování se využívá ochrany časem, vzdáleností, stíněním.

Ochrana časem: dávka roste s časem stráveným v blízkosti záření. Dávku můžeme snížit střídáním pracovníků a snížením času manipulace s radiofarmaky.

Ochrana vzdáleností: pracovníci se musí zdržovat co nejdále od zdroje, nepobývat dlouho v blízkosti pacientů, kterým bylo aplikováno radiofarmakum.

Ochrana stíněním: používáme vrstvu stínícího materiálu, který zeslabí záření. Umístíme jí mezi pracovníka a zdroj záření. Nejvíce využívané je olovo, pro přenos radiofarmak se využívá olověný kontejner a stínící kryt pro injekční stříkačku.

### **7.5 Deterministické účinky**

Mezi deterministické účinky patří např. akutní nemoc z ozáření, katarakta, porucha krvetvorby mají následující charakteristiku: dávkový práh pro vznik deterministických účinků je u různých tkání různý, s rostoucí dávkou stoupá závažnost poškození, účinek vzniká po ozáření, případně v průběhu několika dnů až týdnů (s výjimkou katarakty), počáteční mírné poškození se může reparovat v krátké době, ale vysoká dávka může způsobit poškození progresivní. (Krupka, et al., 2007, s. 24)

Deterministické účinky vznikají až po překročení dávkového prahu, pokud je dávka pod dávkovým prahem, účinky nenastanou.



### 7.5.1 Akutní nemoc z ozáření

Rozvíjí se po jednom celotělovém ozáření vnějším zdrojem, nebo vnitřní kontaminací.

Má různé fáze: prodromální fáze – trvá několik minut až dní, latentní fáze – příznaky vymizí, fáze rozvinutých příznaků – mohou nastat problémy gastrointestinální, kardiovaskulární, krvetvorné a s centrálním nervovým systémem.

### 7.6 Stochastické účinky

Stochastické účinky jsou účinky pravděpodobnostní. Jelikož malá dávka ionizujícího záření může způsobit poškození DNA, předpokládáme, že jsou bezprahové. S rostoucí dávkou roste pravděpodobnost stochastických účinků, ale nezvyšuje se jejich závažnost. Nemůžeme určit, zda se projeví, ani zda se jedná o důsledek ozáření.

Pro stochastické účinky definujeme základní pojmy:

Ekvivalentní dávka  $H_T$  je součin střední absorbované dávky v orgánu nebo tkáni  $D_{TR}$  a radiačního váhového faktoru  $W_R$ , který má pro beta a gama záření hodnotu 1, pro alfa záření, případně neutrony až 20. Jednotkou ekvivalentní dávky je 1 Sievert - Sv ( $J.kg^{-1}$ ). Pro beta a gama záření je číselně roven údaji v Gy. (Krupka, et al., 2007, s. 25)

Efektivní dávka  $E$  zohledňuje skutečnost, že člověk je při styku se zdroji ionizujícího záření ozařován nerovnoměrně; je kalkulována jako součet součinů ekvivalentních dávek  $H_T$  a tkáňových váhových faktorů  $W_T$ , které vyjadřují rozdílnou radiosenzitivitu orgánů a tkání z hlediska pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků; určují podíl poškození jednotlivých orgánů a tkání na celkovém počtu stochastických poškození při celotělovém ozáření ( $W_T$  pro nejcitlivější tkáň = 0,2, pro nejméně citlivé = 0,05;  $\Sigma W_T = 1$ ). Jednotkou efektivní dávky je Sievert - Sv ( $J.kg^{-1}$ ). Efektivní dávka je ekvivalentní celotělové II dávce, jež určuje stejné radiační riziko, jaké vyplývá z nerovnoměrného ozařování těla. (Krupka, et al., 2007, s. 25)

## 8 RADIOFARMAKA

Pro PET lze využít široké škály radionuklidů a jimi značených radiofarmak. S ohledem na jejich biologické vlastnosti lze zkoumat nejrůznější funkční pochody v lidském těle. (Votrubová, J. et al., 2009, s. 16)

Radiofarmakum je léčivý přípravek obsahující chemické nebo biologicky aktivní látky, jejichž účinnou složkou je radionuklid, který je zdrojem ionizujícího záření. Radiofarmaka jsou

aplikována na pracovištích nukleární medicíny z diagnostických, nebo terapeutických důvodů. Přítomností radionuklidu se radiofarmaka odlišují od jiných farmak. (Koranda, 2014, s. 17)

Důležitou charakteristikou radionuklidu je jeho poločas přeměny (doba, za kterou poklesne jeho aktivita na polovinu), druh a energie ionizujícího záření. Jeho energie se udává v elektronvoltech (eV), a jejich násobcích (keV, MeV). Množství radionuklidu se vyjadřuje jeho aktivitou udávanou v becquerelech (Bq); u běžně používaných radiofarmak se v praxi užívají jejich násobky (kBq, MBq, GBq). (Krupka, et al., 2007, s. 31)

Existuje přes 600 radionuklidů, které při radioaktivní přeměně produkují pozitrony, a jsou tudíž potencionálně využitelné pro PET. Zatím největšího uplatnění v PET diagnostice našly biogenní radionuklidy produkované cyklotronem ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ). Mají dobré chemické vlastnosti, které je předurčují pro značení tělu vlastních molekul nebo jejich derivátů. Jejich nevýhodou je nákladná produkce spojená s provozem cyklotronu a vzhledem ke krátkému poločasu radioaktivní přeměny omezená dopravní vzdálenost. Výhodou je naopak nízká radiační zátěž pacienta a vysoká kvalita získaného obrazu. (Votrubová, J. et al., 2009, s. 16)

Nejčastěji používané pro klinické onkologické PET zobrazování je  $^{18}\text{F}$ -FDG, který se chová jako analog glukózy, hromadí se v buňkách s větší glykolýzou.  $^{18}\text{F}$ -FDG však nikdy nedosáhl širokého použití u malignit prostaty kvůli omezené citlivosti pouze 75 % pro stanovení stadia onemocnění při diagnóze a 26 % pro detekci rekurentního onemocnění.

## **8.1 Výroba radionuklidu**

Radionuklidy pro využití na nukleární medicíně jsou připravovány uměle v jaderném reaktoru, nebo cyklotronu. Pozitronové zářiče se získávají z cyklotronu, kde se vhodný materiál ozáří protony, deuterony a jinými částicemi. Výroba v urychlovači je však mnohem nákladnější oproti výrobě v reaktorech.

### **8.1.1 Výroba v cyklotronu**

V cyklotronu se kladně nabitě částice jako např. protony (p), deuterony (d) nebo alfa částice ( $\alpha$ ) urychlují elektrickým polem a jejich dráha se zakřivuje magnetickým polem tak, že se pohybují po spirále se zvětšujícím se poloměrem, až narazí na připravený terč specifického složení. Zde jadernými reakcemi vznikají požadované radionuklidy. Jejich protonová čísla jsou rozdílná od proto nových čísel terčových nuklidů, a neobsahují proto žádné stabilní "nosičové" izotopy. Beznosičový stav takto získaného radionuklidu představuje tak nepatrné množství (hmotnost),

že není detekovatelné běžnými analytickými metodami. Tomu odpovídá velmi vysoká měrná aktivita. (Krupka, et al., 2007, s. 31)

Po ozařování se terč rozpouští nejčastěji v kyselinách nebo alkalických rozpouštědlech a vyrobené radionuklidy se potom oddělují různými chemickými metodami (kapalinovou extrakcí, srážením, iontovou výměnou, destilací, chromatografií aj.). (Krupka, et al., 2007, s. 31)

V malých tzv. "lékařských" cyklotronech se vyrábějí radionuklidy biogenních prvků s velmi krátkým poločasem přeměny. Proto musí být tato zařízení instalována přímo v místě použití jimi značených radiofarmak. Nejvíce se používá  $^{18}\text{F}$  ( $T_{1/2}$  110 min.),  $^{11}\text{C}$  (20 min.),  $^{13}\text{N}$  (10 min.),  $^{15}\text{O}$  (2,1 min.). (Krupka, et al., 2007, s. 32)

## **8.2 Kontrola kvality**

Na radiofarmaka jsou kladeny stejné požadavky jako na ostatní léčiva, ale protože obsahují radioaktivní prvek, přistupují ke standardním zkouškám kvality farmak (zkouška chemické čistoty, pH, sterility, apyrogenity, atd.) ještě další testy, kterými jsou stanovení aktivity a ověření radionuklidové a radiochemické čistoty. (Koranda, 2014, s. 22)

Metody pro hodnocení jakosti radiofarmak jsou stanovení aktivity, radionuklidová čistota a radiochemická čistota.

Aktivita radiofarmaka se měří pomocí kalibrátoru se studnovou ionizační komorou.

Radionuklidová čistota je podíl aktivity deklarovaného radionuklidu k součtu aktivit všech radionuklidů přítomných v přípravku. Znečištění představují další radionuklidy téhož prvku nebo i jiných prvků. Ověření obsahu nečistot se provádí spektrometrickým měřením záření gama mnohokanálovým spektrometrem se scintilačním  $\text{NaI(Tl)}$  nebo polovodičovým  $\text{Ge(Li)}$  detektorem. (Krupka, et al., 2007, s. 34)

Radiochemická čistota je podíl aktivity požadované radiochemické formy k součtu aktivit všech radiochemických forem v přípravku. Žádná z reakcí, jimiž jsou radiofarmaka vyráběna, neproběhne se stoprocentním výtěžkem, a proto se v nich vždy vyskytuje malé množství nežádoucích složek (zpravidla koloidní produkty a další nežádoucí radiochemické formy), které nejsou nositeli diagnostické informace nebo terapeutického účinku. (Krupka, et al., 2007, s. 34)

### 8.3 Choliny

Mnoho radioindikátorů bylo syntetizováno na obrazový cholin, včetně  $^{11}\text{C}$ -cholinu a  $^{18}\text{F}$ -fluorocholinu ( $^{18}\text{FFCH}$ ), které jsou běžně využívány pro diagnostické účely. Cholinové deriváty mají výhodu vazby na aktuální maligní ložiska ve skeletu i na metastázy v lymfatických uzlinách.

Přestože sloučeniny  $^{11}\text{C}$  mají výhodu menšího vylučování močí, jeho kratší poločas (20 minut) omezuje jeho použití v klinické praxi.

Cholin je nezbytnou součástí pro výstavbu buněčných membrán. Nádory, včetně karcinomu prostaty, mají zvýšené požadavky na syntézu buněčné membrány a bylo prokázáno, že buňky karcinomu prostaty mají zvýšený intracelulární transport cholinu a zvýšený metabolismus cholinu.

Cholin se dříve řadil, mezi vitaminy skupiny B. Částečně se vytváří v játrech a je možné ho částečně přijímat ve stravě.

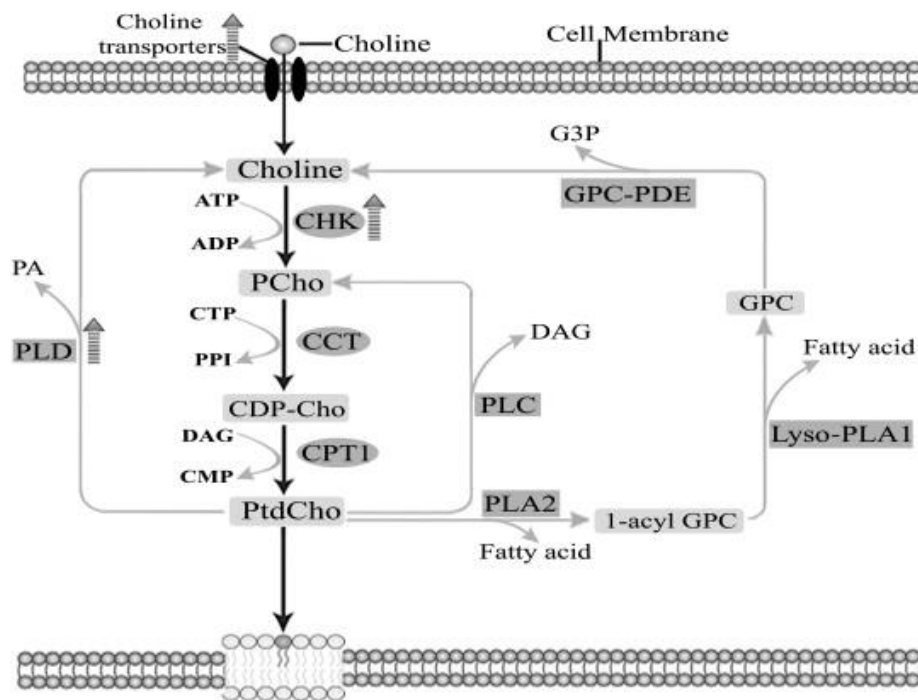
#### 8.3.1 Úloha cholinu v metabolismu fosfolipidů

Cholin se používá pro de novo syntézu PtdCho prostřednictvím Kennedyho dráhy (také nazývané CDP-cholinová dráha). Kennedyho cesta zahrnuje tři reakce. V prvním kroku cholinkináza (CHK) katalyzuje fosforylaci cholinu na PCho. Tato reakce může být krokem omezujícím rychlost biosyntézy PtdCho. CHK má tři izoformy ( $\text{CHK}\alpha_1$ ,  $\text{CHK}\alpha_2$  a  $\text{CHK}\beta$ ), z nichž všechny mají aktivitu cholin kinázy. Druhá reakce v Kennedyho dráze je katalyzována CTP-fosfocholin cytidylyltransferázou (CCT), která poskytuje cytidindifosfátcholin (CDP-Cho) z PCho a cytidintrifosfát (CTP). CCT zprostředkovává krok omezující rychlost v Kennedyho dráze a její aktivita závisí na asociaci s membránovými strukturami, fosforylačním stavem a některými transkripčními faktory.  $\text{CCT}\alpha$  kóduje jednu izoformu a  $\text{CCT}\beta$  kóduje tři izoformy enzymu ( $\beta_1$ ,  $\beta_2$  a  $\beta_3$ ).  $\text{CCT}\alpha$  se nachází ve všech tkáních, zatímco  $\text{CCT}\beta$  je exprimován v určitých tkáních. V posledním kroku jsou CDP-Cho a diacylglycerol (DAG) převedeny na PtdCho pomocí 1,2-diacylglycerolcholinofosfotransferázy (CPT1).

#### 8.3.2 Fluorocholin

Cholin je prekurzorem pro biosyntézu fosfolipidů v buněčné membráně a vstupuje do buňky prostřednictvím cholinových transportérů. Cholin se používá pro syntézu fosfatidylcholinu přes

Kennedyho cestu. První krok této cesty je krok omezující rychlost, ve kterém cholinkináza katalyzuje fosforylaci cholinu na fosfocholin.



Obrázek 3 – Kennedyho dráha (Awwad M. H., et al., 2012, s. 1550)

### 8.3.3 Fyziologická akumulace FCH

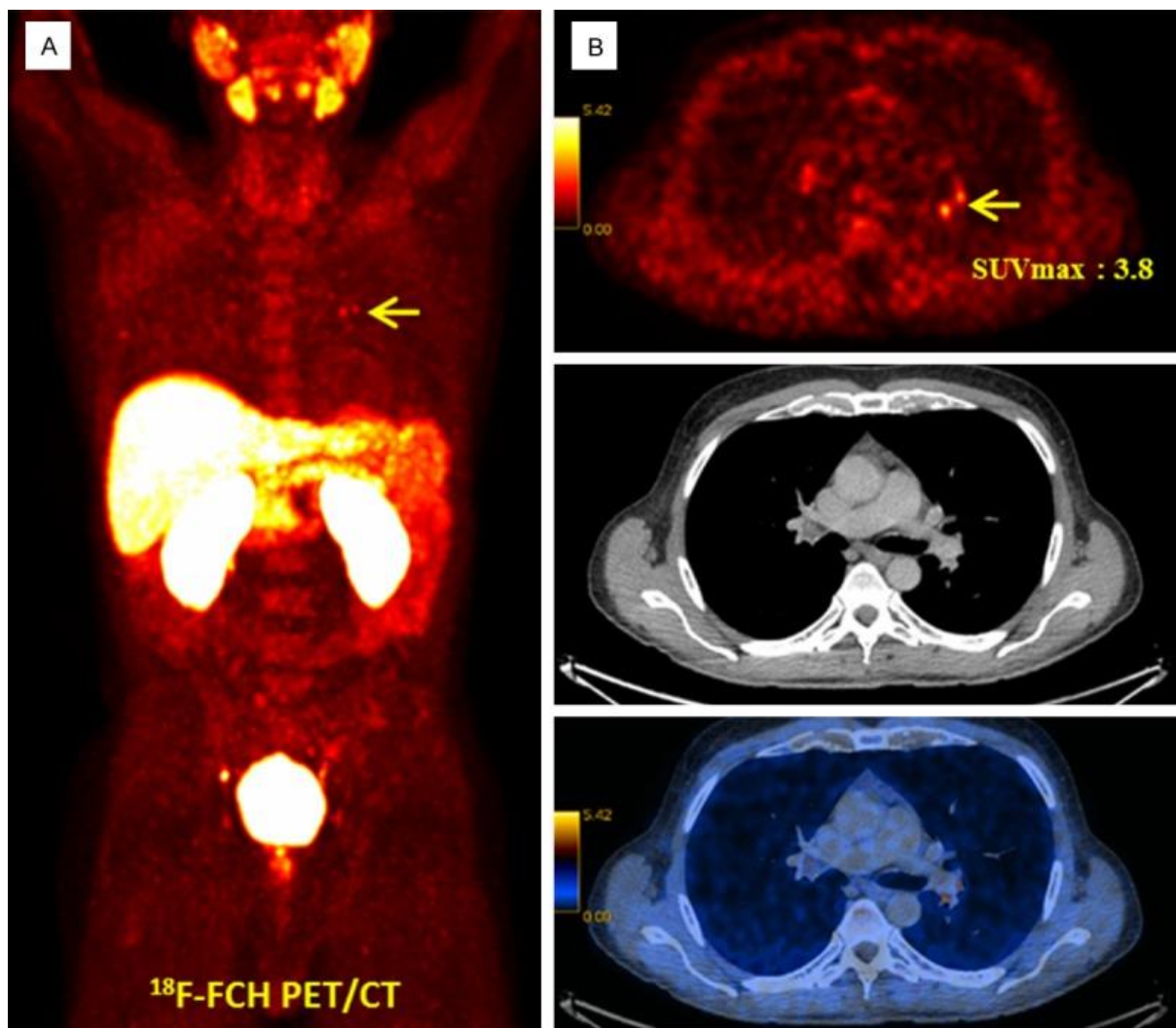
Fyziologicky se cholin vychytává v játrech, slinných žlázách, pankreatu, nadledvinách, ledvinách. Patologicky se vychytává v karcinomu prostaty a jeho metastázách, primárních plicních tumorech, dále např. v adenomech příštítných tělísek a adenomech nadledvin. (Dulíková Z., R. Kučera, 2013)<sup>2</sup>

Může také dojít ke zvýšenému vychytávání <sup>18</sup>F-FCH v místech zánětu, jako jsou paranazální dutiny, štítná žláza, střední ucho/mastoid a zlomeniny kostí. To může vést k falešně pozitivním výsledkům. Může být vidět mírná aktivita mediastinální, hilární, axilární a inguinální lymfatické uzliny v prostředí blízkého zánětlivého procesu.

## 9 METASTÁZY

Karcinom prostaty obvykle metastazuje do kostí, může však metastazovat i do jiných míst, např. do plic, jater, vzdálených lymfatických uzlin.

<sup>2</sup> Linkos: PET/CT VYŠETŘENÍ <sup>18</sup>F-CHOLINEM U KARCINOMU PROSTATY [online]. Praha, 2013 [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/pet-ct-vysetreni-18f-cholinem-u-karcinomu-prostaty/>



Obrázek 4 - Zobrazení metastázy (Vali. R., et al., 2015)

## 9.1 Kostní metastázy

Kostní metastázy jsou hlavní příčinou morbidity u osob s rakovinou. Mezi komplikace patří bolest, zhoršená pohyblivost, patologická fraktura, komprese míchy, obrny hlavových nervů, léze nervových kořenů, hyperkalcémie a suprese funkce kostní dřeně. Kostní metastázy jsou zvláště rozšířené u osob s rakovinou prsu a prostaty. Včasná detekce kostních metastáz je důležitá pro zajištění správné léčby a zamezení komplikací.

Diseminované nádorové buňky jsou přitahovány do vaskulárních, osteoblastických a hematopoetických výklenků v kosti. Nádorové buňky v kosti mohou zůstat nečinné po dlouhou dobu pod kontrolou signálů z mikroprostředí. Osteolytické poškození je zprostředkováno převážně stimulací osteoklastů prostřednictvím cytokinů odvozených od nádoru.

Kostní metastázy jsou detekovány přibližně u 65–75 % pacientů s karcinomem prostaty a často se mění prognóza.

Kostní metastázy jsou téměř vždy mnohočetné a zahrnují axiální kostru. Tato distribuce by mohla mít vztah k hematopoeticky aktivní červené kostní dřeni. Tam existuje paravertebrální síť, která může hrát roli ve vývoji kostních metastáz. Mikroprostředí musí být příznivé pro přežití nádorových buněk.

## **9.2 Typy kostních metastáz**

Kostní metastázy jsou klasifikovány jako osteolytické, osteoblastické nebo smíšené, podle primárního mechanismu interference s normální kostní remodelací.

### **9.2.1 Osteolytické**

Vyznačující se destrukcí normální kosti, přítomnou u mnohočetného myelomu, karcinomu ledvinových buněk, melanomu, nemalobuněčného karcinomu plic, non hodgkinského lymfomu, karcinomu štítné žlázy nebo histiocytózy z Langerhansových buněk. Velká většina produkuje osteolytické metastázy. Tato destrukce kosti je primárně zprostředkována osteoklasty a ne přímým účinkem nádorových buněk.

### **9.2.2 Osteoblastické**

Vyznačující se ukládáním nové kosti přítomné u karcinomu prostaty, karcinoidu, malobuněčného karcinomu plic, Hodgkinova lymfomu nebo meduloblastomu. Mechanismy vzniku osteoblastických metastáz jsou stále nedostatečně objasněny. V některých případech novotvorbě kosti nemusí nutně předcházet kostní resorpce.

### **9.2.3 Smíšené**

Pokud má pacient osteolytické i osteoblastické léze nebo pokud má jednotlivá metastáza osteolytické i osteoblastické složky, přítomné u karcinomů kostí, gastrointestinálních karcinomů a dlaždicových karcinomů. Ačkoli rakovina kostí dává původ převážně osteolytickým lézím, 15–20 % žen má osteoblastické léze nebo oba typy lézí.

## **9.3 Mechanismus kostních metastáz**

Jakmile je nádorová buňka v oběhu, potřebuje:

Cévní adheze a extravazace: buňka interaguje s endotelem, aby extravazovala a zůstala ve specifické tkáni. Chemoaktivní a adhezivní molekuly hrají zásadní roli v této selektivní retenci rakovinných buněk ve vaskulatuře kostní dřeni. Rakovinné buňky používají ekvivalentní molekuly k vaskulárním buněčným adhezním molekulám a E-selektinu k přilnutí k endotelu. Víme také, že chemokiny, integriny, osteopontin, kostní sialoprotein a kolagen typu I jsou rozhodující pro kolonizaci orgánů rakovinnými buňkami.

Podpora mikroprostředí: Hypotéza osiva a půdy nám říká, že mikroprostředí poskytuje úrodnou půdu pro přežití a růst metastatických rakovinných buněk. Tvorba a reabsorpce kosti uvolňuje a aktivuje faktory podporující přežití a růst, které mohou přispívat k rozvoji kostních metastáz.

Epiteliální - mezenchymální přechod: Normální buňka může ztratit své epiteliální rysy a získat mezenchymální vlastnosti. Tento proces se nazývá epiteliální-mezenchymální přechod a umožňuje epiteliálním buňkám migrovat do nového prostředí. K tomu dochází hlavně během embryogeneze, ale v rakovinných buňkách tento proces uděluje invazivní fenotyp.

## **9.4 Klinické aspekty**

Medián přežití pacientů po první kostní metastáze je 20 měsíců. To je ve výrazném kontrastu s metastázami v játrech - 3 měsíce, nebo s kostními metastázami z nemalobuněčného karcinomu plic - 6 měsíců.

U karcinomu prostaty mají muži s dobrým výkonnostním stavem a onemocněním pouze kostí, postihujícím převážně axiální skelet, medián trvání kontroly onemocnění po androgenní blokádě 4 roky a medián přežití 53 měsíců. To je ve výrazném kontrastu s pacienty s viscerálním onemocněním s mediánem přežití 30 měsíců a 12 měsíců s viscerálním onemocněním a špatným výkonnostním stavem.

Kostní metastázy jsou hlavní příčinou morbidity, charakterizované silnou bolestí, zhoršenou pohyblivostí, patologickými zlomeninami, kompresí míchy, aplazií kostní dřeně a hyperkalcémií.

Pozitronová emisní tomografie (PET) detekuje přítomnost nádoru přímo kvantifikací metabolické aktivity.



## 10 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části se zabývám detailním popisem průběhu celého vyšetření pomocí PET/CT.

### 10.1 Objednání pacienta

Indikující lékař předá pacientovi žádanku na vyšetření, pacient se poté v kartotéce na oddělení objedná na termín vyšetření. Je důležité, aby se pacient dostavil přesně na určený termín a čas, jelikož radiofarmakum  $F^{18}$ - fluorocholin má poločas rozpadu přibližně 109 minut a je velmi nákladné. Při objednání také obdrží papíry s informacemi o průběhu vyšetření a přípravě před vyšetřením.

### 10.2 Příprava pacienta na vyšetření

Pacient by nejméně čtyři hodiny před vyšetřením neměl jíst a měl by zvýšit příjem tekutin. S sebou si donese vyplněný anamnestický dotazník, souhlas s vyšetřením a láhev s vodou kam se vejde 1,5 litru tekutiny.

### 10.3 Příchod pacienta na vyšetření

Pacient přijde, posadí se do čekárny. Aplikační sestra si postupně podle času objednání začne volat pacienty do aplikační místnosti. Dle rozhodnutí lékaře pacient buď popíjí kontrastní látku, nebo vodu. Jako kontrastní látka se využívá micropaque, který se míchá 300 mililitru do jednoho litru vody. Kontrastní látku namíchá sestra do láhve, kterou si pacient donesl.

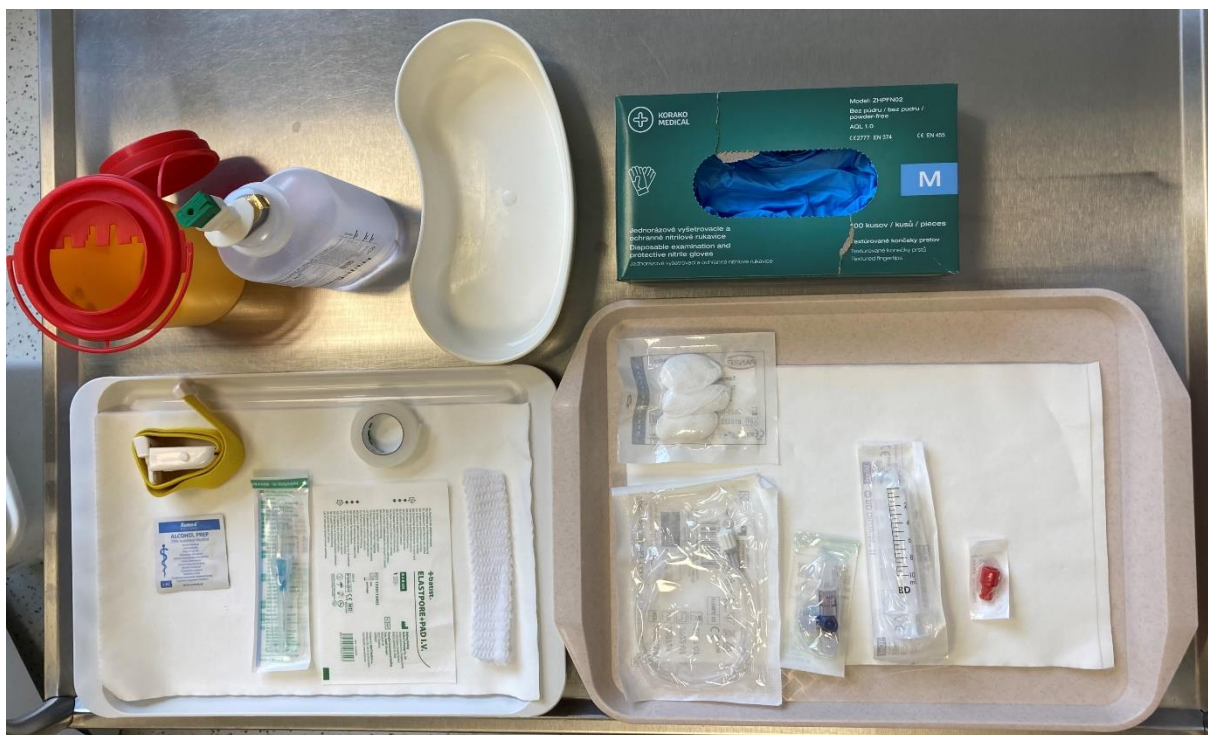


Obrázek 6 - Micropaque CT (Zdroj: autor)



Obrázek 5 - Micropaque (Zdroj: autor)

Poté si nachystáme stůl s pomůckami pro zavedení periferního žilního vstupu. Nejčastěji zavádíme do v. basilica a v. cephalica. Pokud není možné zavést žilní vstup na tato místa, pokusíme se vybrat jiné možné místo vstupu.



**Obrázek 7 - Připravený stůl s pomůckami (Zdroj: autor)**

Vyhmátneme si žílu a zaškrtneme nad loktem, pacient zapne pěst a zacvičí si. Místo vpichu odezinfikujeme, vezmeme si modrou kanylu a zavedeme. Z kanyly vytáhneme mandrén a připojíme přes hadičku injekční stříkačku s fyziologickým roztokem. Aspirujeme pro kontrolu správného vpichu, pokud se nám do hadičky krev vrací, jsme správně a můžeme propláchnout nataženým fyziologickým roztokem. Při aplikaci roztoku kontrolujeme, zda pacienta nic nebolí, neštípe a pohledem kontrolujeme, jestli se nedělá boule. Odpojíme stříkačku a zajistíme uzávěrem. Přelepíme lepením a napíšeme na něj datum a čas aplikace. Vše zajistíme prubanem. Po úspěšném zavedení zapíšeme do papírů čas, místo a stranu vpichu.

Poté přijde lékař, promluví si s pacientem a doplní anamnézu. Farmaceut mezitím připraví stříkačku s radiofarmakem naměřenou přímo pro pacienta, podle jeho váhy. Po dokončení rozhovoru lékař aplikuje radiofarmakum a naaplikovaný pacient odchází do speciálně oddělené čekárny, kde v klidu sedí a popijí buď vodu, nebo připravenou kontrastní látku. Pro cholinu není stanovena národní diagnostická referenční úroveň, místní diagnostická referenční úroveň pro 70kg člověka je 202 MBq.



**Obrázek 8 - Vozík na převoz radiofarmaka (Zdroj: autor)**



**Obrázek 9 – Stříkačka s radiofarmakem (Zdroj: autor)**

Pacienta po celou dobu sledujeme pomocí kamery v kabině, případně s ním komunikujeme a zjišťujeme, zda je vše v pořádku.

#### **10.4 Samotné vyšetření**

Pacient po aplikaci radiofarmaka čeká 55-60 minut v kabině. Těsně před vyšetřením pomocí mikrofону vyzveme pacienta, aby si došel na toaletu a až se vrátí zpět, aby si odložil všechny kovové věci a oblečení, kde by mohlo být něco kovového, např. zip, knoflík.

Pacienta si pozveme do vyšetřovací místnosti, položíme si ho na záda na stůl, ruce si položí podél těla. Pod hlavu mu vložíme polštářek a pod kolena vložíme podkolenní klín. Ruce připoutáme k tělu pomocí popruhů na suchý zip, aby se zabránilo pohybu rukou, které by mohly bránit průjezdu pacienta. Zajedeme s pacientem do gantry a pomocí laserů nastavíme do požadované pozice. Jako první uděláme toposcan, ve kterém si nastavíme rozsah vyšetřované oblasti. Rozsah si nastavíme na celou lebku s centrací zhruba na nadočnicový oblouk, až pod pánev do půlky stehen. Při CT se ještě nastaví oblast přes oči, která snižuje radiační zátěž na oční okolí. Nejdříve se provede vyšetření CT a poté začne snímání pomocí PET přístroje.



**Obrázek 10 - Gantry PET/CT (Zdroj: autor)**



**Obrázek 11 - Stůl přístroje (Zdroj: autor)**

Po skončení vyšetření vyvezeme pacienta z gantry, rozepneme popruhy na ruce, sebereme podkolenní klín a pacient může pomalu odejít do kabinky. Zde se oblékne a vrací se zpět na aplikační místnost, kde mu sestra vytáhne zavedenou žilní kanylu. Před odchodem je znovu poučen o tom, aby se následujících dvacet čtyři hodin pokusil omezit kontakt s dětmi a těhotnými ženami. Také je poučen o tom, že je potřeba dodržet zvýšený pitný režim kvůli vylučování radiofarmaka. Pokud by pacient v následujícím dni absolvoval let letadlem, zažádá si o vystavení potvrzení o podání radioaktivní látky.

## 11 DISKUZE

V praktické části bylo cílem popsat průběh vyšetření pacienta na hybridním přístroji PET/CT s využitím cholinu pro detekci metastáz karcinomu prostaty. Praktická část této bakalářské práce je vypracována dle postupů oddělení nukleární medicíny ve Fakultní nemocnici v Hradci Králové. V diskuzi bych se chtěla věnovat porovnání postupu vyšetření v různých nemocničních zařízeních.

V nemocnici A (FNHK) aplikujeme pro 70 kg pacienta radiofarmakum o aktivitě 202 MBq. V nemocnici B (nemocnice v ČR) aplikují 3,5 MBq/kg, pro 70 kg pacienta by měla aktivita odpovídat 245 MBq. V nemocnici C (University Medical Centre Ljubljana) využívají pro vyšetření 200 – 300 MBq podle váhy pacienta. U všech tří pracovišť se tedy můžeme setkat s rozmezím od 200 – 300 MBq, vyšší aktivitu lze podávat v případě vysoké váhy pacienta, nebo pokud je potřeba dosáhnout vysoké kvality zobrazení, avšak pouze ve zdůvodnitelných případech.

Dále se nachází rozdíly v začátku snímání dat. V nemocnici A začínáme snímání dat 60 minut po aplikaci radiofarmaka. V nemocnici B začínají snímat data po 45 minutách od aplikace radiofarmaka, eventuálně doplňují časovou dynamickou studii na oblast pánve 1 minutu po aplikaci radiofarmaka, po dobu 5 minut. V nemocnici C začínají snímat přes oblast pánve ihned po podání radiofarmaka po dobu 5 minut, po této časné fázi pacient odpočívá po dobu 1 hodiny a poté provádí scan celého těla. V tomto případě můžeme vidět, že čas snímání celého těla začíná zhruba stejně ve všech pracovištích, pouze v nemocnici A nevyužívají časného snímání přes oblast pánve.

Pro snímání dat vymezujeme tzv. bed time, pro určitou postel je vymezen čas, po který se probíhá snímání, po uplynutí se začne snímat další postel. V nemocnici A je akviziční doba jedné postele nastavena po dobu 2,5 minuty. V nemocnici B je standardní čas akvizice 3 minuty na postel. V nemocnici C mají akviziční dobu nastavenou na 2 minuty na postel. Dle indikací lékaře je možné čas prodloužit. Rozdíl v akviziční době je tak 0,5 minuty mezi pracovišti.

Z výzkumu vyplývá, že rozdíly provádění vyšetření na třech různých pracovištích nejsou příliš rozdílné. Rozdíly, které můžeme pozorovat, mohou být způsobeny rozdílnými modely přístroje. Starší modely skenerů PET/CT mohou mít nižší senzitivitu oproti novějším, kde je senzitivita vyšší. Díky tomu se může u novějších typů nastavit např. menší akviziční dobu bed time.

## 12 ZÁVĚR

V mé bakalářské práci jsem se snažila čtenáře seznámit s průběhem vyšetření karcinomu prostaty na hybridním přístroji PET/CT. Práce se dělí na teoretickou a praktickou část.

Jedná se o druhý nejčastější karcinom u mužů, proto jsem se v úvodu teoretické části snažila popsat možné příčiny vzniku karcinomu prostaty, dále také příznaky, se kterými se daný jedinec potýká v případě vzniku onemocnění. Také jsem se snažila upozornit na důležitost testování PSA, který pomáhá k časnému zjištění onemocnění.

Dále jsem se zaměřila na pozitronovou emisní tomografii a popis přístroje PET/CT na kterém se vyšetření provádí. Jelikož se pro vyšetření na tomto přístroji využívají radiofarmaka, snažila jsem se popsat cholin, který se pro detekci metastáz karcinomu prostaty využívá. Poté jsem popsala radiační ochranu na pracovišti a její cíle, které vedou k zabránění nežádoucích účinků.

V praktické části jsem se zaměřila na popis průběhu vyšetření na oddělení nukleární medicíny, při vyšetření zaměřeném na detekci metastáz karcinomu prostaty pomocí hybridního PET/CT. V této části popisuji postup od objednání pacienta na vyšetření, přes příchod, následnou aplikaci radiofarmaka, postup vyšetření až po poučení pacienta o tom jak by se měl chovat v průběhu následujících dnů a jeho následný odchod.

Následně jsem porovнала možné rozdíly v aplikované dávce radiofarmaka při vyšetření, dobu zahájení snímání od aplikace a nastavení akviziční doby postelí.

## 13 POUŽITÁ LITERATURA

ČIHÁK, Radomír. Anatomie. 2., upr. a dopl. vyd. Ilustroval Milan MED, ilustroval Ivan HELEKAL. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-0143-x.

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

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

COOK, Gary, 2017. PET/CT in Prostate Cancer. Cham: Springer International Publishing. 73 s. ISBN 978-3-319-57623-7.

KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. Nukleární medicína: [učební text]. [Praha]: P3K, c2007. ISBN 978-80-903584-9-2.

Niederhuber, E.J., et al. Abeloff's clinical oncology. Elsevier, 2020. Skripta. ISBN 978-0-323-47674-4.

CANTATORE, Angela; MÜLLER, Pavel. Introduction to computed tomography. Kgs. Lyngby: DTU Mechanical Engineering, 2011.

### 13.1 Odborné články

Rawla P. Epidemiology of Prostate Cancer. *World journal of oncology* [online]. Montréal : Elmer Press., 10(2), 63-89 [cit. 2023-01-20]. ISSN: 1920-454X. DOI: 10.14740/wjon1191.

Ferro M., et al. Biomarkers in localizes prostate cancer. *Future oncology* [online]. London : Future Medicine Ltd., c2005-., 12(3), 399-411 [cit. 2023-01-20]. ISSN: 1744-8301. DOI: 10.2217/fo.15.318.

Bott RJ S., et al. Prostate cancer. *Exon publications* [online]. Exon publications., [cit. 2023-01-20]. ISSN: 978-0-6450017-5-4. DOI: <https://doi.org/10.36255/exonpublications.prostatecancer.2021>.

Lameka K., et al. Chapter 11 - Positron emission tomography. *Handbook of clinical neurology* [online]. Elsevier., 135, 209-227 [cit. 2023-01-20]. ISSN: 0072-9752. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53485-9.00011-8>.

*Linkos: PET/CT VYŠETŘENÍ 18F-CHOLINEM U KARCINOMU PROSTATY* [online]. Praha, 2013 [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.linkos.cz/lekar-a-multidisciplinari-tym/kongresy/po-kongresu/databaze-tuzemskych-onkologickych-konferencnich-abstrakt/pet-ct-vysetreni-18f-cholinem-u-karcinomu-prostaty/>

Vali R., et al. Imaging of prostate cancer with PET/CT using 18F-Fluorocholine. *American journal of nuclear medicine and molecular imaging* [online]. Madison, Wis. : e-Century Pub. Corp., 5(2), 96-108 [cit. 2023-02-01]. ISSN: 2160-8407.

Awwad M. H., et al. The role of choline in prostate cancer. *Clinical Biochemistry* [online]. Society of Clinical Chemists, 45(18), 1548-1553 [cit. 2023-03-12]. ISSN 0009-9120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2012.08.012>.



Macedo F., et al. Bone Metastases: An Overview. *Oncology reviews* [online]. Milan : Springer, 2007-., 11(1), 321 [cit. 2023-01-20]. ISSN: 1970-5557. DOI: 10.4081/oncol.2017.321.

Hodolic, M. Role of (18)F-choline PET/CT in evaluation of patients with prostate carcinoma. *Radiology and oncology* [online]. Ljubljana : Slovenian Medical Society, Section of Radiology [and] Croatian Medical Association, Croatian Society of Radiology, [1992-., 45(1), 17-21 [cit. 2023-04-23]. ISSN 1581-3207. DOI: 10.2478/v10019-010-0050-8.

## 14 ZDROJE OBRÁZKŮ

*Urogyn centrum: Anatomie mužské pánve* [online]. Praha, 2023 [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.urogyn.cz/zvetsena-prostata/nezhoubne-zvetseni-prostaty/anatomie-muzske-panve/>

COOK, Gary, 2017. *PET/CT in Prostate Cancer*. Cham: Springer International Publishing. 73 s. ISBN 978-3-319-57623-7.

Awwad M. H., et al. The role of choline in prostate cancer. *Clinical Biochemistry* [online]. Society of Clinical Chemists, 45(18), 1548-1553 [cit. 2023-03-12]. ISSN 0009-9120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2012.08.012>.

Vali R., et al. Imaging of prostate cancer with PET/CT using 18F-Fluorocholine. *American journal of nuclear medicine and molecular imaging* [online]. Madison, Wis. : e-Century Pub. Corp., 5(2), 96-108 [cit. 2023-02-01]. ISSN: 2160-8407.

## 15 PŘÍLOHY

<b>Příloha A – Souhlas Pacienta s vyšetřením</b> (Zdroj: oficiální web FNHK, dostupné z: <a href="https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu">https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu</a> ) .....	43
<b>Příloha B – Příprava pacienta na PET/CT vyšetření</b> (Zdroj: oficiální web FNHK, dostupné z: <a href="https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu">https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu</a> ) .....	44
<b>Příloha C – Anamnestický dotazník</b> (Zdroj: oficiální web FNHK, dostupné z: <a href="https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu">https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu</a> ) .....	45
<b>Příloha D – Anamnestický dotazník</b> (Zdroj: oficiální web FNHK, dostupné z: <a href="https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu">https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu</a> ) .....	46
.....	46

**Příloha A – Souhlas Pacienta s vyšetřením** (Zdroj: oficiální web FNHK, dostupné z: <https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu>)

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



**Souhlas pacienta/ky – zákonného zástupce  
s PET/CT vyšetřením s nitrožilní aplikací radiofarmaka <sup>18</sup>F-FCh**

**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: **<sup>18</sup>F-FCh (fluorocholin)**

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 některé typy nádorů, zejména karcinom prostaty. 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 <sup>18</sup>F-FCh se provede do zavedené kanyly a není spojeno s nežádoucími účinky.

Po cca 50 – 90 minutách (nutný interval k dostatečné akumulaci radiofarmaka) následuje vlastní vyšetření na přístroji PET/CT. V průběhu akumulace radiofarmaka budete popíjet kontrastní látku, která slouží k odlišení střev a tedy lepší rozlišitelnosti zobrazovaných struktur. Vyšetření se provádí vleže a trvá 20 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.

**Příloha B – Příprava pacienta na PET/CT vyšetření** (Zdroj: oficiální web FNHK, dostupné z: <https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu>)



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

Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906

Oddělení nukleární medicíny – 6682

tel./fax: 495 834 542

### **Příprava pacienta na PET/CT vyšetření s použitím <sup>18</sup>F-FCh pro karcinom prostaty**

Vážený pane,

byl jste objedнан, k PET/CT vyšetření s pomocí <sup>18</sup>F-FCh (fluorocholinu), které umožňuje zobrazit některé typy nádorů, zejména karcinom prostaty.

Před vyšetřením:

- nejméně 4 hodiny před vyšetřením nic nejzte
- vyplňte anamnestický dotazník
- 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.

**Datum a hodinu, na kterou jste objednaní, v maximální možné míře respektujte**, protože radioaktivní látka (<sup>18</sup>F-FCh), 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.

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

Výjimečně může dojít k výpadkům dodávek radioaktivní látky <sup>18</sup>F-FCh 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).

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

**Příloha C – Anamnestický dotazník** (Zdroj: oficiální web FNHK, dostupné z: <https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu>)

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

**Tel.: 495 831 111 IČO: 00179906**

**Oddělení nukleární medicíny – 6682**

**tel./fax: 495 834 542**



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

Příjmení a jméno pacienta: .....

Rodné číslo: ..... Pojišťovna: .....

Mám alergii na jód (v potravě, lécích, dezinfekci)	ANO	NEVÍM	NE
Měl/a jsem již alergii na nitrožilně podané kontrastní látky	ANO	NEVÍM	NE
Mám sennou rýmu	ANO	NEVÍM	NE
Mám astma	ANO	NEVÍM	NE
Mám vlekklé 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 vlekklé onemocnění jater	ANO	NEVÍM	NE
Mám <b>zvýšenou</b> funkci štítné žlázy (hypertyreózu)	ANO	NEVÍM	NE
Jsem těhotná, mám podezření na těhotenství, kojím	ANO	NEVÍM	NE

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

Datum:
Podpis pacienta – zákonného zástupce:

**Příloha D – Anamnestický dotazník** (Zdroj: oficiální web FNHK, dostupné z:  
<https://www.fnhk.cz/onm/seznam-informovanych-souhlasu>)

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                .....

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

jmenovka a podpis: .....