



1999–2019

Almanach PET/CT vyšetření



20 let PET centra v Nemocnici Na Homolce





1999–2019

**Almanach PET/CT vyšetření
20 let PET centra v Nemocnici Na Homolce**



Tel.: 257 272 165 nebo 257 273 244, fax: 257 272 163
e-mail: nm@homolka.cz nebo jmeno.prijmeni@homolka.cz

Použité zkratky:

CT	výpočetní tomografie
FBB	florbetaben – radiofarmakum pro zobrazení β -amyloidu
FBP	florbetapir – radiofarmakum pro zobrazení β -amyloidu
FCV	fluciklovin – radiofarmakum pro zobrazení aminokyselinového metabolismu
FDG	fludeoxyglukosa – radiofarmakum pro zobrazení glukózového metabolismu
FDOPA	fluorodopa – radiofarmakum pro zobrazení dopaminerního transportu
FCh	fluorocholin – radiofarmakum pro zobrazení metabolismu fosfolipidů
FLT	fludeoxythymidin – radiofarmakum pro zobrazení mitotické aktivity
FMM	flutemetamol – radiofarmakum pro zobrazení β -amyloidu
JKL	jodová kontrastní látka
MR	magnetická rezonance
NaF	fluorid sodný – radiofarmakum pro zobrazení osteoblastické aktivity
NM	nukleární medicína
PET	pozitronová emisní tomografie
PSMA	prostatický specifický membránový antigen – radiofarmakum pro zobrazení nejen karcinomu prostaty
RZM	radiologie a zobrazovací metody
SUV	standardized uptake value – parametr vyjadřující standardizovanou míru akumulace radiofarmaka

Obsah

Úvodní slovo	6
Historické poznámky	7
Kapacitní možnosti	9
Personál	10
Radiofarmaka	15
Přístrojové vybavení	15
Kvalitativní znaky pracoviště	17
Organizace vyšetření	18
Objednávání	18
Žádanky	19
Distribuce výsledků	19
PET/CT technologie	20
PET složka PET/CT vyšetření	20
CT složka PET/CT vyšetření	21
Příprava pacientů	24
Vyšetření s FDG pro zobrazení nádoru/zánětu	24
Vyšetření s FCV pro zobrazení karcinomu prostaty	25
Vyšetření s NaF, FLT, FMM, FBB, FBP	26
Vyšetření s intravenózním podáním JKL	26
Použití žilních vstupů	26
Průvodce PET/CT vyšetřeními	27
PET/CT trupu s FDG (glykolytická aktivita)	27
PET/CT mozku s FDG (glykolytická aktivita)	30
PET/CT mozku s FLT (mitotická aktivita)	31
PET/CT mozku s FMM (β -amyloid)	32
PET/CT skeletu s NaF (osteoblastická aktivita)	34
PET/CT trupu s FCV (utilizace aminokyselin)	35
Radiační ochrana v nukleární medicíně	37

Úvodní slovo

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

při příležitosti 20. výročí založení PET centra v Nemocnici Na Homolce jsme vydali tento almanach, jehož cílem je nejen vzpomenout na 25. srpen 1999, kdy jsme provedli první vyšetření pozitronovou emisní tomografií v postkomunistické Evropě, ale především dát vám do rukou stručného průvodce PET/CT vyšetřeními, kterých dnes provádíme již celou řadu, a trochu vám přiblížit naše pracoviště a pracovníky, s nimiž při své práci přicházíte do kontaktu.

Před 20 lety Nemocnice Na Homolce vydláždila cestu pro rozšiřování PET v ČR. Podařilo se nám vzbudit zájem klinických partnerů, prosadit plnou úhradu z veřejného zdravotního pojištění a zvyšujícími se odběry povzbudit výrobce radiofarmak, bez nichž by tato technologie nebyla k ničemu. Všem, kteří přispěli k rozvoji této fascinující technologie, patří velký dík.

Technicky sofistikovaná a logisticky nesmírně komplikovaná pozitronová emisní tomografie vstoupila během 20 let vývoje do širokého povědomí indikujících lékařů a stala se relativně dobře dostupnou. V mnoha případech přináší zásadní diagnostické informace, které mění či potvrzují zvažované, velmi nákladné terapeutické postupy, mnohdy i velmi zatěžující a rizikové pro pacienty s obtížně léčitelnými nemocemi.

PET má i svá mnohá úskalí a největšího užítku lze dosáhnout, je-li vyšetření správně indikováno, je-li pacient správně k vyšetření připraven a motivován a je-li výsledek vyšetření správně interpretován. I k tomu bychom rádi tímto almanachem trochu napomohli.

Jménem kolektivu pracovníků oddělení nukleární medicíny – PET centra

*doc. MUDr. Otakar Bělohávek, CSc.
primář*

Historické poznámky

PET centrum Praha vzniklo v Nemocnici Na Homolce ve spolupráci s Ústavem jaderného výzkumu Řež, a. s., jako modelový projekt Mezinárodní agentury pro atomovou energii. Cílem projektu bylo doložit, že je vhodné PET implementovat i do zemí na podobném stupni rozvoje, na jakém se tehdy nacházela Česká republika. PET centrum Praha toto prokázalo již krátce po svém vzniku a stalo se cílem mnoha pracovních návštěv a místem stáží pro zájemce z celého světa a později i z ČR, kde se tato technologie postupně rozšiřovala. Kromě PET technologie má oddělení nukleární medicíny na Homolce k dispozici SPECT a radiofarmaceutickou laboratoř a do konce roku 2018 provozovalo také imunoanalytickou laboratoř.

Milníky:

- 1999 – instalace PET skeneru a první FDG-PET vyšetření v ČR a v postkomunistické Evropě
- 1999 – první off-line fúze PET/CT a PET/MR v ČR
- 2003 – instalace PET/CT skeneru a první hybridní in-line PET/CT vyšetření v ČR a v postkomunistické Evropě
- 2005 – první vyšetření osteoblastické aktivity v ČR pomocí PET s NaF
- 2006 – první vyšetření mitotické aktivity v ČR pomocí PET s FLT
- 2008 – první vyšetření dopaminergního transportu v ČR pomocí PET s FDOPA
- 2008 – výměna prvního PET skeneru za druhý PET/CT skener
- 2012 – zavedení vyšetření metabolismu fosfolipidů pomocí PET s FCh
- 2016 – zavedení vyšetření β -amyloidu pomocí PET s FMM, FBP a FBB
- 2017 – obměna prvního PET/CT skeneru za nový
- 2017 – 100tisící PET vyšetření v Nemocnici Na Homolce
- 2019 – zavedení vyšetření aminokyselinového metabolismu pomocí PET s FCV



ISO 9001

LL-C (Certification)



Recepce

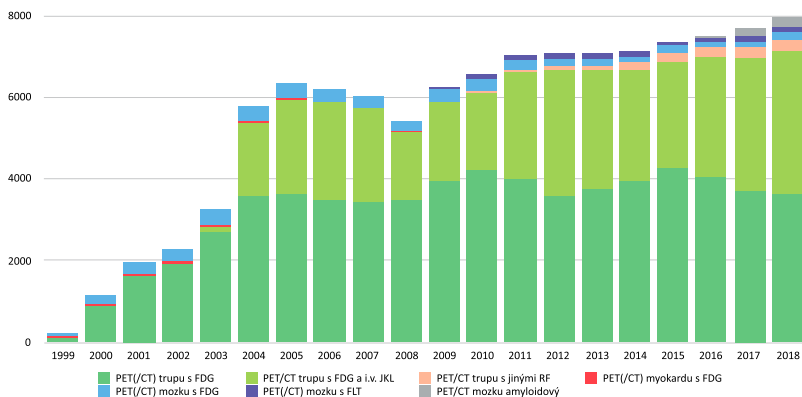


Čekárna

Kapacitní možnosti

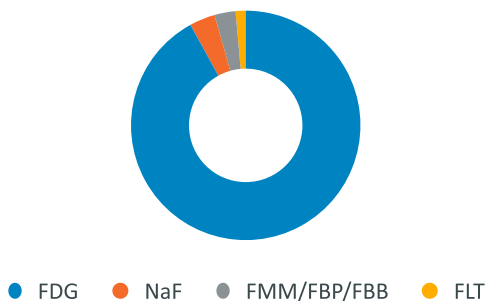
Po celou 20letou historii si pracoviště stále udržuje tuzemský primát v počtu prováděných PET a PET/CT vyšetření. V roce 2018 se přiblížilo k hranici 8 000 vyšetření za rok.

Vývoj počtů PET a PET/CT vyšetření



Objednací lhůta se dlouhodobě pohybuje kolem tří týdnů, ale většinu vyšetření, na které je spěch, jsme schopni provést mnohem dříve.

Zastoupení radiofarmak v roce 2018



Odedávna sloužíme pacientům z celé ČR. S ohledem na zahušťování sítě PET pracovišť v posledních letech výrazně ubylo pacientů ze vzdálených krajů a zvyšuje se podíl pacientů z Prahy, Středočeského a Libereckého kraje, pro které se tak vyšetření stává mnohem dostupnějším.

Personál

V recepci zpracovávají objednávky a přijímají pacienty k vyšetření tři pracovnice:



Ludmila Kašáková



Dana Mrázová



Alena Mudrová

Během vyšetření se o pacienty stará sedm radiologických asistentů, tři sestry pro nukleární medicínu a jedna sanitářka. Pro práci v radiofarmaceutické laboratoři jsou k dispozici dvě specialistky. Služby radiologického fyzika zajišťuje oddělení lékařské fyziky.



Bc. Petra Chrobáková

vrchní sestra



Ing. Eva Drncová

osoba odpovědná
za přípravu radiofarmak



Ing. Petra Dostálová

klinická radiologická fyzika

Hybridní PET/CT vyšetření představují pomezí dvou oborů – nukleární medicíny a radiodiagnostiky. Na pracovišti aktuálně pracuje deset lékařů, všichni se specializovanou způsobilostí v nukleární medicíně (4,0 úvazku) nebo v radiologii a zobrazovacích metodách (3,8 úvazku). Než je novému lékaři umožněno samostatně uvolňovat nálezy, musí provést alespoň 600 vyšetření pod odborným dohledem specialisty druhé odbornosti. I poté může kdykoliv požádat o supervizi či druhé čtení. Za posledních 7 let žádný lékař nerozvázel pracovní poměr, což svědčí o vysoké stabilitě pracoviště.



Naši lékaři	Typ specializace
 doc. MUDr. Otakar Bělohávek, CSc. primář tel.: 257 272 165 otakar.belohlavek@homolka.cz	Nukleární medicína
 MUDr. Silvia Andrášová tel.: 257 272 170 silvia.andrasova@homolka.cz	Radiologie a zobrazovací metody
 MUDr. Pavel Fencel tel.: 257 273 102 pavel.fencel@homolka.cz	Radiologie a zobrazovací metody
 MUDr. Monika Jarůšková tel.: 257 272 171 monika.jaruskova@homolka.cz	Nukleární medicína

Naši lékaři	Typ specializace
 MUDr. Aleš Kavka tel.: 257 272 169 ales.kavka@homolka.cz	Radiologie a zobrazovací metody
 MUDr. Iva Kubíková tel.: 257 273 102 iva.kubikova@homolka.cz	Radiologie a zobrazovací metody
 MUDr. Petra Rodová tel.: 257 272 170 petra.rodova@homolka.cz	Radiologie a zobrazovací metody
 MUDr. Magdaléna Skopalová tel.: 257 272 171 magdalena.skopalova@homolka.cz	Nukleární medicína

Naši lékaři	Typ specializace
 MUDr. Helena Svobodová tel.: 257 272 170 helena.svobodova@homolka.cz	Radiologie a zobrazovací metody
 MUDr. Gabriela Szárazová tel.: 257 272 170 gabriela.szarazova@homolka.cz	Nukleární medicína
 MUDr. Kateřina Šimonová tel.: 257 273 102 katerina.simonova@homolka.cz	Nukleární medicína

Radiofarmaka

Radiofarmaka odebíráme od výrobců/distributorů na základě výsledků výběrových řízení. Všechna jsou značena pomocí radioaktivního fluoru ^{18}F , který má poločas rozpadu 110 minut, tzn. objednávané je pro konkrétní vyšetření a nelze je skladovat.

Aktuální dodavatelé	Radiofarmakum
ÚJV Řež, a. s.	FDG
RadioMedic s.r.o.	NaF, FLT
M.G.P. spol. s r.o.	FMM, FCV (dovoz z Rakouska)

Přístrojové vybavení

Všechna PET/CT vyšetření provádíme na dvou nejmodernějších hybridních skenerech Biograph s vysokým rozlišením od firmy Siemens. Oba skenery vynikají širokým portálem, který snižuje klaustrofobii a umožňuje vyšetření i velmi obézních pacientů, do 227 kg. Dlouhé zorné pole v axiálním směru zajišťuje vysokou citlivost skenerů, která má pozitivní vliv na kvalitu obrazu, snížení radiační zátěže pacientů a dobu snímání. CT části skenerů jsou vybaveny citlivými detektory a moderními algoritmy pro redukci pacientské dávky včetně 4D modulace proudu.



PET/CT skener Siemens Biograph 40 TrueV HD



PET/CT skener Siemens Biograph mCT 40 TrueV UHD Flow



SPECT skener Siemens E.CAM



Zařízení pro práci s radiofarmaky

Kvalitativní znaky pracoviště



ISO 9001

LL-C (Certification)

Před 20 lety jsme byli v ČR jediní a neměli se s kým srovnávat. Byly na nás upřeny zraky široké, nejen zdravotnické veřejnosti. Abychom obstáli a vybudovali kredit nové metody i svému pracovišti, věnovali jsme od počátku velkou péči kvalitě poskytovaných služeb. Bezpečnost a spokojenost pacientů a jejich ošetřujících lékařů byly a jsou pro nás nejvyšším cílem. Samozřejmostí pro nás je dodržování veškeré legislativy. Nastavené procesy máme již 15 let certifikované podle normy ISO 9001. V průřezových anketách zjišťujících spokojenost pacientů máme výborné výsledky, v minulosti se naše průměrné známky (způsob hodnocení jako ve škole) pohybovaly kolem hodnoty 1,20 a letos jsme dosáhli známky 1,05 v hodnocení vstřícnosti k pacientům a úrovně jednání s nimi, srozumitelnosti informací a míry soukromí. Hodnocení délky objednáci lhůty ze strany pacientů se dlouhodobě pohybovalo kolem známky 1,67, letos bylo dosaženo známky 1,37, což svědčí o dobré dostupnosti PET/CT. Obdobné výsledky přinášejí i ankety zaměřené na indikující lékaře. Pro podporu efektivního řízení všech procesů a zajištění managementu kvality jsme vyvinuli vlastní software QuaMan®.

Naše pracoviště je vyhledáváno organizátory klinických hodnocení, a to nejenom při testování radiofarmak, ale především v situacích, kdy PET/CT slouží jako vstupní kritérium anebo kritérium úspěšnosti léčby. Kromě mnoha desítek různých onkologických studií jsme se v poslední době stali centrem pro zobrazování β -amyloidu pro více než desítku zkoušejících pracovišť. Jsme držiteli certifikátu správné klinické praxe.

Dlouhodobě si udržujeme akreditaci pro specializovaný výcvik lékařů v oboru nukleární medicína. Postupně jsme si vychovali čtyři vlastní specialisty a kontinuálně poskytujeme dvoutměsíční akreditované stáže zaměřené na PET/CT. Naše pracoviště se dále podílí na výuce radiologických asistentů, techniků a fyziků formou výukových praxí a formou spolupráce při tvorbě bakalářských a diplomových prací.

V průběhu 20 let jsme publikovali 84 písemných prací, z toho 23 v časopisech s impakt faktorem, které byly citovány ve více než 1 200 dokumentech; čtyři naše práce mají více než 100 citací. Vydali jsme dvě vlastní monografie a přispěli jsme nepřeborným množstvím kapitol do dalších knih, o přednáškové činnosti ani nemluvě. Podíleli jsme se na řešení 12 účelových grantů vyhodnocených známkou V (vynikající výsledky projektu s mezinárodním významem), z nichž jeden byl oceněn cenou ministra zdravotnictví. V rámci institucionální podpory jsme navíc řešili jeden výzkumný projekt.

Organizace vyšetření

PET centrum sídlí v samostatné budově v areálu Nemocnice Na Homolce. Přístup je popsán na webu <http://onm.homolka.cz> v sekci *Pro pacienty*. Aby vyšetření mohlo proběhnout, je třeba přesně koordinovat čas příchodu vyšetřovaného pacienta s časem dodávky radiofarmaka, které vyrábí externí výrobce a které je do PET centra leckdy dopravováno i ze zahraničí. Ojedinělá zpoždění dodávek radiofarmaka či úplné výpadky jejich produkce nemůžeme nikterak ovlivnit.

Všechna PET/CT vyšetření jsou plně hrazena z veřejného zdravotního pojištění v počtu maximálně 4 vyšetření za posledních 350 dní. Při vyšší frekvenci je třeba žádat revizního lékaře o schválení.

Na vyšetření se lze objednat:

- telefonicky na číslech **257 272 165** nebo **257 273 244**, a to v pracovní dny v době od 8:00 do 14:30 hod. V tomto případě rovnou dohodneme vhodný termín. Při objednání je třeba sdělit typ požadovaného vyšetření, rodné číslo a jméno pacienta, jeho mobilní telefonní číslo, typ zdravotního pojištění, orientační hmotnost, léčbu diabetu, předpokládaný způsob transportu a dále kontakt na indikujícího lékaře včetně IČP jeho pracoviště;
- doručením kompletně a čitelně vyplněné žádanky, a to:
 - faxem: **257 272 163**,
 - e-mailem: **nm@homolka.cz**,
 - poštou nebo osobně (jediné řešení konformní GDPR).
V tomto případě pacienta budeme telefonicky kontaktovat a dohodneme s ním termín vyšetření.

Tři pracovní dny před termínem vyšetření je pacientům automaticky odeslána SMS s připomenutím blížícího se vyšetření.

Žádanky

Žádanky pro jednotlivé typy vyšetření jsou k dispozici v sekci *Naše služby* na našem webu: <http://onm.homolka.cz>. Vždy je nezbytné uvést na žádanku nebo k ní přiložit dostatek údajů ohledně současného onemocnění – histologii, termín operace, průběh hojení, termín posledního podání chemoterapie a imunoterapie, termín skončení radio-terapie (případně rozsah ozařovaného pole) a také informaci o případných předchozích onkologických onemocněních a operacích. Dostatek informací usnadňuje interpretaci nálezů a umožňuje přesnější diferenciální diagnostiku.

Vždy je vhodné zaslat systémem ePACS obrazovou dokumentaci z předchozích CT vyšetření pro porovnání nálezu. U vyšetření mozku je klíčové dodat MR mozku. Informaci o tom prosíme poznamenat na žádanku.

U pacientů objednávaných k PET/CT vyšetření s intravenózním podáním jodové kontrastní látky musí indikující lékař předem zvážit obecné kontraindikace jejího podání. Na žádanku je třeba uvést hodnotu sérového kreatininu.

Distribuce výsledků probíhá následujícími cestami:

- Výsledky typicky odesíláme následující pracovní den po vyšetření doporučeným dopisem adresovaným na oddělení/kliniku, které si vyšetření vyžádaly.
- Pacientům, kteří chtějí nález doručit odesílajícímu lékaři osobně, výsledky vydáme a poštou je už neodesíláme.
- S Nemocnicí Na Homolce lze sjednat bezúplatnou smlouvu, která externím lékařům umožní zabezpečený adresný elektronický dálkový přístup k textovým popisům výsledků vyšetření následující den po jejich uvolnění.
- Při uvolnění výsledku od nás automaticky odchází i veškerá pořízená obrazová dokumentace elektronickým systémem ePACS.
- S výsledkem vyšetření seznamujeme pacienta jen na jeho výslovné přání, popř. mu vydáme kopii vyšetření.
- Rádi indikujícím lékařům zodpovíme dotazy týkající se interpretace konkrétního nálezu, případně zprávu doplníme a vytvoříme doplňující obrazovou dokumentaci. Ideální je však veškeré požadavky vyjádřit už na žádance.

PET/CT technologie

Hybridní PET/CT vyšetření představuje samostatný druh vyšetření, kdy PET i CT složka musí být navzájem přizpůsobeny. Nejedná se o prostý součet PET a CT vyšetření, ale o jejich modifikace s cílem přinést komplexnější klinicky relevantní informace, a to i za cenu určitých kompromisů především u CT složky. Samostatné provádění PET vyšetření na hybridním PET/CT skeneru není vhodné z důvodu omezených možností zpracování obrazu a samostatné provádění CT vyšetření by představovalo plýtvání finančními prostředky (suboptimálně využitý nákladný skener a paralelně se rozpadající drahé radiofarmakum).

Vyšetření sestává z nitrožilní aplikace radiofarmaka, různě dlouhé akumulací fáze (typicky 4–90 minut), kdy pacient čeká v čekárně, a pak vlastního cca 20–30minutového snímání dat v hybridním skeneru. Snímání začíná CT skenem a ten je bezprostředně následován PET skenem. Během této doby je třeba, aby pacient nehybně ležel na vyšetřovacím stole, který se s pacientem pohybuje otvorem skeneru. Po předchozí dohodě lze vyšetřovat i pacienty v anestezii.

Nejedná-li se o cílené vyšetření mozku nebo cílené vyšetření páteře, je typický rozsah snímání od proximálních čtvrtin femurů po bázi lebni. Na zvláštní přání lze rozsah snímání prodloužit.

PET složka PET/CT vyšetření

Pro PET složku vyšetření je vždy nutné nitrožilně podat radiofarmakum. Záření, které emituje, je zachyceno prstencovým detektorem a podává informace o funkčních vlastnostech tkání v závislosti na druhu podaného radiofarmaka. Nám dostupná radiofarmaka jsou značena radionuklidem fluoru ^{18}F , který má poločas rozpadu 110 minut a rychle se přeměňuje na stabilní kyslík, tj. za necelé 2 hodiny je ho polovina, za další 2 hodiny čtvrtina, pak osmina atd. Z hlediska látkového množství či hmotnosti se podávají zanedbatelná množství radiofarmaka, která nemají žádné farmakodynamické účinky. Jedná se o neinvazivní vyšetření nenarušující fyziologické procesy. Používají se následující radiofarmaka:

- **FDG:** Podává informace o konzumaci derivátu glukózy. Zvýšená akumulace bývá u fokálních zánětů a u většiny neoplazií (ne všechny jsou ale vždy FDG avidní – např. karcinom prostaty, neuroendokrinní tumory). Snímání zahajujeme cca mezi 60. a 90. minutou po aplikaci FDG.
- **FCV:** Podává informace o utilizaci syntetické aminokyseliny. Indikován je zatím jen u laboratorní recidivy karcinomu prostaty. Snímání zahajujeme krátce po aplikaci FCV.

- **FLT:** Podává informace o mitotické aktivitě. Zvýšená akumulace bývá u neoplazií, ale nespecificky i u zánětů; uniká ovšem i porušenou hematoencefalickou bariérou. Snímání zahajujeme v 15. minutě po aplikaci FLT.
- **NaF:** Podává informace o osteoblastické aktivitě, tedy o reakci kosti na dřeňovou metastázu či zánět a o degenerativních kloubních postiženích. Snímání zahajujeme cca v 50. minutě po aplikaci NaF.
- **FMM/FBB/FBP:** Podává informace o přítomnosti β -amyloidu v mozku. Snímání provádíme dvoufázově, první část spouštíme spolu s aplikací radiofarmaka, druhou zahajujeme v 90. minutě.

Podmínkou pozitivitu nálezu je nakupení radiofarmaka s dostatečným kontrastem vůči okolnímu pozadí. Některé neoplazie typicky dosahují vysokého kontrastu, takže lze zobrazit ložiska už od několika málo milimetrů v průměru. Jiné neoplazie akumulují radiofarmakum podobně jako okolní tkáň, a tedy mohou být v PET obrazu neidentifikovatelné i přes své velké rozměry.

Míru intenzity akumulace radiofarmaka lze vyjádřit i kvantitativně, pomocí tzv. SUV. S tímto vyjádřením se lze setkat především v odborné literatuře při statistickém porovnávání datových souborů. U konkrétního pacienta je však hodnota ovlivněna jeho aktuálním metabolickým stavem a řadou dalších technologických faktorů, takže by byla v klinické praxi stanovena s blíže neurčenou chybou. Z těchto důvodů využíváme SUV jen v rámci kontrolovaných klinických studií, a nikoliv v rutinní praxi, kde SUV neřekne více než vizuální zhodnocení obrazových dat.

CT složka PET/CT vyšetření

PET/CT skener umožňuje provádět podpůrnou CT složku vyšetření v nejrůznějších režimech v závislosti na tom, co si indikující lékař od vyšetření slibuje. K dispozici máme jodovou kontrastní látku pro perorální i intravenózní podání.

Perorální podání: 1 000 ml vodného roztoku JKL pro lepší zobrazení střevní náplně. Přestože se do krve vstřebává jen minimum jódu, nepodáváme u alergií na jód nebo před plánovaným vyšetřením či léčbě radiojodem. Rovněž nepodáváme pacientům s omezením příjmu tekutin nebo nauzeou.

Intravenózní podání: až 100 ml neionické JKL (aktuálně Xenetixu 350) pro lepší zobrazení cévních struktur a parenchymových orgánů. Striktně respektujeme kontraindikace, jako je závažná porucha funkce ledvin, alergie na jód a přípravky s jodem, hypertyreóza, jaterní insuficience, krevní choroby s možným negativním vlivem na funkci ledvin

(mnohočetný myelom, Waldenströмова paraproteinémie, srpkovitá anémie), probíhající či plánovaná léčba radiojódem, užívání biguanidů v posledních 48 hodinách, kardiální insuficience, plicní edém, feochromocytom, poruchy centrálního nervstva, těhotenství a kojení. **Cave: JKL se podává tlakovým injektorem a kromě možné lokální paravazace může vážným způsobem ovlivnit i celkový zdravotní stav pacienta (anafylaktická reakce, alergizace, nefrotoxicita).**

V naší praxi vykristalizovaly 3 typické varianty CT složky vyšetření:

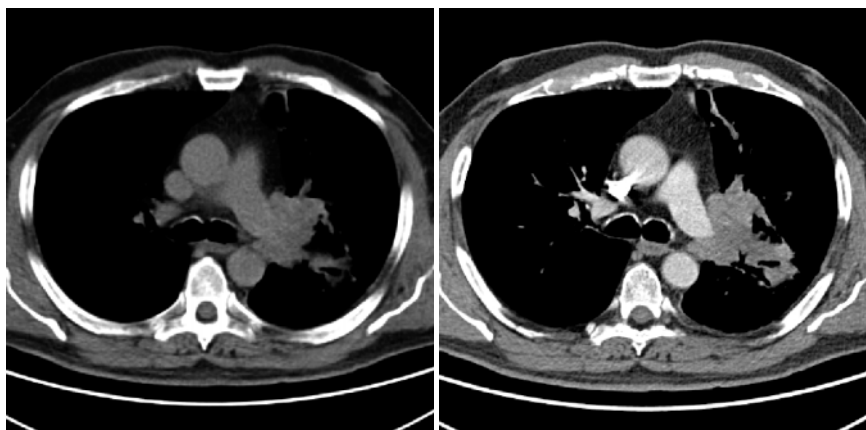
- nativní CT s velmi nízkou dávkou záření pro účely korekce PET zobrazení a hrubou anatomickou lokalizaci PET nálezu,
- CT s nízkou dávkou záření a obvykle i perorálně podanou JKL pro účely poměrně přesné anatomické lokalizace PET nálezu a vyhodnocení mnohých anatomických/strukturálních souvislostí,
- CT s o něco nižší než obvyklou dávkou záření a perorálně a intravenózně podanou JKL pro účely přesné anatomické lokalizace PET nálezu.

Přestože výše uvedená CT vyšetření přinášejí velmi mnoho strukturálních a anatomických informací, nepředstavují plnohodnotné cílené CT vyšetření. Důvodem je nutnost přizpůsobení CT vyšetření PET složce (dýchání, fáze kontrastování, nižší dávka s ohledem na rozsah snímání). Nicméně v klinické praxi může PET/CT v mnoha případech nahradit plnohodnotné CT vyšetření, které již není třeba doplňovat. Jindy je naopak vhodné doplnit cílené CT vyšetření. Z provozních důvodů t. č. rutinně provádíme v rámci PET/CT plnohodnotná CT vyšetření cílená jen na ORL oblast, v ostatních případech je vhodnější využít místně příslušná radiodiagnostická pracoviště pro doplnění plnohodnotného CT.

Pro volbu vhodné strategie platí následující obecná pravidla:

- nativní CT s velmi nízkou dávkou záření:
 - PET/CT mozku s jakýmkoliv radiofarmakem,
 - PET/CT skeletu s NaF,
- nativní CT s nízkou dávkou záření:
 - PET/CT s FCV,
- CT s nízkou dávkou záření a perorálním podáním JKL:
 - ve většině případů vyšetření trupu, kdy jde o posouzení přítomnosti a rozsahu nádorového/zánětlivého onemocnění nebo efektu léčby,
 - vždy, bylo-li CT s intravenózně podanou JKL již provedeno a je k dispozici (opakování intravenózního podání JKL je v tomto případě kontraindikováno),

- CT s intravenózním a perorálním podáním JKL:
 - jen jedná-li se o potřebu přesnější lokalizace v anatomicky složitých oblastech (pankreas, ORL oblast, mediastinum) a nestačí informace o přítomnosti neoplazie.



Na obrázcích je pacient vyšetřovaný v rámci vstupního stagingu pro plicní tumor bez intravenózního podání JKL (vlevo) a s intravenózním podáním JKL (vpravo). Bez JKL nelze posoudit vztah tumoru k plicnici. V takovéto situaci by se nabízely dvě možné strategie postupu:

- a) přehledné celotělové PET/CT vyšetření s JKL,
- b) nízkodávkové PET/CT vyšetření bez intravenózní aplikace JKL – v tom případě:
 - i. při zjištění generalizace v PET obraze zahájit systémovou léčbu bez dalšího vyšetřování,
 - ii. při zjištění lokalizovaného FDG avidního onemocnění doplnit kontrastní CT vyšetření cílené na plíce k posouzení operability.

Výhodou druhé varianty oproti první je celkově šetrnější postup a vyšší kvalita případně doplněného cíleného CT vyšetření pro posouzení operability, nevýhodou jsou dvě vyšetření u podskupiny potenciálně operabilních pacientů. S ohledem na plné vytížení nákladných PET/CT skenerů, nutnost využít dodané rychle se rozpadající nákladné radiofarmakum a časovou souslednost nejsme na našem pracovišti t. č. schopni průběžně doplňovat cílená CT vyšetření dle mezitím vyhodnocených PET nálezů a nezbývá než odkázat na místně příslušné radiodiagnostické pracoviště.

Příprava pacientů

V závislosti na druhu PET/CT vyšetření je třeba pacienta předem řádně připravit. Základní podmínkou vyšetření je schopnost ležet 30 minut bez pohnutí. U fertilních pacientek je nutno vyloučit těhotenství, u kojících pacientek předem provést konzultaci, stejně jako v nezbytných případech vyšetření u těhotných. Pacienti jsou na našem oddělení poučeni o rizicích ionizujícího záření a zásadách radiační ochrany svých blízkých; tyto informace by v základní formě měli obdržet již od svého odesílajícího lékaře. K PET/CT vyšetření prosím odesílejte pouze poučené, motivované a disciplinované pacienty. Nákladné radiofarmakum nelze skladovat, nakupujeme jej pro konkrétní pacienty a na konkrétní čas. Nedostavení se k vyšetření, velké zpoždění anebo chybná příprava nám způsobuje velké finanční ztráty. Vyšetření prosím případně odvolávejte s co největším předstihem, jedině tak můžeme na uvolněný termín sehnat náhradníka. Pacienta prosím informujte o délce vyšetření 1–3 hodiny, a to v závislosti na délce akumulační fáze a dopravní situaci ovlivňující dodávku radiofarmaka.

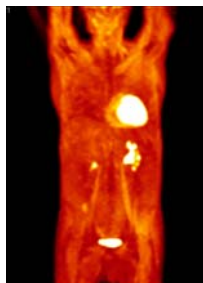
Vyšetření s FDG pro zobrazení nádoru/zánětu vyžaduje:

- zajištění minimální inzulinémie, aby podaný radioaktivní derivát glukózy nevstoupil do zdravých tkání a nezhoršil kontrastní poměry a výpovědní hodnotu vyšetření, tj.:
 - lačnění 6 hodin před vyšetřením,
 - vynechání ranní dávky perorálních antidiabetik v den vyšetření,
 - vynechání ranní dávky inzulinu v den vyšetření a event. vypnutí inzulinové pumpy 4 hodiny před vyšetřením.

Z těchto důvodů objednáváme diabetiky na ráno a pacienty po aplikaci inzulinu jsme nuceni přeoobjednat na jiný den;

- pro zobrazení zánětu v srdci tučné poslední jídlo a pak prodloužené lačnění 18 hodin před vyšetřením;
- dobrou hydrataci prostou vodou (může být perlivá, ale bez příchuti) pro snížení artefaktů způsobených aktivitou v moči a pro snížení radiační zátěže pacienta;
- teplé oblečení, aby nedošlo k aktivaci hnědého tuku a ke zhoršení přehlednosti zobrazení;
- sníženou tělesnou námahu 2 dny před vyšetřením pro snížení akumulace ve svalch.

Ukázky chybné přípravy:



Nedodržení lačnění vedlo ke zvýšené akumulaci FDG v měkkých tkáních vč. myokardu, a tím pádem ke zvýšení pozadí a zhoršeným kontrastním poměrům vůči možnému ložisku, které nebylo identifikováno.



Špatná hydratace vedla k vysoké koncentraci vyloučeného radiofarmaka ve vývodných cestách močových a jejich zbytečně vysoké radiační zátěži. Obraz byl hodnotitelný až po jeho dalších úpravách.



Chladová zátěž u asteničky vedla k fyziologické aktivaci hnědého tuku na šíji, v axilách, paravertebrálně a kolem jater, která může maskovat případnou neoplazii v těchto lokalitách.

Vyšetření s FCV pro zobrazení karcinomu prostaty vyžaduje:

- lačnění 4 hodiny;
- omezení pití na minimum v posledních 4 a zvláště v posledních 2 hodinách před vyšetřením.

Vyšetření s NaF, FLT, FMM, FBB, FBP vyžaduje:

- dobrou hydrataci pro snížení radiační zátěže pacienta a event. snížení artefaktů způsobených aktivitou v moči.

Vyšetření s intravenózním podáním JKL vyžaduje:

- anamnestické vyloučení alergie na jód a JKL, těhotenství, kojení, tyreotoxikózy, feochromocytomu, myelomu, paraproteinémie, srpkovité anémie, jaterní a srdeční insuficience;
- laboratorní vyloučení snížených renálních funkcí. Podání JKL u pacientů se sníženými renálními funkcemi není v případě PET/CT obvykle dobře zdůvodněno, v tomto případě je vhodnější doplnit cílené CT vyšetření s JKL ve druhé době a zajistit dialýzu;
- dobrou hydrataci pro snížení zátěže / rizika poškození ledvin;
- vysazení biguanidů na 48 hodin před vyšetřením a jejich opětovné nasazení až po 48 hodinách a po ověření renálních funkcí (pacientovi vydáváme informaci pro ošetřujícího lékaře).

Použití žilních vstupů

Pokud je indikováno vyšetření s intravenózním podáním JKL, musíme zajistit žilní vstup s využitím materiálu, který je certifikovaný pro tlakové aplikace JKL. Když se k nám dostaví pacient se zajištěným žilním vstupem spolu s dokladem, že je vhodný pro tlakovou aplikaci, pak jej rádi využijeme. Nemáme-li k dispozici takový doklad, nemůžeme z bezpečnostních důvodů využít tento žilní vstup a musíme zavést vlastní periferní kanylu. Naopak k aplikaci radiofarmaka lze bez problémů využít jakýkoliv funkční žilní vstup.

Při aplikaci do portů respektujeme doporučení výrobců používat jimi předepsané jehly. Přestože máme k dispozici jehly kompatibilní s nejběžnějšími porty, nemůžeme garantovat dostupnost jehel pro úplně všechny typy portů. Dostupnost pro konkrétní port doporučujeme předem ověřit u vrchní sestry na tel. **733 145 906**.

Průvodce PET/CT vyšetřeními

Aktuálně nabízíme několik typů PET/CT vyšetření, pro které lze stáhnout optimalizované žádanky z našeho webu <http://onm.homolka.cz>.

PET/CT trupu s FDG (glykolytická aktivita)

Jedná se o vůbec nejběžnější PET/CT vyšetření, protože hypermetabolismus glukózy, a tedy zvýšená akumulace FDG je obecným znakem celé řady nádorů a zánětů. Vyšetření je vhodné zvážit při následujících indikacích:

- lokalizaci neznámé primární neoplazie,
- posuzování biologického chování známého tumoru obvykle v případě nedostupné/nepřínosné biopsie,
- posuzování rozsahu nádorového onemocnění (vstupním stagingu a restagingu),
- posuzování efektu protinádorové léčby,
- průkazu recidivy neoplazie (např. při dynamickém růstu nádorových markerů),
- horečky neznámého původu,
- systémových onemocněních (vaskulitis, polymyalgia rheumatica, retroperitoneální fibróza apod.),
- pooperační infekci (i latentní, např. u cévních protéz).

Vyšetření má vysokou detekční schopnost u většiny karcinomů ORL oblasti, plic, gastrointestinálního traktu, prsu, u gynekologických nádorů, lymfomů, melanomu. Některé typy nádorů však akumulují FDG nepravidelně (zvýšeně jen jejich agresivnější či anaplastické formy). Patří mezi ně karcinom prostaty, ledvin, štítné žlázy, neuroendokrinní tumory, hepatocelulární karcinom, sarkomy a dále tumory s malým podílem buněčné složky (např. mucinózní karcinomy pankreatu nebo žaludku) nebo lepidicky rostoucí karcinomy, MALT lymfomy apod.

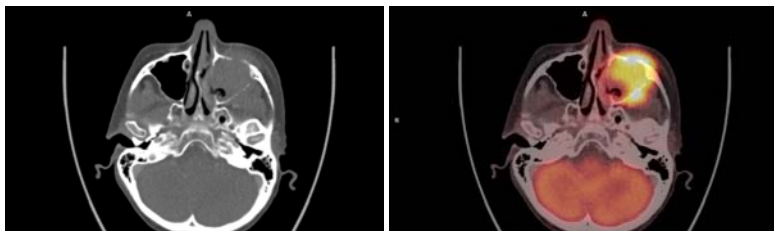
Fyziologicky vyloučená aktivita do moči komplikuje a mnohdy i znemožňuje detekci neoplazie či zánětu v ledvinách a ve vývodných cestách močových. Naopak i některé benigní léze mohou vykazovat zvýšenou konzumpci glukózy – adenomy, divertikly, aktivované tonsily a lymfatické uzliny, hojící se operační rány.

Zásadním přínosem PET/CT vyšetření s FDG je lokalizace hypermetabolismu v těle vyšetřovaného, jeho slabinou je, že není schopno mikromorfologického určení, zda se jedná o maligní/benigní tumor, zánět, nebo fyziologickou aktivaci. Specifikace nálezu probíhá při formulování diagnostického závěru nepřímou na základě dalších průvodních znaků a doplňujících informací, jsou-li k dispozici.

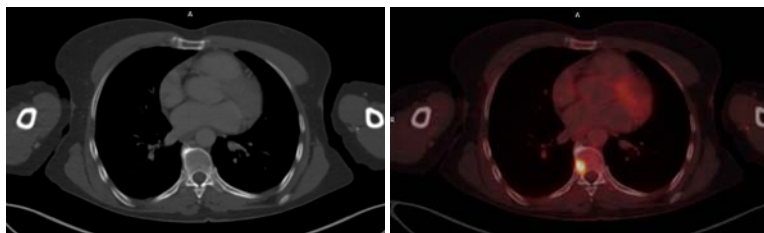
Kazuistika 1:

Pacientka s malobuněčným neuroendokrinním karcinomem levého maxilárního sinu bez prokázané lymfadenopatie krku. Byl zvažován chirurgický výkon. Doplněno vstupní stagingové PET/CT vyšetření s FDG, které odhalilo:

- a) objemný hypermetabolický tumor levého maxilárního sinu, který se přes uzurouvanou kost vyklenuje do očníce a do levé temporální fossy,



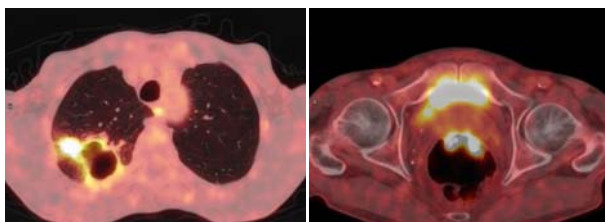
- b) hypermetabolické ložisko v kostní dřeni bez CT korelátu.



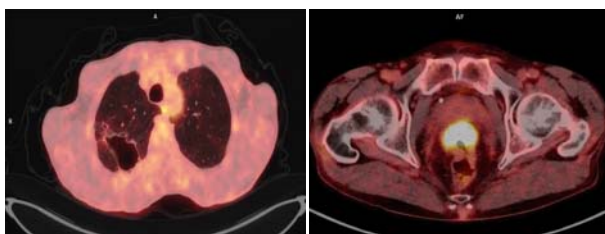
Další postup: Na základě prokázané generalizace bylo ustoupeno od mutilujícího chirurgického zákroku a byla zahájena systémová chemoterapie.

Kazuistika 2:

Onkologicky rizikový pacient s BK negativní rozpadovou kavernou byl odeslán ke vstupnímu stagingu suspektní neoplazie. PET/CT vyšetření odhalilo: Hypermetabolismus glukózy v nepravidelně zesílené stěně kaverny v horním laloku pravé plicé a v denzní struktuře v septu S2/3 vpravo. Vedlejším nálezem byl hypermetabolický intraluminálně prominující útvar v přední stěně anorekta.



Oba nálezy byly vyhodnoceny jako onkologicky suspektní a byla doporučena jejich mikromorfologická specifikace. Biopsie plic cílená do maxima hypermetabolismu odhalila zánětlivé změny. Další léčbu i kolonoskopii pacient odmítl. Vrátil se za 6 měsíců pro krvácení ze stolice. Opakované PET/CT vyšetření odhalilo normalizaci metabolismu v plicí a zřetelnou progresi tumoru v rektu.



Závěr: Ne vše, co je hypermetabolické, představuje neoplazii. A naopak i klinicky nerelevantním nálezům je třeba věnovat pozornost.

Kazuistika 3:

Pacient s horečkou neznámého původu. PET/CT vyšetření odhalilo povšechný hypermetabolismus ve stěně velkých arterií.

Závěr: arteritis.



PET/CT mozku s FDG (glykolytická aktivita)

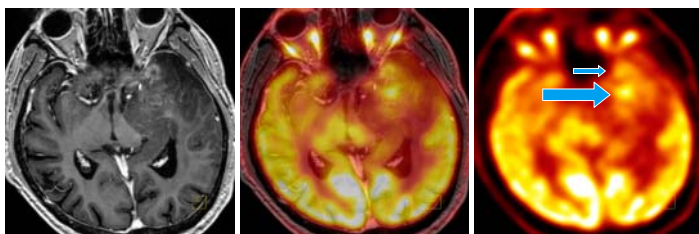
V tělech neuronů, tedy v šedé hmotě mozkové, je za fyziologických podmínek vysoká glykolytická aktivita – tedy i zvýšená akumulace FDG. To umožňuje na jedné straně posuzovat funkční abnormality typu demence nebo epilepsie, na druhé straně to zhoršuje kontrastní poměry v případě zobrazení mozkových tumorů. Z toho důvodu není úloha PET/CT s FDG tak suverénní jako při zobrazování neoplazií mimo mozek. CT složka vyšetření je prováděna v režimu velmi nízké dávky výhradně za účelem korekce absorpce a rozptylu. Velmi přínosné je dodat recentní obrazovou dokumentaci z MR, která by měla vždy předcházet PET/CT vyšetření. Pokud jsou MR i PET/CT vyšetření provedena v krátkém časovém odstupu, pak off-line fúze PET a MR dává topograficky velmi přesné výsledky.

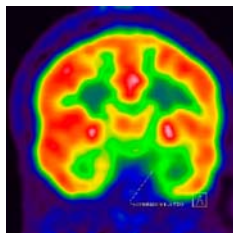
Indikace PET/CT mozku s FDG je racionální pro:

- potvrzení recidivy vysokostupňových gliomů nebo metastáz FDG-avidních tumorů po předchozí terapii při nejednoznačných nálezech na MR;
- průkaz upgradingu původně nízkostupňových gliomů;
- upřesnění metabolicky aktivního cíle pro biopsii;
- farmakorezistentní epilepsii před zvažováním neurochirurgickým výkonem. Interiktální vyšetření obvykle nemá potenciál přesného určení epileptogenního fokusu, je ale důležité pro lateralizaci – zvláště u temporální epilepsie – jako doplněk nálezu MRI. U extratemporálních nonlezionálních epilepsií může pomoci upřesnit, na jakou oblast mozku přiložit invazivní monitorovací elektrody;
- diferenciální diagnostiku demencí. Jedná se o historickou indikaci, dnes je vhodnější využít PET vyšetření β -amyloidu s FMM.

Příklad 1

Off-line fúze MR a PET s FDG u vysokostupňového gliomu recidivujícího 3 roky po radioterapii. Patologicky zvýšená glykolytická aktivita i v méně nápadné oblasti dle MR.





Příklad 2

Koronární řez mozkiem, pohled zepředu. Interiktálně zachycený hypometabolismus glukózy v levém temporálním laloku s maximem v oblasti levého hippocampu potvrzuje klinickou diagnózu farmakorezistentní temporální epilepsie vycházející z levého temporálního laloku.

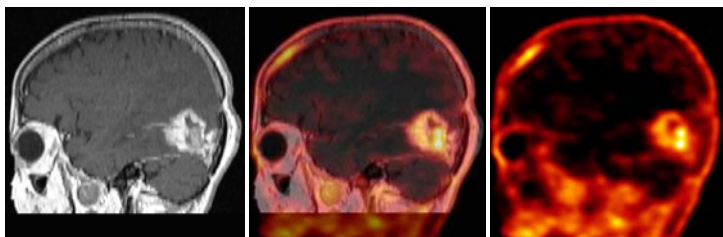
PET/CT mozku s FLT (mitotická aktivita)

FLT – derivát thymidinu – je markerem zvýšené mitotické aktivity. Zvýšeně se akumuluje v proliferující tkáni, tj. v nádorech, méně v zánětlivých ložiscích a fyziologicky např. v hematopoetické kostní dřeni, choroidních plexech, nikoliv však v neuronech. Slabinou metody je fakt, že se toto radiofarmakum zvýšeně akumuluje i v místech porušené hematoencefalické bariéry. Např. po ozáření Leksellovým gama nožem je v místě ozáření akumulace FLT zřetelně zvýšená a jeho aktivita postupně po měsíce až roky klesá. PET s FLT tedy citlivě detekuje recidivu mozkového nádoru, avšak pro svoji nízkou specifčnost ji neodliší od poradiačních změn. Proto FLT využíváme komplementárně s PET vyšetřením s FDG, které je v oblasti mozku naopak méně citlivé, avšak více specifické. Mnohdy však ani obě vyšetření spolu s MR nejsou schopna spolehlivě odlišit recidivu od poradiačních změn a je třeba sledovat vývoj nálezu v čase.

U nízkostupňových gliomů bez porušené hematoencefalické bariéry lze metodu využít pro včasnou detekci upgradingu.

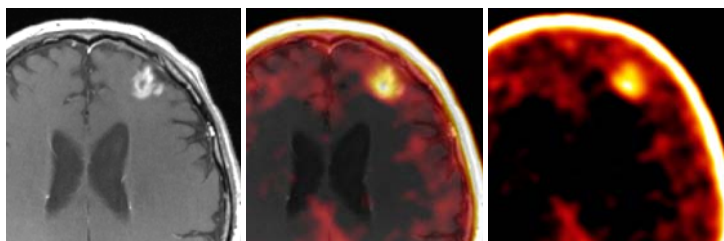
Příklad 1

Off-line fúze MR a PET s FLT u opakované recidivy metastázy karcinomu endometria okcipitálně vpravo po operaci a chemoradioterapii a léčbě Leksellovým gama nožem k posouzení cílení dalšího ozáření gama nožem. V enhacujícím lemu dle MR je difúzně zvýšená akumulace FLT, která představuje porušenou hematoencefalickou bariéru. V její dorzální části je ovšem nakupení FLT výrazně vyšší a zřejmě představuje mitoticky aktivní neoplazii.



Příklad 2

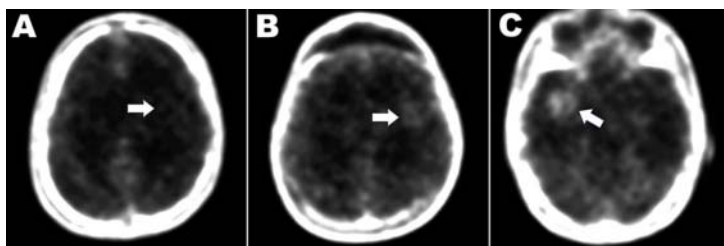
Pacient po léčbě Leksellovým gama nožem – drobné metastázy karcinomu ledviny frontálně vlevo. MR nález postupně progredoval a s ohledem na omezené prostorové rozlišení PET skeneru nebylo možno odlišit fyziologický aktivní lem kolem drobné nekrotické léze od solidního ložiska. Následná histologie prokázala radionekrózu s lemem buněčné gliózy. Nálezy MR i PET s FLT tedy byly falešně pozitivní.



Příklad 3

Ukázky tří různých nálezů nízkostupňových gliomů:

- A. negativní FLT nález, pacient byl sledován 794 dní bez progresce;
- B. hraniční FLT nález, pacient byl sledován 1 000 dní bez progresce;
- C. pozitivní FLT nález, po 44 dnech doložena progresce, pacient zemřel po 1 007 dnech od vyšetření.



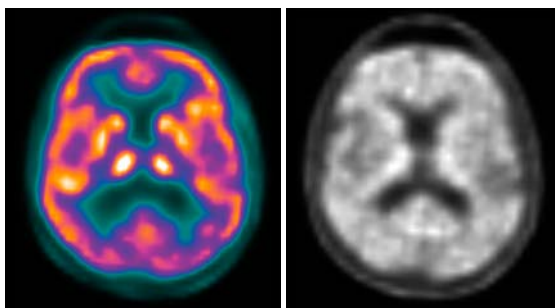
PET/CT mozku s FMM (β -amyloid)

FMM v prvních minutách po aplikaci dává informace o prokrvení mozku. Po akumulární době kolem 90 minut jej fyziologicky nacházíme v bílé hmotě mozku. V šedé kůře se akumuluje jen tehdy, je-li v ní přítomen β -amyloid.

Systém úhrad z veřejného zdravotního pojištění omezuje indikace k vyšetřením jen na vybraná neurologická centra zaměřená na demence v některých diferenciálně diagnostických situacích (aktuálně: VFN, FN Motol, FNKV v Praze, FN Hradec Králové, FNUSA v Brně, FN Ostrava, FN Olomouc, FN Plzeň).

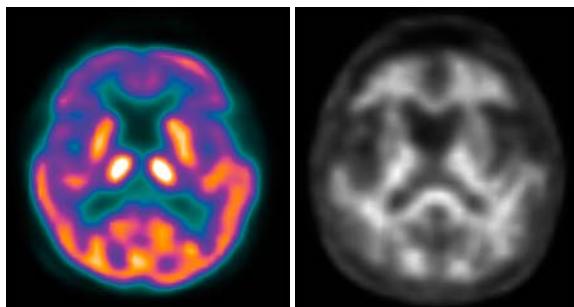
Příklad 1

Vlevo časná (perfuzní) fáze, vpravo pozdní (amyloidová) fáze vyšetření. Víceméně fyziologická distribuce perfuze s naznačeným oslabením temporo-okcipitálně a zvýšená akumulace FMM v šedé kůře mozkové je konzistentní s diagnózou Alzheimerovy choroby.



Příklad 2

Vlevo časná (perfuzní) fáze, vpravo pozdní (amyloidová) fáze vyšetření. Snížená perfuze frontálně a fyziologická akumulace FMM v bílé hmotě mozkové vylučuje Alzheimerovu chorobu a je konzistentní s frontotemporální demencí.



PET/CT skeletu s NaF (osteoblastická aktivita)

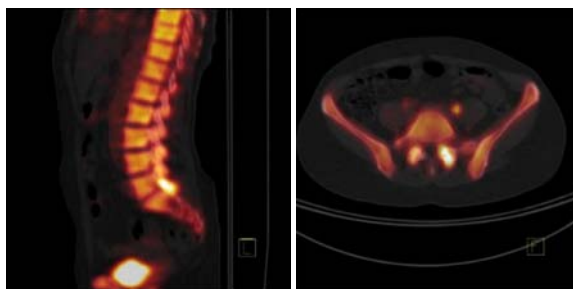
NaF se zvýšeně akumuluje v místech osteoblastické aktivity, tedy v místech zvýšené přestavby kostní struktury – tj. v hojících se frakturách, v degenerativních kloubních změnách, v kostních zánětech a v místech sekundární reakce kosti na dřevňové metastázy nádorů. PET/CT s NaF tedy podává informace o shodných patofyziologických dějích jako běžná kostní scintigrafie, avšak s podstatně vyšší citlivostí a anatomickou přesností.

Indikace PET/CT s NaF je racionální pro:

- přesnou lokalizaci klinicky relevantních degenerativních změn páteře před neurochirurgickým výkonem nebo cíleným obstríkem (zdrojem obtíží jsou často morfologicky nenápadné, rozvíjející se změny, zatímco nápadné pokročilé degenerativní změny již mnohdy bolest nepůsobí);
- posouzení přítomnosti kostních metastáz u nádorů, které často neakumulují FDG a vyvíjejí osteoplastické metastázy (typicky karcinom prostaty), a to ve velmi časně fázi. Citlivost pro průkaz kostních metastáz je podobná jako u jiných radiofarmak cílených na karcinom prostaty (FCV, fluorocholinu, značeného PSMA);
- posouzení klinického významu nejasných sklerotických nálezu v CT obraze;
- posouzení viability kosti (avaskulární nekróza, viabilita kostního štěpu) a další indikace shodné se scintigrafií skeletu.

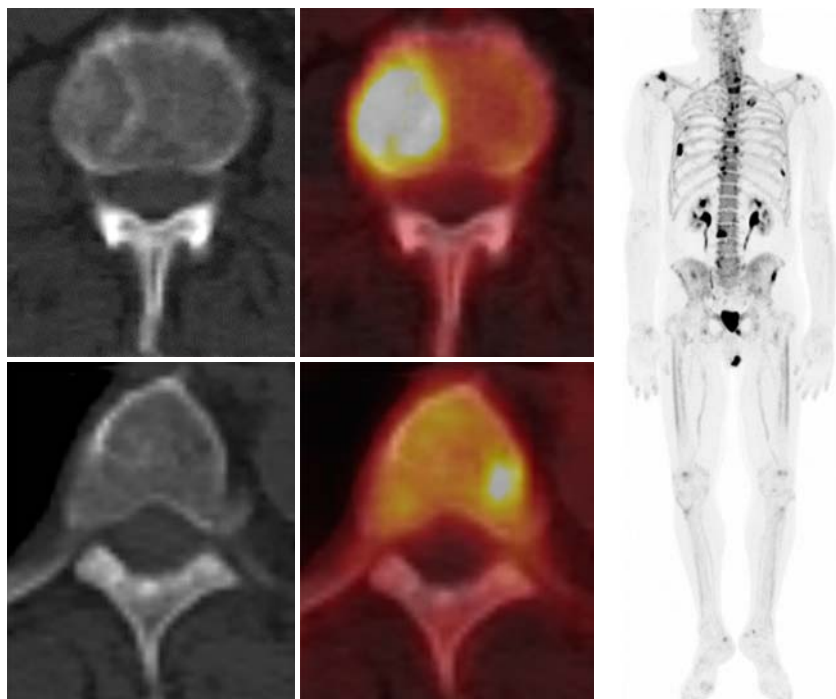
Příklad 1

Průkaz exacerpace změn v intervertebrálním kloubu L5/S1 vlevo vedl k indikaci cíleného obstríku.



Příklad 2

Pacient s laboratorní recidivou karcinomu prostaty a negativním PET/CT vyšetřením provedeným s ^{68}Ga -PSMA v zahraničí. Mnohočetná osteoblastická ložiska ve strukturálně změněné, ale i intaktní kosti svědčí pro generalizaci nádorového onemocnění do skeletu. Nativní CT provedeno v režimu velmi nízké dávky.

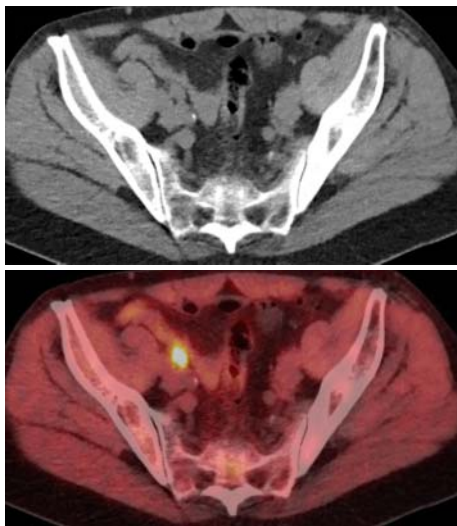


PET/CT trupu s FCV (utilizace aminokyselin)

Pouze některé, obvykle agresivnější formy karcinomu prostaty zvýšeně akumulují FDG a detekční citlivost PET/CT s FDG je uváděna jen kolem 30 %. Alternativou k FDG je pro zobrazení tohoto karcinomu FCV. Indikace k vyšetření je s ohledem na registraci preparátu limitována pouze na situace tzv. biochemické recidivy po radikální léčbě karcinomu prostaty, tj. při stále rostoucích hladinách PSA přesahujících 0,2 mg/l. S rostoucími hladinami PSA a Gleasonovým skóre se zvyšuje pravděpodobnost nálezu ložiskové recidivy, která by měla být s FCV obecně vyšší než při použití fluorocholinu a o něco nižší než při použití velmi slibného, v ČR zatím nedostupného značeného PSMA.

Příklad

Průkaz postižení nezvětšené lymfatické uzliny 11 x 8 mm parailicky vpravo u pacienta 5 měsíců po roboticky asistované radikální prostatektomii pro karcinom prostaty pT3aN0Mx, Gleason 4+3, aktuálně se známkami laboratorní recidivy karcinomu prostaty (PSA = 4,5 µg/l).



Radiační ochrana v nukleární medicíně

Každý pacient musí být předem dostatečně informován o charakteru a potenciálních rizicích vyšetření. Za tím účelem je k dispozici formulář informovaného souhlasu s lékařským ozářením na webu PET centra <http://onm.homolka.cz> v sekci *Pro pacienty*. V případě dotazů lze osobně konzultovat s radiologickou fyzičkou – kontakt: Ing. Petra Dostálová, tel. 257 272 862, 730 190 396.

Pacienti vyšetřovaní v PET centru vyzařují po aplikaci radiofarmaka velmi malé množství neviditelného ionizujícího záření, které v průběhu necelých 24 hodin prakticky vymizí. Ani během této doby pacient neznemá pro své okolí výrazně zvýšené riziko. Nicméně pro snížení ozáření pečujících osob lze doporučit následující principy, jejichž respektování má největší význam v prvních hodinách po aplikaci radiofarmaka (s časem množství záření vycházející z pacienta rychle klesá):

- udržovat větší vzdálenost od pacienta (alespoň 2 metry). Vzdálenost představuje nejúčinnější ochranu;
- na kratší vzdálenost se přibližovat jen na dobu nezbytnou;
- dodržovat obě předchozí pravidla při manipulaci s tělními tekutinami pacienta (práce v rukavicích je samozřejmostí). Tělní tekutiny (moč, stolice, krev, sliny) bývají totiž také radioaktivní;
- pomůcky a prádlo, které přišly do kontaktu s tělními tekutinami pacienta, a vzniklý odpad uložit na 24 hodin stranou (do nepoužívané místnosti, místnosti pro odpady apod.). Není vhodné je okamžitě likvidovat kvůli možnosti kontaminace životního prostředí;
- po použití společné toalety dvakrát spláchnout;
- zamezit dětem a těhotným a kojícím ženám být v blízkém kontaktu s pacientem v průběhu 24 hodin po aplikaci radiofarmaka pro PET a 48 hodin po scintigrafickém vyšetření.

Dávka záření, kterou personál či doprovázející osoba obdrží za 10 minut intenzivní péče o pacienta po propuštění z PET centra, je podobná jako dávka, kterou obdrží cestující při cestě letadlem z Prahy na řecké ostrovy.

Pacienti během PET/CT vyšetření obdrží dávku, která se pohybuje v rozsahu 4–15 mSv (milisievert). Na tyto dávky jsme dobře adaptováni, neboť se celý život pohybujeme v přirozeném radiačním poli, ze kterého obdržíme ročně dávku kolem 3 mSv. Potenciální riziko vyplývající z lékařského ozáření je nesrovnatelně nižší než jiná rizika, s nimiž se v každodenním životě setkáváme a která běžně přijímáme (riziko dopravní nehody, riziko vyplývající z nezdravého životního stylu apod.). Postupy používané na našem pracovišti zajišťují minimalizaci dávky nezbytně nutné pro kvalitní vyšetření. V žádném případě se není třeba obávat přímých účinků radiace, které se projevují až při dávkách nad 1 000 mSv.

Kojící pacientky

U většiny radiofarmak není nutné přerušit kojení. Doporučuje se, aby v období po aplikaci radiofarmaka pacientka vynechala jedno kojení a odsáté mléko znehodnotila.

Pacientkám je doporučeno více pít a močit, aby se radiofarmakum rychleji vyloučilo, a udržovat pokud možno větší vzdálenost od dítěte (výhodné je spát v oddělené místnosti). Vzhledem k možnému zevnímu ozáření kojence se doporučuje omezit blízký kontakt matky s dítětem na maximální dobu 5 hodin během 24 hodin po vyšetření.

Těhotné pacientky

Ročně jsou na celém světě vyšetřovány tisíce žen v době těhotenství. Pro převážnou většinu vyšetřovaných žen je riziko z ozáření plodu nevýznamné a je na stejné úrovni jako ozáření z jiných činností, např. od přírodního pozadí nebo dálkových letů letadlem. Je nutné si uvědomit, že vývojové poruchy, které by vznikly v důsledku PET/CT vyšetření, nelze žádným způsobem odlišit od poruch, které v populaci vznikají na základě jiných příčin.

Radiační zátěž plodu v nukleární medicíně je způsobována především jeho ozářením z obsahu močového měchýře, na který děloha těsně naléhá. Proto je velmi důležité pít dostatečného množství tekutin a zvýšená frekvence močení. Tím je možné nenarozené dítě ochránit nejlépe.

Těhotenství není absolutní kontraindikací vyšetření pomocí ionizujícího záření, nicméně je třeba velmi pečlivě zvážit přínos vyšetření spojeného s lékařským ozářením pro další rozhodování o léčbě. Platí, že při jednom PET/CT vyšetření nebude nutné se radiační zátěží plodu znepokojovat. Opakovaná vyšetření však již vyžadují důkladné zvážení stran jejich indikace a očekávaného zdravotního přínosu pro matku. Indikaci vyšetření u gravidní anebo kojící pacientky je třeba předem konzultovat s pracovníky PET centra.

Název: Almanach PET/CT vyšetření – 20 let PET centra
v Nemocnici Na Homolce

Autoři: MUDr. Monika Jarůšková
doc. MUDr. Otakar Bělohávek, CSc.
Ing. Petra Dostálová

Vydavatel: Nemocnice Na Homolce
Roentgenova 37/2, 150 30 Praha 5

První vydání 2019

Copyright © Nemocnice Na Homolce, 2019

ISBN: 978-80-270-6066-5

Grafická úprava: GRAFEX-AGENCY s.r.o.

Vytiskla: GRAFOTECHNA PLUS, s.r.o.

