

UNIVERZITA PALACKÉHO v OLOMOUCI  
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Páleník Radek

**Příprava pacienta před PET/CT vyšetřením**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Jiří Horalík

Olomouc 2022

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne 30. dubna 2022

.....

Podpis

Mé poděkování patří Ing. Jiřímu Horalíkovi a Bc. Pavle Strasenské za cenné rady a věcné připomínky při zpracování bakalářské práce. Dále pak děkuji Ing. Petru Vybíralovi za poskytnutí obrazové dokumentace a Terezii Januškové za pomoc s formální úpravou práce.

# **ANOTACE**

**Typ závěrečné práce:** Bakalářská práce

**Téma práce:** PET/CT vyšetření

**Název práce:** Příprava pacienta před PET/CT vyšetřením

**Název práce v AJ:** Patient preparation before PET/CT examination

**Datum zadání:** 2021-11-30

**Datum odevzdání:** 2022-04-30

**Vysoká škola, fakulta, ústav:** Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

**Autor práce:** Páleník Radek

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Horalík

**Oponent práce:** Ing. Petr Vybíral

## **Abstrakt v ČJ:**

Cílem přehledové bakalářské práce bylo sumarizovat aktuální publikované informace o kompletní přípravě pacienta před vyšetřením kombinovanou metodou PET/CT, tedy pozitronovou emisní tomografií (PET) a počítačovou tomografií (CT). Informace a poznatky jsou dohledány na základě rešeršní činnosti odborných článků z databází a dalších odborných dokumentů a publikací. Práce je rozdělena do několika hlavních částí, v první části se věnuje představení této hybridní metody a také základní definici pacienta, který vyšetření touto metodou podstupuje. Ve druhé části je popsána obecná, standardní příprava pacienta, která se v zásadě nemění. Tato příprava zahrnuje proces objednání pacienta, jeho poučení před vyšetřením a v neposlední řadě také přípravu na CT akvizici, se kterou souvisí aplikace kontrastních látek. Ve třetí části se dostáváme ke specifickým přístupům přípravy pacienta pro PET scan. Tyto přístupy jsou rozděleny podle užívaných radiofarmak, u každého z nich jsou uvedeny indikace a je popsána příprava pacienta specifická pro každé radiofarmakum.

**Abstrakt v AJ:**

The aim of the bachelor thesis was to summarize the current published information on the complete preparation of the patient before the combined PET/CT examination, i.e. positron emission tomography (PET) and computed tomography (CT). The information and findings are traced by searching database articles and other professional documents and publications. The thesis is divided into several main parts, the first part is devoted to the introduction of this hybrid method and also to the basic definition of the patient who undergoes the examination by this method. The second part describes the general, standard preparation of the patient, which remains essentially unchanged. The general preparation includes the process of ordering the patient, the patient's instruction before the examination and, last but not least, the preparation for the CT acquisition, which involves the application of contrast agents. In the third part we come to the specific approaches to preparing the patient for the PET scan. These approaches are divided according to the radiopharmaceuticals used, with indications for each and a description of patient preparation specific to each radiopharmaceutical.

**Klíčová slova v ČJ:** nukleární lékařství; PET/CT; FDG; protokol; pozitronová emisní tomografie; radiofarmaka; příprava; pacient;

**Klíčová slova v AJ:** nuclear medicine; PET/CT; FDG; protocol; positron emission tomography; radiopharmaceuticals; preparation; patient

**Rozsah:** 41 stran / 4 přílohy

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Rešeršní činnost</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Principy PET/CT a metodika vyšetření</b> .....	<b>10</b>
2.1 Historie PET/CT.....	11
2.2 Indikace .....	12
2.3 Kontraindikace.....	13
<b>3 Obecná příprava pacienta</b> .....	<b>14</b>
3.1 Objednání pacienta na vyšetření .....	14
3.2 Poučení pacienta o přípravě k vyšetření .....	15
3.3 Příprava na pracovišti NM .....	17
3.4 Příprava na CT akvizici.....	18
<b>4 Specifické přístupy k přípravě na vyšetření PET</b> .....	<b>22</b>
4.1 Fluorodeoxyglukóza (FDG) .....	22
4.2 Fludeoxythymidin (FLT).....	28
4.3 Fluorocholin (FCH) .....	30
4.4 Fluorodopa (F-DOPA) .....	31
4.5 Axumin (Fluciclovín <sup>18</sup> F).....	31
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>33</b>
<b>REFERENČNÍ SEZNAM</b> .....	<b>34</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>36</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>37</b>

## ÚVOD

Hybridní zobrazovací metoda PET/CT je jedním z nejmodernějších přístupů k zobrazování v nukleární medicíně. Je velice výhodná, jelikož bez nutnosti přesouvání pacienta mezi přístroji poskytuje anatomický obraz postavení tkání za použití multidetektorového CT a zároveň dokáže zobrazit pomocí PET skeneru i funkční aktivitu těchto tkání. To je podstatné zejména při nejednoznačné morfologické informaci ze samotného CT. Kombinací zmíněných metod získáme výhody obou z nich a zbavíme se úskalí spojených s prováděním těchto vyšetření samostatně. Zároveň získáme kromě vyšší diagnostické přesnosti i lepší komfort pro pacienta i personál, proces diagnostiky totiž zabere méně času a vyhneme se zbytečné manipulaci s pacientem. Metoda PET/CT je poměrně nová a stále se rozvíjí, vznikají nová radiofarmaka i moderní přístupy, které obohacují již zaběhlé standardy či přichází se zcela novými metodami diagnostiky stále většího počtu indikací na základě Evidence Based Medicine.

Příprava pacienta je pak klíčovou součástí nutnou pro zvládnutí PET/CT vyšetření. Na jejím správném provedení závisí kvalita snímků a v důsledku i diagnostická výtěžnost. Dělí se na přípravu obecnou a specifickou. Určitá část obecné přípravy probíhá již v domácích podmínkách pacienta několik hodin i dní před samotným vyšetřením. Nejpodstatnější část přípravy však připadá přímo na pracoviště nukleární medicíny. Specifická příprava se liší podle diagnózy a na základě té podle použitého radiofarmaka. Každé radiofarmakum potřebuje pro svou správnou funkci jiné podmínky. Liší se například úprava medikace pacienta, úprava stravy i doba mezi aplikací a samotným skenováním PET kamerou. Zároveň je při této vysoce odborné práci třeba ctít jistá pravidla a předcházet různým komplikacím (Votrubová, 2009, s. 3).

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo sumarizovat aktuální dohledané informace o kompletní přípravě pacienta na vyšetření PET/CT a objasnit používané metody této přípravy. Dílčí cíle bakalářské práce jsou:

- Představit metodu PET/CT a pacienty, kteří vyšetření touto metodou podstupují.
- Předložit informace o obecné přípravě pacienta na PET/CT, která se při různých vyšetřeních nemění.
- Sumarizovat aktuální informace o specifické přípravě k vyšetření a rozdělit je podle použitého radiofarmaka.

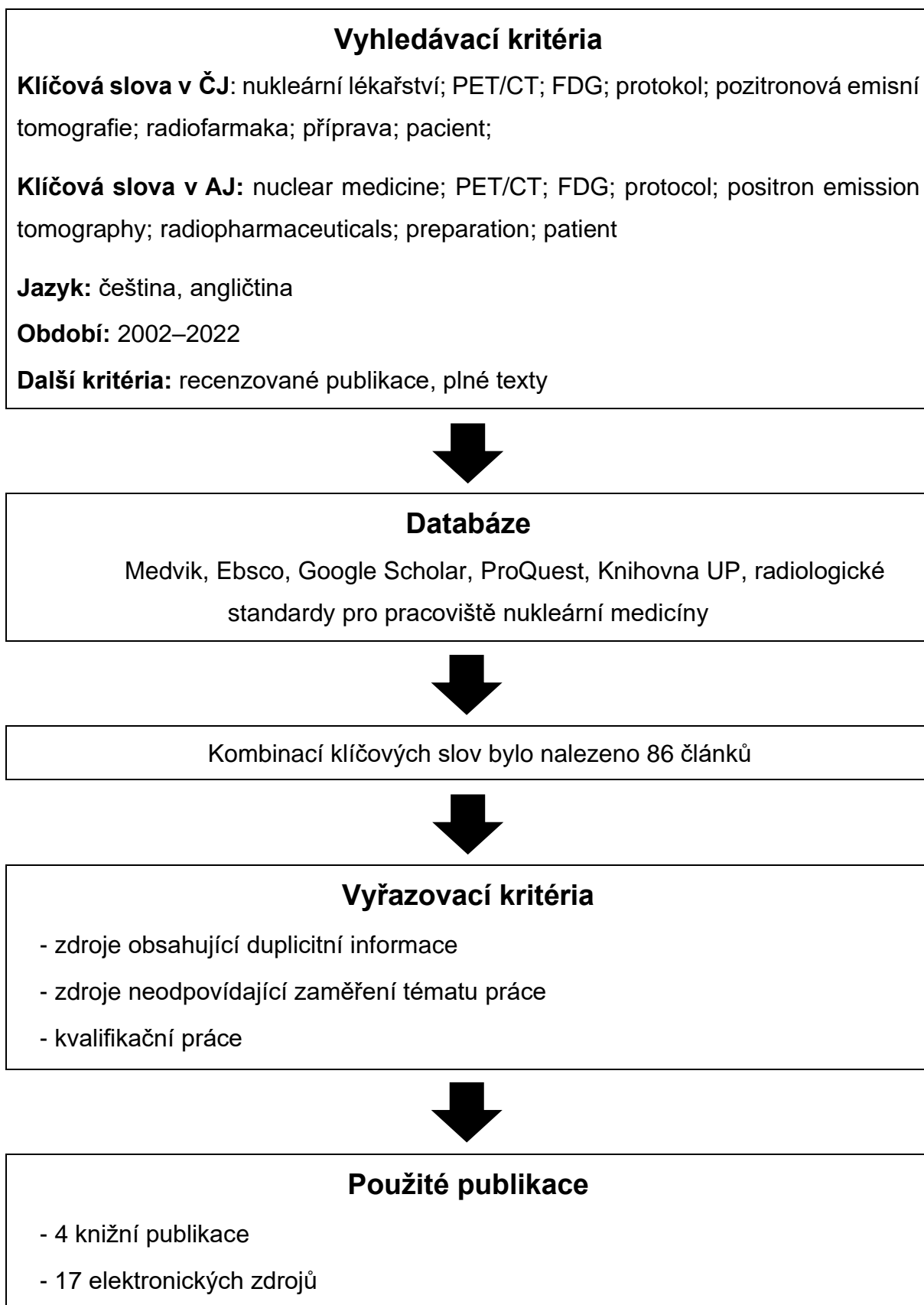
Před tvorbou této bakalářské práce byla prostudována následující vstupní literatura:

- BĚLOHLÁVEK, Otakar, 2004. Pozitronová emisní tomografie s fluorodeoxyglukózou (FDG PET): Positron emission tomography with fluorodeoxyglucose (FDG PET): atlas příkladů klinického využití. 2. vyd. Praha: Lacomed. ISBN 80-902-8738-7.
- KORANDA, Pavel, 2014. Nukleární medicína. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.
- VOMÁČKA, Jaroslav, 2015. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3.
- VOTRUBOVÁ, Jana, c2009. Klinické PET a PET/CT. 1. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-619-9.



# 1 Rešeršní činnost

V následujících tabulkách je popsán algoritmus rešeršní činnosti, podle kterého byly dohledány validní zdroje k této bakalářské práci.



## 2 Principy PET/CT a metodika vyšetření

Hybridní metoda PET/CT vzniká spojením dvou systémů, a to PET a CT v jeden samostatný přístroj. Metoda PET (Pozitronová emisní tomografie) je založena na tomografickém snímání záření emitovaného radiofarmakem, které bylo aplikováno do pacientova těla (Koranda, 2014, s. 29–30), zatímco při CT (computed tomography – výpočetní tomografie) je zdrojem záření rentgenka, záření prochází pacientovým tělem a je zachycováno detektory (Vomáčka, 2015, s. 42). Tento přístup umožňuje akvizici dat anatomických i funkčních z obou těchto přístrojů. Důvodem, proč je toto spojení tak výhodné, je především fakt, že obraz z části PET má relativně horší prostorové rozlišení, konkrétně 5–8 mm, zatímco část CT má toto rozlišení podstatně lepší, a to 0,5–2 mm. CT tedy značně usnadňuje přesnou lokalizaci a lepší interpretaci zvýšení nebo naopak výpadek akumulace radiofarmaka v určité lokalitě vyšetřované tkáně. Ukázka fúze obrazů z CT a PET je v příloze (viz příloha 1). Dalším důležitým propojením těchto technologií je tvorba atenuační (absorpční) mapy pomocí CT, která je pak dále aplikována na surová RAW data z části PET. Pomocí atenuační mapy dochází ke korekci těchto dat, a to tím způsobem, že výsledný obraz je upraven podle denzit okolních tkání tak, aby nebylo ovlivněno zeslabení obrazu anihilačních fotonů. Pokud by k takovému ovlivnění došlo, obraz by mohl vykazovat výkyvy v akumulaci, které by však nekorespondovaly se skutečnou akumulací ve tkáních, a samotné PET obrazy by tak nebyly spolehlivě hodnotitelné (Koranda, 2014, s. 31).

Princip metody PET je založen na koincidenční detekci anihilačních fotonů. Zdrojem záření je zde radioaktivní přeměna  $\beta^+$ , kde v jádře pozitronového zářiče dochází k nestabilitě a protony jsou přeměňovány na neutrony, tento děj je doprovázen vyzářením přebytečného kladného náboje ve formě pozitronu. Tato částice se svými vlastnosti podobá elektronu, ale má opačný náboj o stejné hodnotě. V podstatě se dá považovat za jeho antičástici. Jelikož interaguje s hmotným prostředím, délka jejího doletu je tímto limitována a délka dráhy závisí na její energii. Dolet takové částice se pohybuje od desetin milimetru po jednotky milimetru. Tato dráha je vždy zakončena interakcí s prostředím, konkrétně s elektronem, při této interakci dojde k zániku obou částic, tzv. anihilaci. Při anihilaci dochází k emisi dvou kvant záření gama, které se od bodu svého vzniku pohybují přímočaře téměř po přímce směrem od sebe a obě mají energii 511 keV. Přimo tyto vlastnosti jsou potom využívány k jejich detekci a lokalizaci jejich vzniku (Votrubová, 2009, s. 13).

Metoda CT je zcela odlišná. Hlavní výhodou CT je jeho vysoká rozlišovací schopnost. Využívá rentgenového záření, které je produkováno narozdíl od části PET rentgenkou. Toto záření se diferencovaně absorbuje ve tkáních s různou denzitou. Takto zeslabené záření pak dopadá na detektory, kde je registrováno a přeměněno na elektrický signál, který je dále upravován v PC, a tak je vytvořen obraz tkání. Denzita je vyjádřena v matematických Hounsfieldových jednotkách – HU (Vomáčka, 2015, s. 42), kdy rozsah této škály dovoluje rozlišit denzity v rozmezí od -1000 HU pro vzduch až po +3096 HU pro kov. Nula v této škále reprezentuje vodu. (Votrubová, 2009, s. 21). Jelikož lidské oko dovede rozpoznat pouze 16 odstínů šedé, je nutné použití tzv. „oken“, která tuto poměrně širokou škálu omezí. Například pro CT mozků je vhodné okno se středem na 30 HU a šířkou 75 HU, pro břicho bude střed 350 HU, šířka okna 35 HU a pro plíce bude střed na hodnotě -600 HU a šířka až 1600 HU (Vomáčka, 2015, s. 42). Do přístrojů PET/CT jsou dnes standardně zabudována CT multidetektorová, tzv. MDCT (Votrubová, 2009, s. 3). To znamená, že při akvizici je současně získáváno více než pouhá jedna datová stopa. Nejčastěji se setkáváme s počtem 16 až 64 datových stop (Vomáčka, 2015, s. 43). V současnosti se lze setkat i s přístroji, které využívají 4 až 320 datových stop. Multidetektorová CT se dělí do základních dvou kategorií, a to s jedním nebo dvěma zdroji záření. Běžnější je typ s jedinou rentgenkou spolu s jednou detektorovou soustavou. Druhý systém využívá dvou rentgenek a dvou detektorových soustav, které mezi sebou svírají úhel cca 90°. Tento systém je schopný akvizice oběma systémy současně, což přináší mnoho výhod. Je možné urychlit sken zapojením obou systémů, zlepšit časové rozlišení nebo vytvořit dva obrazy s využitím dvou různých energií (Votrubová, 2009, s. 21).

## 2.1 Historie PET/CT

Prvopočátkem diagnostického zobrazování je rok 1895, kdy německý fyzik Wilhelm Conrad Röntgen učinil převratný objev a poprvé popsal účinky do té doby neznámých paprsků X. Za svou práci získal roku 1901 Nobelovu cenu za fyziku. Ale nejen on se zasloužil za zrod zobrazovacích metod využívající rentgenové záření, dalším významným jménem především v oboru nukleární medicíny je Marie Curie, která získala roku 1903 Nobelovu cenu za objev radioaktivity. Nebo například Carl David Anderson v roce 1936 objevil pozitron. Z pozdější historie stojí za zmínku jména Goldrey Newbold Hounsfield a Allan MacLeod Cormack, kteří vynalezli konstrukci tomografu. První studie využívající pozitronovou emisní tomografii spolu

s fluorodeoxyglukózou (FDG-PET) byly publikovány roku 1973 na Pensylvánské univerzitě Martinem Reivichem, Davidem Kuhlem a Abassem Alavi. Ti se zaměřili na využití této nové metody, která se dodnes hojně využívá k diagnostice CNS. Během dalších dvou let se Alfredu Wolfovi a jeho týmu podařilo zdokonalit popis syntézy FDG a zahájili studie pro využití těchto látek v diagnostice člověka. Přelomovým datem je proto rok 1976, kdy bylo provedeno první vyšetření mozku a těla s použitím FDG-PET. To potvrdilo, že tato nová zobrazovací metoda přináší použitelné výsledky a je tak validním zdrojem dat při diagnostice. V 80. letech se potvrdil význam při diagnostice neuropsychiatrických chorob a v následujícím desetiletí bylo využití nalezeno i při určování onkologických diagnóz, které dnes při použití FDG-PET celosvětově převažují (Votrubová, 2009, s. 7).

Již v roce 1924 byly zveřejněny první práce zabývající se principy CT, ale až roku 1971 bylo první diagnostické CT instalováno, a to konkrétně v Atkinson-Morleyově nemocnici. Tehdy na něm bylo možné provádět pouze diagnostické výkony hlavy a mozku. Následně roku 1979 se již podařilo provést první celotělové vyšetření (Votrubová, 2009, s. 7). Výpočetní tomografie se stala v průběhu posledních dvaceti let standardní vyšetřovací metodou a nyní je dostupná téměř v každém nemocničním zařízení u nás. Postupně se stala dostupnou i pro ambulantní pacienty a počet pacientů spadající na jedno zařízení každoročně klesá, jelikož CT jsou stále nově instalována do nejrůznějších zařízení. Dnes můžeme říct, že na jedno CT připadá 60 tisíc obyvatel (Vomáčka, 2015, s. 42), konkrétně jich bylo na našem území k roku 2020 vykázáno 174 kusů (ÚZIS, 2021, s. 5). Propojení metody CT s PET provedl roku 1998 D. Townsend a komerčně se začaly hybridní přístroje PET/CT vyrábět již o dva roky později. Na našem území se první samostatné PET kamery dočkala Nemocnice na Homolce v Praze a roku 2003, zde byl pořízen i první hybridní přístroj PET/CT (Votrubová, 2009, s. 7). V dnešní době, konkrétně v roce 2020, bylo v České republice vykázáno 18 přístrojů PET z toho 17 je kombinovaných s CT (ÚZIS, 2021, s. 16).

## **2.2 Indikace**

Je nutné, aby indikace vyšetření PET/CT byla v souladu s principy radiační ochrany, tedy zdůvodnění výkonu a jeho optimalizace. Zdůvodnění takové indikace se opírá o právní dokumenty. Pro Českou republiku to jsou především kritéria pro zobrazovací metody: Věstník MZ ČR 11/2003, potom souhrn informací o léčivých přípravcích, ty pro Českou republiku zpracovává SÚKL; soubory doporučení

renomovaných odborných lékařských společností (ČSNM ČLS JEP, ČSFM, EANM, SNM) a také významné publikace v recenzovaných časopisech (Česká Republika, 2016, s. 216). Konkrétní indikace pak vycházejí z lokací lidského těla. Základním vyšetřením je PET/CT sken trupu, radiofarmakem pro toto vyšetření je FDG. To se provádí u drtivé většiny pacientů, indikací k PET/CT trupu jsou totiž především onkologické nálezy, které tvoří obecně 90 % všech indikací (Tichý, 2009, s. 46). Další méně významnou skupinou indikací je snímání pouze limitované oblasti těla pacienta, to slouží spíše k upřesnění výsledků základního FDG vyšetření a jsou k němu používána jiná radiofarmaka. (Votrubová, 2009, s. 3, 16, 63).

## 2.3 Kontraindikace

Relativními kontraindikacemi vyšetření jsou především těhotenství a kojení, kdy lze ozáření provádět pouze v neodkladných případech. Vždy je však nutné zvážit, zda takové vyšetření přinese kýžené diagnostické informace, které ve výsledku převáží rizika s tímto vyšetřením spojená. Vyšetření musí být maximálně šetrné především pro plod. Lékař musí rozhodnout, zda by se vyšetření nedalo posunout na dobu, kdy už by záření plod neohrožovalo. Podobná opatření jsou nutná dodržovat i v době kojení. V tomto případě je třeba odůvodnění lékařského ozáření a posouzení, zda je vyšetření natolik naléhavé, že musí být provedeno právě v průběhu kojení (Česká Republika, 2016, s. 217). Když je provedení takového vyšetření nevyhnutelné, je třeba kojení buď zcela zastavit nebo jen pozastavit na dobu 12–48 hodin, vše závisí na užitém radiofarmaku. U některých radiofarmak není nutné kojení přerušovat, pouze se 1x vynechá a mléko se odsaje a následně se znehodnotí. Po následujících 24 hodin od vyšetření je třeba, aby matka omezila kontakt s dítětem na maximálně 5 hodin (Česká Republika, 2016, s. 221).

Další kontraindikací je nekompenzovaný diabetes, který by mohl ovlivnit glykémii pacienta. Vždy je před objednáním pacienta nutné diabetes vyloučit. Zbylé relativní kontraindikace jsou již spíše technického rázu. Problémem třeba může být, pokud pacient nevydrží ležet na zádech bez hnutí 30 minut. To může být způsobeno buď bolestivostí takové pozice, nebo psychickou příčinou. Poslední limitací je nosnost a tvar samotného přístroje. Pokud pacient překračuje povolenou nosnost lůžka přístroje, nemůže na něm být vyšetřován. Zároveň je potřeba, aby vyšetřovaná část jeho těla dokázala bez obtíží projít gantry přístroje, tomu může bránit obezita nebo deformity těla pacienta (Tichý, 2009, s. 47–48).

### 3 Obecná příprava pacienta

Příprava pacienta se dělí na obecnou a speciální. Pokud má být popis přípravy pacienta kompletní, je nutné zahrnout i obecné, rutinní náležitosti, které jsou sice často formálního charakteru, nicméně k tomuto vyšetření neodmyslitelně patří. Každé vyšetření totiž začíná již v ordinaci indikujícího lékaře, který rozhodne, zda by bylo pro zhodnocení stavu pacienta vhodné. Začíná tak proces objednání pacienta, přípravy podkladů nutných k PET/CT vyšetření, jeho poučení a správné přípravy (Česká Republika, 2016, s. 217).

Při výběru druhu požadovaného vyšetření má lékař hned několik možností. Základní rozdíl ve vyšetřeních spočívá již v lokalizaci snímané oblasti těla pacienta. V případě, že se lékař rozhodne například pro PET/CT scan trupu, bude scan standardně proveden v rozsahu od báze lebni až po proximální část stehen. Pokud je třeba vyšetřit také celé dolní končetiny, musí lékař o toto rozšíření požádat v žádance. Též není součástí standardního vyšetření scan mozku. Pokud je také požadován, je opět nutné tento údaj uvést na žádance a poté mohou být uvedené části těla vyšetřeny společně v rámci jedné návštěvy. PET/CT srdce vyžaduje speciální přípravu, proto nemůže být provedeno společně s vyšetřením trupu nebo mozku. Kromě zaměření na různé části těla pacienta se vyšetření a jeho příprava liší použitým radiofarmakem. Obvykle se PET/CT provádí s použitím fluorodeoxyglukózy (FDG). Dále je možné použít například fluorothimidin (FLT), nebo fluorocholin (FCH), ale v těchto případech, je zapotřebí konzultovat tuto skutečnost s lékařem pracujícím na pracovišti nukleární medicíny, kde k vyšetření dojde. (Kolektiv ONM a PET MOÚ, 2016, s. 1).

#### 3.1 Objednání pacienta na vyšetření

Pacienta k vyšetření objednává jeho indikující lékař. Ten musí být seznámen s indikacemi i kontraindikacemi takového vyšetření. Povinností indikujícího lékaře je pak rámcově seznámit pacienta s plánovaným vyšetřením a ujistit se, že pacient s celým procesem souhlasí. Dále pacienta musí seznámit s přípravou k tomuto vyšetření a nesmí opomenout vystavení řádně vyplněné žádanky (Kolektiv ONM a PET MOÚ, 2016, s. 1). Na takové žádance nesmí chybět především celé jméno pacienta, jeho zdravotní pojišťovna, rodné číslo, adresa trvalého bydliště a telefon, který je důležitý především u ambulantních pacientů, jelikož je nutné zajistit jejich včasný příchod na pracoviště nukleární medicíny. Dalším základním údajem je druh

vyšetření, tedy zaměření oblasti zájmu. S tím souvisí i uvedení přesné diagnózy, tu je možno uvádět buď slovně nebo za pomoci kódu MKN. Rovněž je důležité uvést časový horizont, kdy má být vyšetření provedeno. Následují anamnestická data. Nejvíce nás zajímá, zda pacient netrpí diabetem, nebo neměl v minulosti alergické reakce, popřípadě je vhodné zmínit jaké a na které látky. Důležité jsou výsledky předešlých vyšetření, hlavně vyšetření zobrazovacími metodami typu CT, magnetická rezonance nebo sonografie. Ideální je zajistit dostupnost této obrazové dokumentace v rámci systémového propojení pracovišť. Zde se hodnotí lokalizace a charakter dosavadních nálezů. Pro možnost výpočtu aplikované aktivity radiofarmaka musí být uveden údaj o hmotnosti a výšce pacienta. V neposlední řadě se uvádí i mobilita pacienta, tedy jestli je schopen chůze či chůze s doprovodem nebo zda je ležící. Udává se též způsob dopravy k vyšetření, obzvláště pokud jde o přepravu sanitním vozidlem. Závěrem žádanky se připojí jméno indikujícího lékaře, který pacienta posílá, telefonický kontakt, oddělení a zdravotnické zařízení, ve kterém lékař působí. V případě nekompletního nebo nejednoznačného vyplnění žádanky může být pacient odmítnut a žádanka vrácena. Pokud je vše v pořádku, je pacient kontaktován písemně nebo telefonicky a pozván na vyšetření (Koranda, 2010, s. 1–2).

### **3.2 Poučení pacienta o přípravě k vyšetření**

Aby byl pacient schopen správně vykonat přípravu k vyšetření, musí být řádně poučen. Instrukce pro konkrétní vyšetření na pracovišti NM předává pacientovi aplikující odborník, který má odpovědnost za praktickou část průběhu vyšetření (Česká Republika, 2016, s. 10). Tomuto poučení musí pacient porozumět a souhlasit s ním. V některých případech je pacientům vydáváno oficiální písemné poučení o chování po vyšetření a při opouštění pracoviště nukleární medicíny. Toto poučení se může týkat také ošetřujícího personálu, který bude o pacienta po aplikaci RF pečovat v případě jeho hospitalizace (Česká Republika, 2016, s. 217). Obvykle se tato poučení týkají především opatření pro snížení radiační zátěže pacienta a jeho okolí. Ty zahrnují například časté močení, dostatečnou hydrataci pacienta a blokáci štítné žlázy. Hydratace a močení jsou důležité pro rychlejší vyloučení radiofarmaka z těla pacienta. Opatření pro snížení radiační zátěže pacientova okolí se týkají především dětí a těhotných žen, se kterými by pacient měl v den vyšetření omezit kontakt.

Příprava začíná už před příchodem pacienta na pracoviště PET/CT a zahrnuje obecná poučení obsahující informace o správném chování ještě před příchodem na pracoviště NM (Česká Republika, 2016, s. 226). Tato doporučení jsou pacientovi poskytnuta při objednání na vyšetření a měl by je pacientovi předat indikující lékař při pohovoru (Mikušková, 2015, s. 3). Pacient by měl být informován o významu jeho PET/CT vyšetření pro jeho zdravotní stav, dále by měla být zhodnocena anamnéza pro určení možných relativních kontraindikací, které by mohly způsobit případné komplikace (Česká Republika, 2016, s. 316). Ovšem nejdůležitější sdělení se týkají domácí přípravy. Sdělení obsahují několik zajímavých doporučení, která dopomohou pacientovi i personálu k hladkému průběhu celé procedury. V případě jejich nedodržení by mohlo dojít ke zhoršení kvality diagnostických výsledků nebo by vůbec nebylo možné vyšetření provést. Kromě tohoto pohovoru, který je stěžejním zdrojem informací pro pacienta, bývají na pracovištích NM vydávány také brožury, s jejichž pomocí se může pacient informovat sám a dozvědět se tak vše důležité o PET/CT vyšetření. Tyto materiály jsou rovněž důležité pro zmírnění pacientova strachu z vyšetření, popřípadě k zodpovězení často kladených dotazů.

První důležitá informace, kterou by se měl pacient řídit, se týká včasného příchodu na pracoviště. Doporučuje se přijít dříve, aby se tak předcházelo opoždění pacienta. Toto opatření se může zdát jako banální, ale v případě pozdního příchodu by mohlo dojít k potížím především s omezeným množstvím dodávaného radiofarmaka, jehož aktivita se neustále snižuje. Radiofarmakum by tak na poslední pacienty nemuselo vystačit. Důležité je také pohodlné a teplé oblečení, protože pacient stráví na pracovišti přibližně hodinu a případný třes či snaha o zahřátí by mohly snímky zkreslit. Co se týče dokumentace pacienta, je žádané, aby si s sebou přinesl kartičku pojištěnce, lékařské zprávy z jiných důležitých vyšetření a další lékařské dokumenty, jako je například karta k zavedení portu. Velice důležitá jsou doporučení týkající se stravy. Ty se mohou pro jednotlivá radiofarmaka lišit, ale standardně se uvádějí následující opatření: Den před příchodem by se měl pacient vyvarovat těžkých a vysoce kalorických jídel, jako jsou tučná jídla a pokrmy s vysokým obsahem cukru. Naopak vhodná je zelenina a libové maso. V den vyšetření je pak nutné lačnit, důležitý je také přísun tekutin, kterých by pacient měl v průběhu dvou hodin vypít alespoň 1 litr. Nevhodné jsou slazené nápoje a kalorické nápoje z mléka. Kromě stravy je třeba 2–3 dny před vyšetřením snížit fyzickou námahu, zejména namáhavé práce a sportovní aktivity. V den vyšetření pak omezit zátěž úplně.



Po příchodu na pracoviště se pacienti obvykle hlásí na recepci. Pokud hrozí nebezpečí pádu, pacient používá kompenzačních pomůcek či pociťuje závrať, je vhodné tyto skutečnosti personálu ohlásit. Pokud byl pacient dopraven k vyšetření sanitním vozem a má být opětovně z pracoviště tímto vozem odvezen, je to také nutné nahlásit, aby bylo možné dopravu objednat. V případě, že je pacient diabetik, je opět potřeba to hlásit. Pacienti léčící se s cukrovkou mají totiž v přípravě jisté zvláštnosti, o kterých by měli být informováni prostřednictvím lékaře. Diabetičtí pacienti na dietě se řídí stejnými pravidly stravování jako ostatní pacienti. Ovšem co se týče léků, je nutné 24 hodin před vyšetřením vysadit perorální antidiabetika a v případě léčby inzulinem odložit ranní dávku až na dobu po vyšetření (Čekanová, 2022, s. 5–9).

### **3.3 Příprava na pracovišti NM**

Po domácí přípravě, kterou by měl každý pacient absolvovat, následuje příprava na pracovišti nukleární medicíny. Zde se provádí u každého pacienta měření glykemie. Tato hodnota se může u jednotlivých vyšetření lišit, ale pokud by pacient překračoval její mez, nemůže být vyšetřován. Pokud však kritéria splňuje, následuje aplikace vyšetřovacích látek. Vyšetřovací látky se standardně podávají dvě. Kromě radiofarmaka nutného pro část PET, které bude více popsáno v další kapitole, se aplikuje kontrastní látka. Zároveň je možné podávat medikaci pro úpravu glykémie nebo pro eliminaci alergických reakcí na kontrastní látky. Zmíněné vyšetřovací látky se aplikují intravenózně, k jejich aplikaci se ve většině případů užívá periferního žilního katetru. Ten se zavádí ještě před aplikací samotného radiofarmaka a je využíván pro aplikaci obou látek. Jeho kalibr není závislý na použitém radiofarmaku, pro které stačí tenká jehla, ale vychází z požadovaného průtoku kontrastní látky. To samozřejmě záleží na indikaci lékaře a také typu užitého aplikátoru. V případě, že má pacient již zaveden centrální žilní katetr, je možné jej využít k aplikaci kontrastní látky, pro aplikaci RF je ale nevhodný. Pokud by jím totiž procházelo radiofarmakum, kolem vstupu by mohly vznikat nežádoucí artefakty, které by mohly znehodnotit výsledný obraz. Stejně tak není možné RF aplikovat do komůrkového portu, který je určen pro systémovou chemoterapii, protože by opět vznikaly artefakty. Katetr pro radiofarmakum se obvykle zavádí do kubitální žíly. Pokud to není možné, je doporučováno zavedení do žíly periferní na hřbetu ruky. Po podání RF následuje proplach fyziologickým roztokem 10 až 20 ml a nastává klidová fáze (Votrubová, 2009, s. 46–48).

Je důležité, aby byli pacienti stále dobře hydratováni, a to kromě doby před podáním RF také v době klidové fáze po podání. To je důležité kvůli radiační ochraně pacienta. Například FDG se fyziologicky vylučuje ledvinami, přičemž aby se snížila radiační expozice ledvin a močového měchýře, je potřeba zajistit nízkou koncentraci FDG v moči (Graham, 2015, s. 957). S tím souvisí lepší zobrazení tumorů v ledvinách, citlivost zobrazení by totiž byla bez hydratace pacienta snižena. Co se týče onkologické diagnostiky močového měchýře pomocí FDG, ta je i při dobré hydrataci pacienta prakticky nemožná, a jsou tak využívána jiná radiofarmaka. (Bělohlávek, 2004, s. 18). Po klidové fázi se před ulehnutím na vyšetřovací stůl přístroje jde každý pacient vymočit (Mikušková, 2021, s. 105). Dostatečné zavodnění pacienta je obzvláště důležité při použití kontrastní látky. Při nedostatečné hydrataci totiž hrozí riziko kontrastní nefropatie. Doporučuje se zvýšený příjem neslazených nápojů 24 hodin před i po vyšetření. 4 hodiny před vyšetřením pak už jen pití čisté vody v množství přibližně 100ml/h (Tichý, 2009, s. 48).

### **3.4 Příprava na CT akvizici**

Příprava na CT sken, který je součástí PET/CT vyšetření, spočívá především v podání kontrastních látek. Kontrastní látky slouží ke zvýšení kontrastu cév nebo tělních dutin, podávají se jak intravenózně, tak i perorálně (Vomáčka, 2015, s. 67). Intravenózně se na vyšetřeních PET/CT podávají jodové kontrastní látky, ty s sebou kromě benefitů v lepší hodnotitelnosti nálezů přinášejí také jistá úskalí. Riziková jsou zejména pacienti s prokázanou alergií na jodové KL. Pacienty s těžkou alergií je možné vyšetřovat jen v nevyhnutelných případech, a to za přítomnosti anesteziologa. Takovým vyšetřením by měla předcházet dlouhodobá příprava trvající 24 až 48 hodin (Votrubová, 2009, s. 48). V případě méně závažných alergií, jako je polyvalentní alergie, astma bronchiale nebo alergie na konkrétní KL je možné pacienta na podání jodové KL připravit podáním Prednisonu v tobolkách, a to poprvé 12 až 18 hodin před aplikací jodové KL dávkou 40 mg a podruhé 6 až 9 hodin před aplikací dávkou 20 mg. Vhodná je také konzultace s anesteziologem (Vomáčka, 2015, s. 69). V akutních případech není možné takto pacienta připravit, nezbyvá pak nic jiného, než intravenózní podání kortikoidů a antihistaminik. Podává se například methylprednisolon 40 mg spolu s bisulepinem 1 mg. Další skupinou rizikových pacientů jsou jedinci s prokázanou renální nedostatečností. Těm je aplikována

kontrastní látka izosmolární, ta se vyznačuje svou nízkou viskozitou a je možné ji považovat za prevenci před dalším poškozením ledvin. Jako účinnější prevence se však stále jeví dostatečná hydratace, přičemž nejlepší variantou je u rizikových pacientů jodovou KL vůbec nepoužít, RF totiž dostatečně mapuje intenzitu metabolismu glukózy a může tak v mnoha případech pro určení správné diagnózy zcela postačovat. Dalších rizikových skupin pacientů je mnoho, rizikové jsou například dětští pacienti, kteří nedovršili 15. rok života, důchodci nad 70 let, dále pak zmínění alergici včetně astmatiků, polyvalentních alergiků a pacientů s předchozí alergickou reakcí na KL. Potom pacienti na výkon nedostatečně připravení, ať už z důvodů jejich akutnosti nebo nedodržení domácí přípravy. Následují nestabilní pacienti, ti mohou mít nežádoucí pooperační stavy, srdeční selhávání či mozkovou ischemickou příhodu. Závažná je také kumulace kontrastních vyšetření v blízkém časovém sledu. Jako poslední skupinu lze zmínit pacienty s transplantovanou ledvinou, diabetem nebo mnohočetným myelomem (Votrubová, 2009, s. 48). Dříve bylo doporučováno u těchto rizikových pacientů podávat neionické KL, ovšem v dnešní době se i z důvodu jejich dostupnosti začaly používat standardně i pro jinak nerizikové pacienty a ionické KL tak byly vytlačeny. Relativní kontraindikací pro intravenózní podání jodové KL mohou být zvýšený kreatinin nad 300  $\mu\text{mol/litr}$ , tyreotoxikóza nebo radioizotopové vyšetření štítné žlázy (Vomáčka, 2015, s. 69).

Pokud je indikováno, je možné podání také perorální KL. Užití perorální KL je vhodné především k odlišení střeva od orgánů a struktur s podobou denzitou (Votrubová, 2009, s. 47). Konkrétně je užíván roztok Manitolu nebo Micropaque CT podle indikace lékaře (Mikušková, 2021, s. 105–106). V případě základního perorálního podání tuto KL pacient vypije v průběhu klidové fáze před začátkem PET/CT skenu. KL se ředí vodou v celkovém množství 1 až 2 litry. U starších pacientů, kteří mají pomalejší peristaltiku střev, je vhodné zahájit podání jodové KL už večer den před vyšetřením (Votrubová, 2009, s. 47).

Jodové kontrastní látky, které jsou dnes používány v České republice, mohou působit nefrotropně. To se týká především KL podávaných intravenózně, ty se totiž z těla vylučují ledvinami a při větším množství podané KL, konkrétně nad 300 ml, mohou působit nefrotoxicky. Tato situace se nazývá kontrastem indukovaná nefropatie a vyznačuje se zvýšením sérového kreatininu o více než 25 %. Maximální dávka KL je tak pro zdravé pacienty 300 ml. Samozřejmě jsou rizikovější pacienti, kteří již mají ledvinné funkce primárně zhoršené. U nich je potřeba před podáním KL vyšetřit tyto

funkce měřením urey a kreatininu. Pro tyto pacienty je limit 150 ml, a u pacientů se selhávajícími ledvinami je podání jodové KL kontraindikováno. Další nežádoucí reakce mohou poškodit mozek. Za normálních okolností KL neprochází hematoencefalickou bariérou, ale v případě patologických stavů se může začít tato bariéra otevírat a KL tak vyvolává mozkový edém, epileptické křeče, nebo zhoršuje stav ložiskových nálezů, například tumorů. Jiným rizikovým orgánem je štítná žláza, jelikož vychytává jód, který je v KL obsažen. V případě pacientů trpících těžkou tyreotoxikózou, je podání této KL velice rizikové. V neposlední řadě jsou kardiovaskulární potíže. KL může například vyvolávat snížení kontraktility myokardu.

Nejzávažnější reakce související s kontrastní látkou jsou alergické reakce. Nejčastěji se vyskytují po podání intravenózním a jejich výskyt bývá obvykle zachycen minutu po aplikaci. Co se týče pozdějších reakcí, ty mohou propuknout do 30 až 60 minut, proto je vhodné pacienty po tuto dobu monitorovat. Pravděpodobnost výskytu alergické reakce závisí na typu KL, její koncentraci i teplotě. Důležitou roli hraje také zdravotní stav pacienta a jeho alergologická anamnéza. Stejně jako u jiných alergických reakcí i tyto můžeme klinicky rozdělit do tří skupin podle závažnosti. První jsou lehké, můžeme pozorovat reakce v místě vniku KL, zarudnutí kůže, kopřivku, zarudnutí na spojivkách očí, pacient může pociťovat pocity horka, nauzeu v horších případech zvrací. Tyto reakce jsou nejčastější, nejsou sice zdraví a život ohrožující, ale je potřeba jim věnovat pozornost, aby nepřesáhly do druhého stupně. Obvykle stačí ukončení aplikace a podání intravenózních antihistaminik nebo kortikoidů. Druhou kategorií jsou středně závažné reakce, pacient může mít závratě, snížený krevní tlak, tachykardii. Může se také objevit erytém kůže celého těla, laryngospasmus a bronchospasmus. Tyto reakce jsou již závažnější, podává se intravenózně adrenalin, antiastmatika a kyslík, pokud je třeba, je zahájena řízená ventilace za přítomnosti lékaře a anesteziologa. Poslední třetí skupinou příznaků jsou ty nejtěžší, mezi ně patří anafylaktický šok a kardiovaskulární selhání. Zde je zapotřebí okamžitě volat anesteziologa a lékaře, kteří převezmou řízení. Podává se opět adrenalin, dále roztoky minerálů, intravenózně kortikoidy a antihistaminika. Je třeba zajistit průchodnost dýchacích cest, případně je zahájena resuscitace. Jako prevenci před alergickými reakcemi je doporučeno pacienta dostatečně hydratovat, kontrastní látku podávat předeřhřátou na tělesnou teplotu, odebrat alergologickou anamnézu, respektive se s ní seznámit z dokumentace, popřípadě ji ověřit dotazem na pacienta. Dále je zapotřebí, aby měl pacient po celou

dobu vyšetření zajištěnou periferní žílou, aby bylo možné podávat příslušnou medikaci, a u vysoce rizikových pacientů je při podání přítomen anesteziolog a vyšetření se provádí buď v analgosedaci nebo je pacient uveden do celkové anestezie. Obecně je potřeba zajistit, aby byla místnost určená k aplikaci jodové kontrastní látky vybavena pro základní resuscitaci. V místnosti by neměl chybět dýchací přístroj, zdroj kyslíku a defibrilátor. Zmíněná léčiva se na pracovištích nacházejí ve speciální pohotovostní lékárně, která musí být pravidelně kontrolována a důsledně doplňována (Vomáčka, 2015, s. 68–69).

## 4 Specifické přístupy k přípravě na vyšetření PET

PET/CT vyšetření podstupují 3 hlavní skupiny pacientů. První skupinu tvoří pacienti, které indikující lékaři zasílají se záměrem zjištění diagnózy. Druhou skupinu tvoří pacienti s prokázaným nádorovým nebo zánětlivým onemocněním, u kterých se provádí celotělové stážování onemocnění. Třetí skupinou jsou pacienti opakovaně vyšetřovaní z důvodu podezření na remisi či recidivu onemocnění. Dnes se PET/CT vyšetření používá také k plánování radioterapie (Votrubová, 2009, s. 49).

Co se týče průběhu vyšetření a samotné přípravy pacienta, je nejvhodnější vyšetření rozdělit podle užívaných radiofarmak. Je známo přes 600 různých radionuklidů potenciálně použitelných při diagnostice PET/CT. Všechny tyto radionuklidy při své radioaktivní přeměně produkují pozitrony, které jsou důležité při procesu vzniku PET/CT obrazu. Nejznámější jsou například:  $^{18}\text{F}$ ,  $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ . Těmito radioaktivními prvky lze značit molekuly nebo jejich deriváty, které jsou lidskému tělu vlastní, a vzniká tak široká škála radiofarmak, s jejichž pomocí lze zkoumat různé děje probíhající v lidském těle (Votrubová, 2009, s. 16). Nejpoužívanější z nich je Fluoro-deoxy-glukóza. Tu je možné použít pro širokou škálu běžných indikací, jako jsou například PET/CT vyšetření trupu, mozku nebo i myokardu (Bělohávek, 2004, s. 17). Pro specializovaná vyšetření se však používá celá řada dalších radiofarmak, která se oproti FDG vyznačují kromě rozdílné kinetiky také odlišnou přípravou pacienta (Česká Republika, 2016, s. 216).

### 4.1 Fluorodeoxyglukóza (FDG)

V absolutní většině případů se k vyšetřování využívá izotop  $^{18}\text{F}$  (fluor osmnáct) a s ním značená 2- $^{18}\text{F}$ -fluoro-2-deoxy-D-glukóza, známá spíše pod kratším a méně přesným označením fluoro-deoxy-glukóza (FDG). Jelikož je FDG nejpoužívanější, je jí i v této práci věnováno nejvíce pozornosti. Izotop  $^{18}\text{F}$  se vyrábí v cyklotronech, což jsou relativně drahá zařízení. Obvykle bývají na vzdálených místech mimo dané zdravotnické zařízení a izotop se tak musí pro vyšetření dovážet.  $^{18}\text{F}$  má pro převoz dostatečně dlouhý poločas přeměny, tedy 110 minut, ovšem pro celodenní práci na pracovišti PET/CT je nutné jej 2x denně dodávat, aby byla aktivita pro vyšetření všech pacientů na dostatečné úrovni (Tichý, 2009, s. 46). Udávaná doba použitelnosti je 12 hodin od času dokončení výroby a 8 hodin od prvního použití přípravku (SÚKL, 2018, s. 8). Na pracovišti tak z těchto důvodů musí být dobře zvládnutý time management, aby bylo možné vyšetřit co nejvíce pacientů. Vše závisí především

na dodávkách radiofarmaka a na dochvilnosti pacientů. Proto je vhodné mít kvalitní a spolehlivý systém objednávání pacientů a mít zajištěnou možnost s nimi například telefonicky komunikovat (Tichý, 2009, s. 46). Kromě obtíží spojených s kratším poločasem přeměny má  $^{18}\text{F}$  i jisté výhody, těmi jsou především nízká radiační zátěž pacienta při zachování vysoké výtěžnosti takového vyšetření (Votrubová, 2009, s. 17).

Pro zdůvodnění specifické přípravy pacienta před vyšetřením je na místě zmínit proces metabolizace FDG v lidském organismu. Přenos tohoto radiofarmaka do buňky je díky jeho složení analogický jako u glukózy. Je zajišťován skupinou transportních proteinů, ty mají ke glukóze různou afinitu a jejich exprese se na různých buňkách liší. V buňkách potom FDG „soupeří“ s fyziologicky se vyskytující glukózou a podle této kompetice a následné koncentrace FDG uvnitř buňky se tato distribuce vykreslí ve výsledném obraze více nebo méně. (Bělohávek, 2004, s. 16). Jelikož jsou FDG a glukóza ve vzájemné kompetici o to, aby se staly většinovým materiálem ke zpracování uvnitř buňky, je pro kvalitní zobrazení distribuce FDG vhodné, aby byla hladina fyziologické glukózy na co nejnižší úrovni. Nejvíce se těchto mechanismů využívá u zobrazování nádorových ložisek. Ta mají totiž oproti zdravým tkáním určité zvláštnosti, které způsobují zvýšenou míru hromadění a snížené odbourávání produktů fosforylace, což je enzymatické zpracování FDG i glukózy uvnitř těchto buněk. Aby bylo možné tyto odlišnosti při vyšetření využít, je nutné zajistit nízkou inzulinémií, tedy nízkou hladinu inzulinu v krvi. Podobná situace nastává také u buněk postižených akutními zánětlivými změnami. Opět zde dochází ke zvýšené akumulaci FDG. Toho je možné využít k detekci zánětů, ale na druhou stranu to komplikuje diferenciální diagnostiku mezi zánětlivým nebo nádorovým ložiskem (Tichý, 2009, s. 46). Z výše uvedeného vyplývá, že příprava pacientů je klíčová. Pro zobrazování nádorových lézí je doporučováno 6 hodin před vyšetřením lačnit, aby se co nejvíce snížila hladina glykémie v krvi, a tak se minimalizovala kompetice této fyziologické glukózy s podávanou FDG. Pokud by hladina glykémie zůstala zvýšená, což se může stát například u diabetiků, došlo by ke zhoršení kontrastních poměrů nádoru vůči krevnímu pozadí ve výsledném obraze a vyšetření by tak ztratilo diagnostickou výtěžnost (viz příloha 2). Kromě snížení glykémie má lačnění vliv také na inzulinémií, která se tímto také snižuje. To na akumulaci FDG v nádorových buňkách nemá vliv, ale v okolní zdravé tkáni se FDG absorbuje méně a obraz mezi lézí a okolní tkání se tak stává výrazně kontrastnější (Bělohávek, 2004, s. 16).

Indikací k FDG PET/CT je mnoho, největší zastoupení však mají ty onkologické. Pomocí FDG se určuje lokace a staging nádorů, plánuje se terapie nebo hodnotí její efekt, kde se zjišťuje, zda nádor po léčbě recidivuje či nikoliv. Je ale nutné dodržet od léčby určitý časový odstup, jsou to minimálně 2 týdny od léčby chemoterapeutické a 3 měsíce od radioterapie. V případě nedodržení by docházelo k aktivaci kostní dřeně a nežádoucí akumulaci FDG (viz příloha 3). Další využití v onkologii je diferenciální diagnostika mezi benigními nebo maligními tumory, detekce recidivy těchto nádorů a odlišení od fibrózních lézí nebo hledání primárního tumoru neznámé lokalizace. Samozřejmě tato metoda není vhodná pro všechny typy nádorů, některé totiž neakumulují pro vyšetření užívanou FDG. To se týká například nádorů prostaty a jejich metastáz. Dále pak tato metoda není vhodná k vyšetřování orgánů, kde se FDG fyziologicky vychytává. Zde by totiž nebylo možné tyto drobné patologické změny odlišit od výrazné fyziologické akumulace (Votrubová, 2009, s. 63). Tento jev nastává u mozku, ve kterém se během 80–100 minut vychytá přibližně 7 % podané FDG. Dále se FDG hromadí v močovém měchýři a ledvinách, těmi je v průběhu dvou hodin od aplikace vyloučeno asi 20 % FDG (SÚKL, 2018, s. 8). Jako poslední je k onkologickým indikacím vhodné zmínit, že metody FDG PET/CT nejsou příliš vhodné pro diagnostiku pomalu rostoucích nádorů, jelikož v nich se neakumuluje dostatečné množství FDG.

Mimo indikace onkologické se FDG PET/CT využívá k detekci zánětů, například při febriliích nejasného původu. Rovněž se hodí k lokalizaci abscesů při neúspěšnosti jiných metod, také se touto metodou vyšetřují vaskulitidy včetně kontrolních vyšetření po залечení. V případě, kdy nelze využít metody magnetické rezonance nebo byla tato neprůkazná, lze také vyšetřovat podezření na osteomyelitidu osového skeletu. Oblast mozku se pomocí FDG PET/CT vyšetřuje pouze ve výjimečných případech jako doplňující metoda (Votrubová, 2009, s. 63). Pro zobrazení mozku se více využívá jiných radiofarmak, která se přirozeně nevychytávají ve zdravé mozkové tkáni například 18F-FLT (Votrubová, 2009, s. 18). Před PET/CT mozku se provádí magnetická rezonance. Metodou PET/CT se pak posuzují recidivy nebo rezidua nádorů a lokalizují se epitelová ložiska před výkonem terapeutických zákroků.

V kardiologii se zabýváme nejčastěji viabilitou (životaschopností) myokardu. Zde je pro nás důležitá hlavně jizva po infarktu, na kterou se zaměříme. (Tichý, 2009, s. 46). Uplatňují se mírně odlišné distribuční mechanismy než u nádorů nebo zánětů. Myocyty myokardu opět vychytávají FDG, je tedy žádoucí, aby byla hladina



glykémie co nejnižší, ale na druhou stranu je nutné zvýšení inzulinémie. (Tichý, 2009, s. 46–47). Inzulinémie se zvyšuje proto, aby tak usnadnila vstup FDG do myocytů. Taková příprava pacienta se označuje jako hyperinzulinemické-euglykemické sevření. Při něm je pacientovi 1 hodinu před aplikací samotné FDG podán také inzulin a dále je glykémie udržována na požadované úrovni intravenózním podáváním glukózy. Jelikož má myokard tendenci metabolizovat spíše volné mastné kyseliny než glukózu, ty se stávají dalším konkurentem FDG a je tak před vyšetřením potřeba snížit jejich hladinu. Doporučuje se krátká mastná dieta, popřípadě je nutné podat hypolipidemika jako například Acipimox (Bělohávek, 2004, s. 16). Kromě viability se v rámci kardiologie často detekují srdeční a cévní záněty, ke kterým patří zejména infekční endokarditidy. Jedná se o zánět lokalizovaný nejčastěji v oblasti srdečních chlopní, vzácně se může zánět rozšířit i na nástěnný endokard nebo dokonce na implantovaná tělesa, jako jsou elektrody kardiostimulátoru a implantované srdeční chlopně. Dalším onemocněním, pro které je FDG PET/CT využíváno, je srdeční sarkoidóza, což je primárně systémové onemocnění charakteristické tvořením mnohačetných ložisek granulomatózních zánětů. Toto onemocnění se týká nejčastěji plic a lymfatických uzlin, je ale možné se s ním setkat u jakéhokoliv orgánu včetně srdce. (Zogala, 2020, s. 595–599) Vyšetření se provádí také před terapeutickým zákrokem, jako je například cévní intervence na koronárních tepnách (Tichý, 2009, s. 46–47).

Příprava pacienta na standardní FDG PET/CT začíná samozřejmě jeho domácí přípravou. Aby bylo možné dosáhnout co nevyššího kontrastu zdravých tkání oproti těm patologickým, je třeba ve zdravé tkáni minimalizovat akumulaci FDG. Pro takový stav je třeba snížit hladinu glukózy v krvi. Toho nejlépe dosáhneme tím, že bude pacient lačnit, a to nejméně po dobu 4 až 6 hodin před vyšetřením. Zakázány jsou též slazené kalorické nápoje (Mikušková, 2021, s. 104–105). Lačnění se týká kromě perorální stravy také výživy parenterální, která by v tomto intervalu měla být také vysazena. Volitelným doporučením, které může napomoci úpravě hladiny glukózy na žádanou úroveň, je také držení nízkosacharidové diety posledních 24 hodin před vyšetřením. (Graham, 2015, s. 957).

Pro správnou distribuci FDG je tedy třeba snížit hladinu glykémie v krvi, a to pod hodnotu 13mmol/l (Mikušková, 2021, s. 105). Graham (2015, s. 956) uvádí jako hraniční hodnotu dokonce už 11,1mmol/l a úroveň glukózy 7mmol/l považuje za ideální. Tato hodnota je u pacientů před každým vyšetřením pravidelně měřena.

U diabetiků je pro správnou hladinu jejich glykémie doporučováno dát si poslední jídlo večer den před vyšetřením a následující ráno vynechat snídani i dávku inzulínu. Z tohoto důvodu jsou také objednáváni na ranní hodiny. Též je u nich před vyšetřením kontrolována hladina glykémie, která by neměla přesahovat 13mmol/l. V případě, že by tuto hodnotu překračovala, je pacientovi podána čistá voda a vyšetření je odloženo o jednu hodinu. Pokud by i po hodině čekání hladina glykémie neklesla pod výše uvedenou mezní hodnotu, nezbyvá než pacienta přeobjednat, pouze v neodkladných případech je možné takového pacienta vyšetřit, glykémie je mu pak upravena pomocí přesně dávkovaného inzulínu. Aplikují se 1 až 4 jednotky a podání FDG se může provádět až 60 minut po aplikaci inzulínu. Glykémie je kontrolována 20 minut po této aplikaci a následně těsně před podáním FDG. Pacient má po celou dobu zavedený periferní žilní katetr pro případ, že by u něj došlo k hypoglykémii. Pokud by se tak stalo, je nutné hladinu glykémie monitorovat ještě pečlivěji. Pokud by ani po podání této dávky inzulínu hladina glykémie neklesla pod 13mmol/l, je možné aplikaci inzulínu opakovat. Kdyby se stalo, že by si pacient aplikoval svou plnou dávku inzulínu, a tím tak nedodržel přípravu před vyšetřením, bylo by nutné vyšetření odložit, a to alespoň o 6 hodin před podáním radiofarmaka. Obvykle je pacient přeobjednán (Boellaard, 2015, s. 342–343). Aplikace radiofarmaka se provádí intravenózně v aplikační místnosti, FDG se aplikuje přibližně 370MBq na 70 kg váhy pacienta v závislosti na typu přístroje (Votrubová, 2009, s. 48). O něco rozsáhlejší údaje pak poskytují Národní radiologické standardy pro Českou republiku, které uvádějí aktivitu FDG pro vyšetření mozku 100–300 MBq, pro vyšetřování srdce rozsah 185–555 MBq a co se týče základního celotělového vyšetření PET/CT, u něj se standardy odkazují na dokument EANM (Česká Republika, 2016, s. 315, 320, 323), kde pak nejsou uvedeny přesné hodnoty dávky, ale je podrobně popsán jejich výpočet. Přesná hodnota aktivity se totiž odvíjí od typu skeneru, jeho technických parametrů a klinických podmínek vyšetření a je tak vypočítávána přímo na daném pracovišti pro konkrétní přístroj (Boellaard, 2015, s. 342–343).

Poté následuje klidová fáze trvající 45 až 90 minut. (Mikušková, 2021, s. 105–106) Klidová fáze je zařazována, jelikož při fyzické aktivitě by docházelo ke zvýšenému zobrazování kosterního svalstva, což není žádoucí (Bělohlávek, 2004, s. 18). Pacient by se však měl vyvarovat fyzické námahy už asi 2–3 dny před vyšetřením (Mikušková, 2021, s. 105), k tomuto nežádoucímu efektu totiž dochází i s časovým odstupem (Bělohlávek, 2004, s. 18). V průběhu klidové fáze by měl být pacient také v teple,

aby nedocházelo k akumulaci FDG v hnědé tukové tkáni. U některých pacientů, především u těch, kterým se zobrazovala tato tuková tkáň při minulém vyšetření, je možné podat premedikaci v podobě benzodiazepinů nebo neselektivních beta-blokátorů (Mikušková, 2021, s. 105–106). Podobný problém může nastat i v případě stresu pacienta. Pacient by měl na vyšetření přijít ve fyzické, ale i psychické pohodě, pokud je ale tzv. tenzní, dochází též k aktivaci hnědého tuku a v důsledku toho k nežádoucí akumulaci FDG v oblasti krku a paží (viz příloha 4) (Tichý, 2009, s. 49). Pokud je indikováno také FDG PET/CT vyšetření mozku, příprava se v zásadě nemění. Jelikož se však distribuce FDG může měnit v závislosti na činnosti mozku, je třeba kromě fyzické aktivity pacienta omezit také aktivitu cerebrální. Toho je docíleno umístěním pacienta do tiché, zatemněné místnosti na dobu alespoň 30 minut od aplikace radiofarmaka. V této době by pacient neměl číst, mluvit ani vykonávat jinou duševní aktivitu (Mikušková, 2021, s. 107–108).

Odlišná je příprava pacienta při vyšetření myokardu, především u vyšetření jeho viability. Srdce totiž využívá jako primární zdroj energie volné mastné kyseliny a úkolem je přimět jej k akumulaci glukózy, respektive FDG, aby se na skenech zobrazilo. Rozdíl tedy oproti onkologickým indikacím spočívá v odlišné stravě. Pacient nelačnický, ale je mu doporučena netučná večeře a v den vyšetření lehká snídaně. Je nutné, aby byly vyloučeny tuky, které by FDG konkurovaly. Je standardně doporučena dobrá hydratace nápoji neobsahujícími tuk a kofein, těmi jsou například mléko, káva nebo i kola. Diabetikům se jejich režim nemění, zůstává i jejich medikace. Před každým vyšetřením se kontroluje hladina glukózy a v závislosti na tomto výsledku se určuje další postup v přípravě pacienta. Z toho důvodu je důležité, aby se pacient dostavil už hodinu před samotnou aplikací RF, aby bylo možné hladinu jeho glukózy ještě dorovnat. U nediabetických pacientů se pak v rámci přípravy standardně používá glukózová zátěž, ta se provede podáním 25–50 g glukózy nebo sacharózy a následuje intravenózní aplikace 1–4 jednotek inzulínu. Množství inzulínu závisí na úrovni naměřené glykemie v krvi a provádí se 40 až 60 minut po aplikaci zátěže glukózou. U diabetiků je příprava obdobná, jen se neaplikuje zátěž v podobě glukózy, popřípadě se podává její snížené množství. Po aplikaci inzulínu hned následuje podání radiofarmaka a nastává klidová fáze, která trvá 45 až 90 minut. Pacient by se měl vyvarovat fyzické zátěže také v době před vyšetřením. Aby bylo vyšetření srdeční viability hodnotitelné, musí vždy navazovat na předchozí perfuzní gated SPECT vyšetření. Výsledky SPECT se hodnotí společně s vyšetřením PET/CT, hodnotí

se rozsah a závažnost perfuzního a následně metabolického defektu. K přesnějším výsledkům slouží speciální kardiologický software, který obsahuje normálovou databázi, podle které se hodnotí akumulace v srdečních segmentech a určuje se, zda je pod anebo nad 50 % maxima. Takto se pak vyhodnotí, zda jde o viabilní respektive neviabilní myokard (Mikušková, 2021, s. 102–103).

Poslední důležitý postup přípravy, který se u FDG liší od standardního postupu, je příprava pacienta k vyšetření sarkoidózy. Tito pacienti by 24 hodin před vyšetřením měli dodržovat dietu s nízkým obsahem cukrů, ale vysokým obsahem bílkovin a tuků, doporučována je drůbež, ryby, vejce, sýry, rostlinné oleje a zelenina bez škrobu. Naopak zakázány jsou jakékoliv cukry, ovoce, pečivo, těstoviny, rýže, brambory a polotovary. Tato strava se týká především večere den před vyšetřením, v den vyšetření by měli pacienti zůstat lační a snídani vynechat. Důležité je opět hydratace neslazenými nápoji, ideální je pití pouze vody. Diabetici si nesmí minimálně 6 hodin před vyšetřením aplikovat svou dávku inzulínu, to je možné až po vyšetření. Doporučeno je přinést si tyto léky i jídlo na pracoviště s sebou a užít je hned po vyšetření. Pacienti by neměli v den vyšetření užívat ani kortikoidy (Kolektiv FN Olomouc, 2020, s. 1).

## 4.2 Fludeoxythymidin (FLT)

K jinému způsobu diagnostiky karcinomů se využívá fluorothymidin (FLT). Jako analog thymidinu je fosforylován v rychle se dělících buňkách a taktéž v nádorových tkáních. Míra jeho akumulace závisí na mitotické aktivitě buněk, která roste se zvyšující se malignitou nádoru (SÚKL, 2019, s. 3–4). Ačkoliv je FLT v porovnání s FDG akumulován v nádorových buňkách méně, má u některých tumorů vyšší specifitu a dokáže tak lépe zhodnotit například okamžitý účinek protinádorové terapie při srovnání před a po léčbě. Dalším pozitivem FLT je fakt, že má nízkou akumulaci ve zdravé mozkové tkáni, proto je vhodný pro vyšetření mozku (Votrubová, 2009, s. 18). Také se s ním vyšetřují karcinomy plic. V zánětlivých lézích se akumuluje méně, je tedy možné s jeho pomocí lépe rozlišit nádor od zánětu a opět tak zaznamenáváme lepší specifitu oproti FDG (Bertagna, 2013, s. 123).

Nejčastější využití FLT nachází při vyšetřeních mozku (Česká Republika, 2016, s. 325). Primárně je pro diagnostiku mozku užíváno magnetické rezonance, ale v případě její neprůkaznosti je přistoupeno k PET/CT (Tichý, 2009, s. 47). Mozek je při použití metody PET/CT možno vyšetřovat kromě FLT také již zmíněnou FDG,

ale kvůli jejím distribučním vlastnostem není v praxi tolik využívána. Tyto látky se liší svou kinetikou, z čehož plynou různá úskalí i výhody. FDG je jako analog glukózy fyziologicky distribuována do všech částí mozku s funkční aktivitou neuronů, je tak možné hodnotit změny v aktivitě neuronů i změny metabolismu při podezření na nádor mozku. Kromě toho je možné detekovat agresivní tkáně high-grade gliomů, mozkové metastázy jiných nádorů v těle (Mikušková, 2021, s. 107, 115) a místa, kde byla porušena hematoencefalická bariéra (Česká Republika, 2016, s. 325). Oproti tomu FLT ve zdravé mozkové tkáni akumulován není, k akumulaci dochází pouze ve viabilních nádorových buňkách mozku, a to v závislosti na jejich mitotické aktivitě. Toto radiofarmakum je tak velkým přínosem především v onkologické diagnostice mozku. Konkrétní indikace k FLT i FDG PET/CT vyšetření mozku jsou podobné. Jsou jimi neoplázie, jako například recidivy high-grade gliomů, nebo průkaz mozkových metastáz po proběhlém terapeutickém zásahu. Dalším využitím je pak zjišťování, zda nedošlo k upgradu původně low-grade nádorů. Vyšetření se také používá u pacientů s epilepsií před zamýšleným chirurgickým zákrokem, kdy je zkoumána tzv. lateralizace postižení, tedy asymetrie ve funkční aktivitě hemisfér mozku. Je také možné určit funkčně postiženou mozkovou tkáň, ovšem pro určení konkrétní zóny vyvolávající epileptický záchvat toto vyšetření nestačí. Poslední indikací pro PET/CT mozku je demence (Mikušková, 2021, s. 115).

Při aplikaci FLT je příprava pacienta obdobná jako při FDG, je třeba aby 4–6 hodin lačnil a byl dobře hydratován. Při vyšetřeních mozku je zpřísněn klidový režim. Pacient je umístěn do zatemněné, tiché místnosti, je mu doporučeno, aby se vyvaroval čtení, mluvení, nebo jiných aktivit. Tato opatření probíhají již před aplikací FLT, pak v jejím průběhu a také 40 až 60 minut po ní až do akvizice na přístroji PET. Těsně před touto akvizicí se jde pacient vymočit. Zároveň, aby nebyl pacient příliš rozrušován v rámci jeho klidové fáze, je třeba zavést periferní žilní katetr pro aplikaci FLT v dostatečném předstihu, a to 10 minut před podáním FLT (Mikušková, 2021, s. 115–116). Aktivita podávaného radiofarmaka se pohybuje mezi 100–300 MBq (Česká Republika, 2016, s. 325). SÚKL (2019 s. 1) doporučuje o něco větší rozsah, tedy 150–600 MBq pro 70kg pacienta, ale zdůrazňuje, že dávku je třeba upravit nejen podle váhy pacienta, ale také podle použitého přístroje, klinické otázky a stavu pacienta. Vždy je ale potřeba zajistit dobrou hydrataci, aby se snížila radiační zátěž pacienta (Česká Republika, 2016, s. 325). To je důležité především u pacientů se sníženou funkcí ledvin, kde je potřeba pečlivě zvážit indikaci (SÚKL, 2019, s. 1).

### 4.3 Fluorocholin (FCH)

Mezi další často užívaná radiofarmaka patří fluorocholin ( $^{18}\text{F}$ ), což je analog cholinu, látky v lidském těle využívané pro výstavbu a reparaci buněčných membrán. Cholin je distribuován buď jako fluorocholin (FCH), který se značí  $^{18}\text{F}$ , nebo je k dostání jako derivát  $^{11}\text{C}$ . Není příliš vhodný pro běžnou onkologickou diagnostiku, pro tyto diagnózy je spíše využívána FDG, ale u některých nádorů, kde se FDG akumuluje nepravdělně, je použití cholinu vhodnější (Votrubová, 2009, s. 18). Takovými nádory jsou například karcinomy prostaty, hepatocelulární karcinom v játrech anebo adenom přštítných tělísek (Mikušková, 2021, s. 110, 113, 123). U nádorů prostaty slouží k určení počátečního stadiu a lokalizaci případných metastáz. U hepatocelulárního karcinomu se využívá především k lokalizaci dobře diferencovaných lézí a jako doplňková metoda k FDG PET/CT. Pokud tato metoda nebyla průkazná nebo je plánována transplantace jater, přispívá FCH k charakterizaci jaterních uzlů a stadiu prokázaného nebo pravděpodobného hepatocelulárního karcinomu. A při vyšetření štítné žlázy se pomocí FCH určuje lokalizace adenomu či zmnožení buněk (tzv. hyperplázie) přštítných tělísek v případě podezření na primární hyperparatyreózu (SÚKL, 2020, s. 1).

Příprava pacienta je podobná jako při klasickém vyšetření pomocí FDG a příliš se neliší v jednotlivých indikacích. Pacient je poučen, je potřeba, aby byl lačný, a to 4–6 hodin před vyšetřením. Důležitá je vydatná hydratace pacienta neslazenými nápoji. Podává se také jodová kontrastní látka, ale ta musí být indikována lékařem a pacient musí být na podání KL náležitě připraven (Mikušková, 2021, s. 110, 113, 123). Při vyšetření prostaty a jater se u 70kg pacienta aplikuje 140–280 MBq, aplikovaná dávka se pak mění podle typu použitého přístroje, podle režimu a rozsahu snímání a taky podle stavu pacienta. Obvykle se u běžného pacienta aplikuje dávka v rozmezí 200–500 MBq. U lokalizace lézí přštítných tělísek je aktivita jiná a aplikuje se běžně 100–150 MBq, přičemž opět vše závisí na přístroji, režimu, rozsahu a stavu pacienta. Přesný výpočet aktivity je pak ve všech indikacích obzvláště důležitý u pacientů s poškozenou funkcí ledvin z důvodu radiační ochrany (SÚKL, 2020, s. 2). Po podání RF následuje klidová fáze trvající 40–90 minut, v průběhu této doby pacient může také popíjet perorální kontrastní látku a těsně před akvizicí se jde vymočit (Mikušková, 2021, s. 110, 113, 123).

#### 4.4 Fluorodopa (F-DOPA)

Dalším radiofarmakem je  $^{18}\text{F}$  značený monoamin, což je prekurzor dopaminu, analog aminokyseliny DOPA celým názvem: 6-Fluoro-(18)F-L-3,4-dihydroxyphenylalanine známé zkráceně jako F-DOPA. Ta nachází své využití při diagnostice neuroendokrinních nádorů, které jsou schopné akumulovat aminokyseliny typu DOPA. Opět je možné provádět diferenciální diagnostiku, pátrat po neznámém primárním ložisku, stanovovat rozsah onemocnění i určovat celkový terapeutický efekt (Česká Republika, 2016, s. 335). Okrajově byla F-DOPA také využívána při verifikaci Parkinsonovy choroby (Votrubová, 2009, s. 19).

Příprava pacienta zahrnuje lačnění minimálně 4 hodiny před vyšetřením, vysazení léčby parkinsonismu alespoň 12 hodin před vyšetřením a větší příjem tekutin včetně častějšího močení pro snížení radiační zátěže i snížení rizika nefropatie. Je možné podávat intravenózní i perorální kontrastní látky. Optimální délka klidové fáze je 60 až 90 minut a po klidové fázi před akvizicí se pacient vymočí. Standardně se při použití tohoto radiofarmaka aplikuje aktivita 185–400 MBq pro 70kg pacienta podle typu přístroje a stavu pacienta. Při vyšetřeních mozku je tato aktivita nižší v závislosti na druhu akvizice (Česká Republika, 2016, s. 337).

#### 4.5 Axumin (Fluciclovin $^{18}\text{F}$ )

Posledním důležitým radiofarmakem užívaným na PET/CT je Axumin, jeho účinnou látkou je  $^{18}\text{F}$  fluciclovin. Axumin je radiofarmakum sloužící k diagnostice recidiv karcinomů prostaty u dospělých mužů. Toto vyšetření se provádí po primární kurativní léčbě, po které je detekována zvýšená hladina prostatického specifického antigenu (PSA) v krvi, což na tuto možnou recidivu poukazuje. U dětských pacientů neexistuje indikace k použití tohoto přípravku. U pacientů s primárně poškozenou funkcí ledvin je důležité zvážit indikaci a přínosy tohoto vyšetření oproti jeho rizikům a také pečlivě vypočítat podávanou dávku z důvodu radiační ochrany pacienta.

V rámci přípravy je standardně doporučeno vyvarovat se fyzické zátěži alespoň 1 den před vyšetřením. Dále je nutné, aby pacient 4 hodiny před vyšetřením lačnil, ovšem příprava se liší v zavodnění pacienta. U Axuminu je doporučeno v rámci posledních 4 hodin vynechat také pití tekutin kromě malého množství vody, například při zapíjení léků. Toto opatření je zařazeno, aby se snížilo množství časného vylučování do močového měchýře. To by mělo za následek maskování nebo případnou imitaci lokální recidivy karcinomu prostaty. Též je na rozdíl od ostatních

radiofarmak zakázáno močení, a to alespoň 60 minut před podáním radiofarmaka. Vymočit se pacienti smí až po dokončení PET/CT skenu. Před zahájením skenu se aplikuje aktivita 370 MBq pro dospělého pacienta. Speciálním poučením u tohoto radiofarmaka je sdělení, že je třeba v následujících hodinách po vyšetření vypít dostatečné množství vody a také močit tak často, jak je to jen možné. Tím se sníží radiální zátěž močového měchýře. Je také třeba v rámci prvních 12 hodin po vyšetření omezit kontakt s dětmi a těhotnými ženami, toto doporučení je však společné i pro všechna ostatní radiofarmaka (SÚKL, 2021, s. 2–5).



## ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo shrnout aktuální poznatky o kompletní přípravě pacienta na PET/CT. Příprava pacienta je, ačkoliv se to tak nemusí na první pohled zdát, velice komplexní a zároveň je pro výsledky PET/CT vyšetření velice důležitá. Při nedodržení přípravy dochází k nežádoucímu vychytávání FDG v jinak zdravých tkáních, a jsou tak zkreslena nebo přímo znehodnocena diagnostická data. Tuto problematiku se podařilo popsat jak v obecné rovině, tak u pěti nejčastěji využívaných radiofarmak, kde je příprava specificky upravena pro použité radiofarmakum. Hlavní cíl práce tak byl splněn. Prvním z dílčích cílů bylo představit hybridní metodu PET/CT spolu s její historií, definovat pacienta, který dané vyšetření podstupuje, a uvést kritéria pro indikaci a relativní kontraindikace k vyšetření. Všechna uvedená témata byla v práci zohledněna, tudíž byl tento cíl splněn. Druhý z dílčích cílů byl věnován obecné části přípravy pacienta. Ta zahrnuje formální sekci týkající se objednávání pacientů včetně popisu správně vyplněné žádanky od indikujícího lékaře. Dále zahrnuje instruktáž pacienta, která souvisí s domácí přípravou. Následuje příprava na pracovišti nukleární medicíny, která se týká CT akvizice a s ní spojené aplikace kontrastních látek a prevence vzniku nežádoucích reakcí. Všem těmto tématům se práce věnuje, a tak i tento cíl byl splněn. Třetím a posledním cílem bylo popsat specifické metody přípravy pacienta v závislosti na užitém radiofarmaku. Nedílnou součástí je indikace k vyšetření danou vyšetřovací látkou a popis postupu přípravy pacienta. Byla zmíněna všechna běžně využívaná radiofarmaka, včetně nejvíce rozšířené a používané FDG, které bylo věnováno nejvíce pozornosti, takže i tento cíl byl splněn.

Sumarizované informace v této bakalářské práci mohou být nápomocné v praxi zdravotnických specialistů při rozhodování o indikaci vyšetření PET/CT. Dále mohou být využity při zlepšování orientovanosti zdravotnických manažerů v dané problematice a tím tak zlepšovat efektivitu jejich práce. Nemalou skupinou jsou také studenti zdravotnických oborů, kterým tato bakalářská práce může pomoci lépe porozumět principům přípravy pacienta a usnadnit tak jejich studium. V neposlední řadě jsou ještě pacienti, kterým práce přináší informace z ověřených zdrojů a může tak pomoci v jejich informovanosti.

## REFERENČNÍ SEZNAM

1. BĚLOHLÁVEK, Otakar, 2004. *Pozitronová emisní tomografie s fluorodeoxyglukózou (FDG PET): Positron emission tomography with fluorodeoxyglucose (FDG PET) : atlas příkladů klinického využití*. 2. vyd. Praha: Lacomed. ISBN 80-902-8738-7.
2. BERTAGNA, Francesco, Giorgio BIASIOTTO a Raffaele GIUBBINI, 2013. The role of F-18-fluorothymidine PET in oncology. *Clinical and Translational Imaging* [online]. 1(2), 77-97 [cit. 2022-01-27]. ISSN 2281-5872. Dostupné z: doi:10.1007/s40336-013-0014-2
3. BOELLAARD, Ronald, Roberto DELGADO-BOLTON, Wim OYEN et al., 2015. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* [online]. 42(2), 328-354 [cit. 2022-02-15]. ISSN 1619-7070. Dostupné z: doi:10.1007/s00259-014-2961-x
4. ČEKANOVÁ, Michaela, 2022. PET/CT poučení pro pacienty. In: *Ptc.cz* [online]. Praha: Proton Therapy Center Czech s.r.o. [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: <https://www.ptc.cz/uploads/pdf/brozura-a5-pet-ct-nahled-v2.pdf?width=400>
5. ČESKÁ REPUBLIKA, 2016. *Věstník č. 2/2016: NÁRODNÍ RADIOLOGICKÉ STANDARDY*. In: . Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, ročník 2016, číslo 2. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-2-2016/>
6. GRAHAM, Michael, Richard WAHL, John HOFFMAN et al., 2015. Summary of the UPICT Protocol for 18 F-FDG PET/CT Imaging in Oncology Clinical Trials. *Journal of Nuclear Medicine* [online]. 56(6), 955-961 [cit. 2022-01-25]. ISSN 0161-5505. Dostupné z: doi:10.2967/jnumed.115.158402
7. KOLEKTIV FN OLOMOUC, 2020. *VYŠETŘENÍ NA PET/CT; Sarkoidosa; Infekční endokarditida; KLINIKA NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY: Fm-L009-040-KNM-008*. 3. Olomouc.
8. KOLEKTIV ONM A PET MOÚ, 2016. Oddělení nukleární medicíny a pozitronové emisní tomografie PET Centrum Masarykova onkologického ústavu v Brně. In: *DocPlayer.cz* [online]. Brno: Masarykův onkologický ústav [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/29760564-Oddeleni-nuklearni-mediciny-a-pozitronove-emisni-tomografie-pet-centrum-masarykova-onkologickeho-ustavu-v-brne.html>
9. KORANDA, Pavel, 2014. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.
10. KORANDA, Pavel, Milan KAMÍNEK a Jiří HORALÍK, 2010. Postup a náležitosti objednávání a případné zrušení objednání vyšetření PET/CT ve FN Olomouc. In: *FnoI.cz* [online]. Olomouc: Fakultní nemocnice Olomouc [cit. 2021-12-28]. Dostupné z: [https://www.fnoI.cz/pdf/knm/postup-objednavani-vysetreni-PETCT\\_kor.pdf](https://www.fnoI.cz/pdf/knm/postup-objednavani-vysetreni-PETCT_kor.pdf)

11. MIKUŠKOVÁ, Eleni, 2015. *PRACOVNÍ POSTUP č. PP-MP-L019-01-02: Radiologické standardy pro PET/CT vyšetření*. 3. Olomouc.
12. MIKUŠKOVÁ, Eleni, 2021. *Příloha č. 1 PP-MP-L019-01-01-1: Katalog místních radiologických standardů – nukleární medicína*. Olomouc.
13. SÚKL, 2018. 2-[18F]-FDG - SOUHRN ÚDAJŮ O PŘÍPRAVKU. In: *Sukl.cz* [online]. Praha: Státní ústav pro kontrolu léčiv [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0142231&tab=texts>
14. SÚKL, 2019. FLUDEOXYTHYMIDIN (18F) RADIOMEDIC - SOUHRN ÚDAJŮ O PŘÍPRAVKU. In: *Sukl.cz* [online]. Praha: Státní ústav pro kontrolu léčiv [cit. 2022-02-24]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?kod=0226203>
15. SÚKL, 2020. FLUOROCHOLINE (18F) UJV - SOUHRN ÚDAJŮ O PŘÍPRAVKU. In: *Sukl.cz* [online]. Praha: Státní ústav pro kontrolu léčiv [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0228049&tab=texts>
16. SÚKL, 2021. AXUMIN - SOUHRN ÚDAJŮ O PŘÍPRAVKU: 3200MBQ/ML INJ SOL 1(1-10ML) II. In: *Sukl.cz* [online]. Praha: Státní ústav pro kontrolu léčiv [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0238367&tab=texts>
17. TICHÝ, Lubomír, 2009. Vyšetřovací metoda - PET/CT. *Medicína pro praxi* [online]. Olomouc: Solen, s. r. o., **6**(1), 46-49 [cit. 2021-12-02]. ISSN 1803-5310. Dostupné z: [https://www.medicinapropraxi.cz/artkey/med-200901-0011\\_Vysetrovaci\\_metoda-PET\\_CT.php](https://www.medicinapropraxi.cz/artkey/med-200901-0011_Vysetrovaci_metoda-PET_CT.php)
18. ÚZIS, 2021. Aktuální informace č. 2/2021: Přístrojové vybavení zdravotnických zařízení ČR v roce 2020. In: *Uzis.cz* [online]. Praha: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR [cit. 2021-12-02]. Dostupné z: <https://www.uzis.cz/index.php?pg=vystupy--statistika-zdravotnich-sluzeb--pristrojove-vybaveni>
19. VOMÁČKA, Jaroslav, 2015. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4508-3.
20. VOTRUBOVÁ, Jana, 2009. *Klinické PET a PET/CT*. 1. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-619-9.
21. ZOGALA, David, 2020. The Role of PET/CT in Non-perfusion Cardiology. *Cor et Vasa* [online]. **62**(6), 595-601 [cit. 2022-01-15]. ISSN 00108650. Dostupné z: [doi:10.33678/cor.2020.036](https://doi.org/10.33678/cor.2020.036)

## SEZNAM ZKRATEK

CNS	Centrální nervová soustava
CT	Výpočetní tomografie (Computed tomography)
FCH	Fluorocholin
FDG	Fluorodeoxyglukóza
FDG-PET	Fluorine-18-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography
FLT	Fludeoxythymidin
F-DOPA	Fluorodopa
HU	Hounsfieldova jednotka
keV	Kilo Elektron Volt
KL	Kontrastní látka
MDC	Multidetektorová výpočetní tomografie (Multi-detector Computed Tomography)
NM	Nukleární medicína
PET	Pozitronová emisní tomografie (Positron Emission Tomography)
PET/CT	Hybridní metoda tvořená spojením počítačové tomografie (CT) a pozitronové emisní tomografie (PET)
RF	Radiofarmakum
<sup>11</sup> C	Radioizotop uhlík-11
<sup>13</sup> N	Radioizotop dusík-13
<sup>15</sup> O	Radioizotop kyslík-15
<sup>18</sup> F	Radioizotop fluor-18

## **SEZNAM PŘÍLOH**

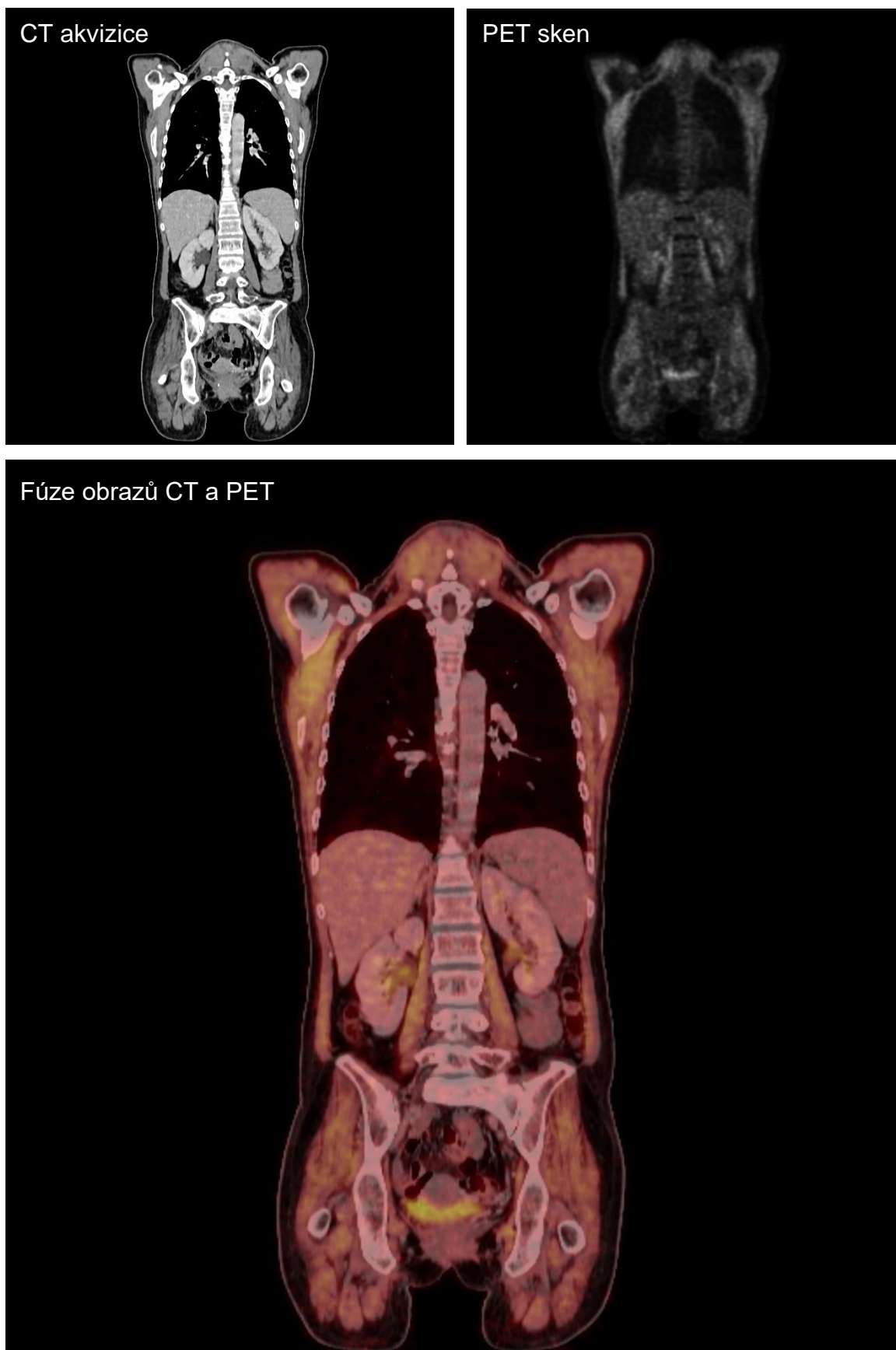
Příloha 1 – Fúze obrazů PET a CT

Příloha 2 – Hyperglykemický pacient

Příloha 3 – Pacient s aktivovanou kostní dření po chemoterapii

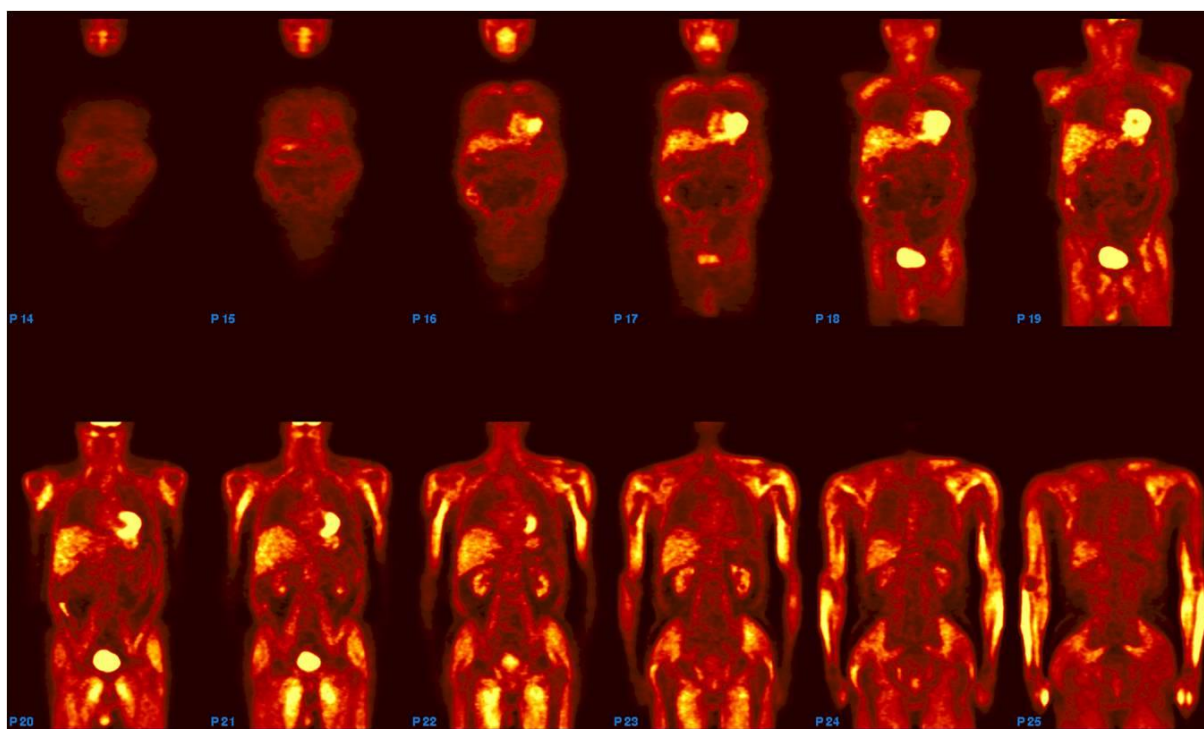
Příloha 4 – Tenzní pacient

Příloha 1 – Fúze obrazů PET a CT



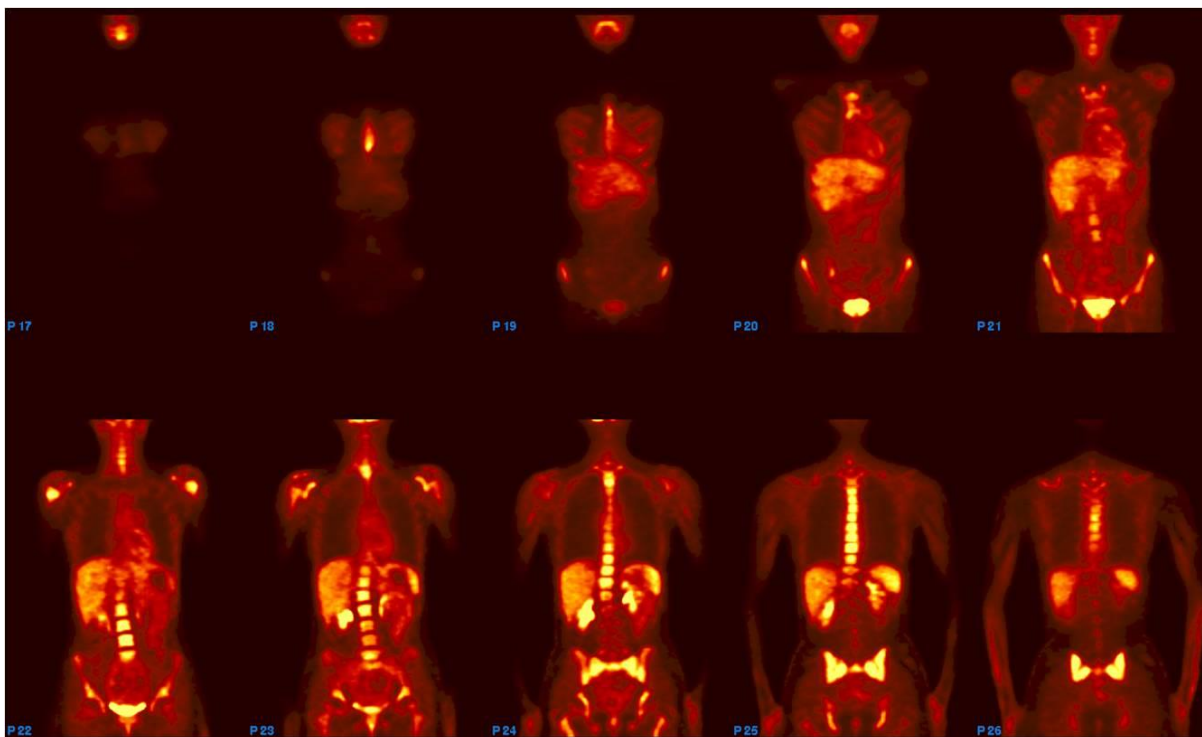
(zdroj: archiv FN Olomouc)

Příloha 2 – Hyperglykemický pacient



(zdroj: archiv FN Olomouc)

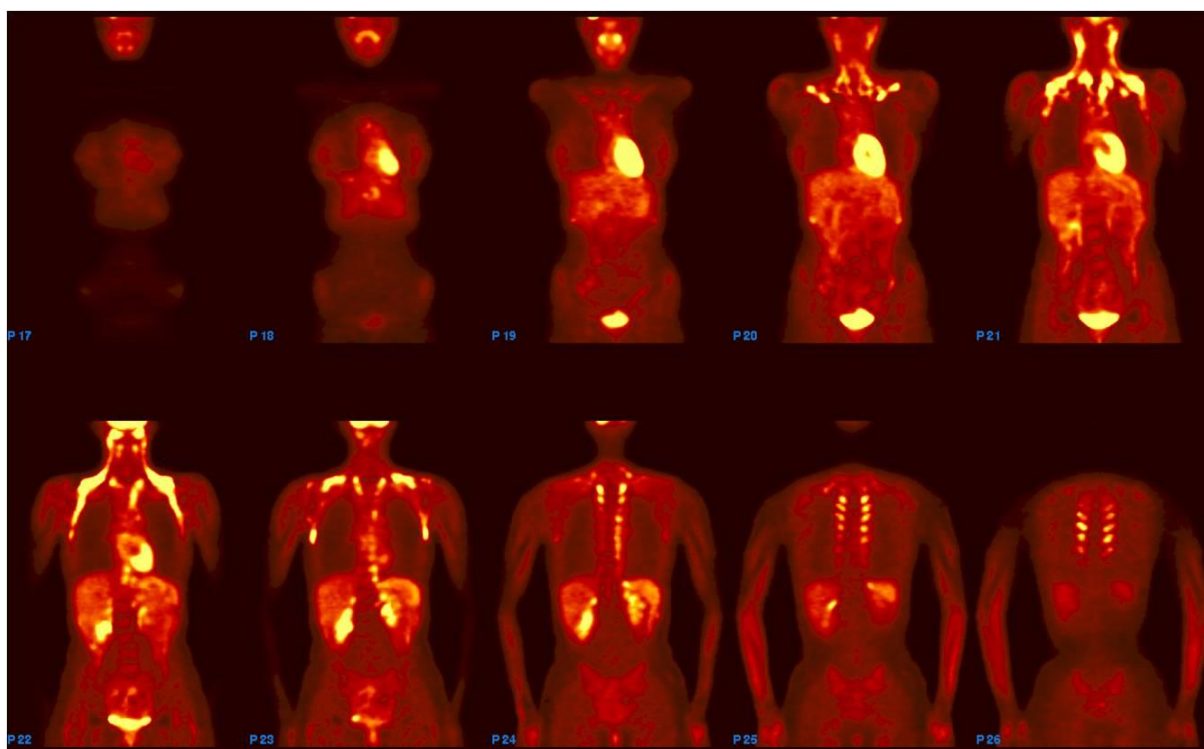
Příloha 3 – Pacient s aktivovanou kostní dření po chemoterapii



(zdroj: archiv FN Olomouc)



## Příloha 4 – Tenzní pacient



(zdroj: archiv FN Olomouc)