



PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE



Projekt :

„ PET CENTRUM NEMOCNICE JIHLAVA“

Nemocnice Jihlava, příspěvková organizace
Vrchlického 4630/59, 586 33 Jihlava
IČ: 00090638 DIČ: CZ00090638

Statutární zástupce:

MUDr. Lukáš Veleš , ředitel nemocnice

Obsah:

1. ÚVODNÍ INFORMACE	2
1.1. Pozitronová emisní tomografie	2
1.2. Hybridní skener PET/CT	2
2. SOUČASNÝ STAV	3
Cesty řešení problému:	3
Úloha PET CT	3
Plán na rozmístění přístrojů v ČR	3
Primární staging	5
Sledování, včasný záchyt recidivy, restaging	5
Proč PET CT na Vysočině	5
Časová osnova projektu	5
2.1 Indikace onkologická (PET/CT trupu)	8
2.3 Indikace neurologická (PET/CT mozku)	8
2.4 Záněty (PET/CT trupu)	8
3. PERSONÁLNÍ SLOŽENÍ	17
4. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA STAVBY	18
5. PODROBNÝ HARMONOGRAM PROJEKTU	20
6. ORGANIZAČNÍ SCHÉMA PROJEKTU	21
7. PŘEDPOKLÁDANÉ NÁKLADY STAVBY	22
8. CASH FLOW	23
9. KOMENTÁŘ V ODBORNÉM TISKU	24
Indikace k hybridnímu zobrazování PET/CT	24
Klíčová slova	24
Technické poznámky	25
Hodnocení vyšetření	26
Nejčastější indikace k PET/CT	27
Nejčastější příčiny falešně pozitivních a falešně negativních nálezů	30
Diskuse	30
Závěr	30
10. ZÁVĚR	32
10.1 Výhody projektu	32
10.2 Příležitosti	32
10.3 SWOT ANALÝZA	32

1. ÚVODNÍ INFORMACE



1.1. Pozitronová emisní tomografie

Pozitronová emisní tomografie (PET) je neinvazivní vyšetřovací metoda nukleární medicíny, založená na detekci záření z radiofarmaka podaného pacientovi. Nejčastěji užívaným radiofarmakem je FDG (fluoro-deoxy-glukóza) FDG (2-(18F) fluoro-2-deoxy-D-glukóza), která vyjadřuje spotřebu glukózy – energetického substrátu buněčného metabolismu. Tento modifikovaný cukr je aplikován pacientovi nitrožilně a s odstupem času zpravidla jedné hodiny po aplikaci, se za pomoci PET skeneru detekuje distribuce FDG v těle pacienta. Ze zaregistrovaných dat se za pomoci počítače vytvoří řezy vedené v různých rovinách, umožňující lékaři zhodnotit přítomnost patologických procesů, např. nádorů, které vykazují výrazně vyšší konzumpci FDG než zdravé tkáně. Metoda poskytuje tzv. funkční obraz, který odráží změny funkce jednotlivých tkání ovlivněné patologickým procesem. Tato metoda však nepodává přesné anatomické informace, proto je popis ložisek a jejich lokalizace v těle pacienta pouze orientační. Další používaná radiofarmaka jsou většinou metabolity různých tkání, cholin, DOPA atd. Vyrábějí se v cyklotronu.



Obr. Karcinom žaludku

1.2. Hybridní skener PET/CT

Vývoj prototypu hybridního PET/CT skeneru

- ✎ odstranit nedostatek funkčních informací při CT vyšetření
- ✎ odstranit nedostatek anatomických a strukturálních informací při PET vyšetření

Hybridní přístroj, který vznikl spojením plnohodnotného PET skeneru a spirálního CT skeneru a využívá výhod obou. Spojením obou modalit a využitím software pro fúzování tak dostáváme komplexní informace o morfologii a současně o metabolismu vyšetřovaného orgánu v jednom obraze během jednoho vyšetření. PET / CT je nejrychleji se vyvíjející zobrazovací modalita na celém světě (samostatné PET skenery se již prakticky nikde neinstalují).

První hybridní skener na světě byl instalován v roce 1998 v USA. První hybridní přístroj v České republice byl instalován v roce 2003 v Praze v Nemocnici na Homolce (v současné době jsou zde 2 PET/CT přístroje, další dva v roce 2005 (FN Olomouc, FN Plzeň nyní se instaluje další PET/CT a PET/MR), v roce 2009 pak ve FN v H. Králové. V současné době jsou další zařízení v MOÚ Brno (2x), VFN Praha, Protonové centrum Praha a Nemocnice Nový Jičín, a.s.,. Hybridní přístroj PET / CT je diagnostickým přístrojem nukleární medicíny, ale na jeho provozu, obsluze a vyhodnocování nálezů se podílejí pracovníci jak nukleární medicíny, tak radiodiagnostiky, a to ve všech pracovních kategoriích, včetně klinických radiologických fyziků.

1.5 Cyklotron

Cyklotron je urychlovač částic, kde probíhá výroba pozitronových zářičů (zde ^{18}F). Vlastní syntéza radiofarmaka je prakticky automatizovaná

Umístění cyklotronů v ČR :

-  PET centrum Praha, areál Nemocnice na Homolce (majitel ÚJV- Řež)
-  PET centrum Brno, areál Masarykova onkologického Ústavu (majitel ÚJV –Řež)
- * Radiomedic s.r.o. Řež u Prahy

PET centrum ÚJV Řež

Dodávky radiofarmak pro PET/CT je možno realizovat pak z těchto pracovišť (na základě výběrových řízení).



2. SOUČASNÝ STAV



Cesty řešení problému:

1. prevence
2. včasný záchyt a kvalitní staging onemocnění
3. včasný záchyt recidiv
4. léčba stadií, které lze ovlivnit a verifikace výsledků léčby

Projekt pochopitelně neřeší prevenci ZN. Tento nejefektivnější postup, je nutno řešit jinými prostředky.

Úloha PET CT

Nezastupitelnou roli PET CT technologie nicméně vidíme v dalších bodech, tedy včasném záchytu onemocnění, včasném záchytu recidiv vč. možností screeningu po onemocnění a také stanovení indikace a kontrole účinnosti léčby.

90% pacientů vyšetřovaných na PET/CT má obvykle onkologickou indikaci, 5% kardiologickou 3% neurologickou a 2% detekce zánětu

Funkční diagnostiku, biologickou aktivitu nádorů, sledování úspěšnosti léčby a její řízení nenahrazuje v mnoha případech jiná zobrazovací metoda

Plán na rozmístění přístrojů v ČR

1-2/1 mil. Obyvatel $\varnothing$ 1 na 500000 tis obyv., 1-2 na komplexní onkologické centrum (zdroj. ČOS, ČSNM)
Indikace PET/CT stanovila interdisciplinární konference Onko PET III v Berlíně (analýza 10 000 publikovaných studií) rok 2000

Lin, EC., Alavi, A., PET/CT – a clinical guide, Stuttgart, 2009. – klasifikace indikací.

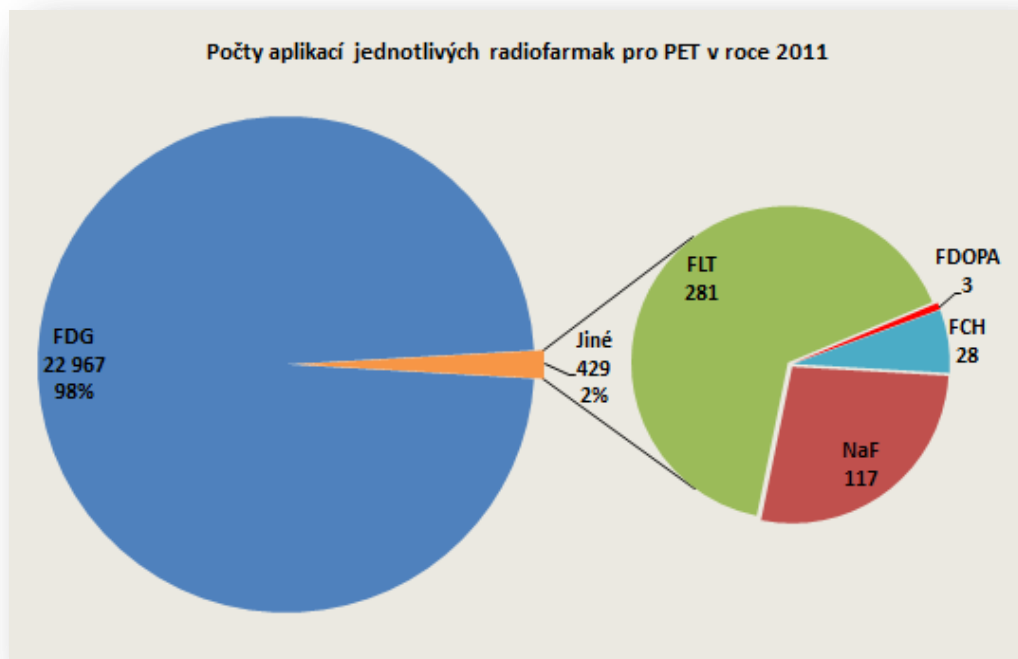
V roce 2012 bylo ve světě registrováno 5 nových PET radiofarmak, kterých je nyní cca 30 druhů

Rok 2012 statistika UZIS

PET (pozitronová emisní tomografie) bez CT: 1 přístroj, 4280 výkonů/1rok

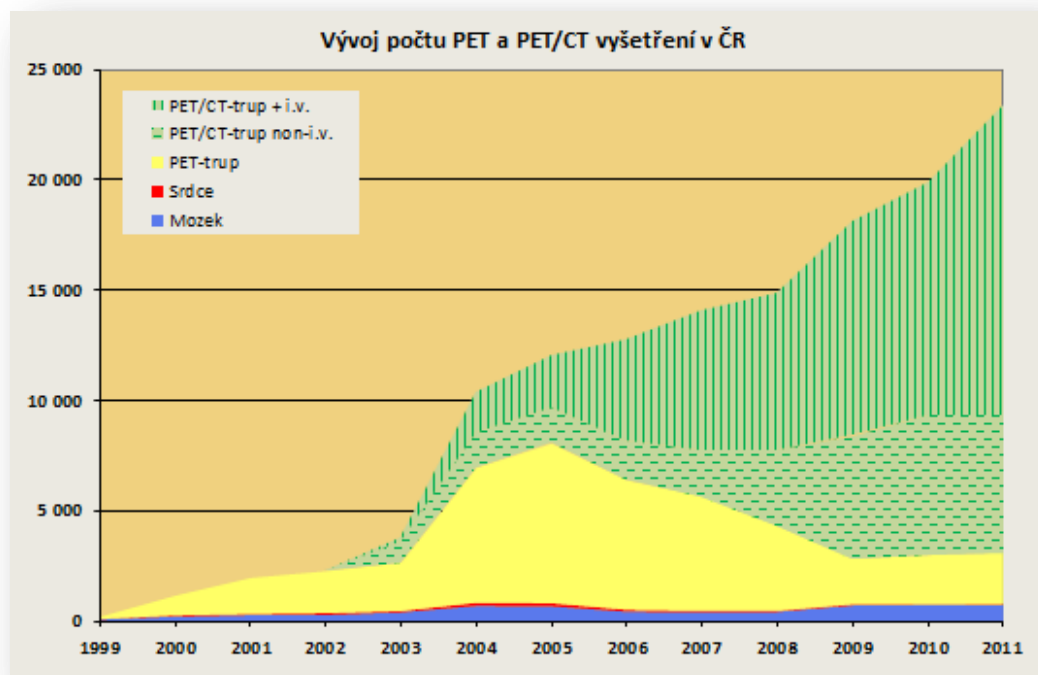
PET (pozitronová emisní tomografie) s CT: 7 přístrojů, 1/1 502 304 obyvatel, 29 452 vyšetření, 4207/1přístroj

V republice máme 14 klinických onkologických center. Na jedno onkologické centrum připadá tedy 2409 vyšetření. KOC Jihlava zhotovilo v roce 2012 okolo 50 PET/CT vyšetření. Z toho plyne, že dostupnost PET/CT pro pacienty na Vysočině je výrazně nedostatečná.



Souhrn přínosů PET/CT vyšetření

Je nepochybné, že o výši nákladů na léčbu onkologicky nemocných rozhoduje především incidence a prevalence příslušného novotvaru. Zde je nezastupitelná úloha preventivních programů podobně, jako u



vlivu na včasný záchyt. Vedle prevence jsou rozhodující další faktory, které ovlivňují perspektivu přežití, ale také celkové výdaje.

Jsou to včas a dobře provedený primární staging, včasné odhalení recidivy a sledování efektu léčby.

Primární staging

Primární staging nádor, který rozhoduje o zapojení léčebných modalit. Včasné a správné stanovení primárního stagingu, správné užití a kombinace modalit – chirurgie, radioterapie, chemoterapie a biologická léčba (cílená terapie) pak rozhodují o dalším vývoji onemocnění. Úloha PET CT právě v primárním stagingu je nezpochybnitelná a nezastupitelná. Nedokonale provedený primární staging a následně nevhodně zvolená léčba vede k vyššímu počtu recidiv nebo pseudorecidiv a vyšším nákladům na další terapii

Sledování, včasný záchyt recidivy, restaging

Sledování po léčbě, včasný záchyt recidivy, restaging. I zde má PET CT dnes nezastupitelné místo. Díky vysoké senzitivitě a specifitě umožňuje odhalení lézí > 0,5 cm a tedy recidiv v klinicky hluboce latentním stádiu. V tomto stádiu jsou ale nejlépe přístupny ostatním modalitám. Především chirurgii a radioterapii, které jsou násobně levnější, než léčba pokročilé recidivy vč. biologické terapie

V neposlední řadě umožňuje PET CT sledovat a dokumentovat účinnost vedené terapie, případně její selhání. I toto má nemalý pozitivní ekonomický přínos.

Souhrnně tedy možno říci, že o perspektivě léčby a také nákladů na léčbu rozhodují především faktory, ovlivnitelné použitím PET CT technologie – včasný a správný staging, včasná diagnóza recidivy, sledování efektu léčby.

Proč PET CT na Vysočině

Spádová oblast Kraje Vysočina je 550 tis. obyv. Při započtení hraničních oblastí tedy především části JČ kraje a VČ kraje můžeme počítat cca 750 tis. obyv.

Existence KOC v Nemocnici Jihlava KOS Kraje Vysočina je základním předpokladem dobrého a efektivního využití technologie.

Dostupnost po D1 – Nemocnice Jihlava p. o., je rozhodující z pohledu logistiky dodávek radiofarmaka. Dojezdový čas z místa výroby radiofarmaka (Brno, Praha) je klíčový pro efektivitu vyšetření. Poloha v centru republiky je geografickou výhodou.

Časová osnova projektu

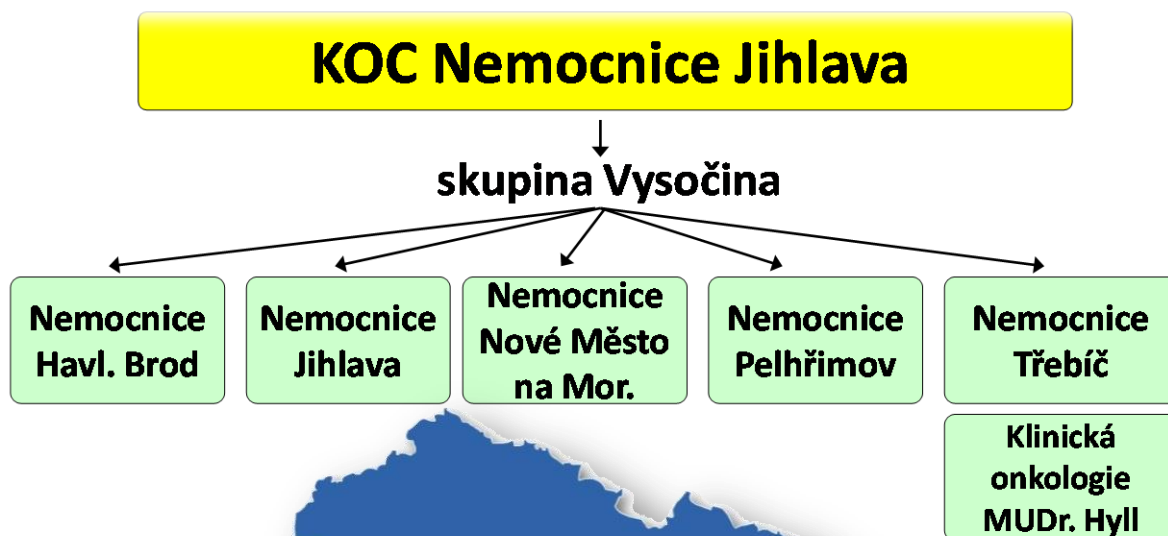
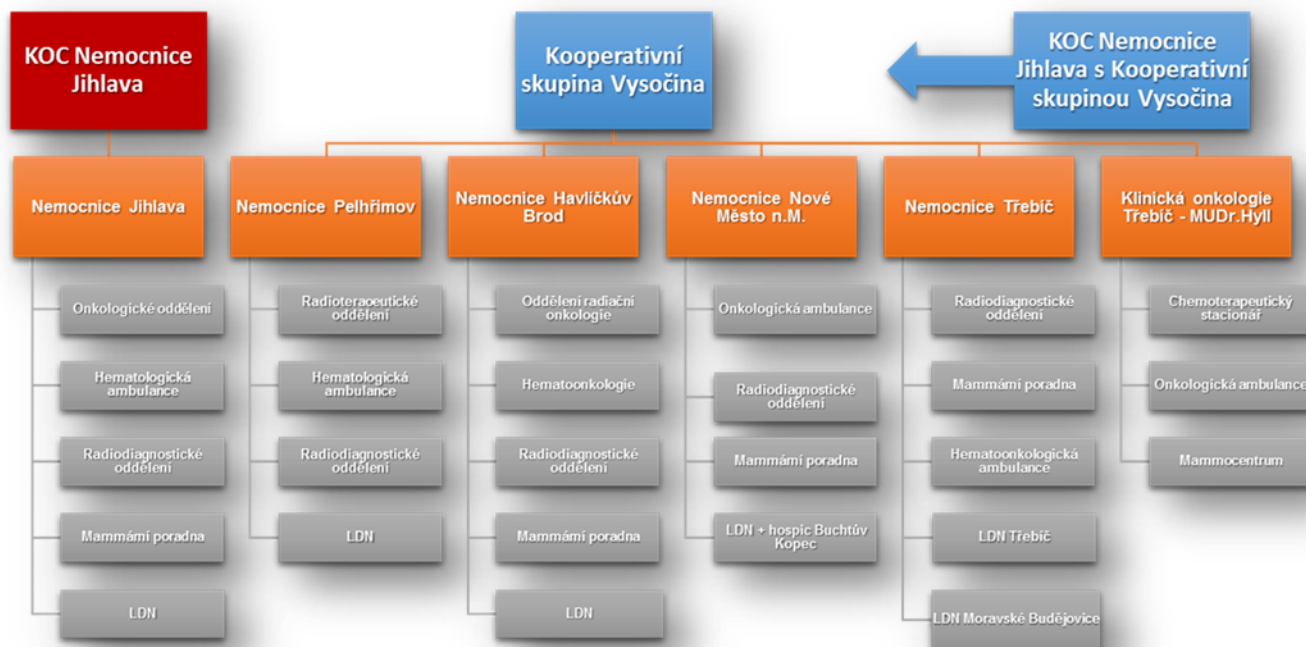
2013 příprava projektu, projektová dokumentace, jednání o úhradách

2014 realizace stavební a technické části

2015 zahájení činnosti

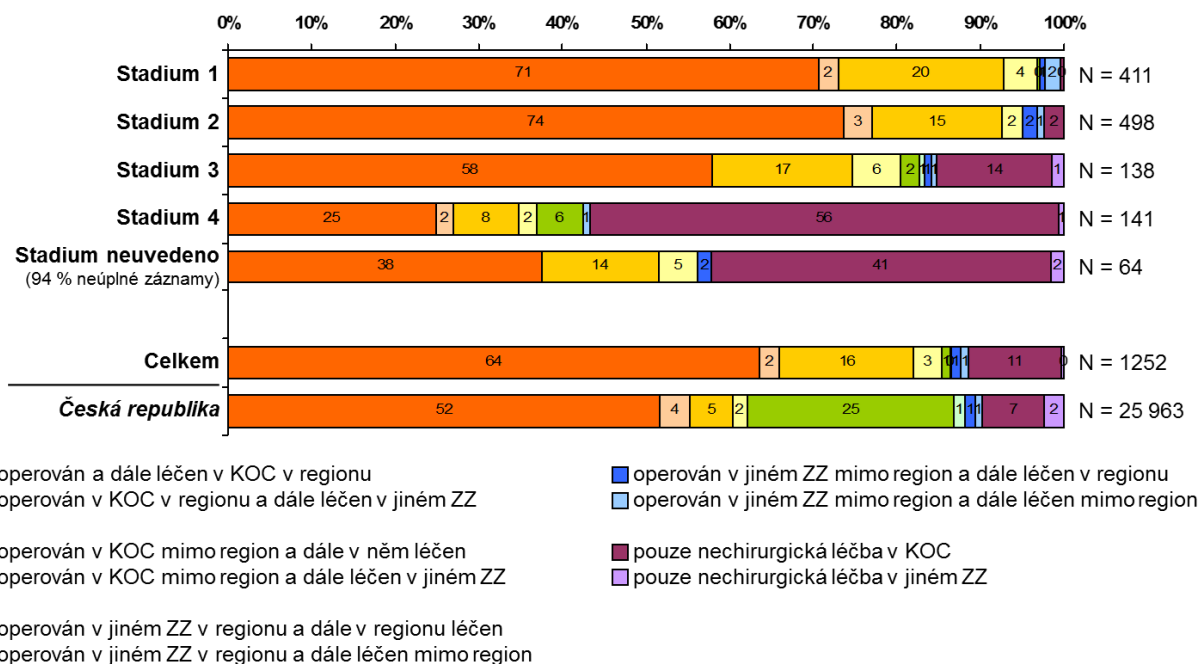
Z uvedených důvodů považujeme projekt činnosti PET CT v Kraji Vysočina za přínosný a v souladu se zájmy nemocných i systému veřejného zdravotního pojištění.

KOOPERATIVNÍ SKUPINA KRAJE VYSOČINA



MAPOVÁNÍ PRIMÁRNÍ LÉČBY (C50)

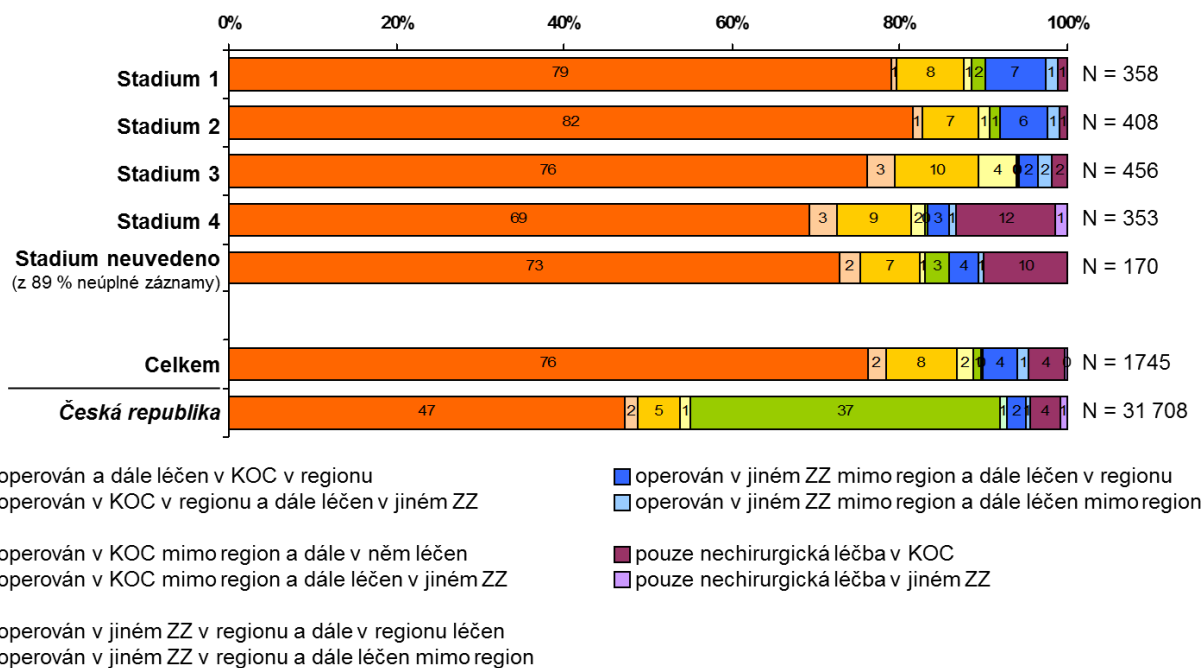
Podíl pacientů s primární protinádorovou léčbou v daném typu ZZ [%]



Zdroj: Národní onkologický registr, ÚZIS ČR

MAPOVÁNÍ PRIMÁRNÍ LÉČBY (C18-21)

Podíl pacientů s primární protinádorovou léčbou v daném typu ZZ [%]



Zdroj: Národní onkologický registr, ÚZIS ČR

2.1 Indikace onkologická (PET/CT trupu)

- ↗ staging maligního onemocnění,
- ↗ posouzení možné recidivy nádoru, např. při elevaci nádorových markerů,
- ↗ posouzení efektu terapie (> 2 týdny po ukončené chemoterapii,
> 3 měsíce po ukončené radioterapii),
- ↗ posouzení případné malignity zjištěné ložiskové léze (dif. dg. benigní – maligní),
- ↗ detekce primárního nádoru při známé metastáze nebo při významné suspekci na neoplazii neznámé lokalizace .
- ↗ bronchogenní karcinom, plicní karcinom- nemalobuněčný (NSCLC)
- ↗ kolorektální karcinom
- ↗ lymfom
- ↗ melanom
- ↗ karcinom ovaria
- ↗ karcinom prsu
- ↗ karcinom v oblasti hlavy a krku
- ↗ solitární plicní uzel
- ↗ další nádory, zvláště s rychlým růstem

2.2 Indikace kardiologická (PET/CT myokardu)

Odlišení viabilního od nekrotického myokardu po infarktu myokardu především před zvažovaným revaskularizačním výkonem.

2.3 Indikace neurologická (PET/CT mozku)

- ↗ posouzení perzistence nebo recidivy nádoru mozku (nikoliv primární diagnostika tumoru) po provedené CT nebo MRI,
- ↗ lokalizace epileptického fokusu před operací.

2.4 Záněty (PET/CT trupu)

- ↗ horečka neznámého původu,
- ↗ lokalizace abscesu,
- ↗ podezření na osteomyelitis axiálního skeletu (páteře) při sporném MRI nálezu nebo při kontraindikaci MRI,
- ↗ podezření na zánět v okolí cévní protězy.

Uvažované pracoviště PET/CT v Nemocnici Jihlava, p.o.

Lze předpokládat, že na zařízení budou vyšetřováni nejvíce pacienti onkologičtí (cca 85%), 10% s neurologickými diagnózami a 5% s onemocněním kardiologickým.

Incidence: výskyt nových případů tohoto rakovinného onemocnění

Prevalence : celkový počet žijících onkologických pacientů s touto konkrétní diagnózou

Čísla odpovídají odhadům pro rok 2013.

Zdroj: Analýzy dostupných populačních dat a predikce pro rok 2013 – modrá kniha České onkologické společnosti

Statistiky pro jednotlivé nádory získány ze www.svod.cz

2.5 Kolorektální karcinom

Nádory tlustého střeva a konečníku.

Incidence: 6287 (tlusté střevo), 2477 (konečník)

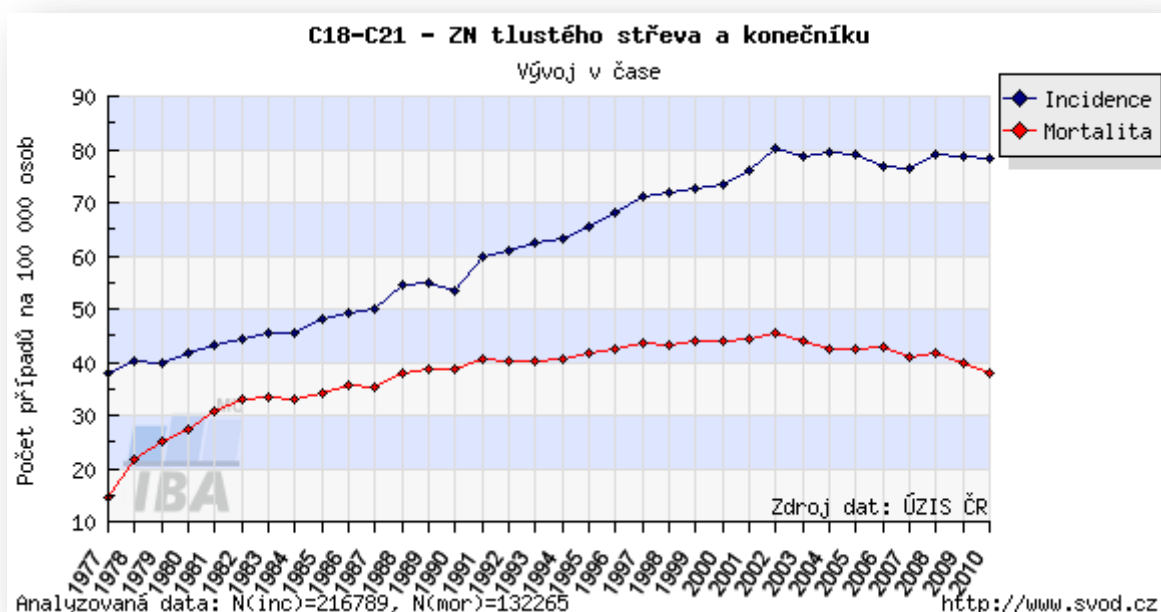
Prevalence: 41 065 (tlusté střevo), 16 155 (konečník)

Česká republika je 1. na světě ve výskytu nových případů kolorektálního karcinomu na počet obyvatel!
Prakticky 100% nárůst výskytu za posledních 35 let (přepočteno na 100 000 lidí)

Diagnostika: Odkaz na [Linkos](#).

Léčba: Chirurgická (odstranění) , radioterapie (likvidace nádoru cíleným ozářením), cílená biologická terapie (například potlačování růstu cévního řečiště v nádoru), chemoterapie (cytostatika – látky pro zastavení růstu nádorů)

Využití PET/CT: V primární diagnostice nádoru se využívá méně (zde spíše jednodušší a známá kolonoskopie), ale PET/CT je velice důležitá pro stanovení odpovědi na léčbu, případné recidivy nádoru, a taktéž důležitá při diagnóze metastazujícího kolorektálního karcinomu, tedy při posouzení, zda a jak daleko se nádor rozšířil do těla. Důležitá pro rozhodnutí, zda zvolit léčbu paliativní (zmírnění bolesti a trápení pacienta – tedy léčba doprovodných symptomů) nebo terapeutickou (léčit nádor – příčinu onemocnění).



C18-C21 - ZN tlustého střeva a konečníku

Časový vývoj, Počet případů na 100 000 osob

Rok	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Incidence	37.95	40.16	39.7	41.88	43.07	44.18	45.4	45.63	48.2	49.26	50.17	54.57	54.8	53.43	59.95	60.89	62.32
Mortalita	14.55	21.82	25.26	27.48	30.85	33.09	33.45	33.14	34.07	35.71	35.2	37.74	38.52	38.59	40.72	40.25	40.15

Rok	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Incidence	63.07	65.56	68.07	71.16	71.82	72.82	73.53	76.19	80.31	78.53	79.57	79	76.62	76.5	79.15	78.61	78.47
Mortalita	40.5	41.72	42.42	43.75	43.21	44.07	43.88	44.27	45.31	43.83	42.51	42.43	42.68	41.04	41.54	39.95	37.89

Zdroj dat: ÚZIS ČR

2.6 Karcinomy plic a průdušek

Incidence: 4595

Prevalence: 12 635

Charakteristika: Nejčastější příčina úmrtí na rakovinné onemocnění, vysoká mortalita v poměru k incidenci (je zřejmé z poměru incidence a prevalence). Pokud člověk onemocní rakovinou plic, je tedy velmi pravděpodobné, že na ni (poměrně rychle) zemře.

Diagnostika: odkaz na [Linkos](#). – rentgen plic, ultrazvukové vyšetření, magnetická rezonance, počítačová tomografie, kombinace PET/CT.

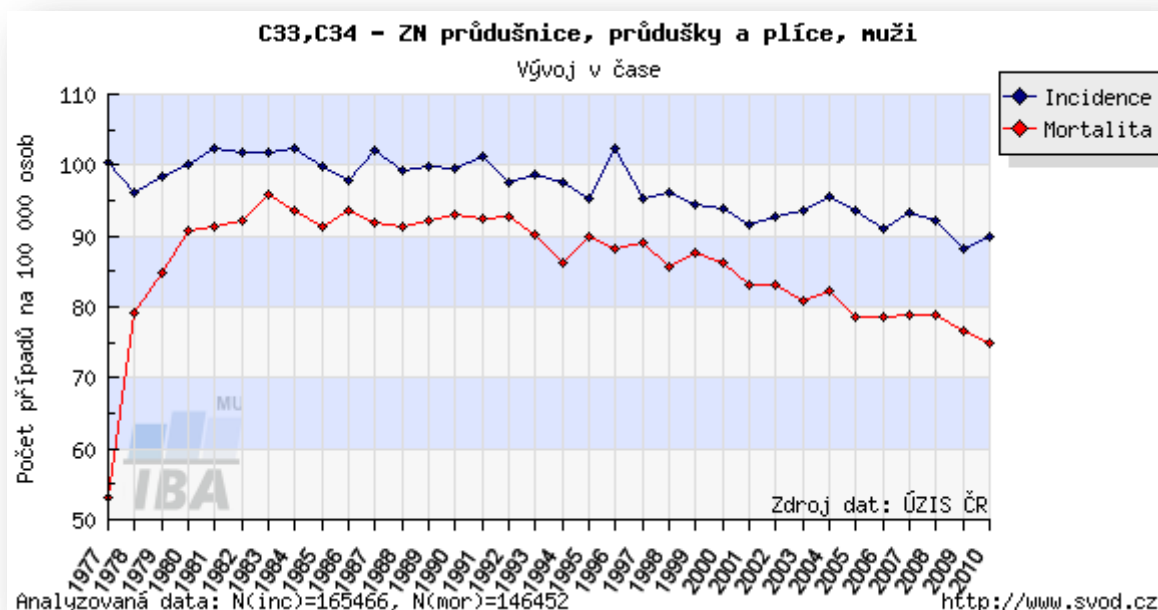
Využití biochemického testování - nádorové markery – látky nacházející se v krvi pacienta, pokud trpí zmíněným nádorem – vhodné využít u pacientů s již prokázaným diagnostikovaným nádorem, mohou se ale vyskytnout nádory, jejichž existence se neprojeví zvýšenými hladinami markerů, naopak některá benigní (neškodná, případně ne-rakovinná) onemocnění mohou způsobovat falešně pozitivní signály.

Léčba: Chirurgická, radioterapie, cílená biologická terapie, chemoterapie (cytostatika) – viz 1)

Využití PET/CT:

Staging nádorů (určení pokročilosti nádoru)

- Solitární plicní noduly (uzly) mohou být pomocí PET snadno screenovány. CT a magnetická rezonance jako morfologický imaging (vidí struktury) nerozliší benigní (neškodné) a maligní (škodlivé, rakovinné) bujení. PET je navíc neinvazivní (nedochází k zásahu do těla pacienta vyjma injekce radiofarmaka) a redukuje rizika spojená s operačním zásahem do plic (nezvyšuje úmrtnost).
- PET je přesnější než CT v stagingu tumoru a poskytuje cenově velmi efektivní nástroj pro rozlišení operovatelného a neoperovatelného nádoru.
- PET je velmi efektivní pro určování reakce tumorů na léčbu a zejména v detekci recidivy (návratu) nádoru u úspěšně léčených lézí. PET je u rakoviny plic nejspolehlivějším ukazatelem šance člověka na přežití.



C33,C34 - ZN průdušnice, průdušky a plíce
Časový vývoj, Počet případů na 100 000 osob

Rok	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Incidence	53.66	51.91	52.91	54.2	55.73	55.29	55.83	56.42	55.17	54.38	57.25	56.03	57.11	56.54	58.83	56.95	57.82
Mortalita	28.61	42.3	45.29	48.8	49.25	50.08	52.12	51.26	50.25	51.79	51.35	50.91	52.37	52.64	53.23	53.37	52.27

Rok	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Incidence	58.49	57.39	61.6	57.73	59.4	58.37	59.55	58.82	59.05	59.48	62.1	61.73	60.88	63.06	62.89	61.72	62.02
Mortalita	51.16	53.28	52.93	53.22	52.05	53.99	53.21	52.58	52.13	51.19	52.05	50.89	51.71	52.35	52.92	51.8	50.75

Zdroj dat: ÚZIS ČR

Výskyt karcinomu plic, průdušek a průdušnic má stabilní slabě klesající charakter, úmrtnost také slabě klesající. Na tomto se podepisuje jednak lepší prevence (zodpovědnější přístup a omezení kouření), jednak zlepšující se cílené léčba.

2.7 Karcinom prsu

Charakteristika: Nejčastěji se vyskytující nádor u žen, incidence stále roste, mortalita klesá - důsledek fungujících léčebných metod a včasné prevence. Nejvýraznější mediální potenciál.

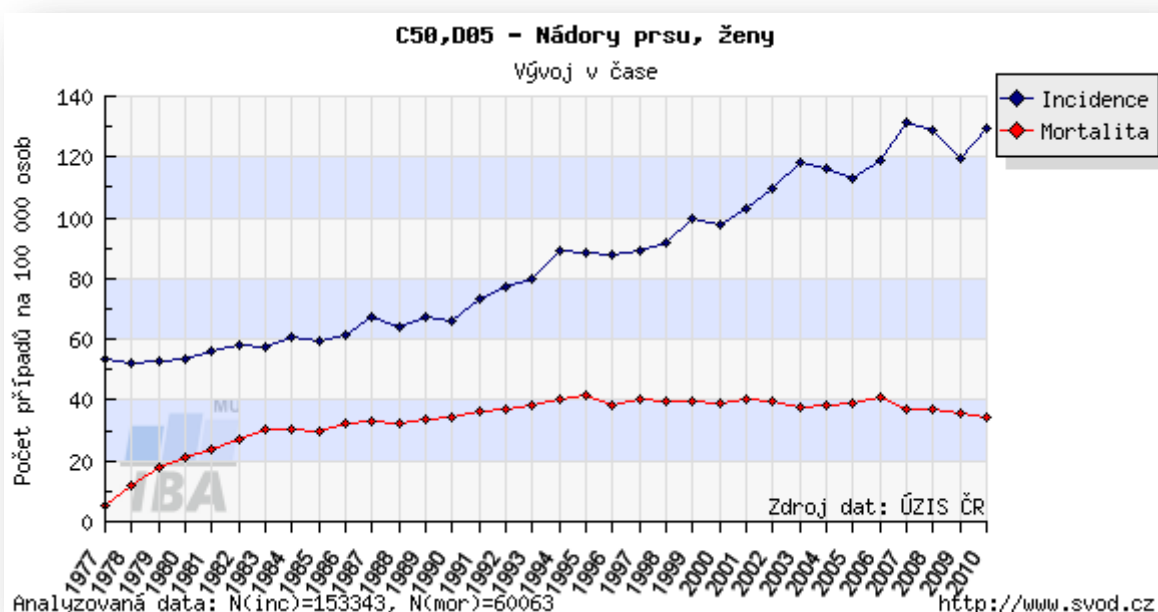
Incidence: 7266

Prevalence: 74 465

Diagnostika: Odkaz na [Linkos](#). – mamografie, NMR, ultrazvuk (preventivní, může jen vyslovit podezření na novotvar v prsu), při podezření histologie - biopsie, PET, biochemické sledování rakovinných markerů (bílkovin, které nádor uvolňuje do krve). Zkoumá se také přítomnost estrogenových receptorů v buňkách nádoru – otázka správné volby chemoterapie. Bude-li zvoleno farmakum, které cílí nádorové buňky s receptory

Léčba: chirurgická (mastektomie – odstranění prsu), radioterapie, chemoterapie, cílená biologická léčba.

Využití PET/CT: Zejména při identifikaci metastáz, identifikaci mízních uzlin, které vychytávají metastazující buňky nádoru, pro sledování reakce nádoru na léčbu, s využitím speciálních látek možno neinvazivně zkoumat přítomnost estrogenových receptorů v buňkách nádoru.



2.8 Karcinom prostaty

Charakteristika: nejčastěji se vyskytující karcinom u mužů, ve vyšší věkové kategorii až 80-90% incidence v populaci. Prudký nárůst výskytu v posledních 20 letech. Výrazný mediální potenciál.

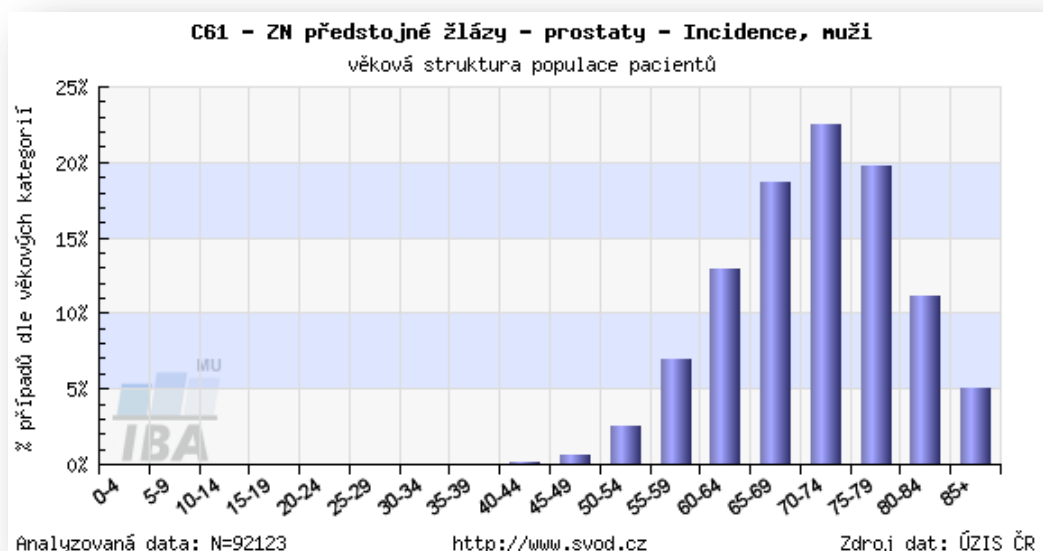
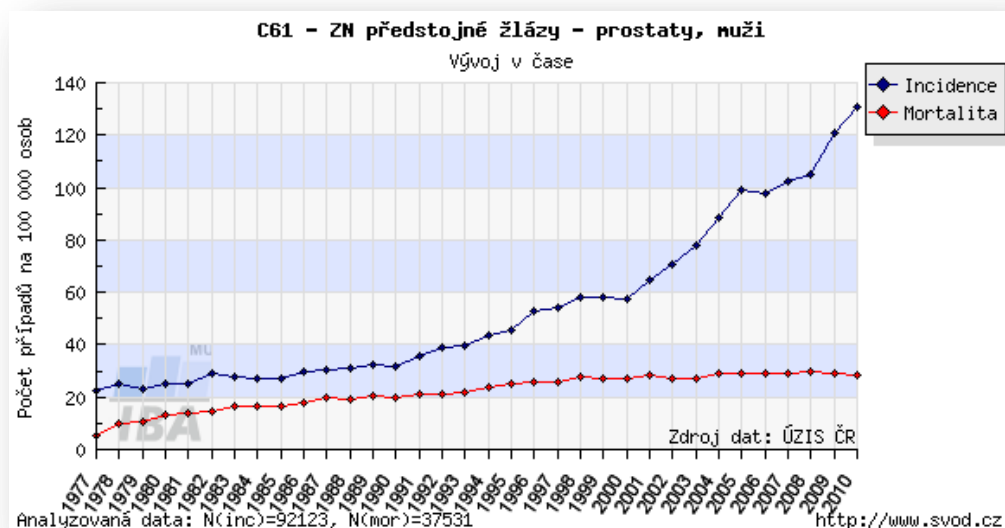
Incidence: 8340

Prevalence: 49 986

Diagnostika: odkaz na [Linkos](#). Biochemický marker PSA (není dokonale specifický), transrektální ultrazvuk, histopatologie (odběr vzorku tkáně nádoru jehlou)

Léčba: radioterapie, chirurgické odstranění, brachyterapie (cílené ozařování nádoru z bezprostřední blízkosti, např. pomocí vpravení radioaktivně zářících nanočástic)

Využití PET: Pro přímou diagnostiku karcinomu prostaty (FDG je nepříliš účinná díky blízkosti močového měchýře a nízký příjem FDG buňkami nádoru), pro detekci metastáz – také metastazující buňky CP mají často malý příjem energie, tedy i fluorodeoxyglukosu. Buňky CP (karcinomu prostaty) mají neobyčejnou náklonnost k metastazování do kostí. Výrazně lepší výsledky pro primární karcinom dosahovány s radiofarmakem 18F-fluorocholin – lepší prvotní diagnostika. Pro kostní scany vhodné radiofarmakum 18F-fluorid sodný.



2.9 Karcinom močového měchýře

Poměrně rozšířený a problematický nádor, i při vyléčení vede často k značnému narušení kvality života pacienta – operativní zásah do močového ústrojí, ztráta schopnosti ovládat vylučování moči, nutné vývody, apod...

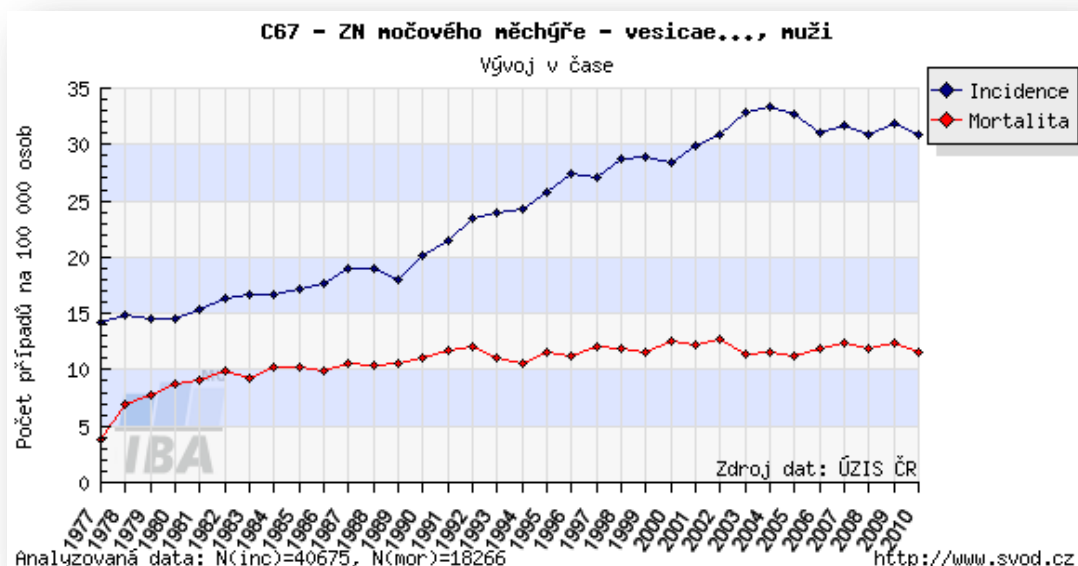
Incidence: 3117

Prevalence: 21 141

Diagnostika: Odkaz na [Linkos](#). Sonografie při podezření na rakovinu MM, vylučovací urografie (rentgen s použitím kontrastní látky), PET/CT, MRI (nukleární magnetická rezonance), endoskopie

Léčba: Různé chirurgické zákroky, radioterapie, chemoterapie

Využití PET: Vzhledem k povaze postiženého orgánu a vysokému vylučování FDG v moči těžko využitelná pro primární detekci, velmi účinná v detekci metastáz, podobně jako u dalších nádorů. (*Metastázování je proces, kdy se z primárního nádoru uvolňují rakovinné buňky, které krevním řečištěm putují do jiných orgánů, kde se usadí a zakládají nová rakovinná ložiska. Metastázy mohou tak být lokalizovány prakticky kdekoli v těle. Různé nádory mají tendenci metastazovat do různých orgánů. Tato ložiska pak mohou být odhalena při celotělovém scanu PET a posouzena tak vážnost situace pacienta*)



2.10 Karcinom ledvin (zjm. renální adenokarcinom)

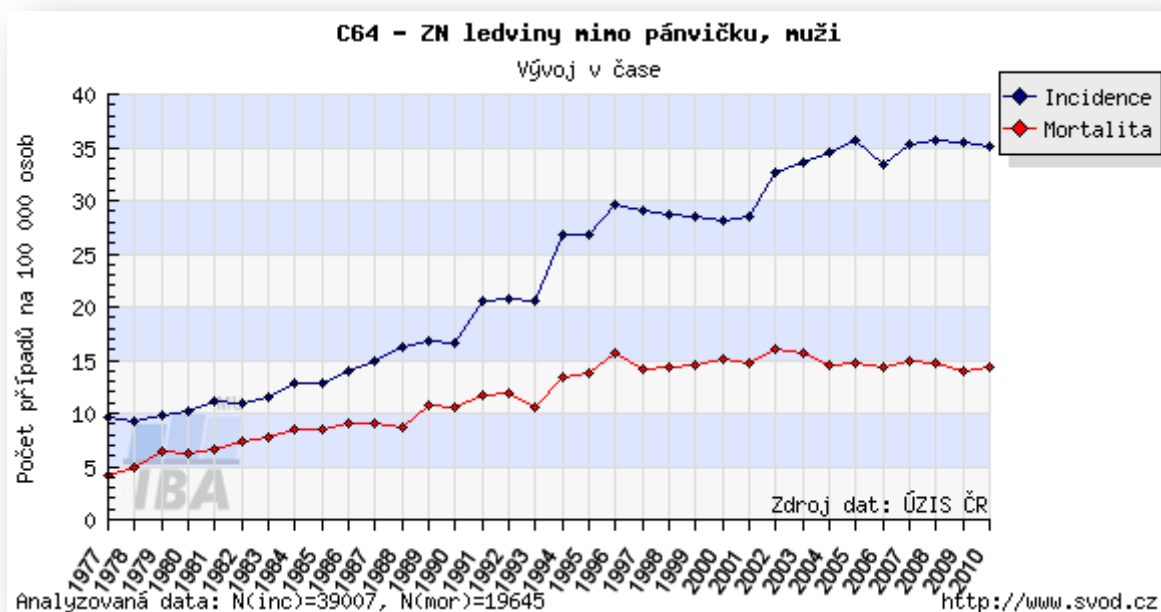
Incidence: 2652

Prevalence: 21 528

Diagnostika: Odkaz na [Linkos](#). Ultrazvuk, vylučovací urografie (rentgen s kontrastní látkou), CT, magnetická rezonance

Léčba: Radioterapie, hormonální terapie, biologická léčba

Využití PET: Planární scintigrafie, SPECT a PET využívána převážně k posouzení rozsahu onemocnění (lokalizovaný vs. metastázovaný nádor), posouzení odpovědi na léčbu, identifikace a posouzení rizika recidivy nádoru.



2.11 Karcinom varlat

Ač relativně malý počet vs. absolutním počtům u ostatních nádorů, jde o nejčastější nádorové onemocnění mužů v produktivním věku (20-40 let).

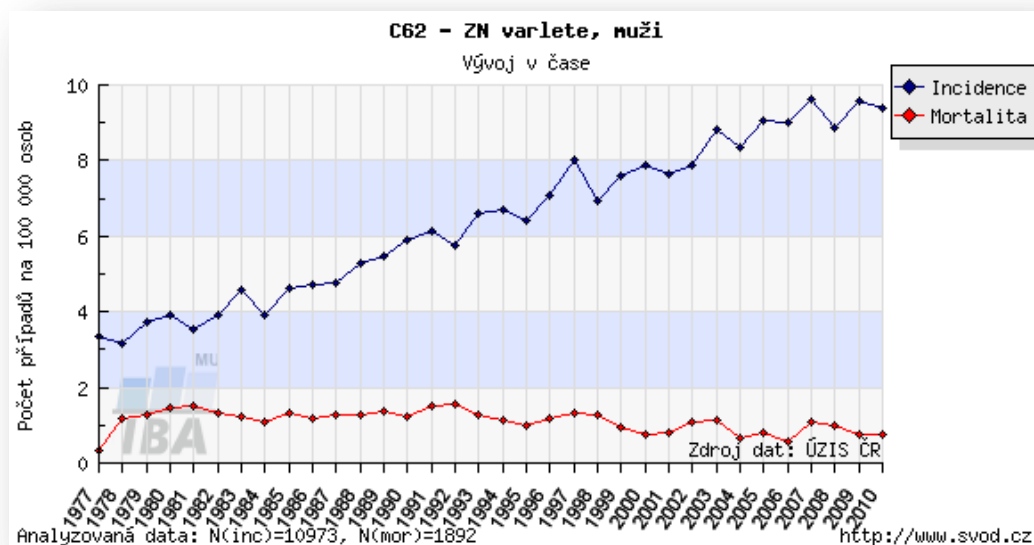
Incidence: 523

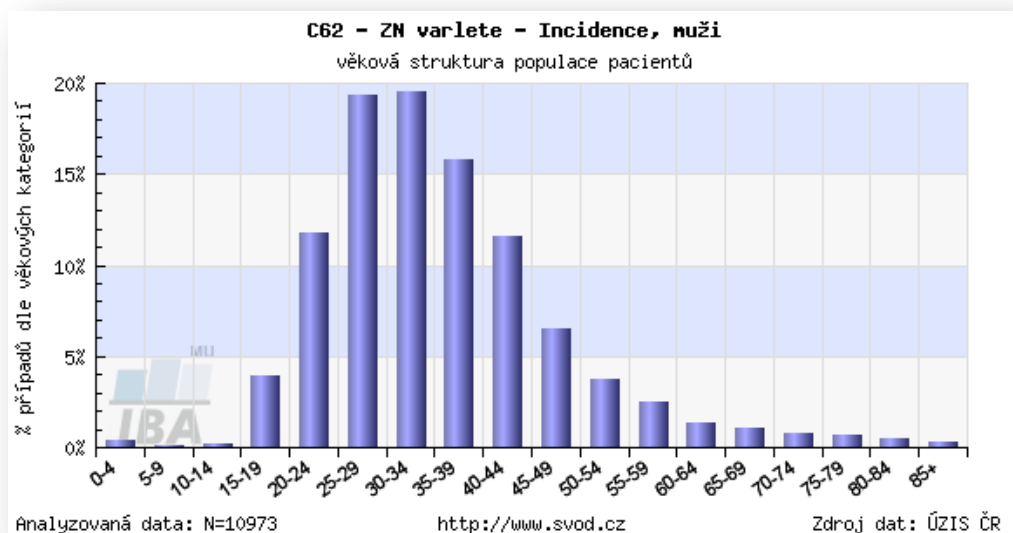
Prevalence: 8965

Diagnostika: Odkaz na [Linkos](#).

Léčba: chirurgická (testektomie), v případě rozšíření chemoterapie

Využití PET: Opět nikoli pro primární diagnostiku – nádor je identifikován pomocí jiné metody, vysoce důležitá pro posouzení reakce na léčbu. Biochemické markery pouze jako doplňková metoda.

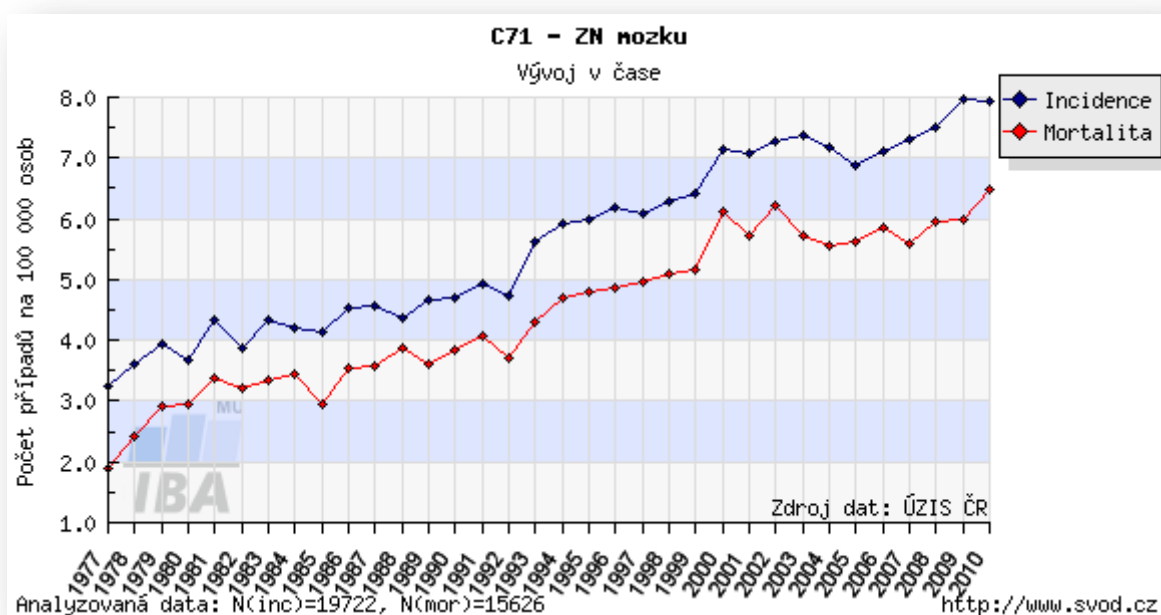


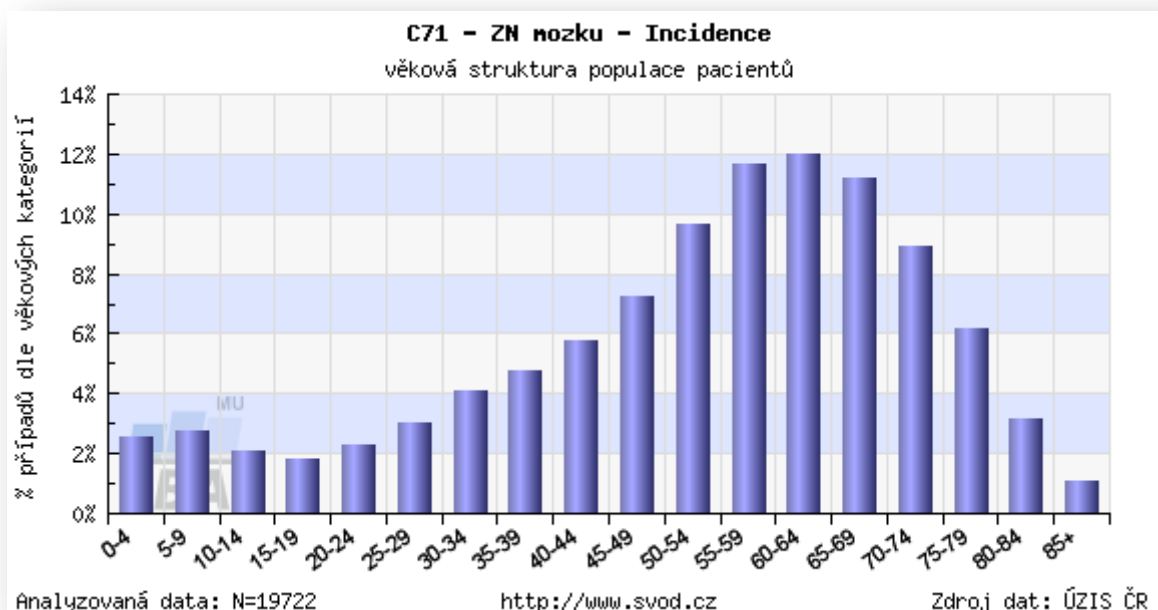


2.12 Nádory mozku

Relativně nízká incidence (8-10 lidí na 100 000). Častější výskyt u dětí do 6 let a dospělých nad 60 let. Poměrně časté je metastazování jiných nádorů do mozku.

Léčba: Chirurgická, radioterapie (cílené ozařování), chemoterapie





2.13 Nádory hlavy a krku

Široká a různorodá skupina nádorů – rty, patro, mandle, slinné žlázy, apod. Nepříliš častá indikace. PET zde může pomoci podobně jako u jiných nádorů hlavně při stagingu (určení rozvinutosti a nebezpečnosti nádoru) a klasicky v odpovědi na léčbu. Při vhodné volbě radiofarmaka (fluoromisonidazol) možno například vyhodnocovat zásobené nádory kyslíkem.

Hlavní oblastí je v ČR onkologie – diagnostika primárních tumorů, metastáz, odpovědi na léčbu. PET není ale na tuto oblast limitována (FN Olomouc – kardio, VFN Praha – scany pro oddělení interní medicíny – lokalizace zánětů neznámého původu apod.)

Primární problémy PET v České republice

- ☞ nerovnoměrnost pokrytí republiky spádovými oblastmi jednotlivých skenerů
- ☞ Malý počet skenerů dlouhé čekací doby (Brno – 3-4 týdny, Praha – až 2-3 měsíce)
 - pacienti z Jižních Čech a z Prahy cestují do Brna, neboť zde dostanou termín dříve
- ☞ riziko prodlení, riziko zameškání vhodného okamžiku pro zahájení léčby – než se pacient dostane na PET, může být pozdě – rozhodují týdny
- ☞ prodlení může způsobit progresi nádoru do hůře léčitelné/neléčitelné podoby, nutné delší hospitalizace, dražší léčba.

Využití:

- ☞ včasná diagnostika nádorů - možné rychlejší zahájení léčby nádoru
- ☞ včasná diagnostika rozšíření onkologického onemocnění – posouzení míry metastazování
- ☞ sledování účinnosti léčby - například u lymfomů se někdy vkládá PET(/CT) již po 1. či 2. sérii chemoterapie k určení efektu léčby. A v těchto případech je naprosto nezbytná rychlá dostupnost PET vzhledem k tomu, že jsou chemoterapeutické protokoly striktní časově. A zde je pak i ekonomický efekt - je-li vidět, že chemoterapie nefunguje, prostě se přestane dávat a změní se na jinou... a může to být vidět časně. Je tak možno optimalizovat drahou léčbu a vyhnout se promrhání peněz na neúčinnou terapii.

Alternativy:

Jednofotonová emisní spektroskopie (SPECT) v kombinaci s CT (výpočetní tomografií).

SPECT v současné době vychází cenově neporovnatelně výhodněji než PET/CT (řádově pětina/čtvrtina pořizovací ceny). Proto je metoda celkově rozšířenější (každé oddělení nukleární medicíny má buď scintigrafii, nebo SPECT. SPECT je nicméně závislá do velké míry na dostupnosti SPECT radiofarmak, z nichž je primárním ^{99m}Tc . Tento nuklid se v kombinaci s různými nosiči (látkami, na kterou je navázán) používá k zobrazování mnoha dějů a orgánů. Technecium je snadno dostupné díky existenci molybden-techneciových generátorů, které může nemocnice zakoupit a postupně odebírat roztok technecia dle potřeby. Nosiče pak lze snadno zakoupit v podobě kitů – „instatních“ prášků, z nichž se léková forma vytvoří pouhým přidáním roztoku radionuklidu. Dostupnost technecia je však kriticky ohrožena neodvratnou a definitivní odstávkou dvou přestárých reaktorů, které dohromady produkují 70% světové produkce generátorového materiálu, ke které dojde do 2-3 let. V souvislosti s tímto faktem lze předpokládat, že se lékaři využívající Tc-SPECT budou muset přeorientovat na jiné alternativy. SPECT vyšetření trvá déle než PET, pacient musí po aplikaci radiofarmaka déle čekat na samotné vyšetření.



3. PERSONÁLNÍ SLOŽENÍ



Personální obsazení:

Jedna směna:

2 lékaři – 1 ONM a jeden rtg, 2 radiologičtí asistenti lépe 1 r.a. a 1 zdravotní sestra specializované v ONM, vhodné kombinace obou specializací. 1 klinický radiologický fyzik a 1 radiofarmaceut - využití i pro SPECT a SPECT/CT

Hodnocení jednoho PET/CT vyšetření trvá cca $\frac{1}{2}$ – $\frac{3}{4}$ hodinu.

Příprava pacienta anamnesa, příjem, glykemie, její úprava, kontrast rtg, 1 hodinu.

Příprava stroje, radiofarmaka 1 hodinu.

Počáteční fáze:

6,00 ing - kontrola přístroje, radiofarmaceut - příprava radiofarmak

Ráno příjem radiofarmaka – objem na 7 pacientů. Lékař v 7,00 první pacient příjem a anamnesa, úprava glykemie, aplikace radiofarmaka.... radiologický asistent (sestra NM) 7,45 snímání a dále po 30 minutách další pacienti. Další lékař průběžně hodnotí PETCT a CT a PET/CT fúze.... Hotovo cca do 15 až 16,00 hodin.

Další fáze:

Rozšíření provozu až na 14 pacientů denně cca do 19,00 hodin za pomoci prodloužených směn či služeb. Primáři všech ONM v Kraji Vysočina slíbili spolupracovat na službách.



4. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA STAVBY



Uvažovaná investiční akce předpokládá dobudování provozu SPECT/CT a jeho rozšíření o provoz PET. Pracoviště by tak mělo mít dvě vyšetřovny SPECT a dvě vyšetřovny PET, a to včetně základního potřebného zázemí. V rámci oddělení je zároveň uvažováno začlenění dílčího provozu příjmu a přípravy radiofarmak (dále RFA), které má zlepšit vazby ve vztahu k pacientovi i personálu, minimalizovat pohyb pacienta mezi aplikací a vyšetřením a omezit i případné nebezpečí či finanční ztráty související s přípravou a aplikací RFA.

Základní požadavky na návrh provozu SPECT-PET jsou :

- ☞ centrální recepce a čekárna neaplikovaných pacientů
- ☞ prostory primáře, vrchní sestry, lékařů, denní místnost, sociální zázemí personálu, jednací prostor, úklidové a skladové prostory
- ☞ 2 vyšetřovny SPECT resp. doplnění jedné ke stávající
- ☞ ovladovna, popisovna SPECT
- ☞ aplikační prostor pro RFA SPECT
- ☞ samostatná čekárna pro aplikované pacienty SPECT
- ☞ sociální zázemí pro pacienty
- ☞ přípravné (čekací) boxy pro pacienty včetně pohotovostního WC
- ☞ 2 vyšetřovny PET
- ☞ ovladovna, popisovna , strojovny zařízení
- ☞ vyšetřovací a aplikační prostor
- ☞ pohotovostní sprcha
- ☞ přípravné (čekací) boxy včetně pohotovostních WC
- ☞ samostatný odchod klientů PET
- ☞ příjem RFA
- ☞ dělené prostory pro přípravu RFA
- ☞ vstupní filtr, úklid, odpad RFA

Pro realizaci záměru byla určena část přízemí objektu „G“ (diagnostický pavilon), kde je již vybudována jedna vyšetřovna SPECT/CT s dílčím zázemím a s přípravou pro vyšetřovnu další. Tento objekt se nachází v areálu nemocnice. Objekt byl postaven na konci 70-tých let 20. století.

V dotčených prostorech 1.NP se nyní nachází nově zrealizované pracoviště SPECT/CT, stávající předávací stanice pro celý areál nemocnice (zasahuje i do 1.PP) a dále nevyužívané prostory.

Ostatní prostory umístěné v 1. NP objektu (kardiocentrum) budou ponechány bez stavebních úprav.

V dotčených prostorech 1. PP se nachází prostory technického zázemí. Prostorové požadavky provozu jsou větší než uvolnitelný prostor v přízemí. Proto bylo nutné část provozu umístit do přízemní přístavby.

Dispoziční řešení

Navržené řešení dispozice je ovlivněno konstrukčním řešením objektu a stávajícím využitím centrálních částí pro strojovnu VZT, komunikačním jádrem se schodištěm a výtahy, místností pro rozvaděče a již realizovanými částmi provozu SPECT, které je nutné zachovat.

Přístup do provozů je řešen několika způsoby. Pacienti budou přicházet přes halu kardia napojenou na stávající vnitřní komunikace nemocnice. Personál může využívat stejného přístupu, případně nově

navrženého dvorního vstupu umístěného vedle průjezdu. Pro příjem radiofarmak je rovněž navržen nový dvorní vstup. Z haly kardia je stávající vstup do „čisté“ čekárny, která slouží pro pacienty, kterým ještě nebyly aplikovány RFA. Tato čekárna slouží jak pro provoz SPECT, tak i pro provoz PET. Na tuto čekárnu je přímo navázaná společná recepce v místě dnešní denní místnosti, sousedící stávající imobilní WC a nově navržená WC muži, WC ženy a úklidová komora. Z čekárny jsou dále již pouze vstupy do vlastních provozů tedy čekárny pro aplikované pacienty SPECT, předaplikační vyšetřovny PET, filtru RFA a chodby zázemí personálu. Pro oba vyšetřovací provozy SPECT i PET je dále možný další přístup z čekárny, a to pro pacienty na lůžku. Tyto vstupy jsou vždy řešené přes čekací (přípravné) boxy. Přípravný box pro provoz SPECT je stávající a slouží i jako aplikační prostor.

Provoz SPECT sestává již ze zmíněné čekárny pro aplikované pacienty doplněné záchody a úklidovou komorou, dále stávajícími prostorami (jedné vyšetřovny SPECT/PT, dvou přípravných boxů, ovladovny a dvou pohotovostních WC). Prostor stávající popisovny bude přeřešen na druhou vyšetřovnu podle původního záměru, přičemž stávající ovladovna bude společná. Vedle nové vyšetřovny SPECT bude zřízena popisovna, dále aplikační místnost RFA pro SPECT doplněná pohotovostní sprchou pro případ nevolnosti pacientů. Poslední dvě místnosti s vlastními hygienickými buňkami budou využity pro lékaře a radiofyzika. Čekárna a navazující chodba SPECT jsou dále napojeny přes komunikační jádro u výtahů na nově budované zázemí personálu, které je umístěno mezi provozy SPECT a PET.

Provoz PET navazuje na společnou „čistou“ čekárnu. Přes před aplikační vyšetřovnu s úklidovou komorou a skladem je vstup do vlastní aplikační místnosti na kterou navazují 4 čekací (přípravné) boxy doplněné pohotovostními WC a pohotovostní sprchou pro případ nevolnosti pacientů. Z aplikační místnosti je chodbou podél boxů a následně přes zádveří možný odchod pacientů po vyšetření přímo do dvora nemocnice, a to tak, aby nebylo nutné procházet přes „čistou“ čekárnu. Přes čekací boxy (jeden je řešený pro imobilní a pacienty na lůžku) je vstup do dvou vlastních vyšetřoven PET. Na vyšetřovny navazují dále strojovny zařízení, společná ovladovna a průchozí popisovna. Základní přístup do popisovny a následně ovladovny je z komunikačních prostor zázemí personálu.

Zázemí personálu propojuje provozy SPECT, PET a „čistou“ čekárnu. Má nově navržený vlastní vstup ze dvora vedený přes zádveří. Navazující rozšířená komunikace slouží jako denní místnost a jednací prostor. Z připojených chodeb jsou přístupné prostory primáře a vrchní sestry s vlastními hygienickými buňkami, záchody pro muže a ženy, úklidová komora a dvě menší šatny s kapacitou 6-8 osob pro střední zdravotnický personál. Šatny jsou vždy doplněné o WC a umývárnu se sprchou. Čisté prádlo bude umístěno ve skříních v rámci komunikačních prostor.

S dispozicí souvisí rovněž technické zázemí v přízemí i suterénu objektu. Jedná se o využití stávajících či uvolněných prostor, a to dle potřeb provozů (strojovny VZT, místnosti pro rozvaděče atd.). Suterénní prostory jsou přístupné stávajícím schodištěm v rámci komunikačního jádra.

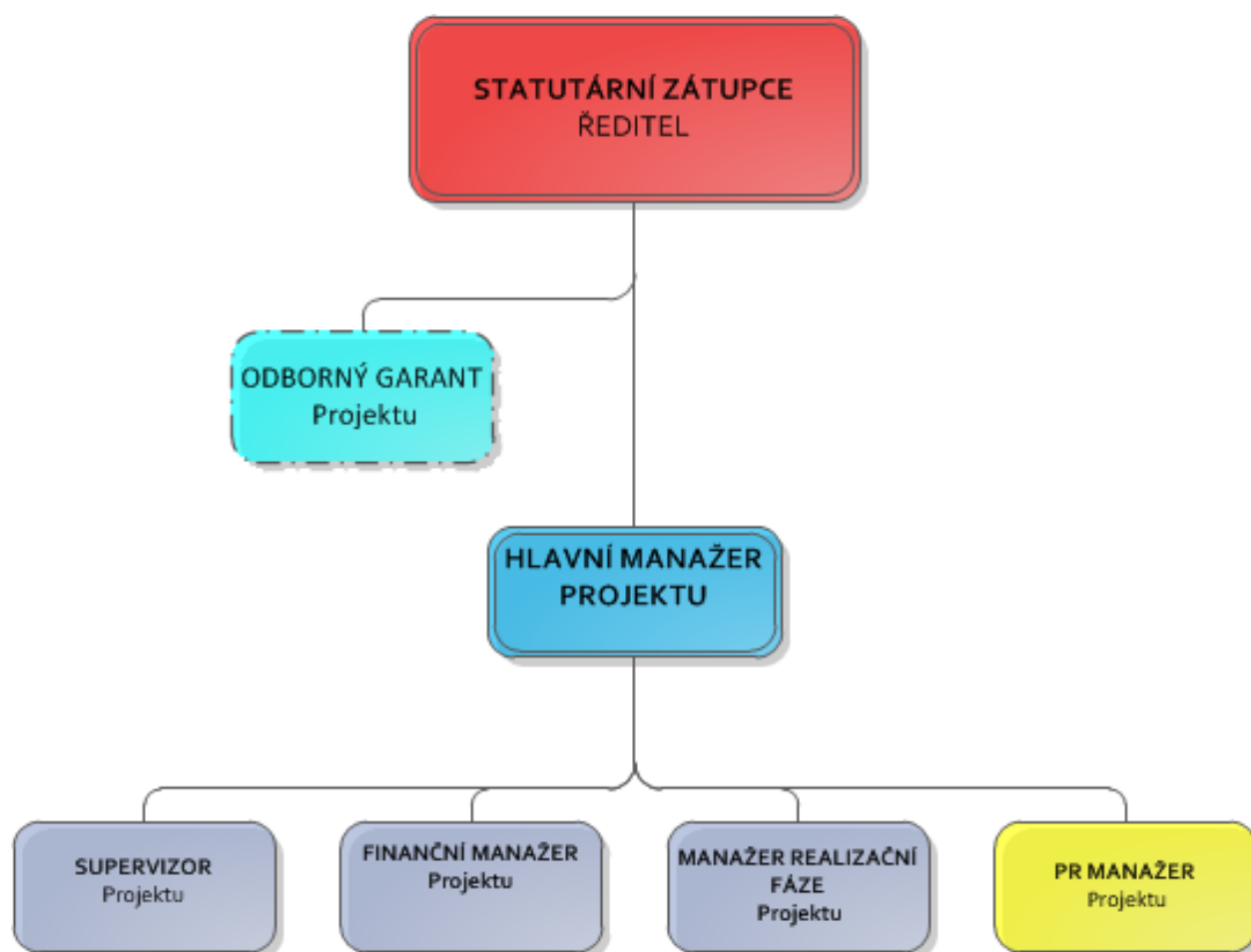
5. PODROBNÝ HARMONOGRAM PROJEKTU



ROK	AKTIVITA	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2014	Příprava a schválení projektu PET CENTRA	●→											
2014	Provedení výběrových řízení na zhotovitele projektové dokumentace			●→									
2014	Vypracování projektové dokumentace						●→						
2014	Schválení projektu a rozhodnutí o financování Stavebních úprav (RADA+ZASTUPITELSTVO)									●→			
2015	Provedení výběrových řízení na zhotovitele stavebních úprav	●→											
2015	Stavební úpravy			●→									
2015	Provedení výběrových řízení na dodavatele			●→									
2015	Dodávka, instalace a testování PET/CT							●→					
2015	Zahájení provozu									●→			



6. ORGANIZAČNÍ SCHÉMA PROJEKTU



	Statutární zástupce	Hlavní manažer	Odborný garant
Jméno, titul:	MUDr. Lukáš Velev	MUDr. Petr LIBUS	Prof. MUDr. Jan ŽALOUDÍK
Tel.	+ 420 567 157 150	+ 420 569 472 222	+ 420 567 157 111
e-mail:	velevl@nemji.cz	petr.libus@onhb.cz	zaloudikj@nemji.cz



7. PŘEDPOKLÁDANÉ NÁKLADY STAVBY



Projekt PET/CT navazuje na v současné době zahájenou akci „Příprava radiofarmak“ a představuje III. Etapu rekonstrukce oddělení OZM- nukleární medicíny, navazující pracoviště na Komplexní onkologické centrum zejména z pohledu diagnostiky a zachytu nádorových onemocnění.

Kalkulace nákladů vychází ze studie a je nutné je interpretovat jako orientační, vzhledem k rozsahu popisu jednotlivých profesí, které studie zahrnovala.

PŘEDPOKLÁDANÉ NÁKLADY STAVBY V KČ S DPH

33 845 737

8. CASH FLOW



NÁKLADY

Materiál FDG	<i>Glukóza</i>	25 140 160 Kč
Ostatní SZM	<i>Kontrastní látky CT</i>	1 807 200 Kč
Mzdové náklady	<i>3xlékař, 2xlaborant, 2x sestra</i>	4 608 409 Kč
BTK	<i>4x za rok</i>	150 000 Kč
Servis	<i>Pozáruční za rok</i>	2 223 000 Kč
Materiál údržba	<i>Běžná údržba oddělení rok</i>	100 000 Kč
Energie	<i>El. energie, ÚT, TUV, voda</i>	900 000 Kč
Náklady ostatní	<i>Validace, filtry VZT atd.</i>	480 000 Kč
CELKEM NÁKLADY BEZ ODPISŮ		35 408 769 Kč

VÝNOSY

	Balíčková cena	Výpočet ZUM
PET	46 184 000 Kč	22 666 886 Kč
CT		2 077 216 Kč
CELKEM-VÝNOSY	46 184 000 Kč	24 744 102 Kč

HOSPODÁŘSKÝ VÝSLEDEK

	Balíčková cena	Výpočet ZUM
Výnosy	46 184 000 Kč	24 744 102 Kč
ZULP		22 489 600
Náklady bez odpisů	35 408 769 Kč	35 408 769 Kč
HV	10 775 231 Kč	11 824 933 Kč
Odpisy	8 000 000 Kč	8 000 000 Kč
HV-ODPISY	2 775 231 Kč	3 824 933 Kč

INVESTIČNÍ NÁKLADY

PET/CT+ vybavení		68 000 000 Kč
Stavební úpravy + projekt		53 000 000 Kč
INVESTIČNÍ NÁKLADY CELKEM		121 000 000 Kč



Indikace k hybridnímu zobrazování PET/CT

Problém tohoto přístupu tkví v tom, že studie probíhají v řádu několika let. Vývoj zobrazovací techniky je ovšem rychlejší, a tak v době, kdy ještě nejsou dokončeny studie zabývající se úlohou FDG-PET, je k dispozici PET/CT. Dostupné pilotní studie i naše vlastní zkušenosti svědčí pro neobyčejný potenciál této hybridní modality...

Klíčová slova

pozitronová emisní tomografie • počítačová tomografie • fluorodeoxyglukóza • diagnostika • onkologie • staging

Problém tohoto přístupu tkví v tom, že studie probíhají v řádu několika let. Vývoj zobrazovací techniky je ovšem rychlejší, a tak v době, kdy ještě nejsou dokončeny studie zabývající se úlohou FDG-PET, je k dispozici PET/CT. Dostupné pilotní studie i naše vlastní zkušenosti svědčí pro neobyčejný potenciál této hybridní modality.

Je jasné, že PET/CT značně zjednodušuje mnohdy zdlouhavý a pro pacienty náročný vyšetřovací proces a snižuje náklady na diagnosticko-terapeutický proces. Hybridní zobrazování pozitronovou emisní tomografií v kombinaci s výpočetní tomografií (PET/CT) patří v rámci zobrazovacích metod k nejmodernějším.

Sdružuje výhody obou dnes již rutinně používaných metod, pozitronové emisní tomografie (PET) a výpočetní tomografie (CT). Záměrem vývoje nákladného zařízení bylo odstranit nedostatek funkčních informací při CT vyšetření a nedostatek anatomických a strukturálních informací při PET vyšetření. V jednom sezení je nyní možno získat funkční informace o metabolismu vyšetřované tkáně spolu s jejich morfológicoanatomickým obrazem.

Kombinovaná metoda kompenzuje nevýhody odděleného vyšetřování zvláště ve smyslu zvýšení komfortu pacienta, kdy namísto dvou i více návštěv zdravotnického zařízení přichází pacient pouze jednou. Vlastní fúze obrazů z různých vyšetření však není novinkou. Již řadu let se využívá obrazové fúze dvou vyšetření téže anatomické lokalizace, která byla zhotovena na různých pracovištích v různém čase.

Příkladem je fúze obrazu mozku získaného vyšetřením magnetickou rezonancí (MR) s obrazem vytvořeným pozitronovou emisní tomografií. Indikací k tomuto vyšetření je stav po chirurgickém zákroku či radioterapii pro tumor mozku a změny na MRI, u nichž nelze odlišit recidivu od radionekrózy. PET umožňuje v morfológicky změněném terénu odhalit recidivu vysokostupňového gliomu (zobrazující se jako ložisko hypermetabolismu glukózy), případně vyslovit podezření na upgrading původně nízkostupňového gliomu.

Pomineme-li organizační náročnost snímání, registrace obrazů a následné fúze, je při rozdílné pozici pacienta, střevní peristaltice v oblasti břicha a dechových pohybech někdy velmi těžké až nemožné oba datové objemy přesně vzájemně registrovat a vytvořit jejich spolehlivou fúzi, zejména v oblasti trupu. Hybridní zobrazení PET/CT, vytvořené v krátkém čase při nezměněné pozici pacienta, tuto nevýhodu z velké části odstraňuje.

Technické poznámky

Principem zobrazování pozitronovou emisní tomografií je možnost detekce a následné registrace změn metabolismu v patologicky změněné tkáni. I když existuje více typů radiofarmak pro PET umožňujících sledovat např. metabolismus nukleových kyselin (18F-tymidin), aminokyselin (11C-methionin, 18F-etyltirozin), je v současnosti při PET/CT prakticky vždy vyšetřována intenzita metabolismu glukózy.

Před vyšetřením je do krevního oběhu pacienta podána deoxyglukóza značená fluorem 18F (FDG). Ta je v buňce metabolizována až na fluoro-deoxy-glukózo-6-fosfát, následné defosforylaci již nepodléhá a hromadí se ve tkáni. Ložiska vyšší radioaktivity potom označují struktury, ve kterých je metabolická potřeba glukózy vysoká. Většina neoplazií intenzívně akumuluje FDG a přibližně po hodině od podání je dosahováno takového kontrastu vůči krevnímu pozadí, že lze zobrazit zhoubné nádory od průměru kolem 5 mm.(1, 2)

To je důvodem, proč onkologická diagnostika tvoří téměř 90 % všech indikací k PET/CT vyšetření. Vyhledávání zánětlivých ložisek, která též vykazují zvýšený metabolismus FDG, potom doplňuje zbylých 10 % indikací. Samotné PET vyšetření poskytuje jedinečnou informaci o funkčním stavu tkání, jeho nevýhodou je omezená možnost anatomické interpretace nálezu, ale i malé prostorové rozlišení. Nevýhodu chybějící anatomické informace odstraňuje nový hybridní systém PET/CT.

CT má v hybridním systému dvě funkce. Slouží jednak k všeobecně rozšířenému diagnostickému zobrazování, jednak registruje informace o úbytku rtg záření při průchodu vyšetřovanou oblastí. Informaci lze užít ke korekci absorpce záření emitovaného podaným radiofarmakem. Korekce absorpce záření pomocí CT výrazně zkracuje čas vyšetření.

Podáním kontrastní látky intravenózně lze CT vyšetření doplnit ještě o informaci o cévních strukturách, vaskularizaci patologického procesu a o vztahu patologického ložiska k velkým cévám. Při hybridním zobrazení jsou tak funkční údaje o metabolismu glukózy doplněny o anatomické a strukturální informace, které nelze pomocí samotného radiofarmaka získat. Naopak CT vyšetření je doplněno aktuální informací o metabolickém stavu organismu.

PET/CT vyšetření se provádí pravidelně od úrovně báze lební až po polovinu stehén. Pokud je v rámci diagnózy důležitá ještě jiná oblast, doplňuje se vyšetření této krajiny (např. dolních končetin). Příprava pacienta na vyšetření spočívá v šestihodinovém lačnění a dostatečné hydrataci tekutinami bez příměsi cukrů. Před podáním FDG je pacientovi změřena hladina glykémie (hyperglykémie snižuje detekovatelnost ložisek pomocí FDG-PET).

Vzhledem k nutnosti dobrého odlišení střev v CT obraze podáváme vždy perorální kontrastní látku. Vlastní snímání začíná za 60-90 minut po podání radiofarmaka, kdy je dosaženo optimálních kontrastních poměrů nádoru/zánětu vůči okolním tkáním. S ohledem na zlepšení anatomické přehlednosti a detailnější zobrazení strukturálních změn aplikujeme v indikovaných případech při začátku skenování počítačovým tomografem ještě kontrastní látku intravenózně.

Celý pobyt pacienta na oddělení trvá 2 až 3 hodiny, vlastní skenování na kombinovaném PET/CT nepřesáhne 30 minut. Absolutní kontraindikace k PET vyšetření prakticky neexistují, významnou relativní kontraindikací je hodnota glykémie nalačno přes 10 mmol/l.

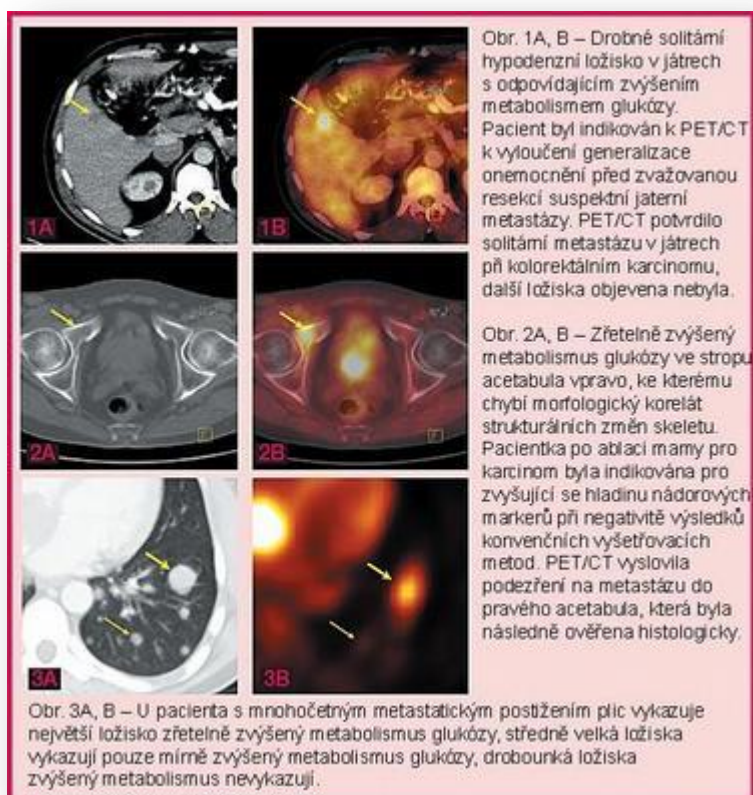
Pro CT vyšetření s i. v. kontrastem je absolutní kontraindikací pozitivní alergická anamnéza na jódové kontrastní látky, v takovém případě se provádí pouze PET vyšetření s nativním CT. U ostatních alergií se postupuje individuálně a v nezbytných případech je vyžádána přítomnost anesteziologa. Vitální indikace k PET/CT vyšetření zatím neexistuje. Kontraindikace vyšetření gravidních patientek odpovídají kontraindikacím k ostatním radiodiagnostickým metodám.

Hodnocení vyšetření

Speciálním softwarem lze hodnotit PET a CT vyšetření samostatně a zároveň obě vyšetření „prolnout“ a na fúzním zobrazení zhodnotit anatomickou lokalizaci metabolicky aktivních ložisek současně s jejich morfológickou strukturou. Intenzitu akumulace radiofarmaka srovnáváme s intenzitou akumulace daného pozadí. Míra akumulace bývá semikvantitativně vyjádřena pomocí SUV (standard uptake value), která naměřenou lokální aktivitu koriguje na hmotnost pacienta a podanou aktivitu.

Fyziologicky zvýšenou akumulaci radiofarmaka ve vývodném systému močovém, v myokardu, v lymfatické tkáni Waldayerova okruhu, laryngu, popřípadě ve stěně žaludku a střev a v reziduálním hnědém tuku u tenzních jedinců, lze často na podkladě CT obrazů odlišit od ložisek s patologickým nahromaděním radiofarmaka. Z fúze obrazů vyplývají následné možné varianty patologických nálezů: **1. Hypermetabolické ložisko** s odpovídajícím morfológickým korelátem patologických změn, které je pomocí CT skenu anatomicky lokalizováno - Obr. 1. **2. Ložisko se zvýšeným metabolismem glukózy**, které je lokalizováno ve strukturálně nezměněném orgánu nebo v nezvětšené uzlině a které tak uniká CT diagnostice. Díky jeho vysoké metabolické aktivitě jej lze identifikovat pomocí PET a podle CT lokalizovat - viz Obr. 2. **3. Patologické ložisko na CT skenu**, které nevykazuje zvýšený metabolismus glukózy. Na CT skenech jsou mnohdy zobrazitelná drobná ložiska bez zvýšené akumulace radiofarmaka. Jejich negativní PET nález je v případě neoplazie vysvětlitelný nízkou konsumpcí glukózy nádorem, což je jev vzácný, nebo je způsoben malými rozměry léze.

Vzhledem k omezené prostorové rozlišovací schopnosti PET prudce klesá detektabilita malých ložisek. Typickým příkladem jsou drobné plicní metastázy kolorektálního karcinomu, které vykazují od průměru 10 mm pravidelně zvýšený metabolismus glukózy, ložiska průměru 5 až 10 mm vykazují variabilní metabolismus glukózy a ložiska menší než 5 mm zpravidla zvýšený metabolismus nevykazují - Obr. 3.



Nejčastější indikace k PET/CT

K základním indikacím PET/CT v onkologické problematice patří vyhledávání nádorů, diferenciální diagnostika maligních a benigních lézí, jejich lokalizace, stanovení rozsahu postižení s posouzením lymfatických uzlin a vzdálených metastáz, detekce recidivy onemocnění a zhodnocení účinnosti terapie. Vývojem moderních spirálních CT s rychlou akvizicí dat se indikační pole hybridních přístrojů rozšiřuje o kardiologii, kde má PET/CT význam při posuzování viability myokardu současně se zobrazením koronárního řečiště CT angiografií (CTA). Podle výsledku jsou vybráni vhodní pacienti k revaskularizačním výkonům nebo k transplantaci při nekróze kardiomyocytů.

Maligní lymfom

Počítačová tomografie představovala donedávna základní diagnostickou metodu ve stagingu a restagingu maligních lymfomů (ML). V restagingu však toto vyšetření nedokáže stejně jako ostatní morfologické zobrazovací metody odlišit viabilní nádorovou tkáň od jizvící se či nekrotické tkáně. Rozhodování, zda onemocnění je v daném okamžiku aktivní nebo nikoli, bývá obtížné. Většina ložisek hodgkinských i non-hodgkinských lymfomů vykazuje shodně nápadný hypermetabolismus glukózy. V iniciačním stagingu se senzitivita vyšetření udává od 80 % do 100 %, specificita od 85 % do 97 %. (3, 4)

Vysoká specificita PET/CT v restagingu, respektive v kontrole účinnosti podávané chemoterapie, je založena na možnosti zhodnotit ztrátu viability pozorovaného ložiska na podkladě normalizujícího se metabolismu glukózy již po druhém cyklu chemoterapie v době, kdy se velikost a struktura ložiska na CT skenech ještě podstatně nemění. Podle výsledku PET/CT vyšetření se potom rozhoduje o dalším terapeutickém postupu a současně lze predikovat naději na dosažení dlouhodobé remise onemocnění. (5)

Kolorektální karcinom

Z hlediska lokálního nálezu u kolorektálního karcinomu (CRC) je PET/CT metodou dostatečně citlivou, nikoliv však dostatečně specifickou. Zvýšený metabolismus glukózy ve střevě může představovat maligní lézi, zánětlivé změny střeva (např. divertikulitidu), případně benigní lézi typu adenomu. Přínos PET/CT spočívá v možnosti celotělového stagingu již zjištěného onemocnění se zaměřením na lymfatické uzliny (6) a především vzdálené metastázy. Pro primární diagnózu je stále metodou první volby koloskopie s možností odběru materiálu na histologické vyšetření.

U pacientů s anamnézou CRC a zvyšováním nádorových markerů nebo při nejasném nálezu při jiné zobrazovací modalitě považujeme PET/CT za metodu volby. Ve vlastní skupině 86 retrospektivně hodnocených pacientů s podezřením na recidivu CRC jsme dospěli k senzitivě 82 % (27/33), specificitě 94 % (50/53) a celkové přesnosti 90 % (77/86). (7) PET/CT dosahuje specificity 100 % v odlišení presakrální fibrózní tkáně od recidivy neoplazie, tedy v oblasti, kde ostatní metody selhávají.

Bronchogenní karcinom

PET/CT je metodou volby v diferenciální diagnostice maligních a benigních solitárních plicních uzlů. V literatuře se uvádí hranice metody pro detekci ložiska o průměru 5 mm, za málo spolehlivě považujeme z vlastní zkušenosti hodnocení lézí o průměru od 5 do 10 mm, za spolehlivě prokazatelné léze o průměru nad 10 mm. V případě pozitivního nálezu ve smyslu bronchogenního karcinomu (BCA) je možnost navíc zhodnotit přítomnost satelitních lézí, zhodnotit stav mediastinálních lymfatických uzlin a nalézt vzdálené metastázy. V jednom sezení je tak možno stanovit celotělový staging nádoru v rámci TNM klasifikace.

Výjimkou jsou neuroendokrinní nádory plic a bronchioloalveolární karcinom, které nevykazují ve všech případech zvýšenou akumulaci radiofarmaka a jejich diagnostika se opírá spíše o CT obraz. (8) Ve spolupráci s III. chirurgickou klinikou 1. LF UK Praha byla provedena studie 32 pacientů se solitárním plicním uzlem, indikovaných k plánovanému chirurgickému výkonu pro suspektní BCA. Hodnocení

akumulace FDG v primárních ložiscích před operací dosáhlo senzitivity 96 % (22/23), specifity 89 % (8/9) a přesnosti 94 % (30/32) ve smyslu odlišení neoplazie od benigních lézí.(9)

Při hodnocení mediastinálních uzlin není metoda dostatečně citlivá a nemůže nahradit histologickou exploraci uzlin. Naopak je vysoce specifická, a je-li primární neoplazie jistá, lze uvažovat v případě pozitivního PET/CT nálezu na uzlinách o ustoupení od jejich histologické explorace. U čtvrtiny pacientů pak PET/CT prokáže neočekávané vzdálené metastázy. Jeho úloha u BCA tedy především tkví ve snížení počtu nepřínosných chirurgických zákroků.

Karcinom pankreatu

PET/CT je metodou volby v diferenciální diagnostice solidních a semisolidních nádorů pankreatu a v diferenciální diagnostice maligních nádorů v terénu chronické pankreatitidy. Stejně jako u předchozích neoplazií je jedinečnou metodou ve vyhledávání synchronních metastáz a v upřesnění TNM stagingu. Většina literárních prací uvádí senzitivitu a specifitu hybridního zobrazování ve vyhledávání maligních nádorů pankreatu ve srovnání s CT či MR vyšší.

Naše studie týkající se hodnocení FDG-PET v diferenciální diagnostice pankreatických ložisek prokázala senzitivitu 89 % (31/35), specifitu 100 % (27/27) a celkovou přesnost 94 % (58/62).(11) V dosud malé skupině pacientů, kde bylo provedeno hybridní PET/CT vyšetření, nebyl žádný falešně negativní ani falešně pozitivní nález. Recidiva nádoru pankreatu patří též do častých indikací k PET/CT vyšetření. Málo výtěžné je ale PET/CT vyšetření u pacientů s akutní pankreatitidou nebo akutní exacerbací chronické pankreatitidy, kdy CRP stoupá nad 10 mg/l.

Jelikož je akumulace radiofarmaka v tomto případě zvýšena v celém pankreatu, je případný maligní nádor neodlišitelný od pozadí s vysokou konsumpcí glukózy a rozhodující je CT obraz. Problémem jsou též hojně se vyskytující chronické zánětlivé změny sliznice střevní v místě biliodigestivních a enteroenterických anastomóz u pacientů po resekčních výkonech (hemipankreatoduodenektomie), které vykazují zvýšený metabolismus glukózy, a mohou tak být falešně pozitivním nálezem. Naopak falešně negativním nálezem může být recidiva nádoru v oblasti anastomózy, která je mylně považována za střevní kličku.

Karcinom mamy

Těžiště PET/CT diagnostiky spočívá u tohoto nejčastějšího ženského nádoru ve vyhledávání vzdálených metastáz již prokázané primární léze a v průkazu generalizace onemocnění. Pro určení postižení axilárních lymfatických uzlin však není metoda dostatečně citlivá a nenahrazuje histologickou exploraci sentinelové uzliny. PET/CT je metodou volby v diagnostice recidivy choroby tam, kde při zvyšujících se nádorových markerech zůstávají výsledky konvenčních metod negativní.

Typickým příkladem mohou být časně kostní metastázy, které vzhledem k nízké osteoblastické aktivitě nevykazují pozitivní scintigrafický nález, nemají ještě CT korelát ve strukturální změně kosti, nicméně změna metabolismu ve dřeni již poskytuje pozitivní PET nález. Postupně se objevují výsledky studií zabývajících se úlohou PET v predikci odpovědi primárního ložiska a metastáz karcinomu mamy na chemoterapii, kde snížení metabolismu glukózy po podání prvního cyklu chemoterapie vede k vyššímu procentu kompletních remisí po dokončení započaté série.

Stejný nebo progredující nález na PET naopak předpovídá malou naději na kompletní remisi a evokuje změnu chemoterapie. Vzhledem k závažným vedlejším účinkům terapie a nákladnosti léčby jsou výsledky dosavadních prací velmi nadějně. Ve studii Schwarze a kol. dosáhli poklesu metabolismu glukózy v nádorové lézi vyjádřeném SUV po prvním cyklu chemoterapie na 72 % - 21 % u respondujících pacientek a na 94 % - 19 % u nerespondujících pacientek.(13) Nepřínosné je PET/CT vyšetření v diferenciální diagnostice fibrózní mastopatie, metodou volby zůstává mamografie a ultrasonografie.

Karcinom štítné žlázy

PET/CT je metodou volby při podezření na recidivu diferencovaného karcinomu štítné žlázy při negativním vyšetření radiojódem a je možné též vyhledávání recidivy medulárního karcinomu při zvyšující se hladině kalcitoninu a negativních výsledcích konvenčních zobrazovacích metod. Diferenciální diagnostika parenchymových ložisek ve štítné žláze je doménou ultrasonografie, která v kombinaci s cílenou biopsií vykazuje vysokou senzitivitu a specifitu. Zajímavé a nikoliv raritní jsou nálezy zhoubných incidentalomů ve štítné žláze, které jsou pomocí PET/CT odkryty dříve, než způsobí klinické obtíže.

Primární nádor neznámé lokalizace

PET/CT vyšetření by pravděpodobně mělo být zařazeno na prvním místě ve vyšetřovacím algoritmu u prokázaných metastáz z nejasného primárního zdroje, kde se jeho senzitivita pohybuje kolem 80 %. Nejčastěji se však setkáváme se situací, kdy je hybridní vyšetření zařazeno až za celou řadu mnohdy opakovaně negativních vyšetření.

I tak lze u kompletně vyšetřených pacientů očekávat přínos PET/CT vyšetření v cca 20 %. Jelikož se až 70 % primárních nádorů při diagnostikované metastáze v krční oblasti nachází v oblasti hlavy a krku, je zřejmé, že i vyšetření PET/CT by mělo tuto oblast pečlivě zobrazit. Pro CT obraz je naprosto nezbytná správně podaná intravenózní kontrastní látka, bez níž je vyšetření splanchnokrania a krku obtížně hodnotitelné.

Další nádory

Indikace k FDG-PET se osvědčila i u řady dalších nádorů a lze očekávat, že PET/CT tuto úlohu ještě zvýrazní. Za všechny jmenujeme alespoň staging/restaging vysoce rizikového melanoblastomu a vysokostupňových sarkomů a také průkaz recidivy ovariálních nádorů a nádorů děložního hrdla včetně jejich stagingu.

Zánětlivá onemocnění

Ložiskově zvýšená akumulace FDG v zánětlivých (infekčních i sterilních) lézích rozšiřuje indikační spektrum PET/CT mimo onkologii. Po vyčerpání konvenčních vyšetřovacích (laboratorních a morfologických) metod jsou k PET/CT vyšetření plně indikováni pacienti v protrahovaném septickém stavu s podezřením na infekci kloubní nebo cévní náhrady a pacienti s horečkami neznámého původu. PET/CT zhruba u třetiny těchto předem intenzivně a bezúspěšně vyšetřovaných pacientů vede k určení diagnózy.

Významné je uplatnění PET/CT při diagnostice systémových onemocnění, zejména vaskulitid cév většího kalibru, které se často manifestují protrahovanými horečnatými stavy a absencí specifického patologického nálezu v laboratorních a morfologických vyšetřovacích metodách. Díky změně metabolismu glukózy ve stěně velkých cév lze u vaskulitid pomocí PET/CT rovněž hodnotit kladnou odpověď na imunosupresivní léčbu i při přetrvávajícím morfologickém obrazu zesílení cévní stěny na podkladě fibroprodukce.

Zvýšená intenzita metabolismu glukózy v zánětlivých lézích v některých případech komplikuje vyšetření u onkologických pacientů. V případě diferenciálně diagnostických rozpaků pozitivního nálezu u onkologických pacientů lze tyto léze spolehlivě odlišit pouze tehdy, pokud mají typický obraz zánětlivého ložiska na CT skenu. V diferenciální diagnostice tumor/zánět je třeba vždy korelovat PET/CT nález s laboratorními hodnotami pacienta a postupovat velmi opatrně.

Nejčastější příčiny falešně pozitivních a falešně negativních nálezů

1. Velikost léze je pod detekčním prahem PET, která odpovídá průměru 5 mm. Léze průměru 5 až 10 mm jsou zobrazitelné se sníženou spolehlivostí (např. miliární rozsev jaterních metastáz), léze nad 10 mm jsou obvykle dobře detekovatelné. **2. Patologické ložisko je v blízkosti nebo je součástí struktury**, které vykazují fyziologicky zvýšenou akumulaci radiofarmaka a na jejichž vysoce aktivním pozadí nelze ložisko diferencovat (např. vývodné cesty močové). Tato možnost falešné negativity se ještě zvyšuje, pokud na CT skenu není ložisko morfologicky odlišitelné od okolí (typicky karcinom močového měchýře). **3. Aktivní zánětlivé léze** vykazují zřetelně zvýšený metabolismus glukózy a jsou často na PET prakticky neodlišitelné od nádorových ložisek. Vodítkem je zde CT nález, který je někdy schopen nádorovou a zánětlivou lézi lépe specifikovat. Východiskem by v budoucnu mohlo být využívání jiných radiofarmak, specificky vychytávaných v nádorové či zánětlivé tkáni. **4. Jedná se nádor s nezvýšeným metabolismem glukózy**, který je v CT obraze nedekovatelný pro izodenzní strukturu s okolní tkání (např. nádory prostaty) na CT skenu. Ke zlepšení situace by do budoucna mohla přispět jiná radiofarmaka.

Diskuse

Limitujícími faktory FDG-PET/CT vyšetření jsou omezená dostupnost a vysoká cena. Na vysoké ceně se kromě pořizovacích nákladů na vlastní hybridní přístroj (mnoho desítek miliónů korun) podílí i vysoká cena radiofarmaka s velmi krátkým poločasem rozpadu (v případě ^{18}F 110 minut). Nejsou však náklady na léčbu onkologických nemocných často neúměrně vysoké vůči dosaženému efektu při nepoznané generalizaci onemocnění a míře nežádoucích účinků znemožňujících celkový efekt léčby?

I když zvážíme možnosti celotělového vyšetření jinými moderními zobrazovacími modalitami typu multidetektorového CT se 16 či dokonce 64 řadami detektorů(14) nebo magnetické rezonance se silným magnetickým polem a celotělovou cívkou, stále se jedná pouze o morfologické hodnocení. Funkční změny detekované metodami nukleární medicíny předcházejí u neúrazových stavů v patofyziologii změnám strukturálním. Již dnes je zřejmé, že senzitivita, specifita a celková přesnost PET/CT je ve výše uvedených skupinách nádorových onemocnění vysoká.

Závěr

Strategie diagnostiky se velmi rychle mění a indikace k jednotlivým vyšetřením je nutné pečlivě zvažovat.(15) Jednoznačně lze stanovit až na základě výsledků velkých multicentrických studií.

MUDr. Jana Votrubová, CSc.,

e-mail: jana.votrubova@homolka.cz

doc. MUDr. Otakar Bělohlávek, CSc., MUDr. Monika Jarůšková Nemocnice Na Homolce, Praha, PET centrum

*

Literatura

1. BĚLOHLÁVEK, O., FENCL, P. Hybridní zobrazování výpočetní a pozitronovou emisní tomografií. Interní medicína pro praxi, 2004, 6, č. 2, s. 61-63.

2. OEHR, P., BIRSACK, HJ., COLEMAN, RE. PET and PET/CT in oncology. Berlin : Springer Verlag, 2004, 350 s.

3. BĚLOHLÁVEK, O., SLABÝ, J., TÁBORSKÁ, K., et al. Prognostic value of PET after second cycle of chemotherapy at malignant lymphoma. Eur J Nucl Med, 2001, 28, p. 961.

4. SLABÝ, J., BĚLOHLÁVEK, O., TÁBORSKÁ, K., et al. Prediktivní vlastnosti pozitronové emisní tomografie prováděné po druhém cyklu indukční terapie maligních lymfomů. Čas Lék čes, 2002, 10, s. 312-315.

5. LISTER, TA., CROWTHER, D., SUTCHIFFE, SB., et al. Report of a committee convened to discuss the evaluation and staging of patients with Hodgkin's disease. J Clin Oncol, 1989, 7, p. 1630-1636.

6. KANTOROVÁ, I., LIPSKÁ, L., BĚLOHLÁVEK, O., et al. Routine 18F-FDG PET preoperative staging of colorectal cancer: Comparison with conventional staging and its impact on treatment decision making. J Nucl Med, 2003, 44, p. 1784-1788.

7. VOTRUBOVÁ, J., JARŮŠKOVÁ, M., BĚLOHLÁVEK, O., FENCL, P. The role of FDG PET/CT in detection of local recurrence of colorectal cancer. Gut, 2004, 53, Suppl. VI, A60.

8. BĚLOHLÁVEK, O., KOŠATOVÁ, K., MELÍNOVÁ, L., et al. Metabolic characterisation of solitary pulmonary nodules by positron emission tomography with FDG -preliminary report. Nucl Med Rew, 2001, p. 97-100.

9. SCHÜTZNER, J., PAFKO, P., STOLZ, A., et al. Pohled chirurga na význam pozitronové emisní tomografie - PET (se zaměřením na plicní nádorové postižení). Rozhl Chir, 2004, 82, s. 596-599.

10. BĚLOHLÁVEK, O., FENCL, P., SCHUTZNER, J., et al. Can FDG PET/CT replace mediastinoscopy or per-operative biopsy in patients with lung tumours. Eur Nucl Med, 2004, 31, p. 54.

11. VOTRUBOVÁ, J., BĚLOHLÁVEK, O. Detection of suspected pancreatic cancer using FDG-PET and hybrid PET/CT. Eur Radiol, 2005,15, p. 33.

12. VOTRUBOVÁ, J., FENCL, P. Hybridní zobrazování PET/CT. Čes Radiol, 2004, 58/5, s. 333-337.

13. SCHWARZ, JD., BADER, M., JENICKE, L., et al. Early prediction of response to chemotherapy in metastatic breast cancer using sequential 18F-FDG PET. J Nucl Med, 2005, 46, p. 1144-1150.

14. FERDA, J., KREUZBERG, B., MÍRKA, H., NOVÁK, M. Multidetektorová výpočetní tomografie. Čes Radiol, 2004, 58, p. 316-319.

15. RESKE, SN., KOTZERKE, J. FDG-PET for clinical use. Results of the 3rd German Interdisciplinary Consensus Conference. „Onko-PET III“, 21 July and 19 September 2000. Eur J Nucl Med, 2001, 28, p. 1707-1723.

FREUDENBERG, LS., ANTOSCH, G., BEYER, T., et al. Combined PET/CT imaging: First clinical Experiences at University of Essen. Hospital 2003, No. 5, p. 6-12.

LIN.EC., ALAVI, A. PET and PET/CT – a clinical guide. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2009, p. 368.

10. ZÁVĚR



10.1 Výhody projektu

- ↻ pro pacienty KOC výhodná geografická poloha, krajské město, koncentrovaná odborná zdrav. péče, žádné cestování za dg. metodami z KOC
- ↻ kvalitní klinické zázemí (v nemocnici všechny obory, mnohé z nich nadregionální působnost)
- ↻ dobrá dopravní obslužnost
- ↻ odborná návaznost na KOC NemJi – nadregionální působnost
 - na kardiocentrum - nadregionální působnost
 - na neurologii - nadregionální působnost
 - na cévní chirurgii – nadregionální působnost
- ↻ připraveny jsou volné prostory pro adresnou cílenou rekonstrukci v přízemí dg pavilonu, plány,
- ↻ předběžně konzultováno s orgány SÚJB, stavební povolení
- ↻ výhodná prostorová návaznost na provoz KOC , kardiologie, neurologie , spojení pavilonů
- ↻ radiofarmaka – zdroj cyklotron (Praha, Brno) doprava po D1.

10.2 Příležitosti

- ↻ dobudování uceleného komplexu dg. zobrazovacích metod, které zkvalitní a zrychlí především onkologickou dg. ve vazbě na KOC (zatím pacienti odesíláni na pracoviště PET/CT Brno MOÚ, FN Hradec Králové, Plzeň či Praha)
- ↻ spolupráce kvalifikovaných odborníků (NM) celého kraje

10.3 SWOT ANALÝZA

