



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

3. lékařská fakulta

všeobecné lékařství



Centrum preventivního lékařství 3. LF UK

Oddělení nukleární medicíny a PET centrum, Nemocnice Na Homolce

**Odhad minimální potřebné kapacity PET
a PET/CT pro onkologické pacienty v ČR**

Diplomová práce

Kateřina Šobáňová

Praha, 2007

Anotační list

Jméno autora: Kateřina Šobáňová

Název tématu: Odhad minimální potřebné kapacity PET a PET/CT pro onkologické pacienty v ČR

Anglický název: Evaluation of minimal necessary capacity of PET and PET/CT scanners for oncological patients in the Czech Republic

Rok: 2007

Studijní obor: Všeobecné lékařství s preventivním zaměřením

Ústav: Centrum preventivního lékařství 3. LF UK

Vedoucí DP: Doc. MUDr. Otakar Bělohlávek, CSc.

Pracoviště vedoucího DP: Oddělení nukleární medicíny a PET centrum,
Nemocnice Na Homolce

Datum a rok obhajoby: leden 2007

Bibliografické údaje:

počet stran: 55

počet obrázků: 12

Klíčová slova: pozitronová emisní tomografie, hybridní PET/CT skener, fluoro-2-deoxy-D-glukóza, onkologie, radiofarmakon, evidence based medicine, incidence, prevalence, staging, restaging

Keywords: positron emission tomography, PET/CT scanner, fluoro-2-deoxy-D-glucose, oncology, evidence based medicine, incidence, prevalence, staging, restaging

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem zde předkládanou diplomovou práci na téma „*Odhad minimální potřebné kapacity PET a PET/CT pro onkologické pacienty v ČR*“ vypracovala samostatně a použila pouze zdrojů uvedených v seznamu použité literatury. Současně dávám svolení k tomu, aby tato diplomová práce byla používána ke studijním účelům.

Kateřina ŠOBÁŇOVÁ
V Praze, dne 15. 01. 2007

Poděkování

Tímto způsobem bych chtěla poděkovat vedoucímu své diplomové práce Doc. MUDr. Otakaru Bělohlávkovi, CSc. za pomoc a věcné připomínky při tvorbě této práce. Díky mu patří ať už za teoretické rady a poskytnutí materiálů, tak i za trpělivost a pomoc se zrealizováním.

Obsah

Prohlášení	3
Poděkování	4
Obsah	5
Úvod	6
Cíl práce a hypotézy	7
Přehled současných poznatků	8
Pozitronová emisní tomografie (PET).....	8
Výpočetní tomografie (CT).....	9
Hybridní PET/CT skener.....	10
Klinické využití	10
Využití PET a PET/CT ve vyšetřovacím programu onkologického pacienta ...	11
PET, PET/CT v České Republice	12
Metodika	13
Zpracování	16
<i>Zhoubný novotvar průdušky – bronchu a plíce (C 33-34)</i>	17
<i>Kolorektální karcinom (C 18-21)</i>	20
<i>Lymfom (C 81-85)</i>	24
<i>Zhoubný melanom kůže (C 43)</i>	28
<i>Zhoubný novotvar prsu (C 50)</i>	31
<i>Zhoubný novotvar hrdla děložního-cervicis uteri (C 53)</i>	34
<i>Nádory štítné žlázy (C 73)</i>	36
<i>Zhoubný novotvar slinivky břišní (C 25)</i>	38
<i>Solitární plicní uzal (R 91)</i>	40
<i>Zhoubný novotvar jícnu (C 15)</i>	41
<i>Nádory v oblasti hlavy a krku (mimo CNS a štítnou žlázu)</i>	42
Výsledky	43
Model minimalistický	43
Model maximalistický	45
Závěr	52
Souhrn	53
Summary	54
Seznam použité literatury	55

Úvod

Pozitronová emisní tomografie má v České republice již sedmiletou tradici. V tento moment Česká republika disponuje dvěma PET a třemi hybridními PET/CT skenery. Využívají se především v klinické praxi u onkologických pacientů.

Je známo, že pacienti s již prokázaným nádorem a také pacienti s vysloveným podezřením na malignitu tvoří velmi početně zastoupenou skupinu pacientů vyšetřovaných v centrech nukleární medicíny a to zejména v PET centrech.

Možnost kombinace metabolického a anatomicko-morfologického obrazu tkání během jednoho vyšetření (jako je tomu u PET/CT) totiž významně zvyšuje senzitivitu a specifitu obou těchto metod a přispívá tak nejen k časové úspoře, ale i k urychlení diagnosticko-terapeutického procesu, což je u onkologických pacientů obzvláště důležité a žádoucí. Dle některých zdrojů může toto vyšetření až u jedné třetiny onkologických pacientů vést ke změně původně plánované terapie.^[2]

Vyšetřovací metoda PET a PET/CT je u určitých malignit významná nejen v oblasti diagnostiky a monitorace léčby, ale má smysl i v oblasti sekundární a terciární prevence při vyhledávání metastáz a zjišťování relapsů a časných recidiv onemocnění jinými metodami v dané fázi nezjistitelných.

Cíl práce a hypotézy

Cílem této práce je na základě přístupných údajů odhadnout minimální potřebnou kapacitu PET a PET/CT skenerů ve vyšetřovacím programu onkologických pacientů v České republice.

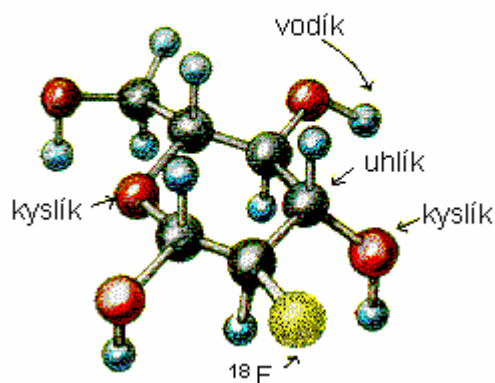
Předpokládá se, že výsledek poukáže na prozatímní nedostatečné pokrytí diagnostických potřeb onkologických pacientů v České republice těmito skenery.

Přehled současných poznatků

Pozitronová emisní tomografie (PET)

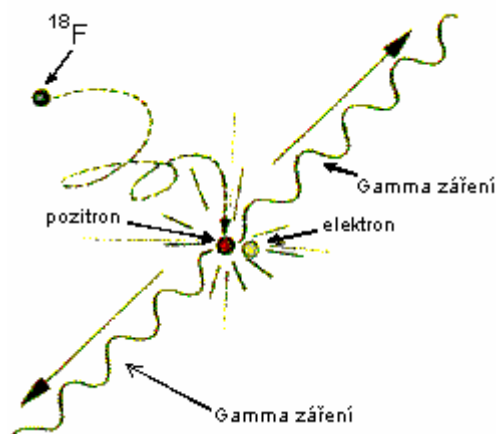
Pozitronová emisní tomografie je neinvazivní metodou nukleární medicíny založená na principu detekce záření vycházejícího z radiofarmaka, které je pacientovi podáno i.v. před vyšetřením. Nejpoužívanějším radiofarmakem je FDG (2-[^{18}F] fluoro-2-deoxy-D-glukóza), která je stejně jako glukóza transportována do buňky a tam fosforylována hexokinázou na 2-FDG-6-fosfát, který se už ale dále nemůže účastnit metabolických pochodů a v buňce se hromadí. ^[2]

2-[^{18}F]fluoro-deoxy-D-glukóza



Obr. 1 Model FDG (2-[^{18}F] fluoro-2-deoxy-D-glukóza) ^[14]

Hromadí se zejména v buňkách metabolicky aktivních hlavně nádorových, jež mají zmnožené transportní mechanismy pro glukózu. ^{18}F se v nich rozpadá a emituje pozitron, který ve tkáni interaguje s elektronem za vzniku dvou fotonů záření gamma. Oba tyto fotony, které vznikají ve stejný okamžik, mají stejnou energii (511 keV) a jsou emitovány v prostorovém úhlu cca 180 stupňů po tzv. koincidenční přímce, jsou detekovány protilehlými detektory uspořádanými do prstence a spojenými koincidenčním obvodem. ^[2]



Obr. 2 Interakce pozitronu s elektronem za vzniku dvou fotonů záření gamma^[14]

PET kamera takto detekuje řádově miliony fotonů za sekundu. Pomocí počítače je pak vytvořen obraz řezů kolmých k rovině detektoru (transversální řezy) a obrazy řezů v dalších vzájemně kolmých rovinách (frontální a sagitální), které informují o distribuci radiofarmaka v organismu. Je důležité vědět, že fyziologicky zvýšená konzumace glukózy je v šedé kůře mozkové, ve střevech, v ledvinách, individuálně v orofaryngu a laryngu a nekonstantně v myokardu levé komory srdeční. Radiofarmakon je vylučováno močí, a proto se zvýšeně hromadí také v dutém systému ledvin, v ureterech a v močovém měchýři.

Kromě FDG je možné použít i jiná radiofarmaka, jako např. (¹⁸F)FMISO/FETNIM (fluoromisonidasol/fluoroerytronitroimidazol) odrážející úroveň hypoxie ve tkáni, ¹¹C-methionin a ¹⁸F-FET (fluoroethyltyrosin) poukazující na úroveň transportu aminokyselin, ¹⁸F-fluorothymidin informující o buněčné proliferaci a ¹⁵O-voda podávající informaci o úrovni perfuze ve tkáních.^{[1][2]}

V ČR existuje dostatečná výrobní kapacita PET radiofarmak; možný je také import od zahraničních výrobců. Složitost výroby a komplikovaná legislativa jsou překážkami pro zavádění dalších radiofarmak do praxe.^[17]

Výpočetní tomografie (CT)

Výpočetní tomografie je metoda založená na principu schopnosti jednotlivých tkání pohlcovat paprsky X (v závislosti na denzitě těchto tkání). Rentgenka, z níž záření vychází, je umístěna vně pacienta, kolem kterého rotuje. Záření je detekováno na protilehlých detektorech. Data jsou zpracována počítačem a výsledkem jsou stovky řezů informující o denzitě tkání a vypovídající přesně

o anatomických strukturách v těle pacienta. Při spirálním vyšetření se kontinuálně axiálním směrem pohybuje lůžko s pacientem uložené mezi rentgenkou a detektory. Pro lepší zobrazení trávicí trubice a lepší odlišení vaskulárních struktur je možné podat kontrastní látku p.o. či i.v. [2]

Hybridní PET/CT skener

Hybridní PET/CT skener vznikl spojením spirálního CT a PET kamery do jednoho přístroje a tím umožnil získat nejen informaci o morfologii, ale i o metabolismu vyšetřovaného orgánu v jednom obraze a při jednom vyšetření. [2]



Obr. 3 Hybridní PET/CT skener

Klinické využití

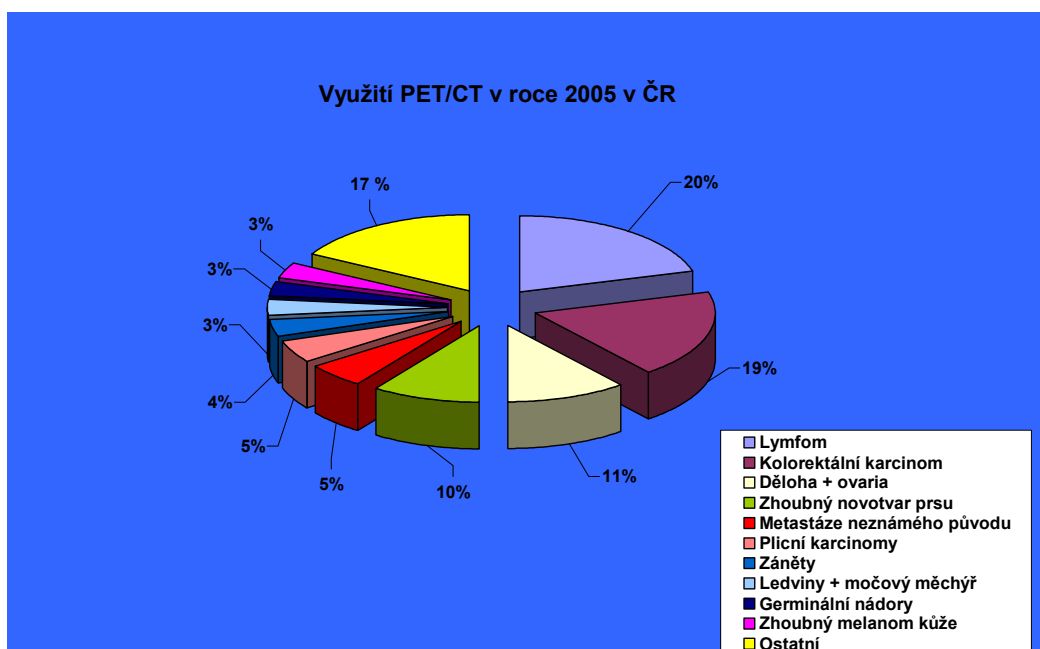
Jedny z prvních PET skenerů umožňovaly zobrazit pouze velmi omezené zorné pole a užívaly se zejména k zobrazení mozku při výzkumných pracích. Mozek zůstává nadále nejčastějším cílem bádání a vyšetřuje se u něj nejen regionální perfuze, spotřeba kyslíku, metabolismus glukózy, ale i regionální syntéza bílkovin či denzita receptorů. Od 80.let, kdy byly publikovány práce popisující vyšetření perfuze myokardu (pomocí ^{13}N -amoniaku) a vyšetření metabolismu glukózy v myokardu (^{18}F FDG), se odvíjí velký zájem o studium viability myokardu pro klinické účely. Zvětšení zorného pole a zvýšení výkonu výpočetní techniky umožnilo provádět již celotělová PET vyšetření. Při používání FDG se ukázalo,

že je vysoce kontrastní ve zhoubných nádorech a tak se FDG PET stala spolehlivou metodou onkologické diagnostiky. ^{[1] [2]}

Využití PET a PET/CT ve vyšetřovacím programu onkologického pacienta

Na přelomu století se dostala metoda PET do rutinního vyšetřovacího programu u onkologických pacientů.

V České republice se zatím používá pouze FDG jako radifarmakon. Fyziologicky zvýšená konzumce glukózy je v šedé kůře mozkové, ve střevech, v ledvinách. U různých typů nádorů je rozdílná úroveň metabolismu FDG. Existují nádory vysoce metabolizující glukózu např. kolorektální karcinom, karcinom plic, maligní melanom, nádory pankreatu, lymfomy, u nichž indikace PET splňuje kritéria tzv. „evidence based medicine“ (= medicíny založené na důkazech). Existují ale také nádory vykazující nízký nebo žádný metabolismus glukózy či nádory s variabilní konzumací (karcinom prostaty, bronchioloalveolární karcinom, karcinoid, hepatocelulární karcinom) nebo ty, u nichž je prostřednictvím vyšetřovaných orgánů glukóza vylučována z těla (karcinom ledvin, ureterů a močového měchýře). U těchto nádorů je pak PET vyšetření málo výtěžné a není doporučováno z důvodu vysoké frekvence falešně negativních nálezů. ^[2]



Obr. 4 Využití PET/CT skeneru v roce 2005 v České Republice pro jednotlivá nádorová onemocnění

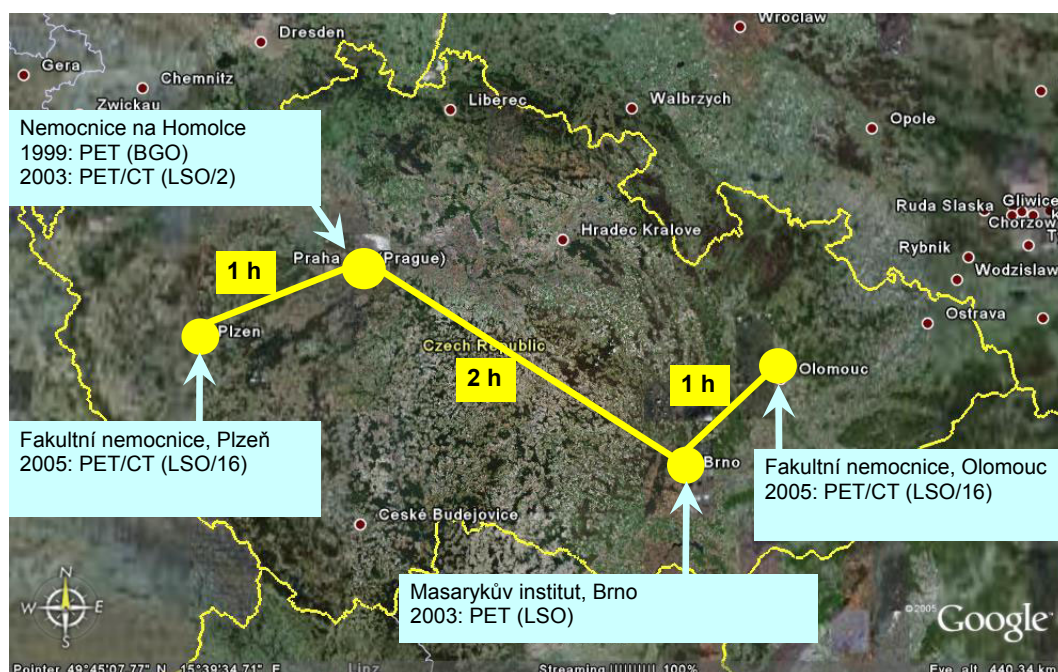
PET, PET/CT v České Republice

Pozitronová emisní tomografie má od roku 1999 v České Republice již sedmiletou tradici. K prvnímu přístroji PET v Nemocnici na Homolce přibyl v roce 2003 nejmodernější hybridní skener PET/CT. V témže roce vyšetřili pomocí PET první pacienty také v Masarykově onkologickém ústavu v Brně. V roce 2005 byl instalován další PET/CT skener ještě ve FN v Plzni a Olomouci. ^[1]

V roce 2004 bylo provedeno 1 014 vyšetření na milion obyvatel, což zařadilo ČR na 7. místo v Evropě na úroveň německy mluvících zemí. V roce 2005 se počet vyšetření vyšplhal na 1 185 vyšetření na milion obyvatel (12 089 celkem); jedna třetina vyšetření připadla na PET/CT, 2/3 na PET; v 93,2 % se jednalo o vyšetření trupu, v 5,6 % o vyšetření mozku, v 1,2 % o vyšetření myokardu.

Většímu využití v klinické praxi brání hlavně limitovaná kapacita instalovaných skenerů a jejich rozšíření brání pak zase jejich vysoká pořizovací cena (cca 80-100 milionů Kč). A to i přesto, že správná indikace vyšetření PET a PET/CT může značně ušetřit poměrně vysoké náklady na léčbu pacienta. ^[16]

Doporučované množství těchto přístrojů je přibližně jeden skener na jeden milion obyvatel.



Obr. 5 PET centra a PET/CT skenery v České Republice

Metodika

V první řadě je nutné zjistit, kterých nádorových onemocnění a indikací se vyšetření pomocí PET a PET/CT vlastně týká. Dále je nutno znát počty těchto nemocných a to nejen nově objevených se pacientů za rok, ale i počty pacientů každoročně přežívajících, u nichž by byly vyhledávány recidivy a také prováděn restaging v případě potřeby.

Všechna tato čísla bude třeba sečíst a na základě znalosti výkonu a možné kapacity jednotlivých skenerů vztáhnout na počet strojů potřebných do budoucna v České Republice.

Na amerických internetových stránkách „U.S. Department of Health & Human Services“ je možno vyhledat seznam těch nádorových onemocnění, která splňují kritéria tzv. „evidence based medicine“ (= medicíny založené na důkazech) pro indikaci PET a PET/CT vyšetření. Jde o indikace hrazené CMS = centers for medicare & medicaid services, USA (viz kapitola „Zpracování“).^[14]

Po srovnání s článkem německého profesora Sven N. Reskeho, přinášejícím evaluaci klinické efektivity FDG-PET u onkologických pacientů na základě dlouholeté rozsáhlé studie v Německu, byl vytvořen pracovní seznam těch nejčastějších indikací pro PET a PET/CT vyšetření.^[7]

V brožurách Národního onkologického registru a v publikaci „Novotvary v ČR, 2003“ vydané Ústavem zdravotnických informací a statistiky v ČR (ÚZIS ČR) byly nalezeny veškeré potřebné statistické údaje o jednotlivých nádorových onemocněních a poté byly graficky zpracovány.^[10]

Byly vytvořeny dva modely :

A) **Model minimalistický** →

Tento model bere v úvahu pouze **primární staging** u nádorových onemocnění, která splňují přísná kritéria EBM pro vstupní PET, PET/CT vyšetření. Jde o indikace, u nichž byl na doložených důkazech prokázán skutečný význam tohoto vyšetření.

Model minimalistický vychází z každoročně nově se objevivších případů, tudíž z **incidence** jednotlivých diagnóz. Bylo nutno vyhledat jí odpovídající statistické údaje.

Incidence → Definice = počet nových případů onemocnění za určitou dobu (rok) z celkového počtu obyvatel (incidence nemocnosti).^[12]

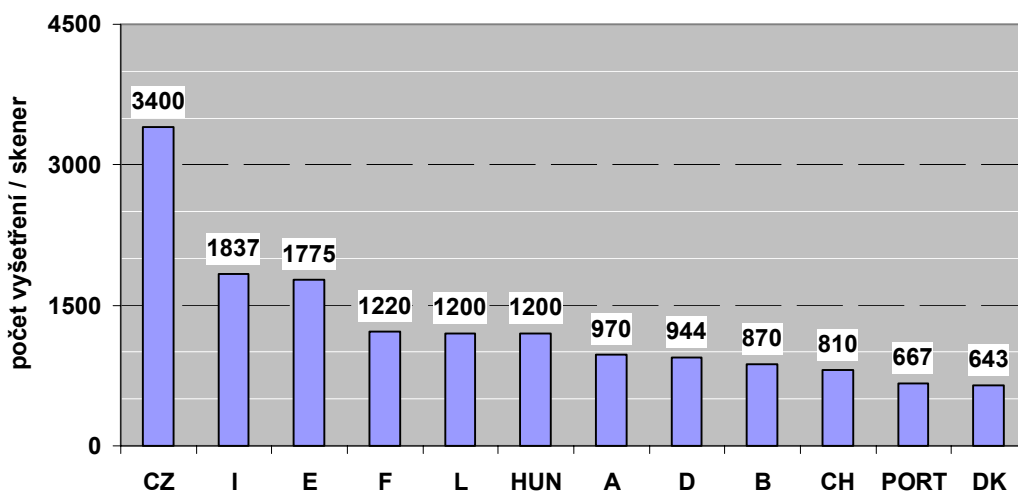
Incidence jednotlivých vybraných nádorů v ČR = počet potřebných primárních -vstupních-staging PET, PET/CT vyšetření.

Po sečtení těchto dat bude získán orientační celkový počet všech potřebných vyšetření k pokrytí primárního stagingu vybraných nádorových onemocnění v České Republice. Minimalistický model se týká těchto diagnóz:

C00 až 14+C15+C18+C19 až 21+C33 až 34+C43+C50+C53+C81 až 85.

Na základě údajů dostupných ze všech PET center v ČR, na základě dat z evropského přehledu za rok 2004 (von Schulthess) a s využitím dalších literárních údajů byl vytvořen přehled, který ukazuje celkové počty vyšetření v přepočtu na jeden skener v různých zemích Evropy. ^[16]

Celkový počet vyšetření na jeden skener v zemích Evropy (2004)



Obr.10 Počet vyšetření /skener v Evropě (2004)

Množství 1.500 PET, PET/CT vyšetření za rok je považováno odborníky (prof. von Schulthess a kolektiv) za dolní hranici rozumného využívání PET, PET/CT skeneru. Při maximálním využití skeneru je za rozumnou mez stanovena hranice 3.000 vyšetření na jeden skener za rok. V roce 2004 v ČR se množství 3.400 vyšetření na skener na rok podařilo díky maximálnímu pracovnímu nasazení (prodloužené a víkendové směny) v Nemocnici Na Homolce a v Masarykově Institutu v Brně.

Pro tento minimalistický model budeme tedy brát v úvahu nejprve již zmiňovanou hranici 1.500 PET, PET/CT vyšetření na skener za rok a pak i hranici 3.000 PET, PET/CT vyšetření za rok při maximálním využití skenerů. Těmito hodnotami vydělíme výše vypočítaný součet incidencí vybraných nádorových onemocnění, abychom získali teoretické množství PET, PET/CT skenerů potřebných k pokrytí všech vstupních vyšetření onkologických pacientů vybraných diagnóz v ČR.

B) Model maximalistický →

Model maximalistický by měl brát v úvahu všechna vyšetření teoreticky potřebná k pokrytí jednotlivých vybraných typů nádorů, tzn. vyšetření vstupní (**staging**) + vyšetření recidiv a relapsů (**restaging**) + vyšetření v rámci dispenzární péče.

Jelikož k dispozici nejsou spolehlivé údaje o výskytu recidiv u jednotlivých nádorových onemocnění, bylo třeba použít jiná data a tak model maximalistický vychází z **prevalence** jednotlivých diagnóz a počítá s vyšetřením každého onkologicky nemocného **1x za rok**.

Prevalence → *Definice* = počet případů určité nemoci, jež existuje v určité populaci v určitém čase. ^[12]

Tento model se zabývá těmito diagnózami (jde o indikace, u nichž byl na doložených důkazech prokázán skutečný význam PET, PET/CT vyšetření):

C00 až 14+C15+C18+C19 až 21+C25+C33 až 34+C43+C50+C53+C81 až 85.

Pro tuto maximalistickou variantu budeme opět brát v úvahu 1.500 PET, PET/CT vyšetření na skener za rok jako dolní mez a 3.000 PET, PET/CT vyšetření na skener za rok, která je považována za horní hranici reálně dosažitelnou při rozumném využívání PET, PET/CT skeneru.

Z toho vyplývá teoretické množství PET, PET/CT skenerů potřebných k pokrytí všech vyšetření onkologických pacientů vybraných diagnóz v ČR.

Zpracování

Nádorová onemocnění splňující kritéria „evidence based medicine“ pro indikaci PET, PET/CT vyšetření (indikace hrazené CMS = centers for medicare & medicaid services, USA): ^[14]

Clinical Condition FDG-PET	Coverage - is subject to additional guidelines set forth below and in the conditions and requirements of the CMS National Coverage Determination described below.
Breast Cancer*	Staging*, restaging*, and monitoring response to therapy*
Colorectal Cancer	Diagnosis*, staging* and restaging*
Esophageal Cancer	Diagnosis*, staging* and restaging*
Head & Neck Cancers (excluding CNS and thyroid)	Diagnosis*, staging* and restaging*
Lung Cancer (Non-Small Cell)	Diagnosis*, staging* and restaging*
Lymphoma	Diagnosis*, staging* and restaging*
Melanoma (Excludes evaluation of regional nodes)	Diagnosis*, staging* and restaging*
Myocardial Viability*	Primary or initial diagnosis, or following an inconclusive SPECT prior to revascularization*
Refractory Seizures	Covered for pre-surgical evaluation only
Solitary Pulmonary Nodule	Characterization of indeterminate single pulmonary nodule
Thyroid Cancer*	Restaging
Cervical Cancer*	Staging as an adjunct to conventional imaging
Dementia	Differential diagnosis of fronto-temporal dementia (FTD) and Alzheimer's disease (AD) - or - CMS approved practical clinical trial
Clinical Condition NON FDG-PET	Coverage - is subject to additional guidelines set forth below and in the conditions and requirements of the CMS National Coverage Determination described below
Perfusion of the heart using Rubidium 82 tracer*	Covered for noninvasive imaging of the perfusion of the heart*
Perfusion of the heart using ammonia N-13 tracer*	Covered for noninvasive imaging of the perfusion of the heart*

Zhoubný novotvar průdušky – bronchu a plíce (C 33-34)

Plicní karcinomy - nemalobuněčné (NSCLC)

Stručná charakteristika:

Nemalobuněčné karcinomy mají nižší růstovou aktivitu a v počátečních stádiích větší tendenci k lokoregionálnímu šíření narozdíl od karcinomů malobuněčných. Do skupiny NSCLC se řadí tři hlavní histologické subtypy: dlaždicobuněčné (spinocelulární) karcinomy, adenokarcinomy a velkobuněčné karcinomy. Pro léčebný postup je kromě histologické povahy rozhodující přesné určení rozsahu onemocnění dle klasifikace TNM. Stádium IV znamená přítomnost vzdálených metastáz, bez ohledu na velikost primárního nádoru či postižení uzlin. Stádia I-III A jsou považována za primárně operabilní narozdíl od stádia II B, jež je stejně jako stádium IV primárně inoperabilní. Ve stádiu I jde o periferní lézi < 3cm (T1N0M0, T2N0M0), stádium II značí lézi > 3cm ≥ 2cm distálně od kariny či šířící se na viscerální pleuru (T1N1M0, T2N1M0), stádium III A zahrnuje nádor plicního hrotu, postižení hrudní stěny a intrapulmonálních uzlin a léze > 3cm s ipsilaterálním postižením uzlin (T1N2M0, T2N2M0, T3N1N2M0). Při postižení kontralaterálních, hilových a mediastinálních uzlin nebo invazi do mediastina, srdce a velkých cév se vždy jedná o stádium II B bez možnosti operace. ^[5]

Prognóza: ^[5]

Základními prognostickými faktory jsou klinické stádium, výkonnostní stav (PS-performance status) a přítomnost hmotnostního úbytku (v procentech za 6 měsíců před stanovením diagnózy). Pětileté přežití:

I. stádium 50-60%

II. stádium 33-50%

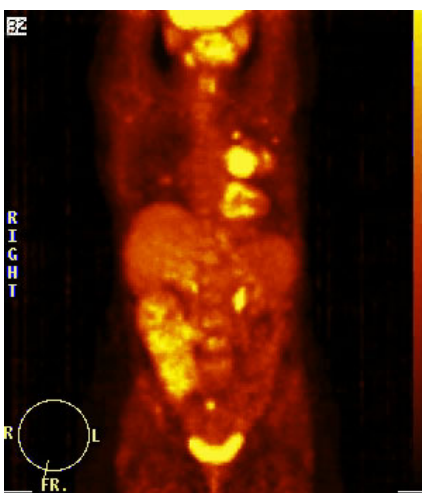
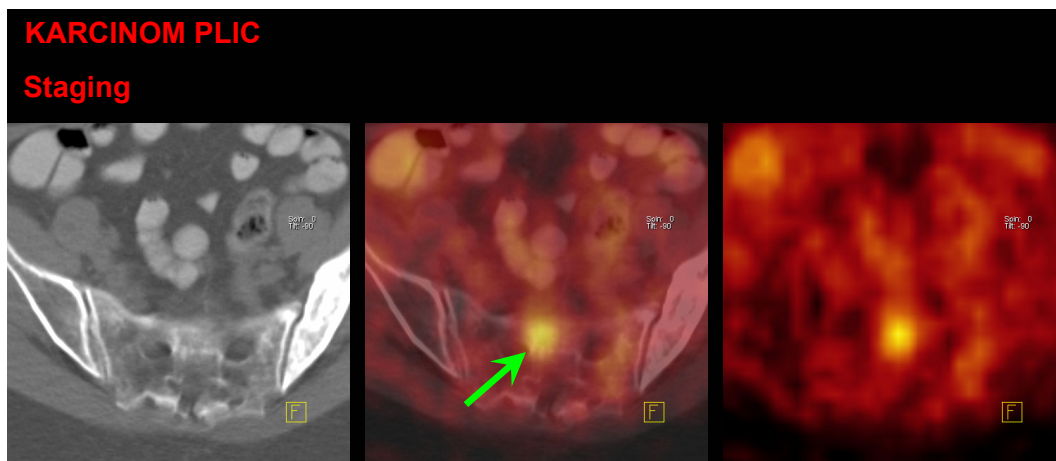
III. A stádium 10-15%

III. B stádium 5%

IV. stádium 0%

Užití PET:

FDG PET má velký význam pro hodnocení vzdálených metastáz a mediastinálních uzlin a je tak přínosná při stagingu plicního karcinomu. Pro upřesnění operability ložisek v mediastinu je nutná fúze s CT. FDG PET se také užívá jako metoda pro průkaz recidivy karcinomu plic. Při zjišťování metastáz plicního karcinomu v mozku však nemůže nahradit MRI. [1]



Obr. 6 Využití PET/CT pro „staging“ karcinomu plic

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Iniciální staging, diagnostika, staging, restaging. [11]

Incidence v ČR: ^{[3] [4] [10]}

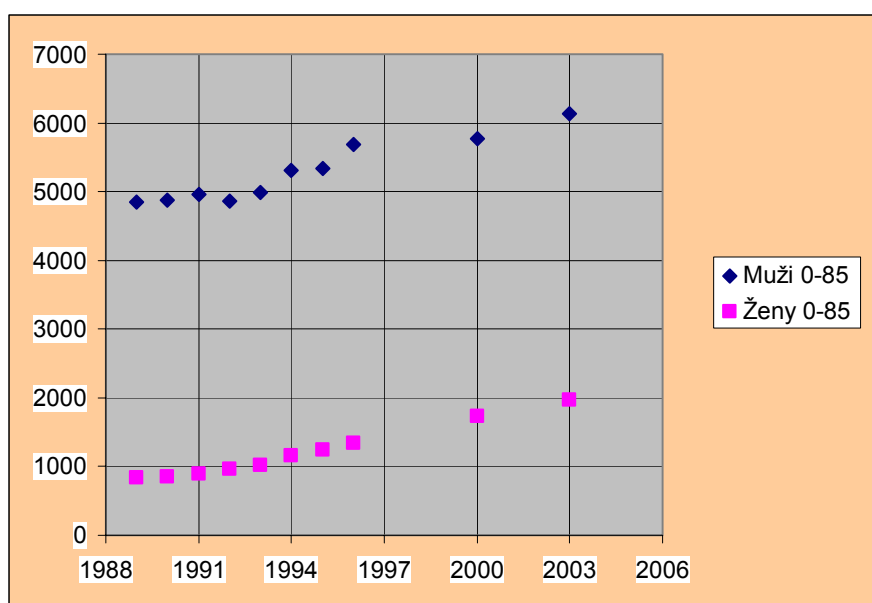
(absolutně a na 100.000 obyvatel^{***})

	1990		1995		2000		2003	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
C33-34	5.015	849	4.778	1.141	4.608	1.384	4.596	1.399
***	99,6	15,9	95,2	21,5	92,2	26,2	92,5	26,7

Prevalence v ČR: ^{[3] [4] [10]}

C 33-34 Zhoubný novotvar průdušky - bronchu a plice

rok	počet nemocných		SUMA
	muži	ženy	
1989	4.850	844	5.694
1990	4.871	855	5.726
1991	4.955	898	5.853
1992	4.869	958	5.827
1993	4.982	1.019	6.001
1994	5.315	1.153	6.468
1995	5.342	1.240	6.582
1996	5.690	1.341	7.031
1997			
1998			
1999			
2000	5.773	1.726	7.499
2001			
2002			
2003	6.128	1.970	8.098
2004			
2005			



Kolorektální karcinom (C 18-21)

C18 Zhoubný novotvar tlustého střeva

C19 Zhoubný novotvar rektosigmoideálního spojení

C20 Zhoubný novotvar konečníku - recta

C21 Zhoubný novotvar řiti a řitního kanálu

Stručná charakteristika:

Kolorektální karcinom je u nás jednou z nejčastějších nádorových diagnóz. Představuje 13-14% všech onkologických onemocnění. V celoevropském srovnání je ČR na prvním místě ve výskytu kolorektálního karcinomu u mužů, u žen na místě druhém. Během posledních 20 let stoupla incidence tohoto nádoru o 190%, s převahou karcinomu rekta nad karcinomy tračnicku.

K určení stádia onemocnění se užívá TNM klasifikace nebo dělení na stádia dle Dukese. ^[5]

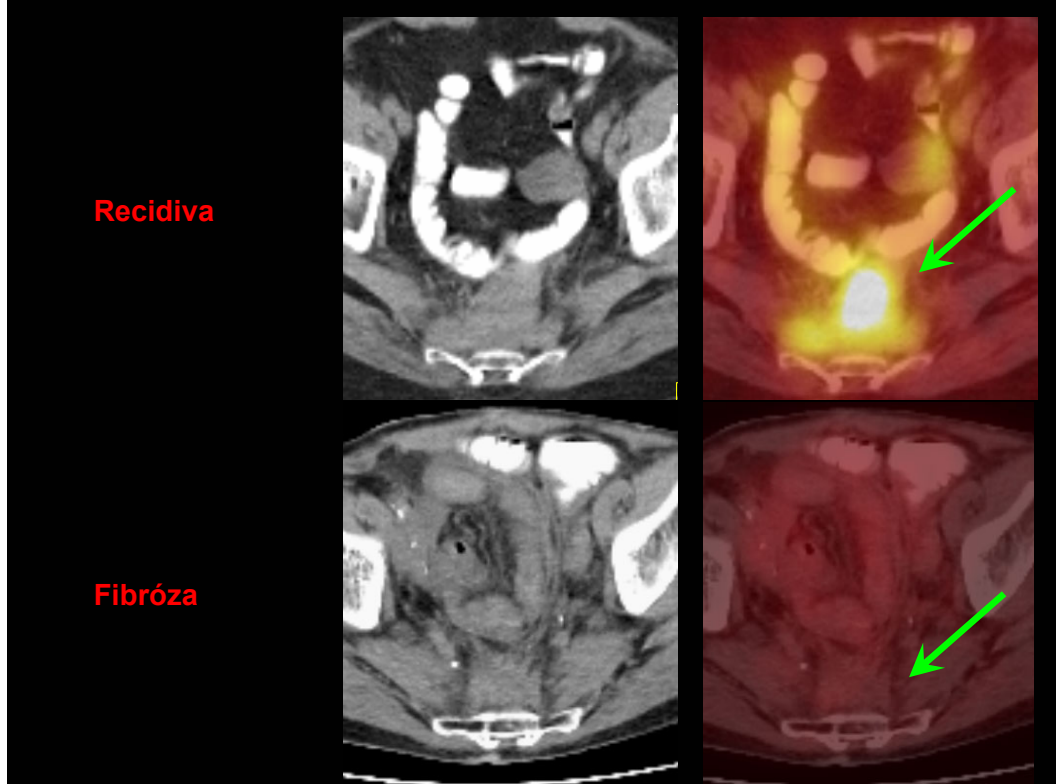
Prognóza:

Prognóza závisí na pokročilosti onemocnění v době prvního záchytu. V mladém věku a u hereditárních forem existuje vysoké riziko vzniku nových primárních nádorů ve zbytku kolon v dalších letech a prognóza závisí na řádné dispenzarizaci a časných polypektomiích. Obecně je prognóza u nádorů omezených na sliznici střevní velmi příznivá. U karcinomů pronikajících do svaloviny a k seróze lze očekávat 30% recidiv. Postižení regionálních uzlin metastázami prognózu zhoršuje pod 30-40% přeživších po pěti letech. Zlepšení výsledků o více než 20% lze dosáhnout adjuvantní chemoterapií, která by měla být indikována u stadia Dukese B2 a C. Pacienti s jaterními metastázami přežívají pět let asi v 5%. ^[5]

Užití PET:

FDG PET je metodou volby pro diagnostiku recidivy kolorektálního karcinomu zejména při dynamicky rostoucích nádorových markerech. Pro iniciální staging je optimální hybridní PET/CT skener. ^[1]

KOLOREKTÁLNÍ KARCINOM



Obr. 7 Rozlišení recidivy a fibrotických změn u kolorektálního karcinomu

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Diagnostika recidivy při zvyšující se hladině nádorového tumor markeru CEA, diagnostika, staging, restaging. ^[11]

Incidence v ČR: ^{[3] [4] [10]}

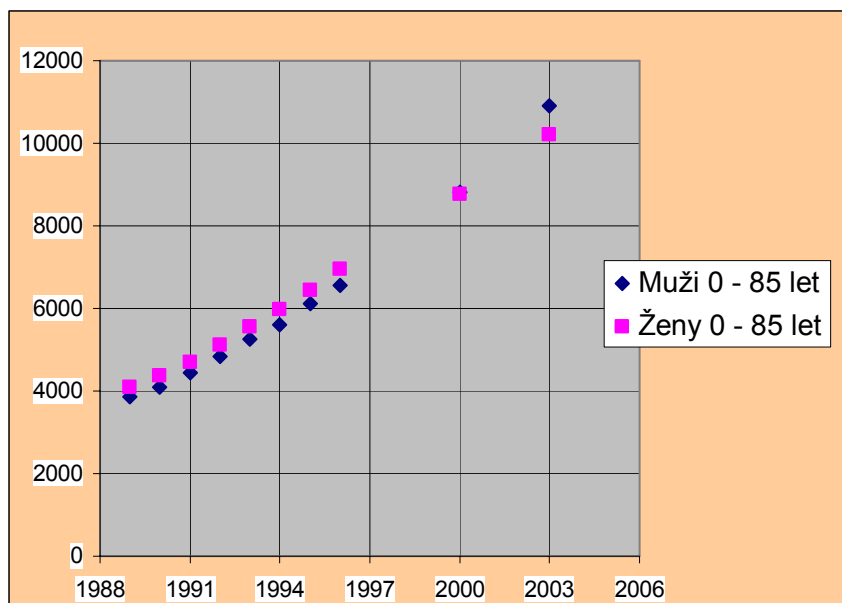
(absolutně a na 100.000 obyvatel^{***})

	1990		1995		2000		2003	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
C 18	1.465	1.495	1.914	1.798	2.323	1.894	2.559	2.005
***	29,1	28,1	38,1	33,9	46,5	35,9	51,5	38,3
C19-21	1.553	1.016	1.805	1.229	1.975	1.223	2.009	1.361
***	30,8	19,1	36	23,1	39,5	23,2	40,4	24,9

Prevalence v ČR: ^[3] ^[4] ^[10]

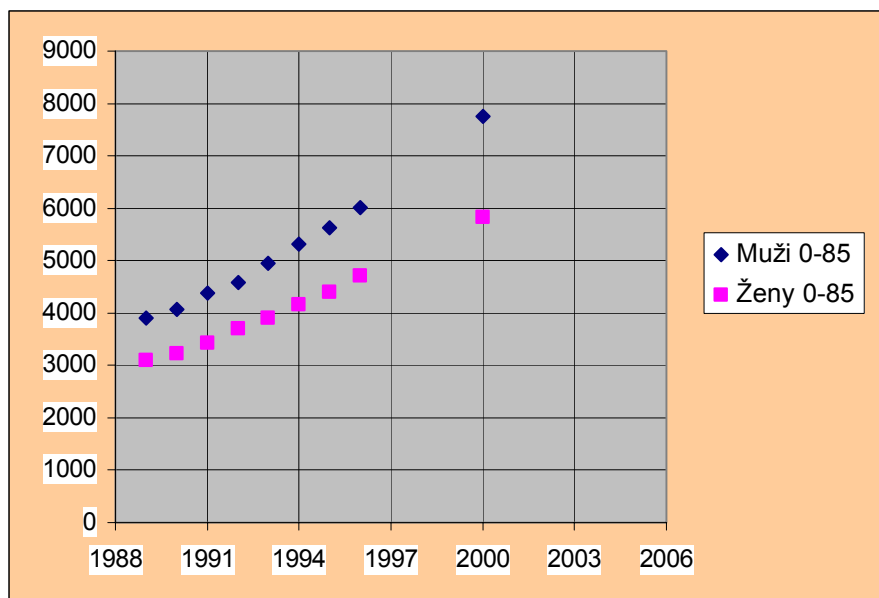
C 18 Zhoubný novotvar tlustého střeva

rok	počet nemocných		SUMA
	muži	ženy	
1989	3.864	4.085	7.949
1990	4.098	4.379	8.477
1991	4.443	4.704	9.147
1992	4.834	5.112	9.946
1993	5.246	5.561	10.807
1994	5.603	5.979	11.582
1995	6.120	6.442	12.562
1996	6.560	6.942	13.502
1997			
1998			
1999			
2000	8.810	8.778	17.588
2001			
2002			
2003	10.899	10.210	21.109
2004			
2005			



C 19-21 Zhoubný novotvar konečníku

rok	počet nemocných		SUMA
	muži	ženy	
1989	3.903	3.101	7.004
1990	4.065	3.218	7.283
1991	4.372	3.427	7.799
1992	4.583	3.710	8.293
1993	4.944	3.896	8.840
1994	5.314	4.167	9.481
1995	5.620	4.406	10.026
1996	6.016	4.713	10.729
1997			
1998			
1999			
2000	7.751	5.830	13.581
2001			
2002			
2003			
2004			
2005			



Lymfom (C 81-85)

C81 Hodgkinova nemoc

C82 Ne-Hodgkinův folikulární (nodulární) lymfom

C83 Ne-Hodgkinův (difuzní) lymfom

C84 Periferní a kožní T-buněčné lymfomy

C85 Ne-Hodgkinův lymfom, jiných a neurčených typů

Stručná charakteristika:

- **Hodgkinova choroba (maligní lymfogramulom)**

= systémové nádorové onemocnění, častější u mužů s výskytem ve dvou vrcholech (15-30 roků a po 50.roce). Etiologie onemocnění není přesně známa, uvažuje se o genetické dispozici a vztahu k porušené imunitě. Onemocnění začíná ve většině případů v lymfatické uzlině, šíří se do uzlin sousedních a má převážně axiální distribuci, posléze dochází rozšíření do systémové cirkulace. ^[6]

- **Non-Hodgkinský lymfom (NHL)**

Nehodgkinské lymfomy představují velmi různorodou skupinu onemocnění, jež se liší od Hodgkinovy choroby nejen svým klinickým průběhem, ale také biologickým chováním a histogenetickým původem. Jsou nejčastější malignitou ve věkové skupině mezi 20.-40. rokem a jejich incidence vzrůstá, zejména s nárůstem incidence AIDS. Etiologie není známa, onemocnění však převažuje u imunodeficientních pacientů, proto se předpokládá vztah k poruchám imunitních mechanismů. ^[6]

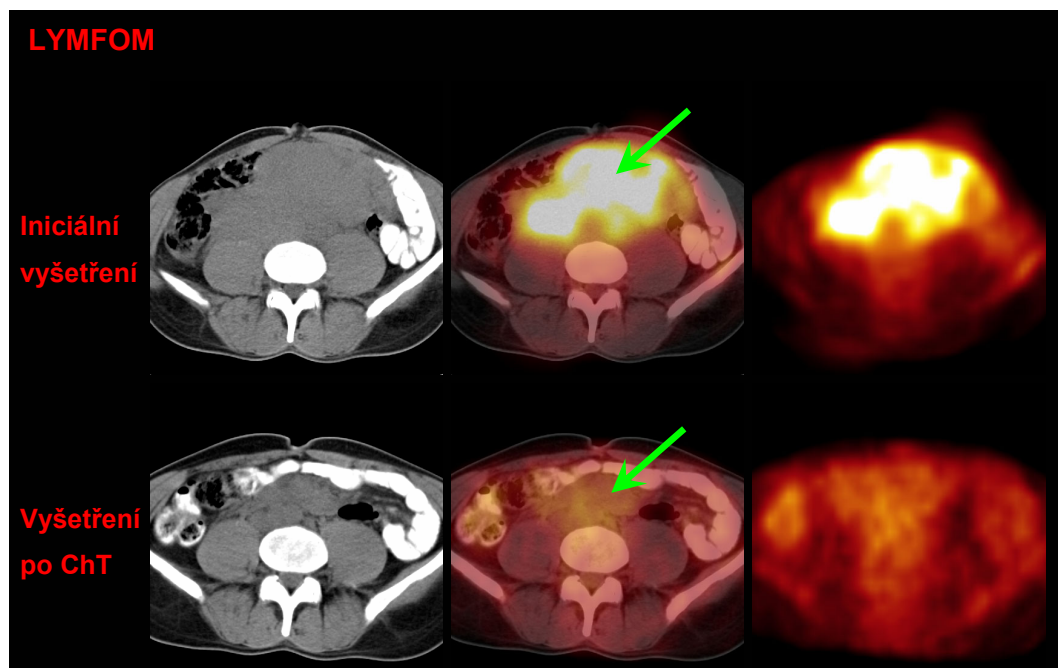
Prognóza:

Prognóza správně a včas léčené Hodgkinovy choroby je dobrá, 70-80 % nemocných se zcela vyléčí. Méně příznivá je prognóza pro pacienty s rozsáhlým mediastinálním postižením či s relapsem do 1 roku po léčbě, dále pro ženy, pacienty vyšších věkových skupin a pro nemocné s komplikacemi.

U non-hodgkinského lymfou závisí průběh a prognóza na histologickém typu a stupni pokročilosti onemocnění. NHL s nízkým stupněm malignity mohou probíhat řadu let, přežití u vysoce maligních NHL se počítá od měsíců do 2 let, pokud se chemoterapií nedosáhne kompletní remise. ^[6]

Užití PET:

FDG PET je přínosnou metodou pro iniciální staging lymfomů, restaging a monitorování efektu terapie (terapeutický efekt (po 2 – 3 cyklu ChT)).^[1]



Obr. 8 Iniciální vyšetření a zhodnocení efektu terapie u lymfomu

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Staging a restaging pouze pokud je užito místo scintigrafie pomocí ⁶⁷Ga-citrátu, diagnostika, staging, restaging.^[11]

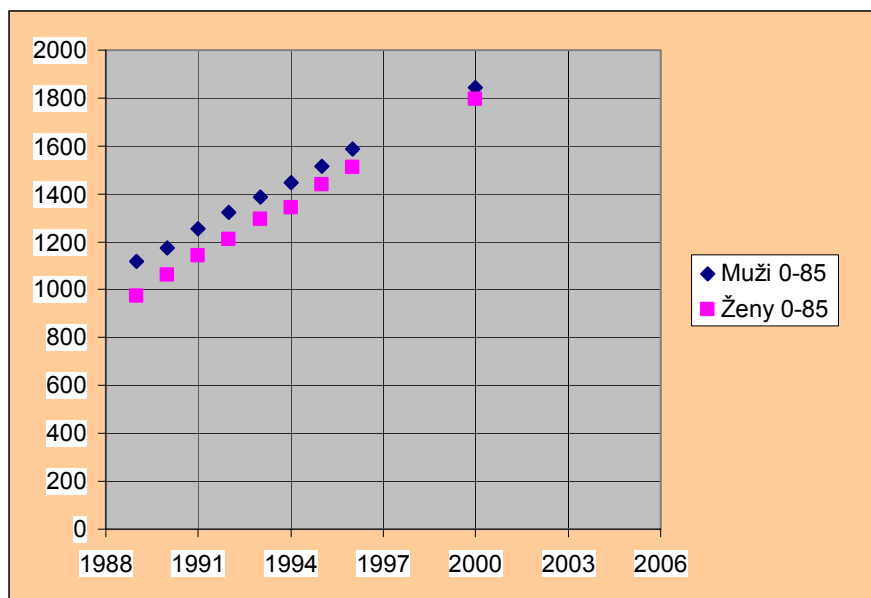
Incidence v ČR:^[16]

	1998
	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
C81-85	760

Prevalence v ČR: ^[3] ^[4] ^[10]

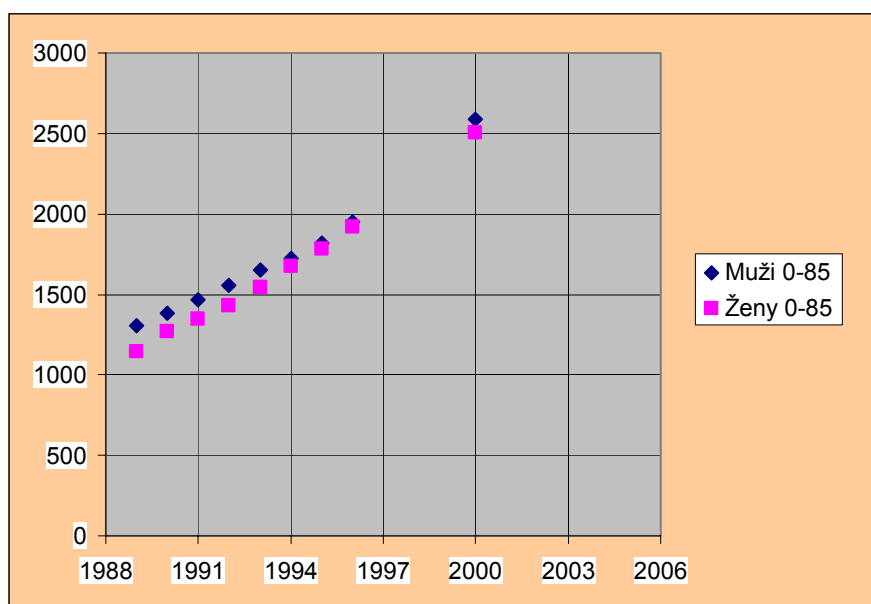
C81 Hodgkinova nemoc

rok	počet nemocných		SUMA
	muži	ženy	
1989	1.117	974	2.091
1990	1.173	1.062	2.235
1991	1.254	1.144	2.398
1992	1.324	1.212	2.536
1993	1.386	1.293	2.679
1994	1.448	1.343	2.791
1995	1.517	1.440	2.957
1996	1.589	1.512	3.101
1997			
1998			
1999			
2000	1.844	1.795	3.639
2001			
2002			
2003			
2004			
2005			



C 82-85 Non-Hodgkinův lymfom

rok	počet nemocných		SUMA
	muži	ženy	
1989	1.308	1.148	2.456
1990	1.386	1.272	2.658
1991	1.470	1.346	2.816
1992	1.556	1.431	2.987
1993	1.654	1.544	3.198
1994	1.726	1.678	3.404
1995	1.820	1.784	3.604
1996	1.948	1.920	3.868
1997			
1998			
1999			
2000	2.586	2.505	5.091
2001			
2002			
2003			
2004			
2005			



Zhoubný melanom kůže (C 43)

Stručná charakteristika:

Maligní melanom je nádor, který vychází z pigmentotvorných buněk. Na jeho vzniku se podílí především ultrafialové záření, a to zejména jeho UVB složka. Jeho vznik je podmíněn nejen genetickou výbavou, ale i pobytem na přímém slunci v útlém dětství. V současné době se předpokládá, že počet mateřských znamének na kůži přímo úměrně souvisí s dávkou ultrafialového záření v prvních letech života.

S rozvojem cestování k jižním mořím při vylepšené ekonomické situaci souvisí i zvýšená expozice UV záření obyvatel severní a střední Evropy a tím i zvýšení počtu nových případů melanomu. ^[13]

1) Povrchově se šířící maligní melanom. Patří k nejčastějším typům melanomu. Tvoří zhruba 65 % těchto nádorů. Roste nejprve povrchově, až v pozdější fázi začne pronikat také do hlubších vrstev kůže. Na kůži se takový růst projevuje vytvořením hrbolku na tmavě hnědé až černé plošce. ^[13]

2) Nodulární melanom. Pro něj je charakteristický již od počátku patrný hrbol vyvýšený nad okolní kůži, který však ale také signalizuje, že nádor prorůstá do větší hloubky kůže. Tvoří zhruba 20 % všech melanomů. ^[13]

3) Lentigo maligna melanom. Vzniká na kůži s patrnými známkami poškození slunečním zářením. Jedná se o plošná ložiska, na nichž se střídají světlejší a tmavší odstíny hnědé barvy. Setkáváme se s ním nejčastěji u starších osob. ^[13]

4) Akrolentiginózní melanom. Akrolentiginózní melanom je forma, která vzniká především na periferních partiích lidského těla, typicky na ploskách či dlaních nebo pod nehty. Je záludná v tom, že může zpočátku vypadat jako bradavice, modřina či mozol. Diagnosticky pomůže, když pigmentová změna vyrůstá z oblasti pod nehtem do okolního nehtového valu. ^[13]

Prognóza:

V závislosti na stádiu a typu melanomu.

Užití PET:

Diagnóza, staging, restaging. ^[1]

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Předoperační diagnostika recidivy pouze, je-li užito místo scintigrafie pomocí 67Ga-citrátu, diagnostika, staging, restaging, (nezahrnuje evaluaci regionální uzliny). ^[11]

Incidence v ČR: ^{[3] [4] [10]}

(absolutně a na 100.000 obyvatel^{***})

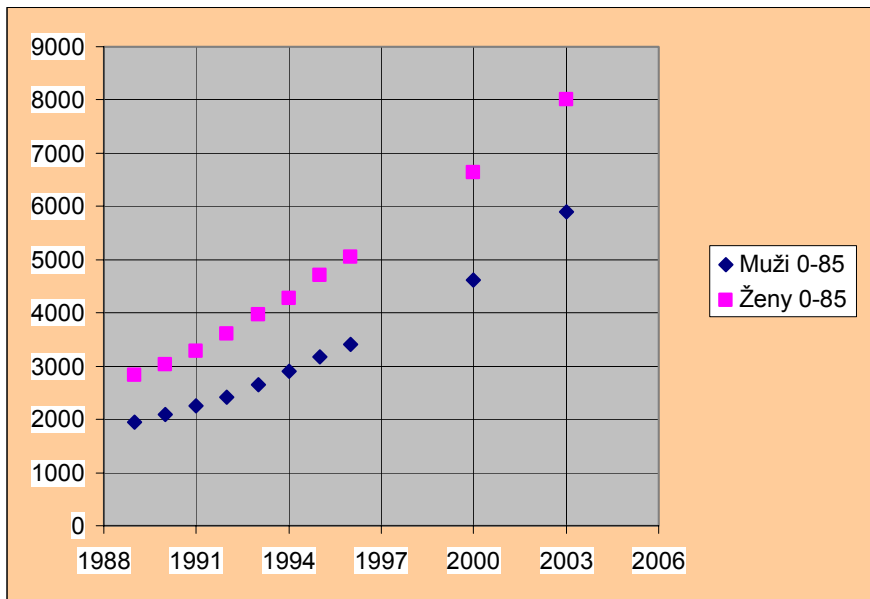
	1990		1995		2000		2003	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
C 43	411	395*	571	645*	708	670*	850	805*
***	8,2	7,9	11,4	12,9	14,2	13,4	17,1	16,1

* hodnota dopočítána z incidence na 100.000 obyvatel

Prevalence v ČR: ^{[3] [4] [10]}

C43 Zhoubný melanom kůže

rok	počet nemocných		SUMA
	muži	ženy	
1989	1.939	2.840	4.779
1990	2.095	3.023	5.118
1991	2.254	3.291	5.545
1992	2.414	3.599	6.013
1993	2.653	3.967	6.620
1994	2.910	4.269	7.179
1995	3.166	4.707	7.873
1996	3.417	5.055	8.472
1997			
1998			
1999			
2000	4.623	6.641	11.264
2001			
2002			
2003	5.894	8.007	13.901
2004			
2005			



Zhoubný novotvar prsu (C 50)

Stručná charakteristika:

Karcinom prsu je nejčastějším zhoubným nádorem žen. Před 20. rokem věku je výskyt karcinomu prsu vzácný, každých deset let se riziko zdvojuje a po menopauze dramaticky narůstá. Nejprudší vzestup je po 50. roce věku. Karcinom prsu vzniká nejčastěji z terminálních lalůček prsní žlázy a z jejich vývodů. Vzniku karcinomu předchází atypická duktální nebo lobulární hyperplazie, z níž se v první fázi vyvinou neinvazivní formy karcinomu, označované jako karcinom „in situ“ a dále potom formy invazivní (mikroinvazivní karcinom, infiltrující lobulární (10%) či duktální (75%) karcinom a inflamatorní-erysipeloidní-karcinom (1-3%). Staging karcinomu se určuje dle klasifikace TNM a vedle morfologické diagnózy má jeho určení zásadní význam pro volbu léčebných prostředků. ^{[5][9]}

Prognóza:^[9]

V důsledku karcinomu prsu zemře 50% žen, které jím onemocní. Určující kritéria pro 5leté přežití jsou:

-velikost nádoru:

T1 = 85 %

T2 = 75 %

T3 = 35 %

T4 = 10 %

-postižení uzlin:

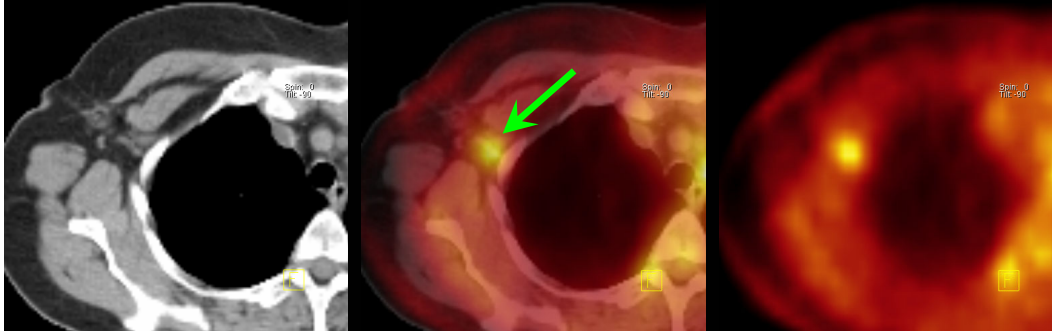
N0 = 75 %, N1-3 = 40-50 %, N > 3 = 20-30 %

Užití PET:

PET se užívá k rozlišení útvarů nenádorového původu a k diagnostice recidiv a metastáz ve vnitřních mammárních uzlinách.^[1]

KARCINOM PRSU

Recidiva



Obr. 9 Zjištění recidivy u karcinomu prsu

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Diagnostika lokální či systémové recidivy při rostoucích tumor markerech a negativních výsledcích ostatních zobrazovacích metod a v monitorování účinku terapie. ^[11]

Incidence v ČR: ^{[3] [4] [10]}

(absolutně a na 100.000 obyvatel^{***})

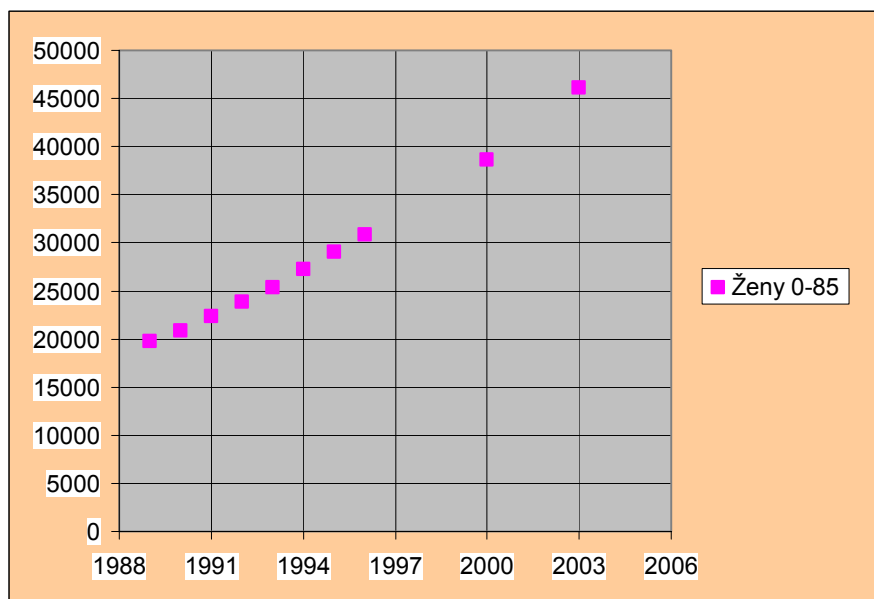
	1990		1995		2000		2003	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
C 50	-	3.489	-	4.557	-	4.871	-	5.784
***	-	65,5	-	85,8	-	92,4	-	110,5

V incidenci i mortalitě jsou značné geografické rozdíly. Nejvyšší výskyt je ve vyspělých zemích Evropy a Severní Ameriky. Usuzuje se na velký význam zevních faktorů prostředí proti faktorům genetickým. ^[5]

Prevalence v ČR: ^[3] ^[4] ^[10]

C50 Zhoubný novotvar prsu

rok	ženy	SUMA
1989	19.745	19.745
1990	20.896	20.896
1991	22.307	22.307
1992	23.854	23.854
1993	25.387	25.387
1994	27.291	27.291
1995	29.018	29.018
1996	30.809	30.809
1997		
1998		
1999		
2000	38.619	38.619
2001		
2002		
2003	46.121	46.121
2004		
2005		



Zhoubný novotvar hrdla děložního-cervicis uteri (C 53)

Stručná charakteristika:

Histologicky jde většinou o spinocelulární karcinom (ve více než 90%). Je zpravidla velkobuněčný (rohovějící či nerohovějící), vzácně malobuněčný nediferencovaný, vyznačující se velkou agresivitou. V některých případech vzniká z endocervikálních žláz adenokarcinom (endometroidní, hlenotvorný nebo klarocelulární). Cervikální karcinom roste nejčastěji mikroinvazivně endofyticky, šíří se lokální progresí do děložního těla, do pochvy, do parametrií a metastazuje lymfatickou cestou, později i hematogenně. Vzdálené metastázy nemají žádnou predilekci.

Rozsah onemocnění se posuzuje podle klasifikace TNM anebo podle FIGO. [5]

Prognóza:

Prognóza závisí hlavně na přítomnosti rizikových faktorů, věku nemocné a odpovědi na léčbu. Pětileté přežití: I.stádium 80%, II.stádium 60%, III.stádium 30-35%, IV.stádium 10-15%. [5]

Užití PET:

Staging. [1]

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Staging jako doplňková metoda ostatním zobrazovacím metodám. [11]

Incidence v ČR: [3] [4] [10]

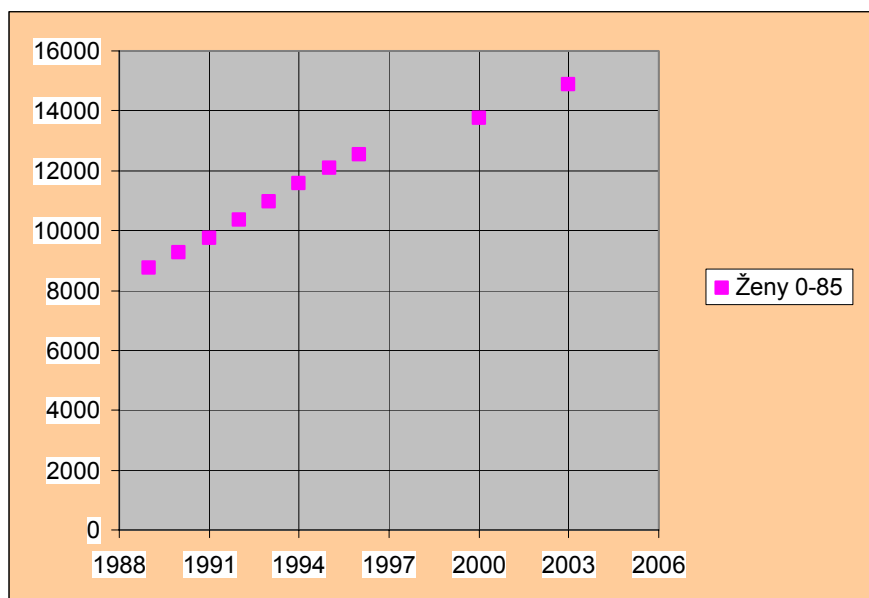
(absolutně a na 100.000 obyvatel***)

	1990		1995		2000		2003	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
C 53	-	1.073	-	1.158	-	1.045	-	1.007
***	-	20,1	-	21,8	-	19,8	-	19,2

Prevalence v ČR: ^[3] ^[4] ^[10]

C53 Zhoubný novotvar hrdla děložního - cervicis uteri

rok	ženy	SUMA
1989	8.738	8.738
1990	9.270	9.270
1991	9.762	9.762
1992	10.351	10.351
1993	10.962	10.962
1994	11.570	11.570
1995	12.083	12.083
1996	12.537	12.537
1997		
1998		
1999		
2000	13.750	13.750
2001		
2002		
2003	14.870	14.870
2004		
2005		



Nádory štítné žlázy (C 73)

C73 Zhoubný novotvar štítné žlázy

Stručná charakteristika:

Klinicky se projevující maligní nádory štítné žlázy nejsou příliš časté, postihují zhruba 0,005 % obyvatel. Dělíme je podle vzniku na nádory epitelové a ostatní. Pro léčebné postupy se užívá dělení na diferencované a nediferencované-anaplastické, kterých je menšina. Karcinomy diferencované se vyskytují ve všech věkových skupinách s maximem výskytu mezi 40.-60. rokem. Dělí se na papilární karcinomy (70%), folikulární karcinomy (25%), které metastazují do uzlin, plic a kostí a na karcinomy medulární (5-7%), které metastazují především do uzlin. ^[5]

Užití PET:

Restaging. ^[1]

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Restaging recidivy nebo rezidua folikulárního nádoru po thyroidektomií a radioaktivní ablaci mající sérový thyreoglobulin >10ng/ml a negativní I-131 celotělový scan. ^[11]

Incidence v ČR: ^[15]

	2003
	Σ(♂+♀)
C 73	612* ^o

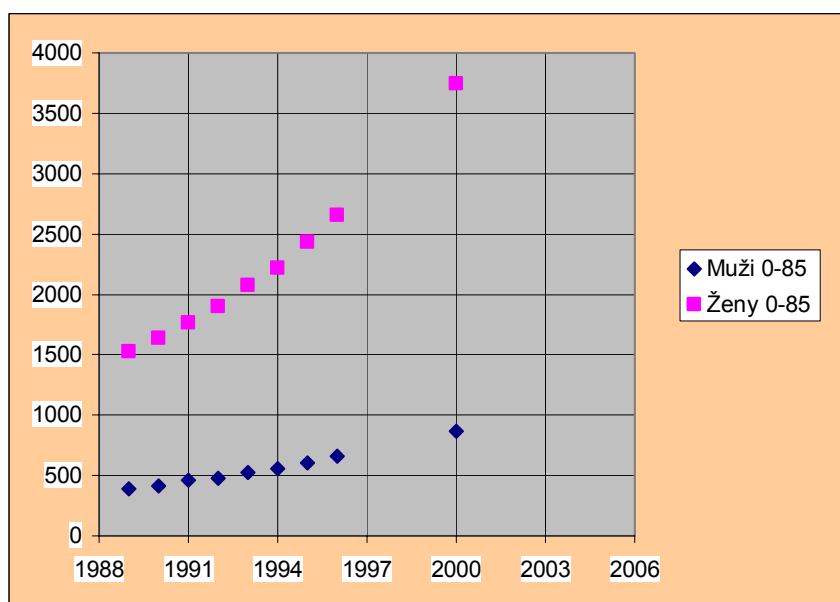
* analogicky použita data z USA

^o hodnota dopočítána z incidence na 100.000 obyvatel

Prevalence v ČR: ^[3] ^[4] ^[10]

C73 Zhoubný novotvar štítné žlázy

rok	počet nemocných		SUMA
	muži	ženy	
1989	387	1.529	1.916
1990	415	1.638	2.053
1991	458	1.768	2.226
1992	478	1.897	2.375
1993	524	2.077	2.601
1994	553	2.221	2.774
1995	607	2.435	3.042
1996	661	2.659	3.320
1997			
1998			
1999			
2000	869	3.747	4.616
2001			
2002			
2003			
2004			
2005			



Zhoubný novotvar slinivky břišní (C 25)

Stručná charakteristika:

Nádory pankreatu se dělí na nádory z exokrinní a z endokrinní části. Nejčastějším nádorem exokrinní části pankreatu je duktální adenokarcinom (80%) vycházející z pankreatických vývodů. Méně časté jsou adenokarcinomy z acinárních buněk, cystadenokarcinomy, anaplastické a plochobuněčné karcinomy (výskyt každé varianty asi po 4%).^[5]

Prognóza:

Chemoterapií pokročilého karcinomu pankreatu je dosahováno mediánu přežití pouze 5-8 měsíců. Bez chemoterapie pacienti přežívají pouze 2-4 měsíce.^[5]

Užití PET:

Vyšetření PET je velmi užitečné pro ozřejnění nádorové povahy menších ložisek.^[1]

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Nehrazeno.^[11]

Incidence v ČR:^{[3] [4] [10]}

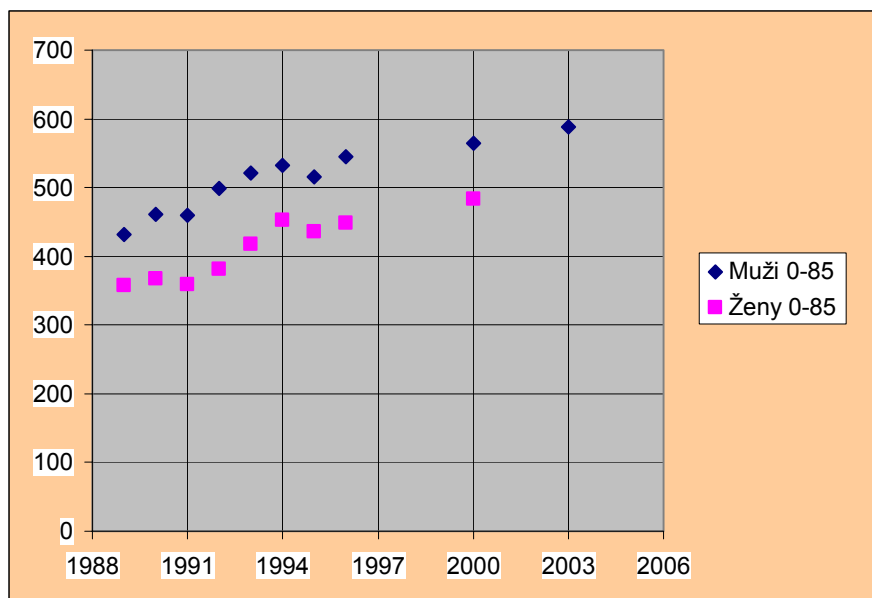
(absolutně a na 100.000 obyvatel^{***})

	1990		1995		2000		2003	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
C 25	779	-	725	-	800	-	876	-
***	15,5	-	14,4	-	16	-	17,6	-

Prevalence v ČR: ^[3] ^[4] ^[10]

C25 Zhoubný novotvar slinivky břišní

rok	počet nemocných		SUMA
	muži	ženy	
1989	432	357	789
1990	461	367	828
1991	460	359	819
1992	499	382	881
1993	521	418	939
1994	533	452	985
1995	516	436	952
1996	545	448	993
1997			
1998			
1999			
2000	564	483	1.047
2001			
2002			
2003	588		588
2004			
2005			



Solitární plicní uzel (R 91)

Stručná charakteristika:

SPN („solitary pulmonary nodule“) je definován jako dobře ohraničený uzel na RTG, průměru ne většího než 3 cm.

Proto tedy včasná diferenciální diagnostika SPN a diagnostický závěr stojí v popředí klinických vyšetřovacích metod v plicní onkologii.

Užití PET:

FDG PET je velice přínosná pro diagnostiku solitárních plicních lézí. Pokud je nález negativní, s velkou pravděpodobností se jedná o lézi benigní (vyjímkou je vzácný bronchioloalveolární karcinom nebo karcinoid neakumulující FDG). Nález pozitivní může představovat neoplazii, ale třeba i fokální zánětlivé změny, a proto je nutné jej dále specifikovat. ^[1]

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Charakteristika, verifikace biologické povahy. ^[11]

Incidence v ČR: ^[15]

	2003
	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
R 91	3.570*

* analogicky použita data z USA

Zhoubný novotvar jícnu (C 15)

Stručná charakteristika:

Toto vážné onemocnění tvoří asi 4 % všech zhoubných nádorů trávicího ústrojí. Mimo to na krajinu jícnu přecházejí rakoviny hypofaryngu a žaludku, vzácně štítné žlázy, průdušnice a mediastinální metastázy. Nejčastěji jde o různě zralé formy dlaždicobuněčných karcinomů. V patogenezi se uplatňují obdobné vlivy jako u karcinomu hltanu, dále chronické striktury, divertikly a reflexní ezofagitida, sideropenická anémie, xerodermie aj.

Staging se určuje dle klasifikace TNM. Index T1 se užívá pro nádory infiltrující sliznici a submukózu, T2 pro nádory infiltrující svalovinu, T3 pro nádory pronikající přes adventicii (serózu) a T4 pro nádory invadující do okolních struktur.

Jen asi 5-6% nemocných s karcinomem jícnu bez ohledu na diagnózu se podaří vyléčit.^[5]

Prognóza:^[5]

Pětileté přežití dosahuje cca 5-6%.

Užití PET:

FDG PET je vysoce ceněna při stagingu a restagingu karcinomu jícnu pro spolehlivou detekci postižených lymfatických uzlin a hlavně vzdálených metastáz.

[1]

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Diagnostika, staging, restaging.^[11]

Incidence v ČR:^[16]

	1998
	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
C 15	428

Prevalence v ČR:^[15]

	2003
	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
C 15	846*

* analogicky použita data z USA

Nádory v oblasti hlavy a krku (mimo CNS a štítnou žlázu)

Zhoubné novotvary rtu, dutiny ústní a hltanu (C00-C14)

C00 Zhoubný novotvar rtu

C01 Zhoubný novotvar kořene jazyka

C02 Zhoubný novotvar jiných a neurčených částí jazyka

C03 Zhoubný novotvar dásně - gingivy

C04 Zhoubný novotvar ústní spodiny

C05 Zhoubný novotvar patra

C06 Zhoubný novotvar jiných a neurčených částí úst

C07 Zhoubný novotvar příušní (parotické) žlázy

C08 Zhoubný novotvar jiných a neurčených slinných žláz

C09 Zhoubný novotvar mandle - tonzily

C10 Zhoubný novotvar ústní části hltanu - orofaryngu

C11 Zhoubný novotvar nosohltanu - nazofaryngu

C12 Zhoubný novotvar pyrifonního sinu

C13 Zhoubný novotvar hypofaryngu

C14 Zhoubný novotvar jiných a nepřesně určených lokalizací rtu, ústní dutiny a hltanu

Užití PET:

Diagnostika, staging, restaging. ^[1]

„Medicare“ hrazená PET vyšetření:

Diagnostika, staging, restaging. ^[11]

Incidence v ČR: ^[16]

	2003
	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
C00-14	1.040*

** analogicky použita data z USA*

Prevalence v ČR: ^[16]

	2003
	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
C00-14	8.288*

** analogicky použita data z USA*

Výsledky

Model minimalistický

Metodika vypracování tohoto modelu byla podrobněji popsána výše (viz kapitola „Metodika“). Následují zpracovaná data.

Vývoj incidence novotvarů - vybrané diagnózy (u nichž je dokázán přínos PET, PET/CT pro iniciační staging)

(absolutně a na 100.000 obyvatel ***) [3] [4] [10] [15]

	1990		1995		2000		2003	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
C 18	1.465	1.495	1.914	1.798	2.323	1.894	2.559	2.005
***	29,1	28,1	38,1	33,9	46,5	35,9	51,5	38,3
C19-21	1.553	1.016	1.805	1.229	1.975	1.223	2.009	1.361
***	30,8	19,1	36	23,1	39,5	23,2	40,4	24,9
C33-34	5.015	849	4.778	1.141	4.608	1.384	4.596	1.399
***	99,6	15,9	95,2	21,5	92,2	26,2	92,5	26,7
C 43	411		571		708		850	821*
***	8,2	7,9	11,4	12,9	14,2	13,4	17,1	16,1
C 50		3.489		4.557		4.871		5.784
***		65,5		85,8		92,4		110,5
C 53		1.073		1.158		1.045		1.007
***		20,1		21,8		19,8		19,2
							10.014	12.377
							$\Sigma(\text{♀}+\text{♂})$	22.391

C 15	1998	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
		428
C81-85	1998	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
		760
C00-14	2003	$\Sigma(\text{♂}+\text{♀})$
		1.040*

* analogicky použita data z USA

* hodnota dopočítána z incidence na 100 000 obyvatel

Součtem incidencí vybraných nádorových onemocnění za rok 2003 (poslední statisticky zpracované období) dostaneme celkové množství teoreticky potřebných vstupních vyšetření onkologických pacientů v ČR.

$$\Sigma(\text{♂}+\text{♀}):C00 \text{ až } 14+C15+C18+C19 \text{ až } 21+C33 \text{ až } 34+C43+C50+C53+C81 \text{ až } 85 \\ = 24.619$$

Pro tento minimalistický model budeme tedy brát v úvahu nejprve již zmiňovanou hranici 1.500 PET, PET/CT vyšetření na skener za rok a pak i hranici 3.000 PET, PET/CT vyšetření za rok při maximálním využití skenerů. Těmito hodnotami vydělíme výše vypočítaný součet incidencí vybraných nádorových onemocnění, abychom získali teoretické množství PET, PET/CT skenerů potřebných k pokrytí všech vstupních vyšetření onkologických pacientů vybraných diagnóz v ČR.

$$24.619 / 1.500 \text{ vyšetření/skener/rok} = 16,41 \approx 17 \text{ skenerů}$$

$$24.619 / 3.000 \text{ vyšetření/skener/rok} = 8,21 \approx 9 \text{ skenerů}$$

Model maximalistický

Metodika vypracování tohoto modelu byla podrobněji popsána výše (viz kapitola „Metodika“). Následují zpracovaná data.

Prevalence novotvarů - vybrané diagnózy (u nichž je dokázán přínos PET, PET/CT pro staging či restaging) ^{[3] [4] [10]}

	rok	♂	♀	Σ
C 18	2003	10.899	10.210	21.109
C00-14	2003			8.288*
C 15	2003			846*
C 19-21	2000	7.751	5.830	13.581
C 33-34	2003	6.128	1.970	8.098
C 81	2000	1.844	1.795	3.639
C 50	2003		46.121	46.121
C 43	2003	5.894	8.007	13.901
C 53	2003		14.870	14.870
C 73	2000	869	3.747	4.616
C 82-85	2000	2.586	2.505	5.091
C 25	2003	588		588
				140.748

*analogicky použita data z USA

Jak již bylo řečeno, model maximalistický vychází z **prevalence** těchto jednotlivých diagnóz a počítá s vyšetřením každého onkologicky nemocného právě **1x za rok**.

Součtem prevalencí vybraných nádorových onemocnění za rok 2003 (poslední statisticky zpracované období) dostaneme celkové množství teoreticky potřebných vyšetření PET, PET/CT v ČR.

$$\Sigma(\text{♂}+\text{♀}): \text{C00-14}+\text{C15}+\text{C18}+\text{C19-21}+\text{C25}+\text{C33-34}+\text{C43}+\text{C50}+\text{C53}+\text{C73}+\text{C81-85} = 140.748$$

Pro tuto maximalistickou variantu budeme opět brát v úvahu 1.500 PET, PET/CT vyšetření na skener za rok jako dolní mez a 3.000 PET, PET/CT vyšetření na skener za rok, která je považována za horní hranici reálně dosažitelnou při rozumném využívání PET, PET/CT skeneru.

Z toho vyplývá teoretické množství PET, PET/CT skenerů potřebných k pokrytí všech vyšetření onkologických pacientů vybraných diagnóz v ČR.

$$140.748 / 1.500 = 93,83 \approx 94$$

$$140.748 / 3.000 = 46,92 \approx 47$$

Diskuse

Model minimalistický

Při úvaze, že v rámci primárního stagingu by u některých nádorových onemocnění PET, PET/CT vyšetření měli mít skoro všichni pacienti (cca 90 %) a u některých karcinomů pak jen kupř. každý pátý (tj. 20%), konečný celkový počet potřebných vyšetření se tímto značně zredukuje. Jde o to, že pokud má pacient např. povrchový melanom nebo karcinom mammy in situ, vyšetření PET, PET/CT u něj není indikováno.

Shrnuto v následující tabulce.

Vstupní staging ^[16]

		incidence *ČR-2003 +ČR-1998 -USA	% PET stagingu	PET stagingu
C33-34	ZN bronchu a plíce	5.995*	90%	5.396
C18-21	ZN kolorekta	7.934*	90%	7.141
C81-85	Lymfom	760+	90%	684
C15	ZN jícnu	428+	90%	385
C00-14	ZN ORL mimo štítnici	1.040-	20%	208
C50	ZN prsu	5.784*	20%	1.157
C43	Melanom	1.173+	20%	235
C53	ZN děložního hrdla	1.007*	20%	201
R91	nejasný SPN	3.570-	20%	714
	Celkem			16.121

Z toho vyplývá, že se celkový počet potřebných vstupních vyšetření zmenšil z 24.619 na 16.121. Nyní opět vezmeme obě výše zmíněná kritéria pro rozumné využití PET, PET/CT skenerů a to 1.500 a 3.000 vyšetření na skener a rok a dostaneme celkové množství teoreticky potřebných skenerů k pokrytí všech vstupních vyšetření onkologických pacientů vybraných diagnóz v ČR, jež se pohybuje v rozmezí mezi 6 a 11 přístroji v závislosti na pracovní vytíženosti strojů:

$$16.121 / 1.500 = 10,74 \approx 11$$

$$16.121 / 3.000 = 5,37 \approx 6$$

Jelikož doporučené množství těchto přístrojů je přibližně jeden skener na jeden milion obyvatel, což by znamenalo odhadem 10-11 skenerů na 10,2 milionovou ČR, množství skenerů 6-11 z předchozích výpočtů se s tímto obecným doporučením shoduje.

Model maximalistický

Tato čísla (> 140.000 ročně) jsou obrovská, velmi nadhodnocena a nereálná (viz kapitola „Výsledky“). Výše uvedené výpočty jsou pouze hrubým odhadem, kdy se uvažuje, že každý nemocný s nádorovým onemocněním bude na PET, PET/CT skeneru vyšetřen jednou za rok. Existují samozřejmě diagnózy (např. nízkostupňový melanom), u nichž se pro velmi příznivou prognózu s vysokou kurabilitou PET, PET/CT vyšetření neindikuje. Jiná situace je u pacientů s lymfomy, u nichž je důležité monitorování efektu terapie (zjišťuje se terapeutický efekt po 2 - 3 cyklech chemoterapeutické léčby). To znamená, že celkový počet vyšetření u těchto pacientů je vyšší než jedno vyšetření za rok.

Pokud ale budeme vycházet z předchozího minimalistického modelu a řekneme si, že tito pacienti, kteří potřebují pro vstupní vyšetření PET, PET/CT, jsou více riziková a tudíž se dříve nebo později k dalšímu PET, PET/CT vyšetření (restagingu) dostane cca 90% z nich, vznikne nám tak minimální pracovní odhad pro tuto vybraná EBM indikovaná nádorová onemocnění.

Shrnutí v následující tabulce.

Vstupní staging a následný restaging^[16]

		incidence *ČR-2003 +ČR-1998 -USA	% PET stagingu	PET stagingu	90% PET restagingu
C33-34	ZN bronchu a plíce	5.995*	90%	5.396	4.856
C18-21	ZN kolorekta	7.934*	90%	7.141	6.427
C81-85	Lymfom	760+	90%	684	616
C15	ZN jícnu	428+	90%	385	347
C00-14	ZN ORL mimo štítnici	1.040-	20%	208	187
C50	ZN prsu	5.784*	20%	1.157	1.041
C43	Melanom	1.173+	20%	235	211
C53	ZN děložního hrdla	1.007*	20%	201	nehrazen
R91	nejasný SPN	3.570-	20%	714	nehrazen
	Celkem			16.121	13.685

Množství 13.685 (počet restaging vyšetření) je již mnohem reálnější a v součtu s 16.121 (počet staging vyšetření) nám dá celkový počet 29.806 teoreticky potřebných vyšetření pro pacienty vybraných onkologických diagnóz za rok.

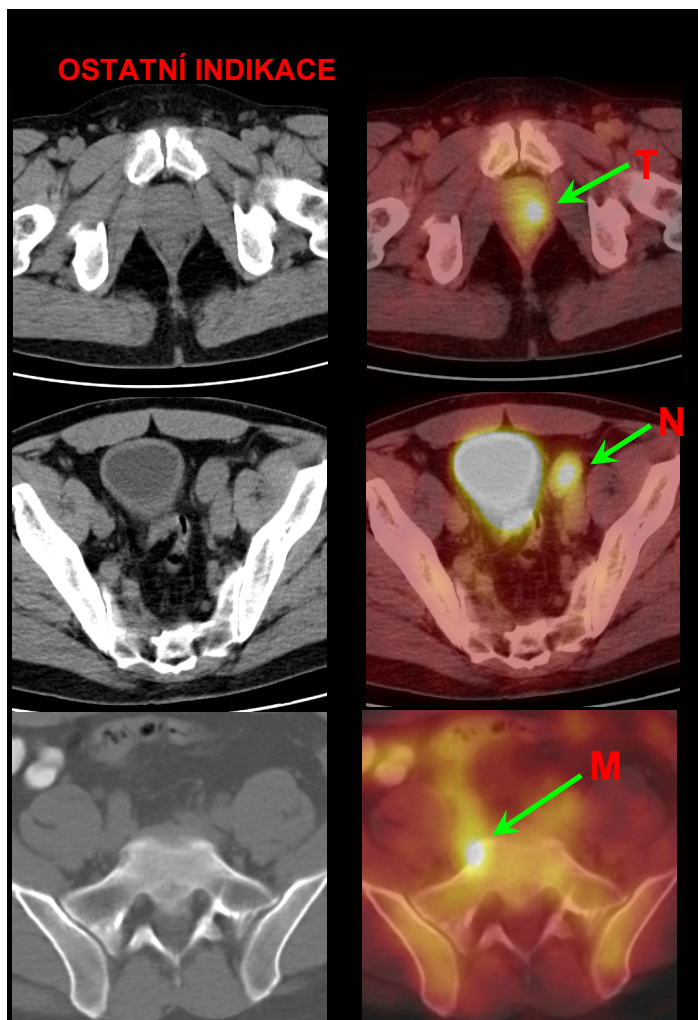
Když znovu zvážíme a vezmeme v potaz výše uvedené hranice pro rozumné využívání skenerů (1.500 jako minimální a 3.000 PET,PET/CT vyšetření na skener a rok jako maximální mez), vyjdou nám tato čísla značící počty teoreticky potřebných PET, PET/CT skenerů pro onkologické pacienty vybraných diagnóz v ČR:

$$29.806 / 1.500 = 19,87 \approx 20$$

$$29.806 / 3.000 = 9,94 \approx 10$$

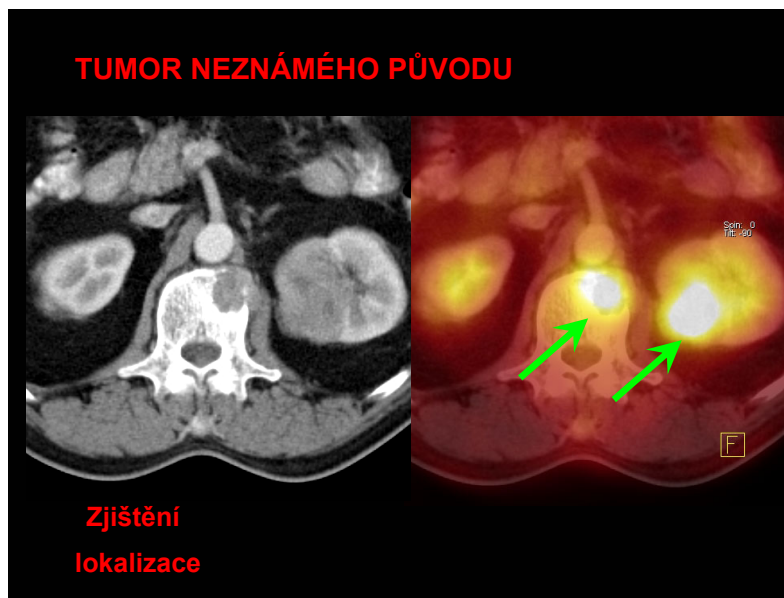
Tato čísla jsou spíše představitelná a dá se říci, že rámcově opravdu odpovídají potřebám onkologicky nemocných v České Republice.

Spektrum indikací je ale ve skutečnosti širší, a to o onemocnění, která prozatím nespĺňují kritéria „evidence based medicine“, ale přínos PET, PET/CT vyšetření je pro diagnostiku a staging těchto onemocnění ve vybraných situacích velmi významný. Příkladem může být agresivní karcinom prostaty u mladého muže.



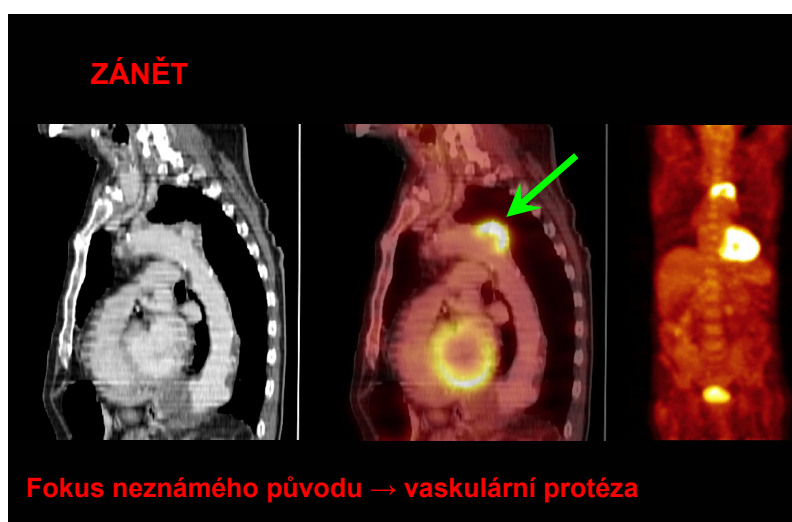
Obr. 10 PET/CT diagnostika a staging u karcinomu prostaty (primární ložisko T, postižená lymfatická uzlina N a kostní metastáza M).

Metoda PET/CT se používá také pro zjišťování lokalizace tumoru neznámého původu. Nejčastější je situace, kdy je histologicky verifikována metastáza při klinicky vysoké suspekci na maligní proces nebo vysoké koncentraci tumormarkerů, při generalizaci neznámého primárního tumoru nebo suspektní metastáze v CNS. [2]



Obr. 11 Zjištění lokalizace tumoru neznámého původu (CA ledviny s metastázou do obratle).

Jako velmi cennou diagnostickou metodou se ukazuje PET/CT i u zánětlivých onemocnění např. při vyhledávání zánětlivého ložiska neznámého původu.



Obr. 12 Vyhledání fokusu u zánětu neznámého původu (infikované aneurysma aorty).

Závěr

Cílem této práce bylo na základě přístupných údajů odhadnout minimální potřebnou kapacitu PET a PET/CT skenerů ve vyšetřovacím programu onkologických pacientů v České republice.

Pro výpočet byly použity dvě hypotetické metody, pomocí kterých se dospělo k následujícím výsledkům.

Minimální odhad počtu skenerů PET, PET/CT pro vstupní staging onkologických pacientů vybraných diagnóz je 6 až 11 v závislosti na pracovní vytíženosti strojů, vezme-li se v úvahu i restaging u 90 % z nich, pak je zapotřebí 10 až 20 těchto skenerů.

Představa dopřát každému onkologicky nemocnému pacientovi PET, PET/CT 1x ročně se tč. nezdá být reálná.

Hypotézu se nepodařilo vyvrátit, tudíž nadále platí hypotéza, že v ČR není dostatečné pokrytí diagnostických potřeb onkologických nemocných. A to i na vzdory faktu, že počet PET a PET/CT vyšetření na milion obyvatel je v ČR prakticky shodný jako v nejnávštějnějších zemích Evropy. Dokladem pro další zvyšování počtu PET a PET/CT instalací je situace v USA, kde jsou instalovány v průměru už 4 skenery na 1 milion obyvatel, tj. u nás by to bylo > 40 skenerů.

Souhrn

Pozitronová emisní tomografie má v České republice již sedmiletou tradici. V tento moment Česká republika disponuje dvěma PET a třemi hybridními PET/CT skenery. Využívají se především v klinické praxi u onkologických pacientů.

Vyšetřovací metoda PET, PET/CT je u určitých malignit významná nejen v oblasti diagnostiky a monitorace léčby, ale má smysl i v oblasti sekundární a terciární prevence při vyhledávání metastáz a zjišťování relapsů a časných recidiv onemocnění jinými metodami v dané fázi nezjistitelných.

Cílem této práce bylo na základě přístupných údajů odhadnout minimální potřebnou kapacitu PET, PET/CT skenerů pro vyšetřovací program onkologických pacientů v České republice.

Pro výpočet byly použity dvě hypotetické metody, minimalistická a maximalistická, které vycházely z incidence resp. prevalence vybraných nádorových onemocnění, a pomocí kterých se dospělo k množství 6 až 11 resp. 10 až 20 teoreticky potřebných skenerů k pokrytí všech vyšetření u onkologických pacientů v ČR.

Doporučované množství těchto přístrojů je přibližně jeden skener na jeden milion obyvatel, což by znamenalo odhadem 10-11 skenerů na 10,2 milionovou ČR, dle výpočtů minimálně 6-11, což naše republika ani státy bývalého východního bloku prozatím nesplňují. ČR tak ve srovnání s nejvyspělejšími zeměmi trpí nedostatkem skenerů. Historicky první 2 centra díky maximálnímu pracovnímu nasazení kompenzovala tento nedostatek tak, že dostupnost PET, PET/CT vyšetření pro nemocné byla a je na úrovni nejvyspělejších zemí. Otevřením dvou dalších center v ČR byl vytvořen i do dalších let prostor pro udržení dostupnosti vyšetření srovnatelné se západní Evropou.

Summary

Positron emission tomography is a discipline well-seated in the Czech Republic for seven years already. At this moment the Czech Republic has two PET and three PET/CT scanners available. They are used mainly in the clinical practice for oncological patients.

Positron emission tomography (PET) /computed tomography (CT) is a new imaging modality that provides exact co-registration of anatomic and metabolic data. PET/CT helps to correctly localize and interpret FDG uptake typical for certain tumors. This is a quality really important mainly for tumor staging. Thus, PET/CT has an important impact on selection of adequate therapy for oncological patients. PET, PET/CT is also very useful for restaging and searching for metastasis and cases of recurrence within the secondary preventive precaution.

The objective of this study was to evaluate the minimal necessary capacity of PET, PET/CT scanners for oncological patients in the Czech Republic.

Two hypothetical methods were used.

According to my results, the real need is 6 to 11 or 10 to 20 scanners for the oncological patients in the Czech Republic depending on the method of calculation.

This amount corresponds to the worldwide suggestion of the nuclear medicine specialists which is one PET, PET/CT scanner per one million inhabitants. That means that the Czech Republic with its 10.2 million inhabitants would need 10 to 11 PET/CT scanners.

In comparison with the most advanced countries the Czech Republic lacks the number of PET, PET/CT scanners necessary for its oncological patients. In spite of this fact, the Czech Republic is capable to keep up with the more developed countries and has a comparable accessibility of PET, PET/CT examination for its inhabitants.

Seznam použité literatury

- [1] **Bělohávek O, Jarůšková M, Šimonová K, Kantorová I.** Atlas pozitronové emisní tomografie. Lacomed; 2003.
- [2] **Skopalová M.** Užití PET a PET/CT v klinické onkologii-přehled. *Medicína po promoci*, ročník 6/číslo 8/říjen 2005: str.78-84.
- [3] **Geryk E, Kolcová V, Žáček V.** Trendy počtů onkologicky nemocných v České republice. *Grafika*; 2000.
- [4] **Geryk E, Kolcová V, Žáček V, Holub J.** Srovnání výskytu zhoubných novotvarů-ČR a vybrané státy. Galén; 2004.
- [5] **Klener P.** *Klinická onkologie*. Galén; 2002.
- [6] **Klener P.** *Vnitřní lékařství*. Galén; 2002.
- [7] **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. *European Journal of Nuclear Medicine*, Vol.28, No. 11, November 2001: str. 1707-1723.
- [8] **Hybášek I.** *Ušní, nosní a krční lékařství*. Galén; 1999.
- [9] **Hoch J., Leffler J.** *Speciální chirurgie*. Maxdorf; 2003.
- [10] *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR - ÚZIS ČR* [online], Mediasystem, 2006, dostupné z: <<http://www.uzis.cz>>
- [11] *Medicare Coverage Database, Centers for Medicare and Medicaid Services, U.S. Department of Health and Human Services* [online], dostupné z: <<http://www.cms.hhs.gov/center/coverage.asp>>
- [12] *Wikipedie otevřená encyklopedie*, [online], dostupné z: <<http://www.wikipedia.org>>
- [13] *Dermatovenerologická klinika 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy* [online], 2005, dostupné z : <<http://www.melanomy.cz>>
- [14] *Medicare and NOPR, PETNET Solutions* [online], dostupné z: <http://www.petscaninfo.com/zportal/portals/pat/my_pet_scan/pet_medicare>
- [15] *Contents of the SEER Cancer Statistics Review, 1975-2003, National Cancer Institute, U.S. National Institutes of Health* [online], dostupné z: <http://seer.cancer.gov/csr/1975_2003/sections.html>
- [16] **Bělohávek O.** Rozvoj PET diagnostiky v ČR za posledních 7let. ONM-PET centrum, Nemocnice Na Homolce, Praha; 2006; XLIII. Dny nukleární medicíny – kongres ČSNM v Českých Budějovicích ve dnech 1. – 3. listopadu 2006.