

Jihočeská univerzita Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Bakalářská práce

2007

Věra Macháčková

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Časový průběh retence radiojodu u pacientů po podání léčebné dávky
¹³¹I v prvních dnech po terapii
Bakalářská práce

Vypracovala: Macháčková Věra

15. května 2007

Vedoucí práce: prim. MUDr. Ladislav Šabata

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum 15. května 2007

Podpis studenta

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala mému vedoucímu bakalářské práce prim. MUDr. Ladislavovi Šabatovi za ochotu a trpělivost. Poděkování patří i mojí rodině, která mi dodávala sílu a odvahu během celého mého studia.

Abstract

The thyroid gland diseases are increased in The Czech Republic now. The therapy is provided on nuclear medicine department by administration therapeutic radioiodine dose. Measurement radioiodine retention time slope was provided in 16 patients with thyroid gland disease from nuclear medicine department The Hospital České Budějovice indirect external detection under the same condition.

Diagnostic administration ^{131}I was provided as accumulation test. The therapeutic administration was provided as application known activity of ^{131}I and then two hours after administration the patients were measured in the same distance and height in AP and PA projection. It was repeated after 24, 48, 72 hours after administration.

In patients with benign disease applied diagnostic activity was between 3,2-5,6 MBq and diagnostic half time was calculated between 5,53-8,93d. Applied therapeutic activity in patients with benign thyroid gland disease was between 260-1710 MBq and therapeutic half time was between 2,32 -17,19d.

In patients with malign disease applied diagnostic activity was between 10,4-296 MBq and diagnostic half time calculated between 0,59-3,9d. Applied therapeutic activity was between 2638-6520 MBq and therapeutic half time was between 0,45-1,07d.

After comparison diagnostic half time and therapeutic half time was found out bigger difference than established 10% variation of diagnostic half time. It leads to result that therapeutic half time and indirect radioiodine retention too is depending on applied activity.

According the measurement I can establish the date of dismissal in patients with benign thyroid gland disease on the second day (at lower therapeutic activity) and the tenth day (at higher therapeutic activity) after administration therapeutic dose.

In patients with malign thyroid gland disease the date of dismissal can be established on the third day (at lower therapeutic activity) and the fifth day (at higher therapeutic activity) after administration therapeutic dose.

The work can improve quality of therapy thyroid gland diseases and serve to help for radiographers, optionally general public.

OBSAH

ÚVOD	- 3 -
1. SOUČASNÝ STAV DANÉ PROBLEMATIKY	- 4 -
1.1. PŘEDPISY A VYHLÁŠKY TÝKAJÍCÍ SE LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ A RADIAČNÍ OCHRANY NA ODDĚLENÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY	- 4 -
1.2. ZÁKLADNÍ VELIČINY, JEDNOTKY	- 6 -
1.3. ZÁKLADY ANATOMIE A FYZIOLOGIE ŠTÍTNÉ ŽLÁZY	- 10 -
1.4. ONEMOCNĚNÍ ŠTÍTNÉ ŽLÁZY INDIKOVANÉ K LÉČBĚ ¹³¹ I	- 10 -
1.5. VLASTNOSTI ¹³¹ I.....	- 11 -
1.4.1. Fyzikální charakteristiky ¹³¹ I.....	- 11 -
1.4.2. Biokinetika radiofarmaka	- 11 -
1.6. VEDLEJŠÍ ÚČINKY LÉČBY RADIOJÓDEM	- 12 -
1.7. KONTRAINDIKACE LÉČBY RADIOJÓDEM	- 12 -
1.8. VYUŽITÍ ¹³¹ I V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ	- 13 -
1.8.1. Diagnostické využití ¹³¹ I.....	- 13 -
1.8.1.1. Scintigrafie ŠŽ.....	- 13 -
1.8.1.2. Akumulační test	- 14 -
1.8.2. Terapeutické využití ¹³¹ I.....	- 14 -
1.8.2.1. Terapie nádorů ŠŽ.....	- 15 -
1.8.2.2. Terapie hyperthyreózy	- 15 -
1.9. RADIAČNÍ OCHRANA V NUKLEÁRNÍ MEDICÍNĚ.....	- 17 -
1.9.1. Radiační ochrana pracovníků.....	- 17 -
1.9.1.1. Ochrana ošetřujícího personálu u terapeutického podání ¹³¹ I.....	- 18 -
1.9.2. Radiační ochrana pacientů	- 19 -
1.10. PROPOUŠTĚNÍ PACIENTŮ Z NEMOCNICE PO LÉČEBNÉ APLIKACI ¹³¹ I.....	- 19 -
1.10.1. Radiační zátěž osob žijících ve společné domácnosti s pacientem propuštěným z nemocnice	- 20 -
1.11. NEPŘÍMÉ MĚŘENÍ RETENCE ¹³¹ I.....	- 21 -
1.11.1. Diagnostické podání radiofarmaka.....	- 21 -
1.11.2. Terapeutické podání radiofarmaka	- 21 -
2. CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY	- 22 -
2.1. HYPOTÉZA.....	- 22 -
3. METODIKA PRÁCE	- 23 -
4. VÝSLEDKY	- 24 -
4.1. NEPŘÍMO MĚŘENÝ ČASOVÝ PRŮBĚH RETENCE RADIOJÓDU PO PODÁNÍ DIAGNOSTICKÉ DÁVKY. - 26 -	
4.1.1. U benigních onemocnění ŠŽ.....	- 26 -
4.1.2. U maligních onemocnění ŠŽ.....	- 27 -
4.2. NEPŘÍMO MĚŘENÝ ČASOVÝ PRŮBĚH RETENCE RADIOJÓDU PO PODÁNÍ TERAPEUTICKÉ DÁVKY. - 28 -	
4.2.1. U benigních onemocnění ŠŽ.....	- 28 -
4.2.2. U maligních onemocnění ŠŽ.....	- 36 -
4.3. ODHAD RADIAČNÍ ZÁTĚŽE PERSONÁLU	- 45 -
4.4. PŘEDPOKLÁDANÉ PROPUŠTĚNÍ PACIENTA DO DOMÁCÍ PÉČE VZHLEDEM NEPŘÍMO MĚŘENÉMU ČASOVÉMU PRŮBĚHU RETENCE U TERAPEUTICKÉHO PODÁNÍ RADIOJÓDU	- 45 -
5. DISKUSE	- 46 -
6. ZÁVĚR	- 48 -
7. POUŽITÁ LITERATURA	- 49 -
9. PŘÍLOHY	- 52 -

Úvod

Bakalářskou práci na téma Časový průběh retence radiojódů u pacientů po podání léčebné dávky ^{131}I v prvních dnech po terapii, jsem si vybrala, neboť mi toto téma připadá zajímavé a ráda bych si rozšířila znalosti v této problematice.

Onemocnění štítné žlázy jsou v současnosti v České Republice na vzestupu, nejsou vzácností u dětí, u dospívajících, ani u starých nemocných.

Terapie některých onemocnění štítné žlázy je prováděna na lůžkových odděleních nukleární medicíny podáním terapeutické dávky radiojódů.

Doba propuštění pacienta po léčbě se stanovuje na základě jednoho či dvou nepřímých měření retence radiojódů pomocí dozimetrů. Spolu s výsledky měření po podání diagnostické dávky se z těchto údajů provádí odhad radiační zátěže pro okolí.

Protože se zabývám problematikou časového průběhu retence radiojódů, chci čtenáře v krátkosti seznámit s legislativou upravující podmínky léčby ^{131}I , základy anatomie a fyziologie. Dále jsem se zaměřila na vlastnosti ^{131}I a jeho využití v diagnostice a léčbě onemocnění štítné žlázy. Zvláštní pozornost jsem věnovala radiační ochraně. Provedla nepřímé měření časového průběhu retence měřením časového průběhu dávkového příkonu po terapeutického podání u jednotlivých onemocnění a z výsledků spočítala efektivní poločas, který jsem porovнала s efektivním poločasem po podání diagnostické dávky. Nakonec jsem a odhadla z provedeného měření radiační zátěž personálu pečujícího o pacienty s aplikovanou léčebnou dávkou v prvních dnech po terapii a stanovila možné propuštění pacienta do domácí péče.

1. Současný stav dané problematiky

Onemocnění štítné žlázy mají v současné době v České Republice vzrůstající incidenci, avšak karcinomy štítné žlázy představují jen 1-2 % všech zhoubných nádorů. Onemocnění štítné žlázy nejsou vzácností u dětí, u dospívajících, ani u starých nemocných.

Terapie některých onemocnění (z benigních onemocnění štítné žlázy např. autonomní adenomy, autoimunní hyperthyreózy a z maligních onemocnění papilární karcinom a folikulární karcinom) je prováděna na lůžkových odděleních nukleární medicíny podáním radiojódu.

Doba propuštění pacienta po léčbě se stanovuje na základě jednoho či dvou nepřímých měření retence radiojódu pomocí dozimetrů. Spolu s výsledky měření po podání diagnostické dávky se z těchto údajů se provádí odhad radiační zátěže pro okolí po propuštění.

1.1. Předpisy a vyhlášky týkající se lékařského ozáření a radiační ochrany na oddělení nukleární medicíny

Základním legislativním kamenem upravujícím lékařské ozáření a radiační ochranu na oddělení nukleární medicíny v České Republice je zákon ze dne 24. ledna 1997 č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) (ve znění zákona č. 13/2002 Sb. ze dne 18. prosince 2001) prováděný dle pozdějších předpisů. A to vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně (ve znění č. vyhlášky 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005), vyhláškou č. 315/2002 Sb., o zvláště důležité činnosti a odborné způsobilosti, vyhláškou č. 318/2002 Sb., o havarijní připravenosti, vyhláškou č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě, vyhláškou č. 419/2002 Sb., o osobních radiačních průkazech, vyhláškou č. 241/1997 Sb., o zajištění jakosti).

Podle § 7 atomového zákona se lékařské ozáření smí uskutečnit pouze tehdy, je-li odůvodněno přínosem vyvažujícím rizika, která ozářením vznikají nebo mohou vzniknout. Podmínky lékařského ozáření, diagnostické referenční úrovně, pravidla pro ozáření fyzických osob dobrovolně pomáhajících osobám podstupujícím lékařské ozáření, včetně prokazatelného poučení a písemného souhlasu těchto fyzických osob,

náležitosti programů zabezpečování jakosti lékařských úkonů a výkonů a požadavky na zvláštní odbornou způsobilost fyzických osob podílejících se na těchto výkonech stanoví prováděcí právní předpis.

Podle § 65 vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) se léčebné aplikace radionuklidů, které jsou otevřenými zářiči, se provádějí jen v lůžkových částech zdravotnických zařízení, speciálně upravených a vybavených tak, aby splňovaly požadavky na pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči. Přitom musí být zajištěno, aby pacienti nepoužívali vlastní prádlo a při propuštění pacientů i všechny předměty osobní potřeby byly zkontrolovány z hlediska možného znečištění radionuklidu, a případně dekontaminovány nebo odstraněny jako předměty znečištěné radionuklidu nebo radioaktivní odpady. Ambulantní léčebné aplikace radionuklidů se mohou uskutečňovat, jen pokud tak stanoví v podmínkách příslušného povolení SÚJB. Ambulantní léčebné aplikace radionuklidů nejsou přípustné u inkontinentních pacientů nebo u pacientů neschopných dodržovat základní hygienická pravidla.

Propouštění pacientů do domácí péče po léčebné aplikaci radionuklidů se usměřuje tak, aby nebyly překročeny limity podle § 23 vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) (příloha 1). Tyto limity se vztahují také na usměrňování ozáření pro návštěvníky pacientů po léčebné aplikaci radionuklidů. Údaje se zaznamenávají do zdravotnické dokumentace pacienta. V případě, že pacient podstupuje léčbu radionuklidu, poskytne držitel povolení pacientovi nebo jeho zákonnému zástupci před opuštěním zdravotnického zařízení písemnou informaci o rizicích ionizujícího záření a písemné pokyny, jak omezit dávky u osob, které přicházejí s pacientem do styku, na tak nízkou úroveň, jak lze rozumně dosáhnout. V případě, že by se ozáření osob v domácnosti mohlo blížit hodnotám obecných limitů, je třeba poskytnout písemné pokyny i pacientům, kteří podstupují vyšetření radionuklidu.

Podle § 67 vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) musí být radiační ochrana osob, které vědomě a z vlastní vůle pomáhají osobám podstupujícím lékařské ozáření, optimalizována podle § 4

atomového zákona (příloha 2). Přičemž ozáření těchto osob se omezuje v souladu s požadavky stanovenými v § 23 vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) (příloha1). Tyto osoby musí být starší 18 let a prokazatelně poučeny o rizicích plynoucích z ozáření, přičemž svůj souhlas s takovým ozářením musí písemně potvrdit.

Vnitřním ozářením se podle vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) rozumí ozáření osoby ionizujícím zářením z radionuklidů vyskytujících se v těle této osoby, zpravidla jako důsledek příjmu radionuklidů požitím nebo vdechnutím.

Zevním ozářením se podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) rozumí ozáření osoby ionizujícím zářením ze zdrojů ionizujícího záření, které se nacházejí mimo ni.

Radioaktivní kontaminací se podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) rozumí znečištění jakéhokoli materiálu či jeho povrchu, prostředí nebo osoby radioaktivní látkou. Pokud jde o lidské tělo, zahrnuje jak zevní kontaminaci kůže, tak vnitřní kontaminaci bez ohledu na cestu příjmu.

Radionuklidovým zářičem se podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) rozumí zdroj ionizujícího záření obsahující radioaktivní látky, kde součet podílů aktivit radionuklidů a zprošťovacích úrovní aktivit pro tyto radionuklidy je větší než 1 a současně součet podílů hmotnostních aktivit radionuklidů a zprošťovacích úrovní hmotnostních aktivit pro tyto radionuklidy je větší než 1.

Radionuklidem se podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) rozumí druh atomů, které mají stejný počet protonů, stejný počet neutronů, stejný energetický stav a které podléhají samovolné změně ve složení nebo stavu atomových jader.

1.2. Základní veličiny, jednotky

Odhad dávek z vnitřního ozáření je poněkud složitější než odhad při vnějším ozáření. Jde zejména o to, že dávky z vnitřního ozáření nelze měřit přímo. Distribuce

radionuklidu v těle může být velmi nehomogenní, navíc v závislosti na typu vysílaného záření může být i distribuce dávky v jednotlivé tkáni nehomogenní. Dávky z vnitřního ozáření se realizují v delším časovém období. Zatímco v případě zevního ozáření obdrží jedinec dávku v definovaném čase, kdy se nachází v poli záření, a dávka z radionuklidu, který se dostal do těla, se realizuje tak dlouho, dokud radionuklid z těla nezmizí biologickým procesem vylučování nebo radioaktivním rozpadem či kombinací obou procesů (efektivní poločas).

Při zevním ozáření organismu dochází k depozici energie pouze po dobu, po kterou se člověk nachází v poli záření. V případě, že se radionuklid nachází v organismu, je ozáření rozložené v čase od okamžiku příjmu a mění se v závislosti na změnách prostorové distribuce radionuklidu v organismu, na jeho vylučování a radioaktivní přeměně. Aby byla vzata v úvahu tato časová závislost, byl zaveden pro účel limitování ozáření od vnitřních zářičů úvazek ekvivalentní dávky a úvazek efektivní dávky.

Ekvivalentní dávka H_T je podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) součin radiačního váhového faktoru w_R (příloha č.3) a střední absorbované dávky D_{TR} v orgánu nebo tkáni T pro ionizující záření R, nebo součet takových součinů, jestliže pole ionizujícího záření je složeno z více druhů nebo energií.

$$H_T = \sum_R w_R D_{TR}$$

Efektivní dávka E je podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění novely vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) součet součinů tkáňového váhového faktoru w_T (příloha 3) a ekvivalentní dávky H_T v ozářených tkáních nebo orgánech T.

$$E = \sum_T w_T H_T$$

Kolektivní efektivní, popř. ekvivalentní dávka S je podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění novely vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) součet efektivních, popř. ekvivalentních dávek všech jednotlivců v určité skupině.

$$S = \int_0^{\infty} E \frac{dN}{dE} dE$$

Příkon ekvivalentní dávky H je definován jako podíl přírůstku ekvivalentní dávky H v časovém intervalu t a tohoto časového intervalu.

$$H = \frac{dH}{Dt}$$

Jednotkou příkonu dávkového ekvivalentu je sievert za sekundu [Sv/s].

Úvazek efektivní dávky $E(\tau)$, popř. ekvivalentní dávky $H_T(\tau)$, je podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění novely vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) časový integrál příkonu efektivní dávky, popř. ekvivalentní dávky po

dobu τ od příjmu radionuklidu.
$$E_\tau = \sum_T w_T H_T(\tau); H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} H_T(t) dt$$

Jednotkou efektivní dávky v SI soustavě je $J\ kg^{-1}$ se speciálním názvem sievert (Sv). Tkáňové váhové faktory w_T (příloha č.3) vyjadřují míru závažnosti ozáření jednotlivých orgánů při celotělovém ozáření.

Dávkový ekvivalent H je podle vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění novely vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) součin absorbované dávky v uvažovaném bodě tkáně D_T a jakostního činitele Q_T vyjadřujícího rozdílou biologickou účinnost různých druhů záření.

$$H = \sum_T w_T D_T Q_T$$

Jako příjem radionuklidu bývá označována aktivita daného množství radionuklidu, který vstoupil do organismu, jako retence radionuklidu aktivita množství radionuklidu, které bylo organismem, tkání nebo orgánem zadrženo. Okamžité množství radionuklidu lze charakterizovat počtem radioaktivních přeměn ke kterým došlo za jednotku času (aktivitou).

$$N = \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} R dt$$

Počet přeměn radionuklidu je časový integrál retence R za dobu Δt od okamžiku příjmu t_0 . Jednotkou aktivity v SI je reciproká sekunda se speciálním názvem becquerel (Bq).

Závislost množství deponovaného radionuklidu v orgánu, tkáni nebo v těle na příjmu je exponenciální.

$$T_{ef} = \frac{T_b \times T_r}{T_b + T_r}$$

Konstanta T_{ef} je efektivní poločas, s jakým se mění depozice a exkrece. Skládá se z poločasu fyzikálního rozpadu radionuklidu T_r a z poločasu biologického T_b , který je definován metabolickým a vylučovacím procesem. Pro daný nuklid může být i několik biologických poločasů pro depozice v různých orgánech a pro různou chemickou formu přijímané látky s radionuklidem.

Pro výpočet individuální aktivity nutné k dosažení zamýšleného terapeutického účinku (terapeutické dávky pro ŠŽ) je používán vzorec Marinelliho formule:

$$A(MBq) = \frac{m(g) \cdot D(Gy) \cdot 24,67}{T_{ef}(d) \cdot A_{max}(\%)}$$

Jde o podíl součinu váhy ŠŽ m , terapeutické dávky D a součinu efektivního poločasu T_{ef} a akumulace ŠŽ za 24 hodin A_{max} .

Riziko vnějšího ozáření radionuklidu emitujícími fotony gama je z praktických důvodů popisováno tzv. kermovou konstantou gama Γ_k (příloha č.4), která je číselně rovna hodnotě kermového příkonu (ve vzduchu resp. ve tkáni) ve vzdálenosti l m od zdroje o aktivitě 1 Bq a má obecně rozměr $(Gy \cdot m^2 \cdot h^{-1} \cdot Bq^{-1})$. V konkrétní vzdálenosti l od bodového zdroje aktivity A bude kermový příkon \dot{K}

$$\dot{K} = \frac{A\Gamma_k}{l^2}$$

Tento vztah je někdy vyjadřován tvrzením „ozáření klesá se čtvercem vzdálenosti“ a vyjadřuje velmi silný vliv ochrany před ozářením vzdáleností.

Hodnoty Γ_k se často používají pro odhad rizika vnějšího ozáření ze zdrojů známé aktivity, nebo naopak pro odhad aktivity z naměřeného kermového příkonu, známe-li v obou případech, o jaký radionuklid se jedná. Je nutné si však uvědomit, že vztah platí pouze pro bodový zdroj, tj. vždy, je-li rozměr zdroje zanedbatelný vzhledem ke vzdálenosti od tohoto zdroje. Pro rozměrné plošné zdroje lze pokles kermového příkonu se vzdáleností od zdroje odhadovat úměrností l^{-1} namísto l^{-2} .

1.3. Základy anatomie a fyziologie štítné žlázy

Štítná žláza (ŠŽ) je orgán, který se skládá ze 2 laloků oválného tvaru o velikosti přibližně 2,5 x 5 x 1,5 cm, které jsou spojeny můstkem. Pravý lalok bývá o něco větší než levý. Je uložena mělce pod kůží v dolní polovině přední strany krku, po obou stranách dýchací trubice a před ní. Za normálních okolností váží zhruba 20 g. Patří mezi žlázy s vnitřní sekrecí. Činnost štítné žlázy je řízena z předního laloku podvěsku mozkového (hypofýzy) tyreostimulačním hormonem (TSH), který reaguje na stimulaci z vyšších mozkových center v mezimozku (hypotalamu). Tyreostimulační hormon podporuje růst štítné žlázy a tvorbu 2 hormonů – tyroxinu (T4) a trijódtyroninu (T3). Tyto hormony jsou pro organismus potřebné již v časných fázích nitroděložního života, kdy putují k plodu z matčiny krve. Od počátku druhé třetiny těhotenství je zdravý plod schopen tvořit si vlastní hormony.

Hormony štítné žlázy jsou nezbytné pro správný vývoj a funkci centrální nervové soustavy. Bez jejich přítomnosti nedochází ke vzniku jednotlivých struktur mozku nebo se jejich vývoj zpožďuje. Další účinky hormonů jsou patrné v oblasti trávicího traktu, kde urychlují metabolické děje, výrazně působí na oběhovou soustavu (urychlení tepové frekvence, změny tlaku), ovlivněn je i reprodukční systém, kosterní svalstvo, kůže, metabolismus kosti.

1.4. Onemocnění štítné žlázy indikované k léčbě ¹³¹I

Terapie radiojódem je indikována u benigních onemocnění štítné žlázy, např. funkčního autonomního ložiska (autonomní adenomy, multifokální a disperzní), autoimunní hyperthyreózy (Basedova nemoc) s přítomností nebo bez přítomnosti strumy a euthyreoidní strumy.

U maligních onemocnění štítné žlázy je terapie radiojódem indikována pro papilární karcinom a folikulární karcinom štítné žlázy včetně metastáz.

Při léčbě hyperthyreózy ŠŽ se nejčastěji aplikuje aktivita v rozmezí od 300 MBq do 800 MBq. Maximálně však do 2000 MBq. (Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny březen 2000)

Při léčbě diferencovaného karcinomu ŠŽ leží aplikovaná aktivita v rozmezí 3,4 GBq do 10 GBq. (Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny března 2000)

1.5. Vlastnosti ^{131}I

1.4.1. Fyzikální charakteristiky ^{131}I

Tento radionuklid je smíšeným zářičem beta, gama záření s fyzikálním poločasem přeměny 8,04 dne. Vyrábí se v jaderném reaktoru štěpením uranu (^{235}U) bombardováním neutrony stabilního teluru. Pro léčbu se využívá záření beta s maximální energií 248 keV (2%), 334 keV (7%) a 606 keV (90%) střední energie záření beta je 188 keV. Maximální dosah záření beta v měkké tkáni je 2,4 mm, střední dosah tohoto záření v měkké tkáni je 0,5 mm. Krátký dosah tohoto záření ve tkáni umožňuje lokalizované ozáření cílových tkání prakticky bez významného účinku na okolní zdravou tkáň.

Záření gama ^{131}I má energii 284 keV (6%), 364 keV (82%), 637 keV (7%) a 720 keV (3%). Přítomnost poměrně pronikavého záření gama je na jedné straně výhodná, jelikož umožňuje sledovat snadno zevní detekcí biokinetiku ^{131}I v těle, na druhé straně záření gama může přispívat významně k radiační zátěži (efektivní dávce) jiných pacientů, personálu na oddělení nukleární medicíny a okolí, což vyžaduje důsledné dodržování ochranných opatření.

1.4.2. Biokinetika radiofarmaka

Po příjmu ingescí se radiojód dostává z gastrointestinálního traktu do krve. Ve zdravé ŠŽ se shromáždí kolem 30% radiojódu. Nevychytaný radiojód je vylučován močí, v malé míře stolicí, potem a perspirací. ŠŽ opouští radiojód vázaný na organické molekuly, které jsou v tomto orgánu vytvářeny. Biologický poločas vylučování radiojódu ze ŠŽ je přibližně 80 dní. Radiojód v organické formě se rovnoměrně distribuuje v orgánech a měkkých tkáních (kromě ŠŽ) a uniká odtud s biologickým poločasem 12 dní. Dále 10% tohoto organického jódu se vylučuje stolicí, zbývajících 90% je pomalu přeměněno na anorganický jód, který se vrací do tělesných tekutin. Uvedené údaje platí pro model referenčního člověka.

Při hyperthyreóze se ve ŠŽ akumuluje 20-85% aplikované aktivity, biologický poločas eliminace radiojódů z tohoto orgánu je v rozmezí od 10 dnů do 65 dnů. Biologický poločas extrathyreoidální komponenty podané aktivity je 0,33 dne. Během 48 hodin po aplikaci se z těla vyloučí 40 – 70% aplikované aktivity. U terapií ke zmenšení velkých nebo retrosternálně uložených strum je kinetika radiojódů přibližně shodná s kinetikou v případě eufunkční ŠŽ.

Při karcinomu ŠŽ se akumulace radiojódů ve ŠŽ, popř. ve zbytcích, pohybuje od desetin % do 25-30 % v závislosti na radikalitě chirurgického výkonu. Biologický poločas eliminace radiojódů ze ŠŽ je velmi individuální, biologický poločas extrathyreoidální komponenty je 0,33 dne. Během 48 hodin po aplikaci se z těla vyloučí až 95 % podané aktivity (po totální a téměř totální thyreoidektomii), v prvních 24 hodinách 40 – 60% podané aktivity.

1.6. Vedlejší účinky léčby radiojódem

Nejčastější komplikace léčby radiojódem (radiační thyroiditis, sialadenitis, nausea, xerostomie aj.) jsou zpravidla mírné a krátkodobé. Při aplikacích aktivit radiojódů vyšších než 5 GBq a při opakovaných aplikacích tohoto radionuklidu dochází k reverzibilnímu, ve velmi řídkých případech i nereverzibilnímu útlumu kostní dřeně.

U pacientů, kteří byli léčeni ¹³¹I o aktivitě vyšší než 3,7 GBq, je vyšší výskyt nádorů močového měchýře a žaludku a dále leukémie. (Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny březen 2000)

Následkem léčby hyperthyreózy radiojódem může být hypothyreóza vyskytující se již během 2 až 6 měsíců po léčbě u 6 – 70% pacientů (v nemocnici České Budějovice je hypothyreóza dosažena do jednoho roku u téměř 100% léčených pacientů).

1.7. Kontraindikace léčby radiojódem

Absolutními kontraindikacemi jsou gravidita a kojení. Před podáním radiojódů k léčbě ženy v reprodukčním věku musí být s jistotou ověřeno, že není těhotná. Pokud by byla nutnost podat radiojód kojící ženě, musí být kojení ihned přerušeno.

Dojde-li k aplikaci léčebné aktivity radiojódu těhotné ženě po 8. týdnu po koncepci, je třeba vážně uvažovat o přerušení gravidity. Je-li radiojód aplikován v době 8. týdne po koncepci je přerušení doporučováno až při dávce v plodu převyšující 100 mGy. Riziko vyplývající z aplikace radiojódu těhotné ženě v kterémkoliv období gravidity patří do posouzení klinického genetika.

Léčba radiojódem je kontraindikována u psychicky nemocných u nichž nejsou předpoklady, že budou dodržovat pokyny ošetřujícího personálu.

U muže není žádoucí počít dítě v době 4 měsíců uplynulých od jeho léčby radiojódem.

Ženě v reprodukčním věku léčené radiojódem se doporučuje, aby neotěhotněla v době jednoho roku po léčbě.

Léčba hyperthyreózy u dětí radiojódem se provádí jen v případě, že jiné terapeutické postupy byly neúspěšné.

1.8. Využití ^{131}I v nukleární medicíně

1.8.1. Diagnostické využití ^{131}I

1.8.1.1. Scintigrafie ŠŽ

Scintigrafie ŠŽ je nukleárně medicínská zobrazovací modalita odvozující informaci o morfologii ŠŽ z obrazu distribuce funkční tkáně thyreoideální, která akumuluje radioaktivní indikátor (příloha 9). Ve vyšetřovacích algoritmech thyreopatií slouží zejména ke scintigrafické charakteristice sonograficky solidních uzlů, zvláště při podezření na funkční autonomii ve ŠŽ. Zvláštní indikací je zhodnocení zbytků funkčního parenchymu po strumektomii, lokalizace ektopické tkáně ŠŽ (mediastinum, kořen jazyka, průběh embryonálního ductus thyreoglossus) a identifikace metastáz nádorů ŠŽ (po odstranění tkáně vlastní žlázy).

^{131}I -natrium jodid se dnes již běžně pro scintigrafii nepoužívá (vyšší radiační zátěž v důsledku emise diagnosticky nevyužitelného záření beta, delší fyzikální, a proto i efektivní poločas, vyšší energie fotonů záření gama nevýhodná pro scintilační kamery). Avšak je využíván ve speciálních indikacích (např. pro průkaz retrosternální strumy, ektopické tkáně ŠŽ či scintigrafie po podání léčebné dávky radiojódu k odкрыtí

uzlinových i vzdálených metastáz diferenciovaných karcinomů ŠŽ a p.), příprava pro léčbu ^{131}I (akumulační test – viz níže).

1.8.1.2. Akumulační test

Vyšetření se dnes provádí především jako příprava pro léčbu ^{131}I a spojuje se se scintigrafií (příloha 10).

Stanoví frakci podaného radionuklidu akumulovaného ve žláze za časové období, je vyjádřen v procentech podané aktivity. Lze hodnotit i rychlost eliminace radionuklidu ze žlázy a vyjádřit ji efektivním poločasem a nepřímo tím zhodnotit retenci radiojodu ve ŠŽ.

Podává se ^{131}I -jodid sodný perorálně nalačno. Pacientova ŠŽ se poté měří pomocí jednou ročně kalibrované, jednodetektorové sondy kolimované na ŠŽ v intervalech 2 - 4, 24, 48, 72 hodin.

Na začátku každého měření se nejprve se zjistí fotopík ^{131}I . Poté se změří standardní vzorek (z důvodu kontroly přístroje), poté fantom z plexiskla, do kterého je vložena penicilinka s radionuklidem o stejné aktivitě jako je aplikována, a pozadí. Pacient je změřen ve vzdálenosti 25 cm detektor-štítná žláza.

Každé měření bylo provedeno dvakrát pro eliminaci statistické chyby měření.

Efektivní poločas se počítá z hodnot absolutních čistých impulsů, což jsou naměřené impulsy po odečtení pozadí, naměřených v jednotlivých dnech.

1.8.2. Terapeutické využití ^{131}I

Léčbu pomocí ^{131}I -jódem značených radiofarmak je možné provádět v ČR jen na lůžkových odděleních nukleární medicíny, protože je třeba počítat s komplikacemi a vzhledem k poločasu přeměny je nutné bezpečně deponovat a nechat vyzářit ^{131}I obsažený v exkrementech nemocných. Naše hygienické předpisy vyžadují, aby nemocní byli po podání ^{131}I hospitalizováni alespoň po dobu 3-5 dnů.

Ve výjimečných případech je možné na oddělení nukleární medicíny podat pacientovi za účelem léčby hyperthyreózy ^{131}I ambulantně. Musí však splněny všechny podmínky (příloha č.5).

1.8.2.1. Terapie nádorů ŠŽ

Terapie některých onemocnění ŠŽ radioaktivním jódem patří mezi nejdéle prováděnou léčbu radionuklidy (od roku 1942) a patří bezesporu mezi léčbu velice úspěšnou. Je založena na selektivní kumulaci ^{131}I ve formě jodidu (nejčastěji sodného) ŠŽ. Tento radionuklid s poločasem přeměny 8,04 dne je smíšený radioaktivní zářič, který emituje částice beta i fotony gama. Na terapeutickém efektu se korpuskulární emise podílí asi 90% a 10% připadá na záření gama.

Nádory ŠŽ představují 1-2 % všech malignit a vyskytují se dvakrát častěji u žen.

Základem léčby karcinomu ŠŽ je chirurgický výkon charakteru totální thyreoidektomie. Následná ablace zbytků ŠŽ, případně nádorové tkáně vyžaduje, aby ŠŽ, nádor a jeho případné metastázy akumulovaly ^{131}I -jodid. Je proto vhodná jen u diferenciovaných karcinomů ŠŽ. Tento postup, kdy léčba radiojódem následuje chirurgický výkon v odstupu 6-8 týdnů, ruší na dlouhou dobu blokáda akumulace v důsledku předchozího podání preparátů obsahujících jód (např. aplikace rentgenových jodových kontrastních látek, expektorancií a dalších).

Předchozí totální thyreoidektomie umožňuje podání nižší terapeutické aktivity radiojódu (riziko možných komplikací léčby je pak menší). Po kompletní ablací funkční thyreoideální tkáně dochází k eliminaci zdroje thyreoglobulinu (TBG), jehož sérová koncentrace je citlivým indikátorem remise či relapsu diferencovaného karcinomu.

Pro léčebnou aplikaci radioaktivního ^{131}I -jodidu se používá různých schémat. Radiofarmakum podávají některá pracoviště jako jednorázovou dávku, jiná používají dávek nižších, které opakují, další pracoviště se snaží vypočítat nutnou aktivitu ze změřené akumulace diagnostické dávky ^{131}I -jodidu a potřebné absorbované dávky v Gy (800 až 1000 Gy, což vyžaduje podání 1800 až 5500 MBq ^{131}I -jodidu). Za několik dnů po podání léčebné dávky ^{131}I -jodidu se provádí poléčebná celotělová scintigrafie, která někdy ukáže uzlinové nebo vzdálené metastázy (příloha 6).

1.8.2.2. Terapie hyperthyreózy

V České Republice převládá v definitivní terapii hyperthyreózy dlouhodobá léčba pomocí udržovaných dávek thyreostatik a totální thyreoidektomie. V řadě západních zemí je však terapie hyperthyreózy pomocí ^{131}I -jódu nejčastější formou její

definitivní léčby. Dnes je tam tato léčba prováděna i u dětí a mladistvých a jedinou její kontraindikací je gravidita a kojení.

Léčba radiojódem je zvláště vhodná i v případech kontraindikace chirurgického zákroku např. z kardiologických důvodů, při recidivách hyperthyreózy po předchozí strumektomii, při nemožnosti riskovat poruchu hlasu jako operační komplikaci u některých profesionálních skupin nemocných a konečně jako součást komplexní léčby endokrinní orbitopatie vyššího stupně.

Závažnou limitací pro provádění této terapie je nedostatečná kapacita lůžkových oddělení nukleární medicíny, která musí být rezervována pro léčbu diferenciovaných karcinomů ŠŽ.

Léčbu hyperthyreózy radiojódem je možné realizovat až po zklidnění nemoci thyreostatiky a léčebné podání radiofarmaka provést v tzv. reboundu až po několikadenním přerušení thyreostatické léčby. Určitou praktickou nevýhodou této léčebné strategie je skutečnost, že zklidnění hyperthyreózy probíhá pomalu, účinek léčby nastupuje s určitou latencí a je proto nutné i po léčbě radiojódem ještě po určitou dobu pokračovat v podávání thyreostatik. Další potencionální nevýhodou je nemožnost předpovědět biologickou odpověď na podanou aktivitu radiojódu. Všichni nemocní, kteří byli radiojódem léčeni, musí být z důvodu následné hypothyreózy doživotně dispenzarizováni a prokázaná hypothyreóza včas diagnostikována a substituována.

Dávkovací schémata jsou složitým problémem, protože o léčebném efektu rozhoduje mnoho faktorů (např. velikost ŠŽ, aktivita thyreotoxikózy, úroveň akumulace ¹³¹I-jodidu ve ŠŽ, jeho efektivní poločas a další). Některé léčebné postupy volí konstantní aktivitu 200 MBq pro všechny nemocné bez ohledu na velikost ŠŽ a další biologické faktory a v případě neúspěchu tuto dávku opakují. Další metoda je založena na výpočtu podané aktivity na gram tkáně ŠŽ, jejíž hmotnost je kalkulovaná ze sonografického obrazu, a případně na výpočtu aplikované aktivity pro předem odhadnutou potřebnou dávku (příloha 7).

Radiojód může být aplikován ve formě roztoku, který pacient vypije. Výhodou je, že je možné aktivitu před podáním přesněji odměřit. Jinou formou jsou firemně

vyráběné kapsle obsahující ^{131}I -jodid; jejich podání je pohodlnější a vyžaduje jen minimální manipulaci, takže personál je méně vystavován ozáření.

1.9. Radiační ochrana v nukleární medicíně

1.9.1. Radiační ochrana pracovníků

Ochrana před zevním zářením vychází ze zákonitostí, jimiž se řídí průchod ionizujícího záření prostředím. Je založena na odstupu od zdroje záření (vzdálenost), na omezení doby expozice (čas) a na absorpci záření (stínění).

Ochrana vzdáleností využívá skutečností, že dávka, resp. dávkový příkon, klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje. Při manipulaci s ampulemi, jež obsahují radioaktivní zářiče, se užívají dlouhé peány, podávky a chemické kleště.

Při ochraně časem se uplatňuje skutečnost, že radiační zátěž pracovníka roste s dobou, po níž se zdržuje v blízkosti zářiče. Doba pobytu pracovníků v blízkosti zářičů musí být proto zkrácena natolik, jak je to z praktického hlediska ještě možné. Doporučuje se práce s radioaktivními zdroji nejdříve nacvičit bez zářiče a teprve po důkladné přípravě provádět úkony v laboratoři nebo u nemocného. Zkrácení doby pobytu u zářičů a tím i snížení radiační zátěže jednotlivců lze dosáhnout též střídáním pracovníků. Přitom součet dávek všech pracovníků (kolektivní dávka) by neměla vzrůstat.

Ochrany stíněním před zářením gama se dosahuje tím, že mezi zdroj a pracovníka se umísťuje stínící vrstva těžkého materiálu, nejčastěji z olova. Do digestoří a na pracovní stoly se staví stěny z olovených cihel. V případě potřeby jsou tyto stěny i po stranách pracovního místa, výhodná jsou volná místa pro ruce a průhledný kryt z olovnatého skla. Je nutné stínit i vlastní pracovní plochu, aby nebyly ozařovány gonády a končetiny pracovníka. Nejčastěji se používají šípové cihly o tloušťce 50 mm vyrobené z tvrdého olova s přísadou 5 % antimonu a na povrchu pokryté omyvatelným nátěrem.

Lahvičky se zářiči musí být umístěny buď za olovenou stěnou, nebo při přenášení v oloveném kontejneru. Tloušťka stěny kontejneru se volí podle energie záření gama radionuklidu a podle jeho aktivity. Při odběru roztoků do stříkaček pro jednotlivé aplikace je ampule se zásobním roztokem umístěna ve stínícím krytu

s okénkem z olovnatého skla. Injekční stříkačky naplněné radioaktivní látkou se stíní speciálními kryty. Důsledné užívání uvedených krytů snižuje radiační zátěž především rukou.

Pro odstínění záření beta jsou vhodné lehké látky (např. plexisklo, hliník), protože v nich vzniká brzdné záření v podstatně menší míře než v těžkých materiálech.

Charakter práce s radioaktivní látkou určuje, které metodě ochrany je dána přednost. Není-li např. možné pracovat za stíněním, je třeba volit ochranu časem a vzdáleností. Naopak dobré stínění dovoluje prodloužit dobu rizikové práce. Správnou zásadou je kombinovat všechny tři metody ochrany před zářením, tedy čas, vzdálenost i stínění.

1.9.1.1. Ochrana ošetřujícího personálu u terapeutického podání ¹³¹I

Riziko externího ozáření a vnitřní kontaminace na pracovištích nukleární medicíny vzniká hlavně v důsledku manipulace s radiojódem. Radiojód se dostává do vzduchu laboratoří při přípravě roztoků pro terapii a na lůžkové části oddělení hlavně dýcháním pacientů, jimž byly aplikovány roztoky o vysoké aktivitě. Dýcháním kontaminovaného vzduchu se radioizotopy jódu dostávají do štítné žlázy pracovníků. Vnitřní kontaminace radioizotopy jódu se zjišťuje tak, že se změří aktivita ve štítné žláze pomocí běžných přístrojů pro vyšetřování funkce štítné žlázy.

V průměru v jednom dni ošetřující personál (12h směna) se pohybuje jednu hodinu denně v blízkosti pacienta, což velmi zvyšuje radiační zátěž ošetřujícího personálu. Proto je nutné dodržovat a provádět základní ochranná opatření.

Ošetřující personál se po příchodu na pracoviště převléká do pracovního oděvu. V blízkosti pacienta se zdržuje co nejkratší dobu, v co největší možné vzdálenosti (ochrana časem a vzdáleností).

Používá osobní ochranné prostředky (gumové rukavice, zástěry, brýle)(ochrana stíněním). Dbá na velmi opatrné svlékání gumových rukavic tak, aby nedošlo ke kontaminaci rukou.

Nejí ani nepije v blízkosti pacienta.

1.9.2. Radiační ochrana pacientů

Podobně jako při všech aplikacích ionizujícího záření v lékařství i v nukleární medicíně je hlavní zásadou, že dávky vyšetřovaných osob musí být udrženy na nejnížší prakticky možné úrovni.

Pro dávky, které pacient obdrží při diagnostickém či terapeutickém použití zdrojů záření, nejsou zavedeny limity nejvyšší přístupné dávky, tak jak je tomu u pracovníků se zářením.

Diagnostické informace nebo terapeutického efektu musí být dosaženo při co nejnížší radiační zátěži pacienta. Je nutné vyvarovat se zbytečných expozičních, které pro vyšetřovanou nebo léčenou osobu nemají žádný přínos. Na druhé straně riziko, spojené s vyšetřovacím či léčebným postupem, nesmí být přeceňováno, neboť to může vést k zamítnutí oprávněných vyšetření.

V nukleární medicíně existuje řada možností, jak ovlivnit radiační zátěž pacientů a jak dosáhnout toho, aby tato zátěž byla na nezbytně nutné úrovni. Absorbovanou dávku lze ovlivnit volbou radiofarmaka, radionuklidovou čistotou radiofarmaka, aktivitou aplikované radioaktivní látky a ovlivněním její kinetiky.

1.10. Propouštění pacientů z nemocnice po léčebné aplikaci ¹³¹I

Pacient může být propuštěn z nemocnice až v době, kdy aktivita ¹³¹I v jeho těle klesne pod hodnotu 250 MBq, jež způsobuje ve vzdálenosti 1 m od pacienta dávkový příkon přibližně 12 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. (Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny březen 2000)

Ústní a písemné pokyny pacientovi před propuštěním z nemocnice

Pacient v jehož těle je aktivita 100 – 250 MBq ¹³¹I, musí před odchodem domů obdržet pokyny – ústně i písemně – jejichž účelem je co nejvíce snížit ozáření osob v rodině i na veřejnosti.

Po dobu nejméně 10 dnů od příchodu z nemocnice je třeba dodržovat pokyny personálu (příloha č.8).

Pacient je požádán, aby si pokyny přečetl a lékař nebo sestra se zeptá, zdali pokynům rozumí a zda je schopen je dodržovat. Nemá-li lékař pochybnosti, pacient podepíše převzetí pokynů a může být propuštěn. Usoudí-li lékař, že pacient není

schopen pokyny dodržovat nebo že jeho podmínky doma to neumožňují, musí být doba hospitalizace prodloužena. Hospitalizaci je nutné prodloužit u inkontinentních pacientů.

Obdobné písemné pokyny musí obdržet i pacient, kterému byla aplikována ambulantně aktivita vyšší než 100 MBq. U pacientů, kterým byla aplikována aktivita ^{131}I v rozmezí 30 – 150 MBq, postačuje jen ústní poučení. (Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny březen 2000)

1.10.1. Radiační zátěž osob žijících ve společné domácnosti s pacientem propuštěným z nemocnice

Limit pro ozáření osob žijících ve společné domácnosti s pacientem po léčebné aplikaci, tj. 5 mSv u dospělých osob a 1 mSv u osob mladších 18 let, byl stanoven za předpokladu jedné léčebné aplikace u jednoho pacienta během jednoho roku. Pokud by u jednoho pacienta proběhlo během roku více léčebných aplikací radionuklidů, je třeba zohlednit tuto skutečnost při odhadu ozáření osob žijících ve společné domácnosti s pacientem a případně od dalších aplikací upustit nebo prodloužit hospitalizaci.

U dospělých žijících ve společné domácnosti s pacientem léčeným pro hyperthyreózu za předpokladu, že po příchodu domů má v těle aktivitu 250 MBq ^{131}I a dodržuje pokyny, je radiační zátěž téměř na úrovni 1 mSv, tj. jedné pětiny limitu 5 mSv stanoveného vyhláškou pro dospělé osoby žijící s pacientem. U dětí je efektivní dávka v průměru na úrovni přibližně jedné třetiny limitu 1 mSv. (Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny březen 2000)

Efektivní dávka příbuzných žijících s pacientem léčeným pro karcinom ŠŽ za předpokladu, že po propuštění z nemocnice má v těle aktivitu 250 MBq ^{131}I a dodržuje pokyny, je na úrovni přibližně 0,2 mSv, tedy podstatně níže než v případě pacientů léčených pro hyperthyreózu ŠŽ. Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny březen 2000)

1.11. Nepřímé měření retence ¹³¹I

1.11.1. Diagnostické podání radiofarmaka

Pro scintigrafii se ¹³¹I-natrium jodid dnes již běžně nepoužívá (vyšší radiační zátěž v důsledku emise diagnosticky nevyužitelného záření beta, delší fyzikální, a proto i efektivní poločas, vyšší energie fotonů záření gama nevýhodná pro scintilační kamery). Avšak je využíván ve speciálních indikacích (např. pro průkaz retrosternální strumy, ektopické tkáně ŠŽ či scintigrafie po podání léčebné dávky radiojodu k odkrytí uzlinových i vzdálených metastáz diferenciovaných karcinomů ŠŽ a p.). Většinou následuje po provedení tzv. akumulčního testu (viz kapitola 1.8.1.2.).

Efektivní poločas se počítá z hodnot absolutních čistých impulsů naměřených v jednotlivých dnech.

Vyšetření se dnes provádí především v rámci přípravy pro léčbu radiojodem.

1.11.2. Terapeutické podání radiofarmaka

Pacientovi se podá radiofarmakum o dané aktivitě (na základě akumulčního testu). Pacient před podáním nesmí nic přibližně 2 hodiny jíst.

Čtvrtý nebo pátý den po podání léčebné dávky radiojodu se pacient měří na stanoveném pravidelně kontrolovaném měřidle a na základě jednoho či dvou měření retence radiojodu nepřímo z 1 metru od pacienta se rozhoduje o propuštění pacienta do domácí péče.

2. Cíle práce a hypotézy

Cílem mé bakalářské práce na téma Časový průběh retence radiojódů u pacientů po podání léčebné dávky ^{131}I v prvních dnech po terapii je zjistit rychlost vylučování aplikované dávky radiojódů u pacientů s různými onemocněními štítné žlázy ve srovnání s měřením po podání diagnostické dávky.

2.1. Hypotéza

Retence radiojódů u benigních onemocnění štítné žlázy je shodná s průběhem po podání diagnostické dávky.

3. Metodika práce

Nepřímo měřený časový průběh retence radiojódů zevní detekcí dávkového příkonu ^{131}I retinovaného v těle pacienta byl proveden u 16 pacientů z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice za stejných podmínek.

Diagnostické podání ^{131}I bylo provedeno jako tzv. akumulární test. Pacientovi se nalačno podalo radiofarmakum o dané aktivitě. Pacientova ŠŽ se poté měřila pomocí jednou ročně kalibrované jednodetektorové sondy kolimované na ŠŽ v intervalech 2 - 4, 24, 48, 72 hodin.

Na začátku každého měření se nejprve se zjistil fotopík ^{131}I . Poté byl změřen standardní vzorek (z důvodu kontroly přístroje), poté fantom z plexiskla, do kterého byla vložena penicilinka s radionuklidem o stejné aktivitě jako byla aplikována, a pozadí. Pacient byl změřen ve vzdálenosti 25 cm detektor-štítná žláza. Ze zjištěných údajů byla vypočtena akumulace ŠŽ a diagnostický efektivní poločas (dále jen diagnostický poločas).

Každé měření bylo provedeno dvakrát pro eliminaci statistické chyby měření.

U terapeutického podání ^{131}I bylo podáno radiofarmakum o dané aktivitě (na základě akumulárního testu). Pacient před podáním nesměl nic přibližně 2 hodiny jíst. Po 2-4 hodinách byl pacient změřen stanoveným pravidelně kontrolovaným měřidlem (o minimální detekovatelné hodnotě 0,1uSv/h) ze vzdálenosti 1 a 2 m, ve výšce 60 cm, ve stoje, zepředu (AP) a zezadu (PA). Měření bylo opakováno po 24, 48 a 72 hodinách od podání radiofarmaka.

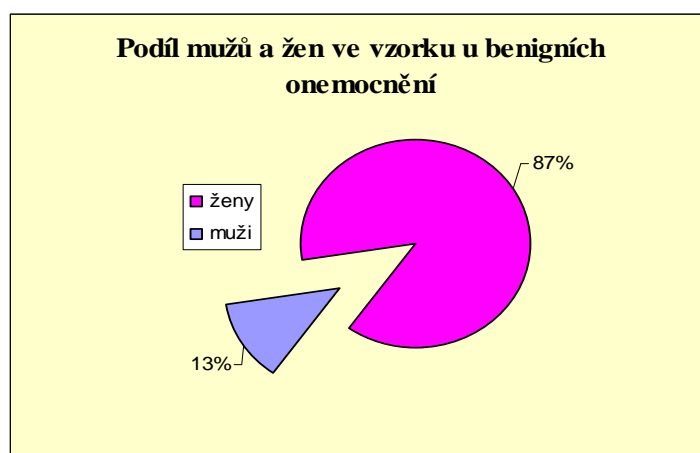
Poté byl počítačově spočten efektivní poločas u terapeutické podání (dále jen terapeutický poločas) a porovnán s diagnostickým poločasem. Z porovnání byl nepřímo posouzen časový průběh retence radiojódů v prvních dnech po podání terapeutické dávky u onemocnění ŠŽ. Výsledky byly zpracovány do grafů a visuelně zhodnoceny s ohledem na propuštění pacienta do domácí péče.

4. Výsledky

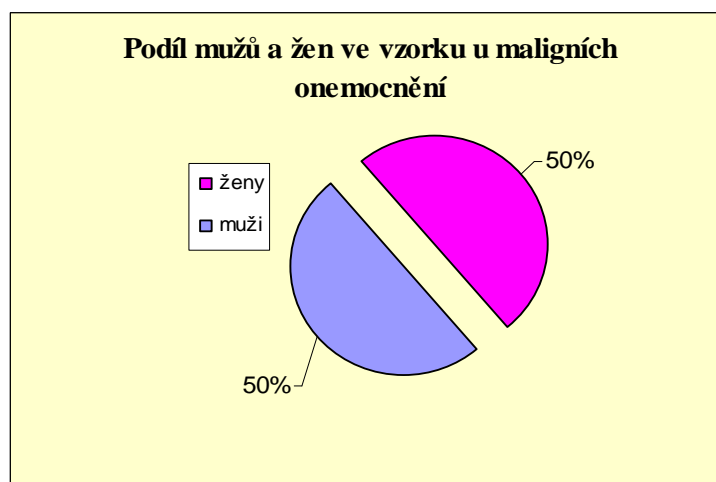
Nepřímo měřený časový průběh retence radiojódů byl proveden zevní detekcí za stejných podmínek u 16 pacientů z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice.

V uvedeném souboru pacientů bylo 8 pacientů s benigním onemocněním, z toho 7 žen a 1 muž (graf 1) a 8 pacientů s maligním onemocněním, z toho 4 muži a 4 ženy (graf 2).

Graf 1: Podíl mužů a žen ve změřeném vzorku s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice

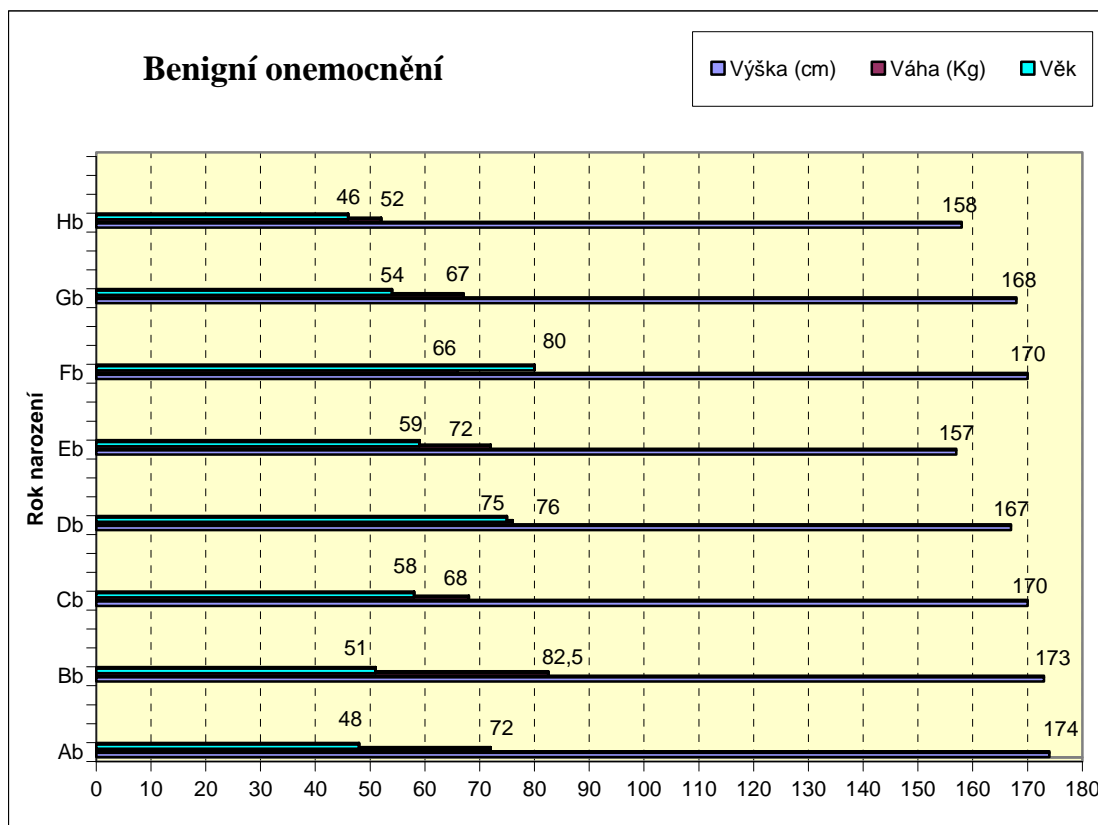


Graf 2: Podíl mužů a žen ve změřeném vzorku s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



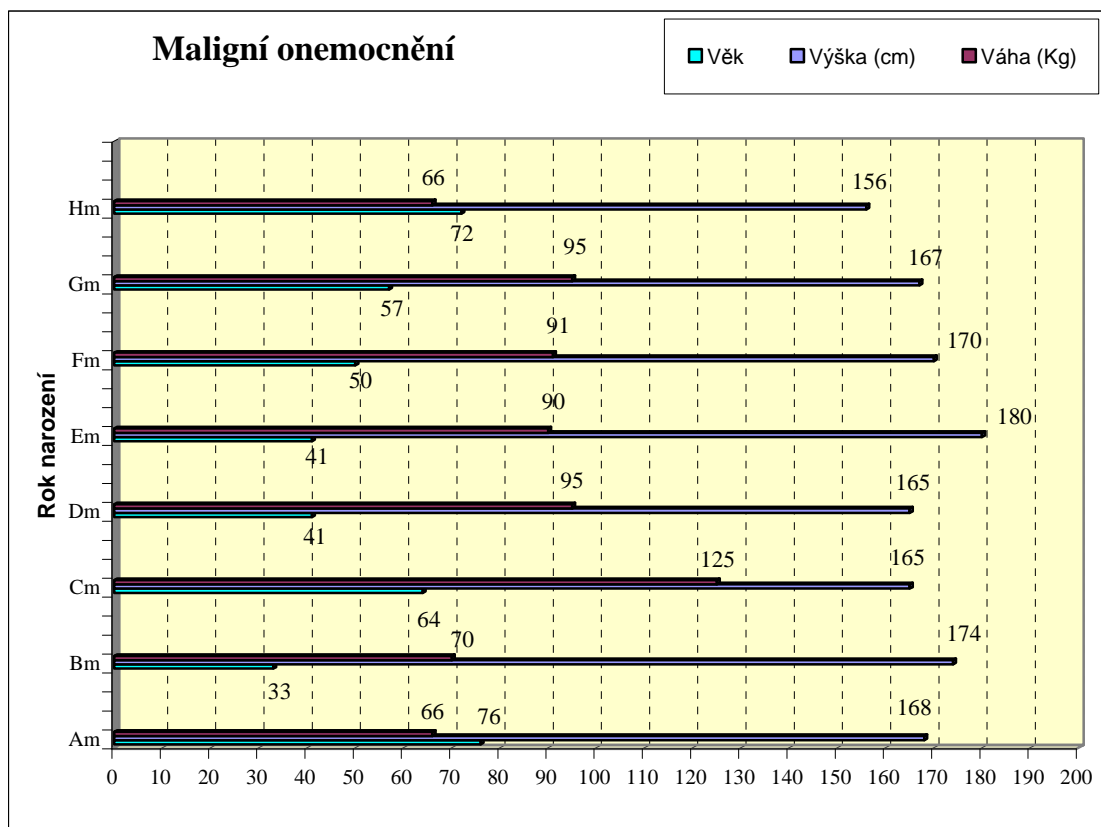
Věkové složení měřených pacientů s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice bylo v rozmezí 46 až 80 let různé váhy a výšky (graf 3).

Graf 3: Měřený soubor s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice z hlediska věku, váhy a výšky



Věkové složení měřených pacientů s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice bylo v rozmezí 33 až 76 let různé výšky a váhy (graf 4).

Graf 4: Měřený soubor s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice z hlediska věku, váhy a výšky



4.1. Nepřímo měřený časový průběh retence radiojódů po podání diagnostické dávky

U souboru pacientů s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice byl proveden tzv. akumulční test a počítačově byl vypočtena akumulace za 24 hodin a diagnostický poločas.

4.1.1. U benigních onemocněním ŠŽ

U souboru osmi pacientů s benigním onemocněním ŠŽ se aplikovaná diagnostická aktivita pohybovala mezi 3,2 MBq až 5,6 MBq. Zjištěná akumulace za 24h (%) byla v rozmezí 24,5 – 65,3 % a diagnostický poločas se u tohoto souboru pohyboval mezi 5,53d – 8,93d (tabulka 1).

Tabulka 1: Akumulační test souboru pacientů z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice s benigním onemocněním ŠŽ

Kód	Akumulace za 24h (%)	Diagnostický poločas (d)	Aplikovaná aktivita (MBq)
A _b	65,3	7,07	5,6
B _b	31	5,93	3,2
C _b	42,1	6,21	3,2
D _b	26,1	7,91	4,8
E _b	64,2	7,74	5,2
F _b	46,5	8,93	5,2
G _b	24,5	5,53	4,8
H _b	74	6,02	3,2

*muži

*ženy

4.1.2. U maligních onemocnění ŠŽ

U souboru osmi pacientů s maligním onemocněním ŠŽ se aplikovaná diagnostická aktivita pohybovala mezi 10,4 MBq až 296 MBq. Zjištěná akumulace za 24h (%) byla v rozmezí 0,8 – 3,3 % a diagnostický poločas se u tohoto souboru pohyboval mezi 0,59d – 3,9d (tabulka 2).

Tabulka 2: Akumulační test souboru pacientů z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice s maligním onemocněním ŠŽ

Kód	Akumulace za 24h (%)	Diagnostický poločas (d)	Aplikovaná aktivita (MBq)
A _m	1,1	0,77	11,6
B _m	1,1	0,61	296
C _m	1,1	0,61	296
D _m	1,1	0,77	76
E _m	1,1	0,89	10,4
F _m	1,1	0,77	11,6
G _m	3,3	3,9	76
H _m	0,8	0,59	76

*muži

*ženy

4.2. Nepřímo měřený časový průběh retence radiojódů po podání terapeutické dávky

Po 2-4 hodinách po aplikaci byl pacient změřen stanoveným pravidelně kontrolovaným měřidlem ze vzdálenosti 1 a 2 m, ve výšce 60 cm, ve stoje, zepředu (AP) a zezadu (PA). Měření bylo opakováno po 24, 48 a 72 hodinách od podání radiofarmaka. Z výsledků byl počítačově vypočten terapeutický poločas.

4.2.1. U benigních onemocnění ŠŽ

U souboru osmi pacientů s benigním onemocněním ŠŽ se aplikovaná terapeutická aktivita pohybovala mezi 260 MBq až 1710 MBq (tabulka 3).

Tabulka 3: Nepřímo naměřený časový průběh retence radiojódů souboru pacientů lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice s benigním onemocněním ŠŽ po podání terapeutické dávky ^{131}I

Kód	Výška	Váha	Pohlaví	Podaná aktivita (MBq)	Dávkový příkon ($\mu\text{Sv/h}$)				Věk		
					1. den	2. den	3. den	4. den			
A _b	174	72	F	260	1m	AP	10,50	8,00	6,50	4,60	48
						PA	9,50	4,00	3,00	2,40	
					2m	AP	4,00	3,00	3,00	2,00	
						PA	3,00	2,00	1,50	1,00	
B _b	173	82,5	F	865	1m	AP	30,00	13,00	11,50	9,50	51
						PA	29,00	9,20	6,50	6,50	
					2m	AP	11,00	5,50	5,00	4,75	
						PA	11,00	3,50	3,40	3,00	
C _b	170	68	F	870	1m	AP	31,00	10,00	5,50	5,20	58
						PA	29,00	6,50	3,50	3,20	
					2m	AP	10,00	4,00	2,75	2,00	
						PA	10,00	3,00	2,00	1,50	
D _b	167	76	M	640	1m	AP	25,00	15,00	6,50	4,50	75
						PA	23,00	12,00	4,00	3,20	
					2m	AP	9,00	5,00	2,50	2,50	
						PA	8,00	4,50	1,50	1,50	
E _b	157	72	F	444	1m	AP	14,00	10,00	8,50	7,50	59
						PA	13,00	7,00	5,00	4,50	
					2m	AP	6,50	5,00	4,00	3,50	
						PA	6,00	3,00	2,00	2,00	
F _b	170	66	F	1710	1m	AP	50,00	30,00	25,00	22,00	80
						PA	45,00	20,00	10,00	9,50	

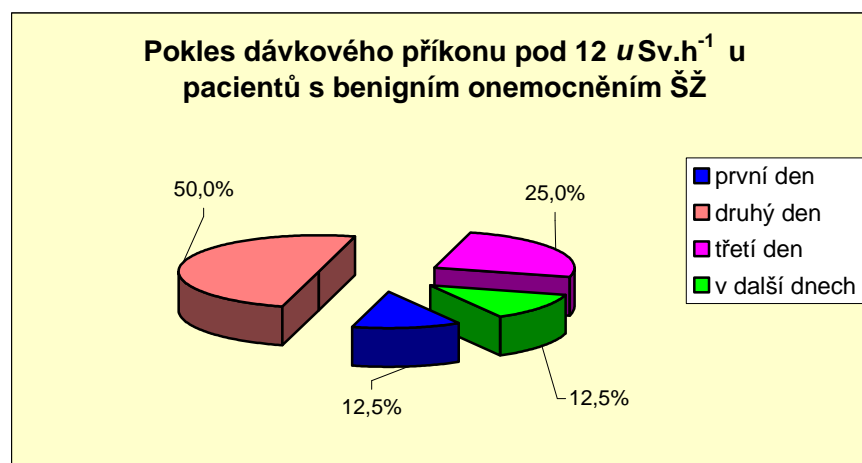
					2m	AP	25,00	12,00	10,00	7,50	
						PA	18,00	8,00	5,50	5,00	
G_b	168	67	F	435	1m	AP	14,00	7,00	5,00	4,00	54
						PA	11,00	4,00	2,50	2,50	
					2m	AP	6,00	2,50	2,00	2,00	
						PA	5,00	2,00	1,00	1,00	
H_b	158	52	F	340	1m	AP	13,00	9,00	8,50	8,50	46
						PA	11,00	5,00	5,00	5,00	
					2m	AP	5,00	4,00	3,50	3,50	
						PA	4,50	2,50	2,00	2,00	

*muži

*ženy

První den po aplikaci terapeutické dávky poklesl dávkový příkon pod $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ve vzdálenosti 1 metru od pacienta ve stoje AP, ve výšce 60 cm u jednoho pacienta (12,5 %). Druhý den došlo poklesu u čtyř pacientů (50 %). Třetí den u dvou pacientů (25 %) a u jednoho pacienta (12,5 %) došlo k poklesu pod $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ až devátý den po podání terapeutické dávky (graf 5).

Graf 5: Pokles dávkového příkonu pod $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ve vybraném souboru pacientů lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice s benigním onemocněním ŠŽ po podání terapeutické dávky



Dle provedeného měření lze obecně říci (tabulka 3), že dosažení úrovně rovné nebo nižší než $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ u terapie benigních onemocněním ŠŽ je závislé na podané aktivitě. U vysokých aktivit (1000-2000MBq) je pokles pod hranici $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ devátý

až desátý den po podání terapeutické dávky, u středních aktivit (500-1000 MBq) je této hranice dosaženo druhý, ale spíše až třetí den po podání terapeutické dávky. U nízkých aktivit (do 500 MBq) je tato hranice dosažena již první den po podání nejdéle do druhého dne po podání terapeutické dávky.

Porovnání s diagnostickým podáním u benigních onemocnění

Terapeutický poločas po terapeutickém podání radiojódu byl vypočítán pomocí programu Microsoft Excel (tabulka 4).

Tabulka 4: Vypočtený terapeutický poločas u jednotlivých pacientů s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení Nemocnice České Budějovice z naměřených dávkových příkonů v jednotlivých dnech po aplikaci terapeutické dávky

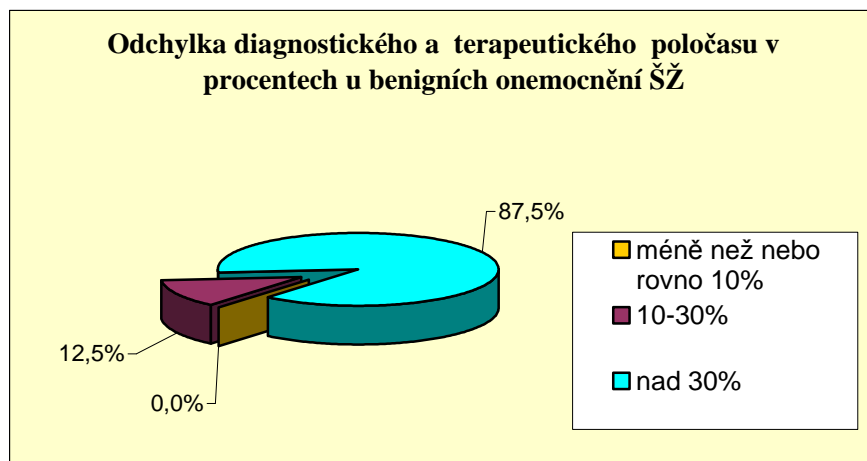
Kód	Terapeutický poločas (d)	Diagnostický poločas (d)	Aplikovaná aktivita (MBq)
A _b	17,19	7,07	260
B _b	4,37	5,93	865
C _b	3,72	6,21	870
D _b	4,65	7,91	640
E _b	10,11	7,74	444
F _b	2,32	8,93	1710
G _b	8,20	5,53	435
H _b	16,54	6,02	340

*muži

*ženy

Po srovnání s diagnostickým poločasem bylo zjištěno, že rozdíl mezi diagnostickým a terapeutickým poločasem je větší než mnou stanovená odchylka 10% diagnostického poločasu (graf 6). U aktivit od 640 do 1710 MBq je terapeutický poločas vzhledem k diagnostickému kratší, k vyrovnání poločasů dochází přibližně dle provedeného měření a výpočtů kolem 500 MBq. Přibližně od 260 MBq do 500 MBq je terapeutický poločas delší než diagnostický poločas.

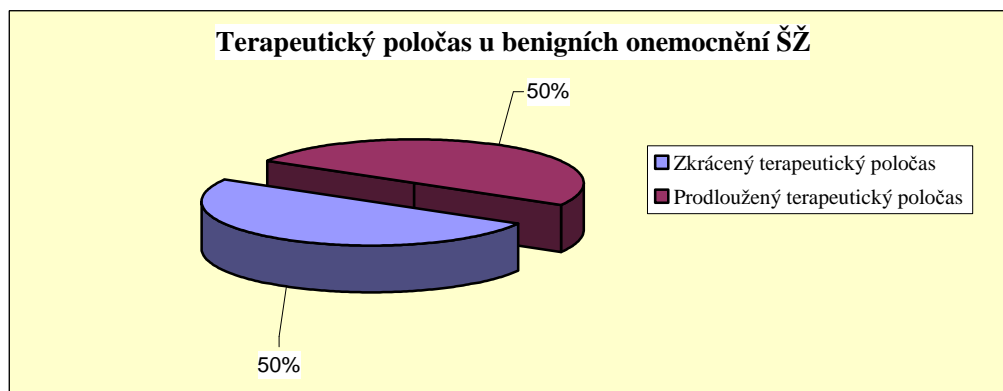
Graf 6: Odchylka diagnostického a terapeutického poločasu v procentech u pacientů s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



To znamená, že ve čtyřech případech došlo k prodloužení terapeutického poločasu (50%) a to u pacientů s nízkou podanou aktivitou. U středních a vysokých aktivit došlo ke zkrácení efektivního poločasu, tedy ve čtyřech případech (50%) (graf 7).

Vzhledem k tomuto lze říci, že efektivní poločas u benigních onemocnění ŠŽ je závislý na podané aktivitě a tím i nepřímě měřená retence radiojódů.

Graf 7: Terapeutický poločas u pacientů s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice v porovnání s diagnostickým poločasem v procentech

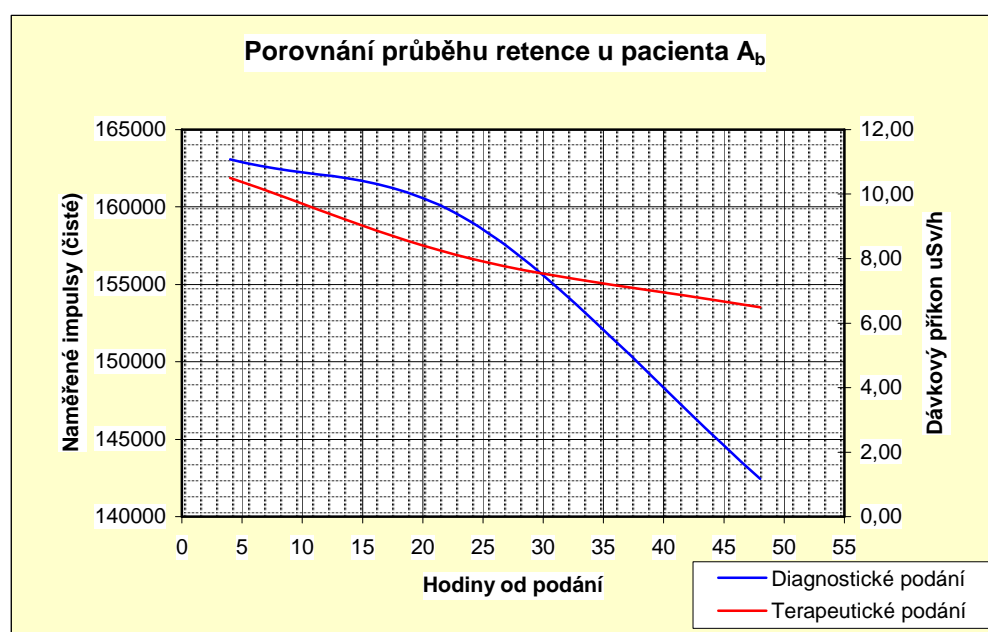


Grafické porovnání nepřímého měření časového průběhu retence po podání diagnostické a terapeutické aktivity z hodnot $1m AP$ u jednotlivých pacientů s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení Nemocnice České Budějovice

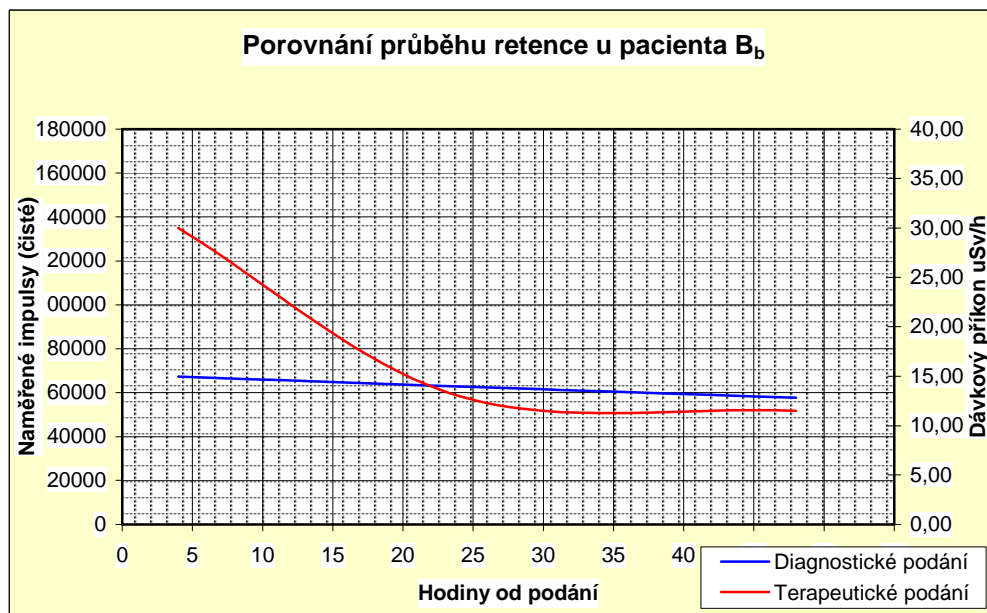
Porovnáním jednotlivých grafů (Grafy 8-15) je zjištěno, že nepřímo měřený časový průběh retence radiojódů u benigních onemocnění štítné žlázy není dle provedeného měření shodný s průběhem po podání diagnostické dávky.

Ve čtyřech případech byl rychlejší pokles u diagnostického podání oproti terapeutickému podání (tj. 50%) (graf 8, 12, 14, 15). U 50% z měřeného souboru pacientů lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice s benigním onemocněním ŠŽ byl pokles po diagnostickém podání pomalejší než u terapeutického podání (graf 9, 10, 11, 13).

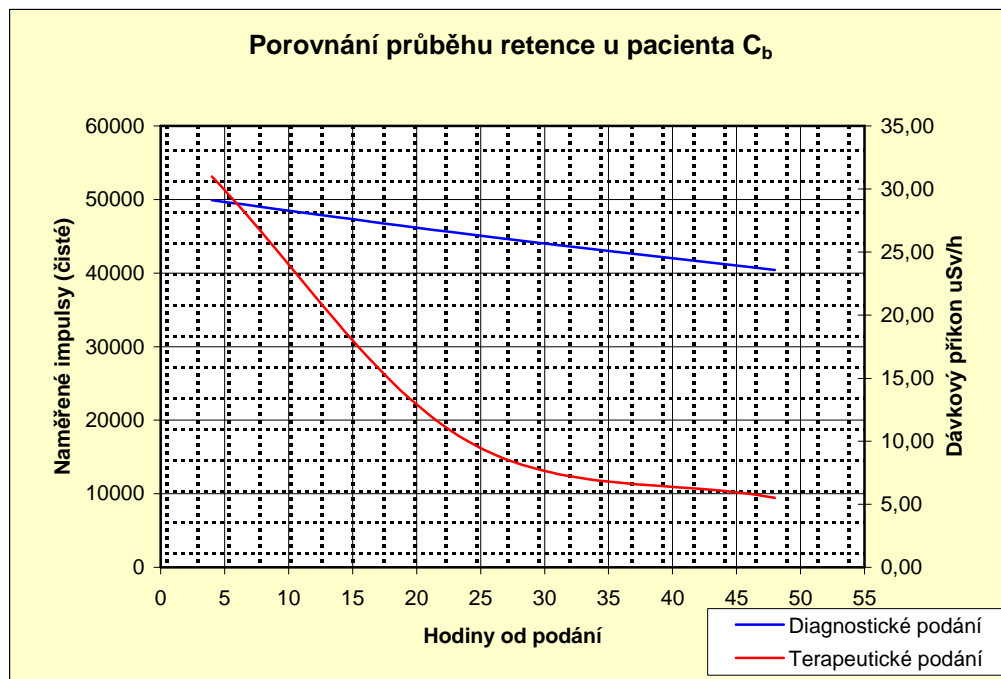
Graf 8: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta A_b s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



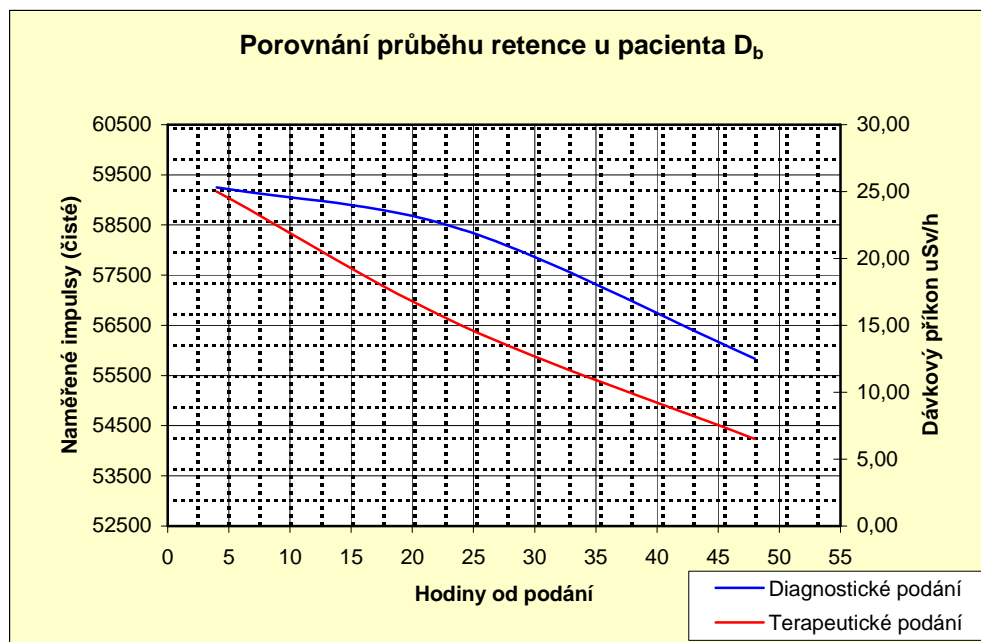
Graf 9: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojodu u pacienta B_b s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



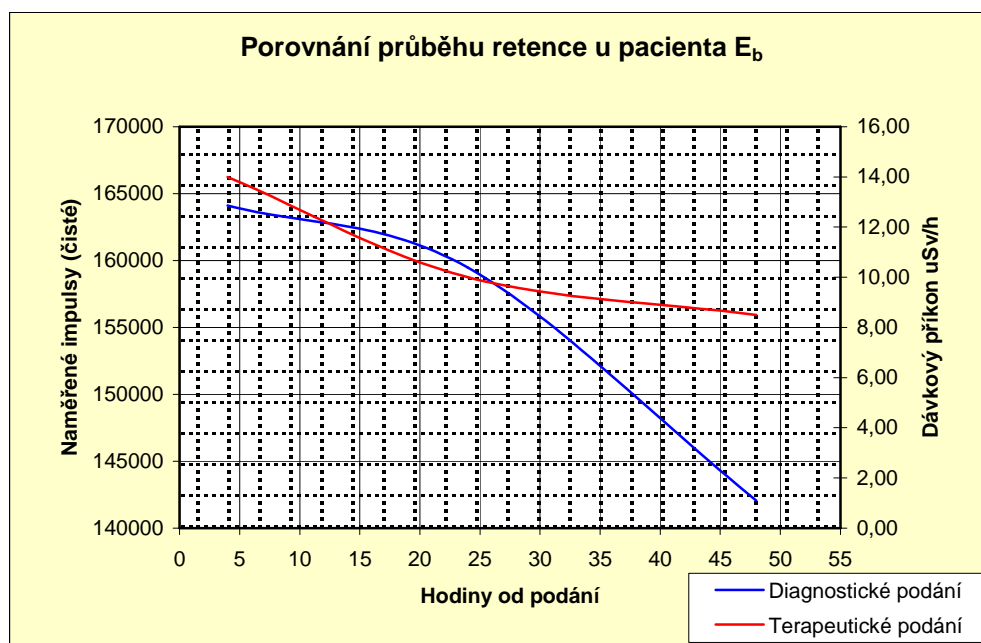
Graf 10: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojodu u pacienta C_b s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



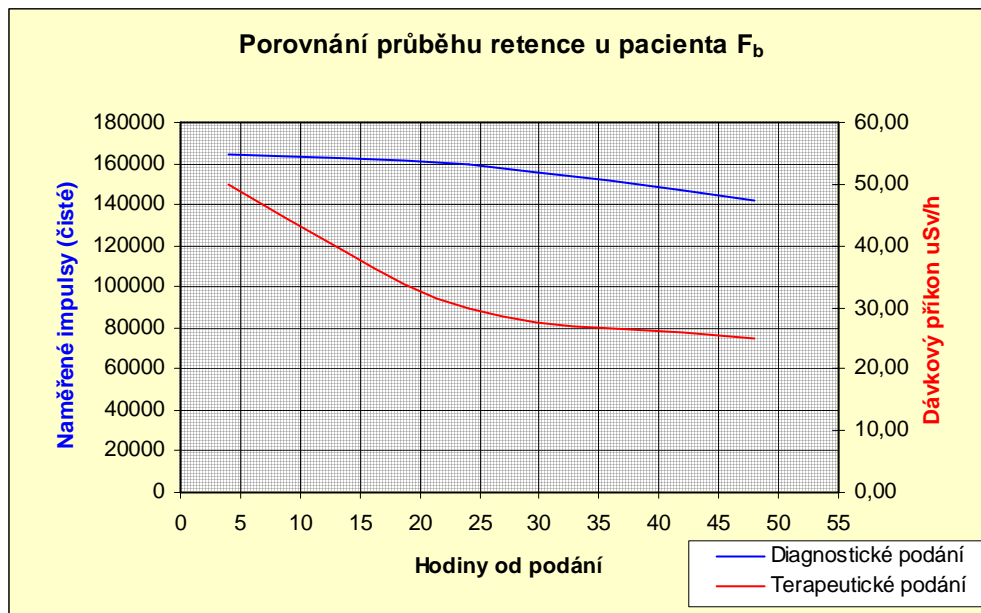
Graf 11: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta D_b s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



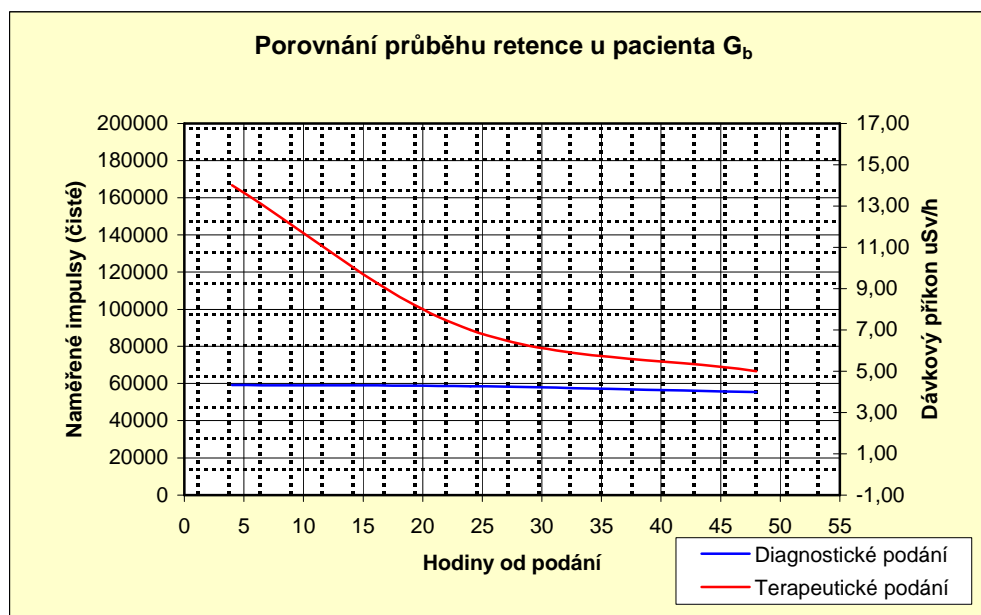
Graf 12: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta E_b s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



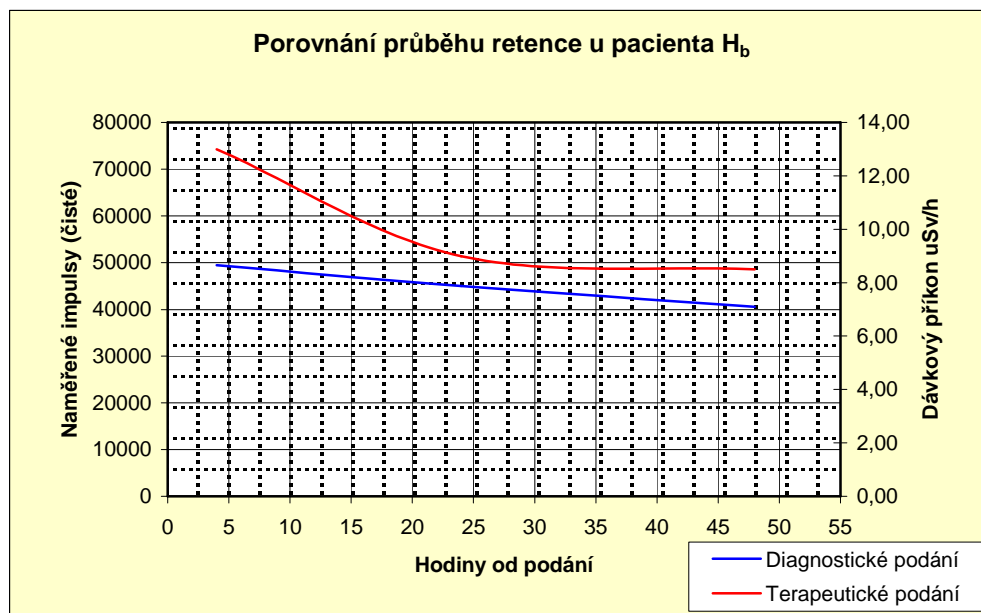
Graf 13: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta F_b s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



Graf 14: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta G_b s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



Graf 15: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta H_b s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



4.2.2. U maligních onemocnění ŠŽ

U souboru osmi pacientů s maligním onemocněním ŠŽ se aplikovaná terapeutická aktivita pohybovala mezi 2638 MBq až 6520 MBq (tabulka 5).

Tabulka 5: Nepřímo naměřený časový průběh retence radiojódů souboru pacientů lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice s maligním onemocněním ŠŽ po podání terapeutické dávky ¹³¹I

Kód	Výška	Váha	Pohlaví	Podaná aktivita (MBq)	Dávkový příkon (uSv/h)				Věk		
					1. den	2. den	3. den	4. den			
A _m	168	66	F	3430	1m	AP	100,00	38,00	12,00	11,00	76
						PA	93,00	26,00	10,00	8,00	
					2m	AP	40,00	11,00	6,00	4,00	
						PA	38,00	10,00	4,00	3,50	
B _m	174	70	M	6480	1m	AP	170,00	85,00	23,00	7,00	33
						PA	110,00	80,00	19,00	6,50	
					2m	AP	55,00	35,00	8,50	2,00	
						PA	50,00	25,00	6,00	1,50	

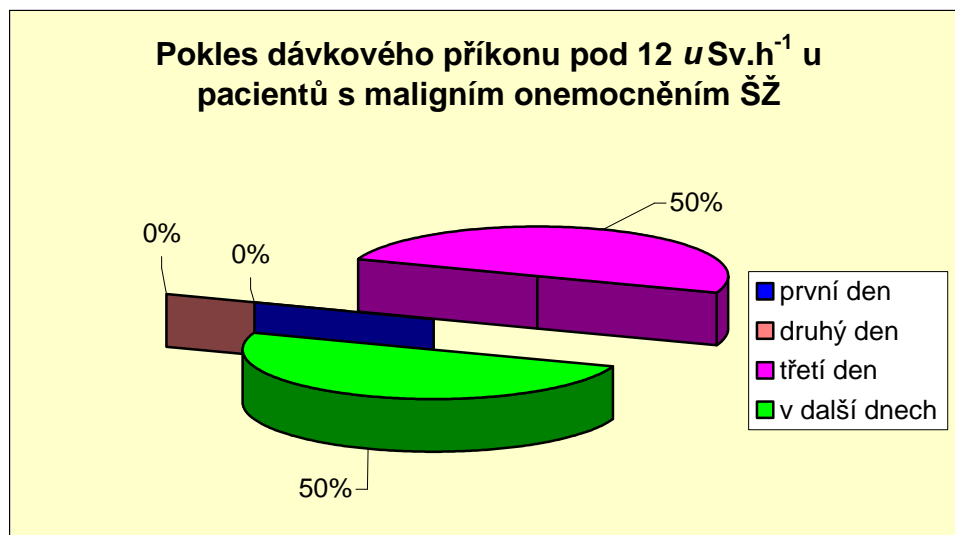
C_m	165	125	M	6500	1m	AP	170,00	56,00	13,00	3,20	64
						PA	170,00	50,00	10,00	3,00	
					2m	AP	60,00	19,00	4,50	1,50	
						PA	60,00	17,00	4,00	1,00	
D_m	165	95	F	4370	1m	AP	150,00	38,00	12,00	4,60	41
						PA	105,00	34,00	11,00	4,40	
					2m	AP	56,00	15,00	4,80	1,75	
						PA	42,00	13,00	4,40	1,50	
E_m	180	90	M	3700	1m	AP	130,00	32,00	8,50	2,75	41
						PA	90,00	28,00	5,75	2,00	
					2m	AP	50,00	12,00	3,00	1,00	
						PA	30,00	10,00	2,50	0,80	
F_m	170	91	F	2638	1m	AP	80,00	15,00	4,00	1,50	50
						PA	65,00	13,00	3,50	1,10	
					2m	AP	29,00	6,00	1,50	0,80	
						PA	27,00	5,50	1,00	0,70	
G_m	167	95	M	6430	1m	AP	170,00	90,00	25,00	10,00	57
						PA	110,00	85,00	22,00	9,00	
					2m	AP	60,00	30,00	10,00	4,00	
						PA	50,00	25,00	8,00	3,00	
H_m	156	66	F	6520	1m	AP	275,00	55,00	14,00	7,50	72
						PA	190,00	45,00	10,00	6,00	
					2m	AP	75,00	18,00	5,00	2,50	
						PA	65,00	15,00	4,50	1,50	

*muži

*ženy

První ani druhý den po aplikaci terapeutické dávky nepoklesl dávkový příkon pod $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ve vzdálenosti 1 metru od pacienta ve stoje AP, ve výšce 60 cm u žádného pacienta (0%). Třetí den u čtyřech pacientů (50 %) a u čtyřech pacientů (50 %) došlo k poklesu pod $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ čtvrtý den po podání terapeutické dávky (graf 16).

Graf 16: Pokles dávkového příkonu pod $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ve vybraném souboru pacientů lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice s maligním onemocněním ŠŽ po podání terapeutické dávky



Dle provedeného měření (tabulka 5) lze obecně říci, že dosažení úrovně rovné nebo nižší než $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ u terapie maligních onemocněním ŠŽ je závislé na podané aktivitě. U vysokých aktivit ($5000\text{--}8000\text{MBq}$) je pokles pod hranici $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ čtvrtý až pátý den po podání terapeutické dávky. U nízkých aktivit ($2000\text{--}5000 \text{MBq}$) je tato hranice dosažena již třetí den po podání terapeutické dávky.

Porovnání s diagnostickým podáním u maligních onemocnění

Terapeutický poločas po terapeutickém podání radiojódů byl vypočítán pomocí programu Microsoft Excel (tabulka 6).

Tabulka 6: Terapeutický poločas u jednotlivých pacientů s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení Nemocnice České Budějovice z naměřených dávkových příkonů v jednotlivých dnech po aplikaci terapeutické dávky

Kód	Terapeutický poločas (d)	Diagnostický poločas (d)	Aplikovaná aktivita (MBq)
A_m	0,92	0,77	3430
B_m	0,45	0,61	6480
C_m	0,53	0,61	6500
D_m	0,69	0,77	4370
E_m	0,85	0,89	3700
F_m	1,07	0,77	2638

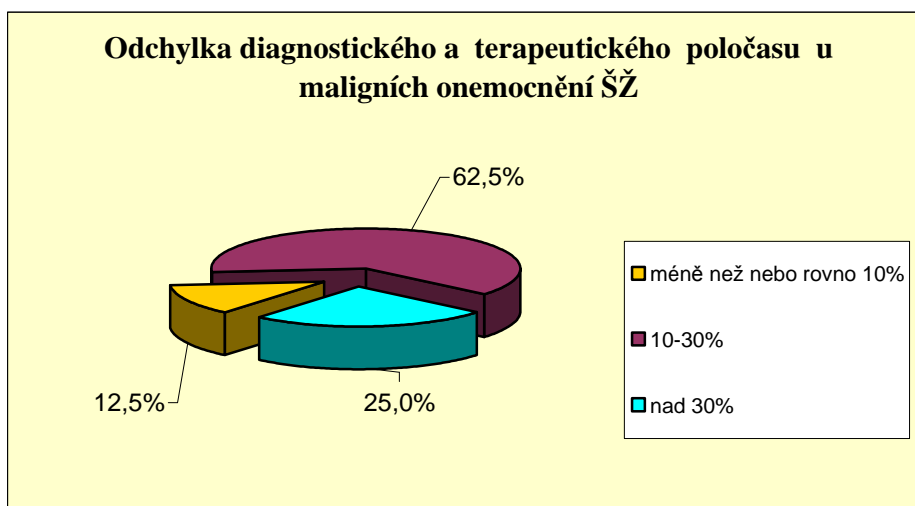
G_m	0,65	3,9	6430
H_m	0,45	0,59	6520

*muži

*ženy

Po srovnání s diagnostickým poločasem bylo zjištěno, že rozdíl mezi diagnostickým a terapeutickým poločasem (až na jednu výjimku) je větší než mnou stanovená odchylka 10% diagnostického poločasu (graf 17). U aktivit od 2638 MBq do 3600 MBq se je terapeutický poločas vzhledem k diagnostickému delší, k vyrovnání poločasů dochází přibližně dle provedeného měření a výpočtů na 3600 MBq. Přibližně od 3600 MBq do 6500 je terapeutický poločas kratší než diagnostický poločas.

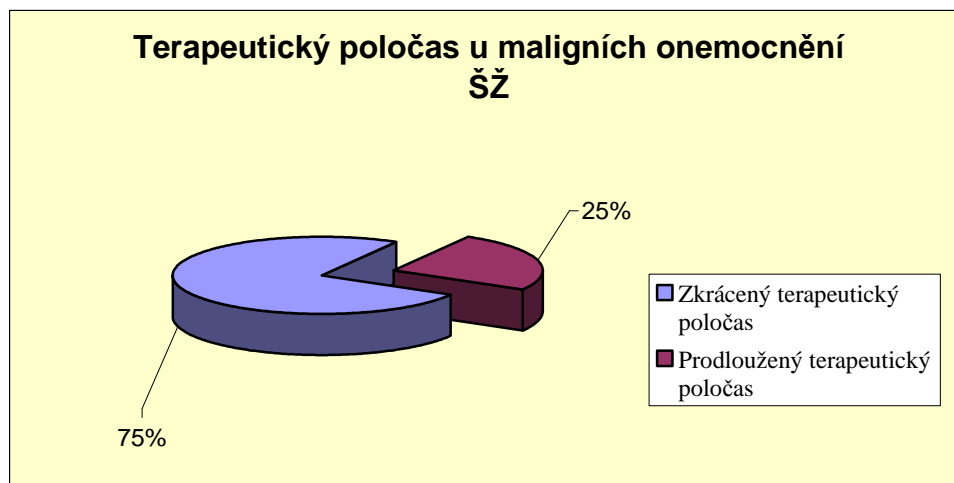
Graf 17: Odchylka diagnostického a terapeutického poločasu v procentech u pacientů s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



To znamená, že ve dvou případech došlo k prodloužení terapeutického poločasu (25%) a to nízkých podaných aktivit. U vysokých aktivit došlo ke zkrácení terapeutického poločasu, tedy u šesti případů (75%) (graf 18).

Vzhledem k tomu lze říci, že efektivní poločas je závislý na podané aktivitě a tím i nepřímo měřená retence radiojodu.

Graf 18: Terapeutický poločas u pacientů maligním onemocnění ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice v porovnání s diagnostickým poločasem v procentech

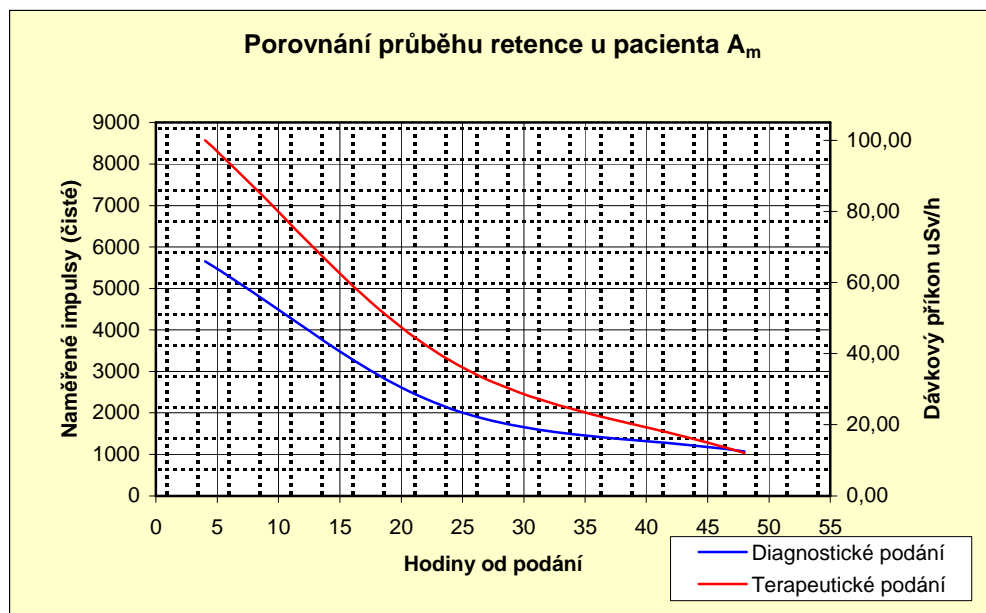


Grafické porovnání nepřímého měření časového průběhu retence po podání diagnostické a terapeutické aktivity z hodnot 1m AP u jednotlivých pacientů s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení Nemocnice České Budějovice

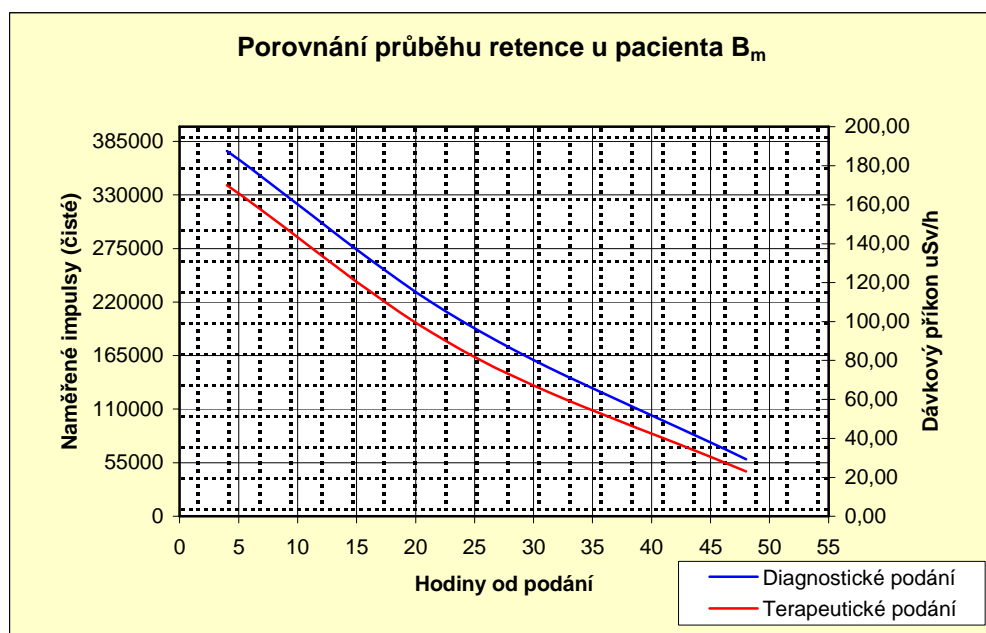
Po porovnání jednotlivých grafů (Grafy 19-26) lze říci, že nepřímě měřený časový průběh retence radiojódů u maligních onemocnění štítné žlázy není dle provedeného měření shodný s průběhem po podání diagnostické dávky.

Ve dvou případech byl rychlejší pokles u diagnostického podání oproti terapeutickému podání (tj. 25%) (graf 19, 24). U šesti pacientů (tj. 75%) z měřeného souboru pacientů lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice s maligním onemocněním ŠŽ byl pokles po diagnostickém podání pomalejší než u terapeutického podání (graf 20, 21, 22, 23, 25, 26).

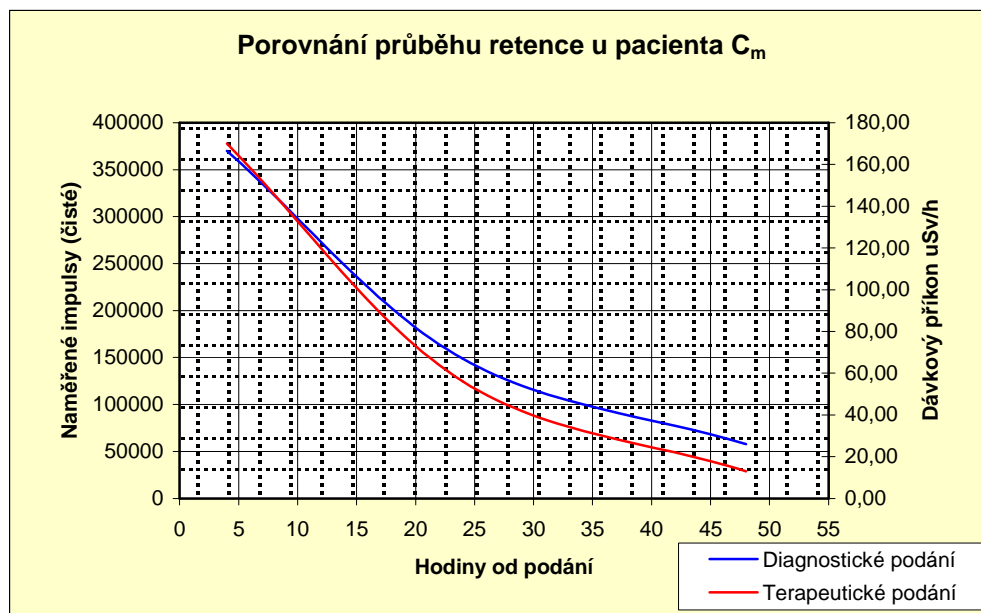
Graf 19: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta A_m s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



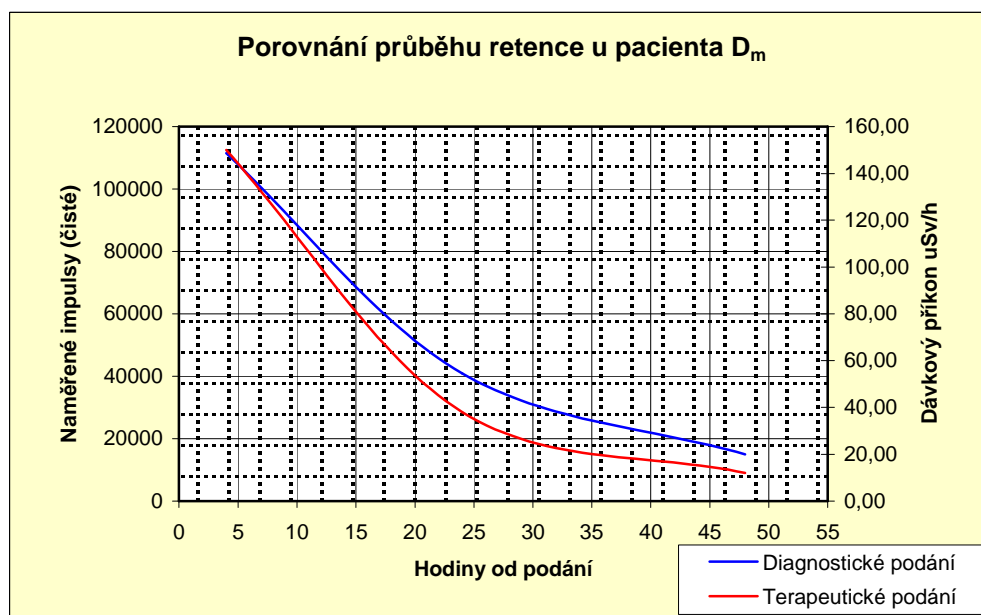
Graf 20: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta B_m s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



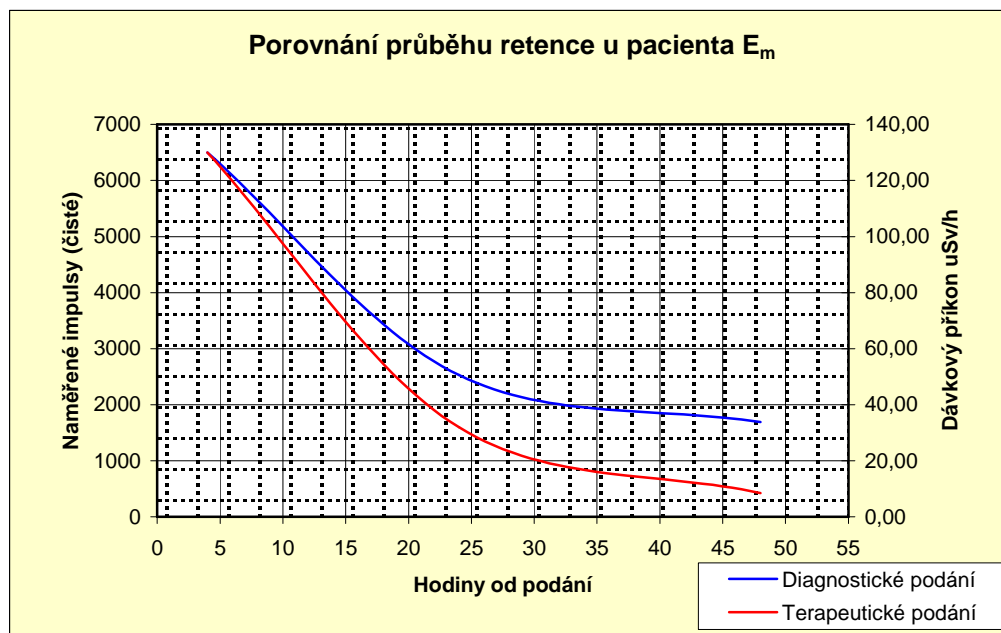
Graf 21: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta C_m s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



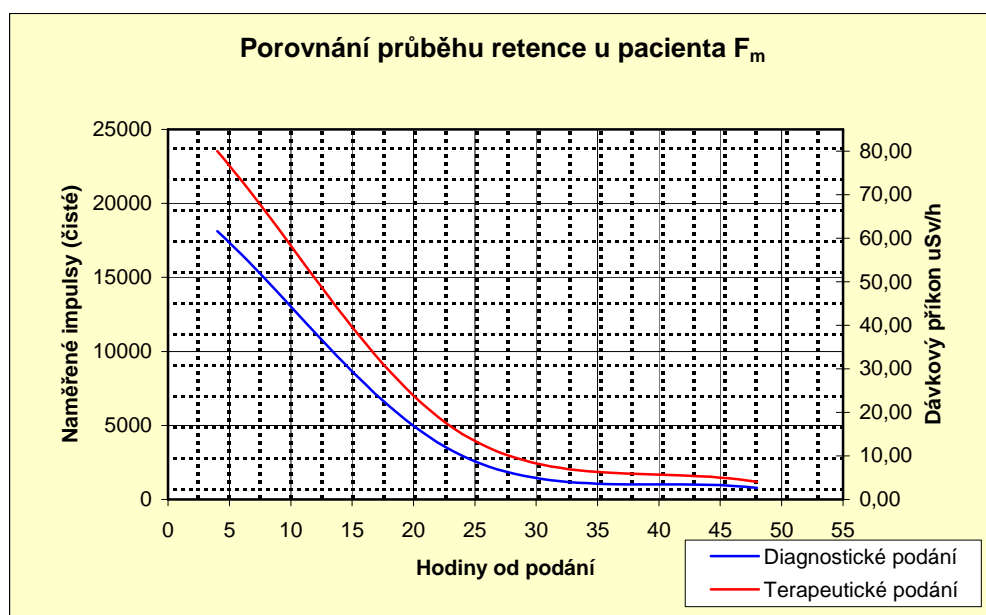
Graf 22: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta D_m s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



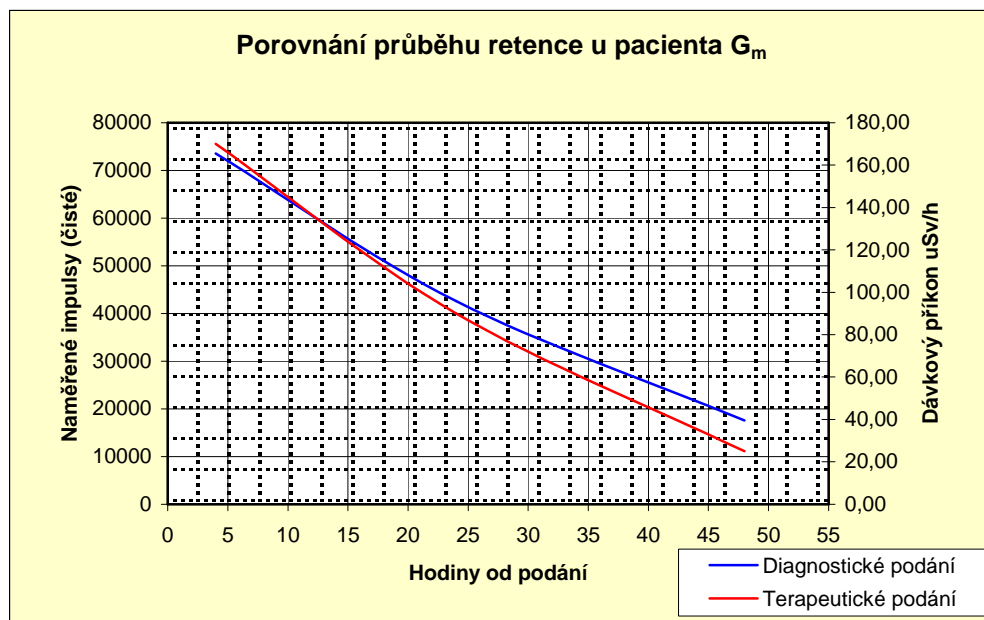
Graf 23: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta E_m s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



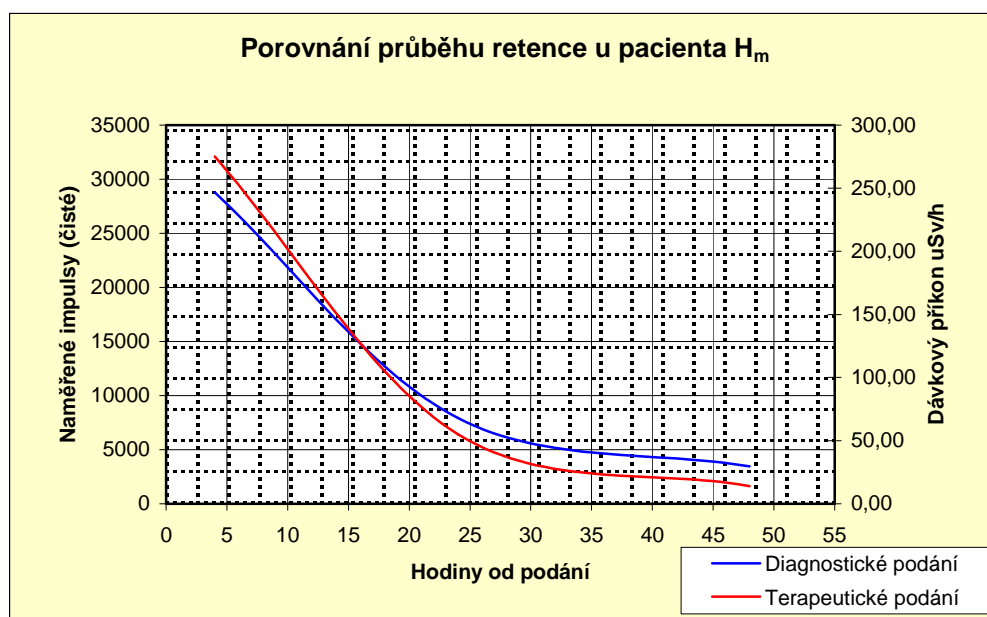
Graf 24: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta F_m s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



Graf 25: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta G_m s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



Graf 26: Porovnání průběhu retence po diagnostickém a terapeutickém podání radiojódů u pacienta H_m s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice



4.3. Odhad radiační zátěže personálu

Dle provedeného měření lze za předpokladu, že jeden člen ošetřujícího personálu stráví za jednu dvanáctihodinovou službu jednu hodinu v blízkosti naaplikovaného pacienta (nejblíže na jeden metr), odhadnout radiační zátěž ve vztahu k terapeutickému podání ^{131}I jednoho člena ošetřovatelského týmu na maximálně 6,013 mSv/rok minimálně však 1,543 m Sv/rok.

Výpočet byl proveden aritmetickým průměrem maximálních a minimálních hodnot dávkového příkonu u jednotlivých onemocnění a vztažen na dobu jednoho roku.

4.4. Předpokládané propuštění pacienta do domácí péče vzhledem nepřímému měřenému časovému průběhu retence u terapeutického podání radiojódů

Dle provedeného měření lze obecně říci, že dosažení úrovně rovné nebo nižší než $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ nutné k propuštění pacienta do domácí péče u terapie benigních onemocnění ŠŽ je závislé na podané aktivitě. U vysokých aktivit (1000-2000MBq) je pokles pod hranici $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ devátý až desátý den po podání terapeutické dávky, u středních aktivit (500-1000 MBq) je této hranice dosaženo druhý, ale spíše až třetí den po podání terapeutické dávky. U nízkých aktivit (do 500 MBq) je tato hranice dosažena již první den po podání nejdéle do druhého dne po podání terapeutické dávky.

U terapie maligních onemocnění ŠŽ je u vysokých aktivit (5000-8000MBq) pokles pod hranici $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ čtvrtý až pátý den po podání terapeutické dávky. U nízkých aktivit (2000-5000 MBq) je tato hranice dosažena již třetí den po podání terapeutické dávky.

Vyplývá z toho tedy, že pacienti s benigním onemocněním by mohli být propuštěni do domácí péče již druhý den po aplikaci terapeutické dávky (u nízkých aplikovaných aktivit) nejpozději do deseti dnů po aplikaci terapeutické dávky (vysoké aktivity). U pacientů s maligním onemocněním by k propuštění mohlo dojít již třetí až čtvrtý(nízké aktivity) den po aplikaci terapeutické dávky nejpozději však pátý den po aplikaci terapeutické dávky(vysoké aktivity).

5. Diskuse

Měření retence radiojódů v prvních dnech po terapii bylo provedeno nepřímo zevní detekcí za stejných podmínek u 16 pacientů z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice.

V uvedeném souboru pacientů bylo 8 pacientů s benigním onemocněním, z toho 7 žen a 1 muž a 8 pacientů s maligním onemocněním, z toho 4 muži a 4 ženy.

Věkové složení měřených pacientů s benigním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice bylo v rozmezí 46 až 80 let různé váhy a výšky. Věkové složení měřených pacientů s maligním onemocněním ŠŽ z lůžkového oddělení nukleární medicíny Nemocnice České Budějovice bylo v rozmezí 33 až 76 let různé výšky a váhy.

U souboru osmi pacientů s benigním onemocněním ŠŽ se aplikovaná diagnostická aktivita pohybovala mezi 3,2 MBq až 5,6 MBq. Zjištěný diagnostický poločas se u tohoto souboru pohyboval mezi 5,53d – 8,93d. Aplikovaná terapeutická aktivita se pohybovala mezi 260 MBq až 1710 MBq a terapeutický poločas u tohoto souboru byl mezi 2,32 -17,19d.

Po srovnání terapeutického poločasu s diagnostickým poločasem u benigních onemocnění ŠŽ bylo zjištěno, že rozdíl mezi diagnostickým a terapeutickým poločasem je větší než mnou stanovená odchylka 10% diagnostického poločasu. U aktivit od 640 do 1710 MBq se je terapeutický poločas vzhledem k diagnostickému kratší, k vyrovnání poločasů dochází přibližně dle provedeného měření a výpočtů na 500 MBq. Přibližně od 260 MBq do 500 MBq je terapeutický poločas delší než diagnostický poločas. Vzhledem k tomuto lze říci, že terapeutický poločas u benigních onemocnění ŠŽ je závislý na podané aktivitě a tím i nepřímo měřená retence radiojódů.

U souboru osmi pacientů s maligním onemocněním ŠŽ se aplikovaná diagnostická aktivita pohybovala mezi 10,4 MBq až 296 MBq. Zjištěný diagnostický poločas se u tohoto souboru pohyboval mezi 0,59d – 3,9d. Aplikovaná terapeutická aktivita se pohybovala mezi 2638 MBq až 6520 MBq a terapeutický poločas u tohoto souboru byl mezi 0,45-1,07d.

Po srovnání terapeutického s diagnostickým poločasem u maligních onemocnění ŠŽ jsem zjistila, že rozdíl mezi diagnostickým a terapeutickým poločasem (až na jednu výjimku) je větší než mnou stanovená odchylka 10% diagnostického poločasu. U aktivit od 2638 MBq do 3600 MBq se je terapeutický poločas vzhledem k diagnostickému delší, k vyrovnání poločasů dochází přibližně dle provedeného měření a výpočtů na 3600 MBq. Přibližně od 3600 MBq do 6500 je terapeutický poločas kratší než diagnostický poločas. Vzhledem k tomuto lze říci, že terapeutický poločas u maligních onemocnění ŠŽ je závislý na podané aktivitě a tím i nepřímo měřená retence radiojodu..

Z měření vyplývá, že pacienti s benigním onemocněním by mohli být propuštěni do domácí péče již druhý den po aplikaci terapeutické dávky (u nízkých aplikovaných dávek) nejpozději do deseti dnů po aplikaci terapeutické dávky (vysoké dávky). U pacientů s maligním onemocněním by k propuštění mohlo dojít již třetí až čtvrtý (nízké aktivity) den po aplikaci terapeutické dávky nejpozději však pátý den po aplikaci terapeutické dávky (vysoké aktivity). Ve srovnání s Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojodem na pracovištích nukleární medicíny z března 2000, kde je uvedeno možné propuštění od třech do pěti dnů od podání terapeutické dávky, je tato doba u benigních onemocnění ŠŽ s vysokými dávkami delší než doporučené minimum třech až pěti dnů hospitalizace. U maligních onemocnění ŠŽ je doba propuštění shodná.

6. Závěr

Stanovená hypotéza, že retence radiojódů u benigních onemocnění štítné žlázy je shodná s průběhem po podání diagnostické dávky po vyhodnocení všech získaných dat, se nepotvrdila.

Terapeutický poločas po diagnostickém a po terapeutickém podání ^{131}I u pacientů s benigním onemocněním ŠŽ se výrazně liší. V závislosti na podané aktivitě došlo k prodloužení nebo naopak ke zkrácení terapeutického poločasu, což je velmi důležité jak z hlediska radiační zátěže personálu tak z hlediska propuštění pacienta do domácí péče.

Po podání diagnostické terapeutické dávky u maligních onemocnění se terapeutický poločas lišil o více než deset procent diagnostického poločasu. Jelikož však diagnostický poločas ve většině případů nepřesáhne hranici jednoho dne je tento rozdíl prakticky nevýznamný z hlediska propuštění pacienta do domácí péče. Avšak vzhledem k vysokým podaným aktivitám musím doporučit personálu, aby se v prvních dnech po podání terapeutické dávky snažil co nejvíce dodržet pokyny radiační ochrany (čas, vzdálenost, stínění) a nezvyšoval zbytečně svou radiační zátěž například nepřiměřeně dlouhým pobytem u pacienta.

Pacienti s benigním onemocněním mohou být propuštěni do domácí péče již druhý den po aplikaci terapeutické dávky (u nízkých aplikovaných dávek) nejpozději do deseti dnů po aplikaci terapeutické dávky (u vysoké dávky). U pacientů s maligním onemocněním by k propuštění mohlo dojít již třetí až čtvrtý (nízké aktivity) den po aplikaci terapeutické dávky nejpozději však pátý den po aplikaci terapeutické dávky (vysoké aktivity).

Práce může zlepšit kvalitu léčby onemocnění štítné žlázy a posloužit k osvětlení dané problematiky radiologickým asistentům, případně i širší veřejnosti.

7. Použitá literatura

SAHA, Gopal B. Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine. 1. vyd. New York: Springer, 1993 208 s.

ISBN 0-387-94036-7

DYLEVSKÝ, Ivan a kol. Funkční anatomie člověka. 1. vyd. Praha: Grada, 2000. 664 s.

ISBN 80-7169-681-1

KONEČNÝ, Jiří. Radiační fyzika. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích, 2006. 109.s

ISBN 80-7040-843-X

ROKYTA, Richard a kol. Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech. 1. vyd. Praha: ISV nakladatelství, 2000. 359 s.

ISBN 80-85866-45-5

URBÁNEK, Jan a kol. Nukleární medicína. 4. vyd. Praha: Gentiana, 2002. 154 s.

ISBN 80-86527-05-0

BECKER, W. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 2. vyd. Londýn: Springer, 2002. 512s.

ISSN 1619-7070

KLENER, Vladislav. Principy a praxe radiační ochrany. 1. vyd. Praha: Azin, 2000. 619s.

ISBN 80-238-3703-6

MERRICK, M. V. Essentials of nuclear medicine. 1. vyd. New York: Churchill Livingstone, 1984. 312 s.

ISBN 0 443 024901

ULLMANN, Vojtěch. Detekce a aplikace ionizujícího záření

<http://astronuklfyzika.cz/JadRadMetody.htm> 31.03.2007

ŠANTORA, Jan. Terapie karcinomu štítné žlázy pomocí radiojódu

http://www.csnm.cz/std/std_0698.asp 31.03.2007

MZ ČR. Věstník Ministerstva zdravotnictví České Republiky

http://www.csnm.cz/std/VyhISOPNM_XI05.doc 31.03.2007

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění

http://www.sujb.cz/docs/Atomovy_zakon_II.pdf 31.03.2007

Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.

http://www.sujb.cz/docs/307_po_novele.pdf 31.03.2007

Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny

http://www.sujb.cz/docs/MP_terapie_stitne_zlazy.pdf 31.03.2007

8. Klíčová slova

Retence – radiojód – dávkový příkon – benigní onemocnění – maligní onemocnění – efektivní poločas – akumulace

9. Přílohy

Příloha 1: § 23 vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) Omezování ozáření ve zvláštních případech

Příloha 2: § 4 Obecné podmínky pro vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie, činností vedoucích k ozáření a zásahů ke snížení

Příloha 3: Váhové faktory

Příloha 4: Kermová konstanta gama Γ_k

Příloha 5: Podmínky ambulantní léčby hypertyreózy ^{131}I

Příloha 6: SOP terapie diferencovaných karcinomů štítné žlázy

Příloha 7: SOP terapie benigních onemocnění štítné žlázy

Příloha 8: Pokyny pacientovi před propuštěním z nemocnice

Příloha 9: SOP celotělové scintigrafie ^{131}I u karcinomu štítné žlázy; SOP scintigrafie štítné žlázy

Příloha 10: SOP radiojodový akumulární test

Příloha 1: § 23 vyhlášky č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně (ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. ze dne 23. 12. 2005) Omezování ozáření ve zvláštních případech

(1) Ozáření osob, které dobrovolně mimo rámec svých pracovních povinností vyplývajících z výkonu povolání nebo pracovního poměru pečují o pacienty vystavené lékařskému ozáření nebo tyto pacienty navštěvují nebo žijí v jedné domácnosti s pacienty, kteří byli po aplikaci radionuklidů propuštěni ze zdravotnického zařízení, se omezuje tak, aby v součtu za kalendářní rok nepřesáhlo 1 mSv u osob mladších 18 let a 5 mSv u ostatních osob.

(2) Ozáření plodu u těhotných žen pracujících na pracovištích I. až IV. kategorie se neprodleně poté, co žena těhotenství oznámí zaměstnavateli, omezí úpravou podmínek práce tak, aby bylo nepravděpodobné, že součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření plodu alespoň po zbývajících dobu těhotenství překročí 1 mSv.

(3) Ozáření kojence příjmem radionuklidů z kontaminovaného mateřského mléka se neprodleně poté, co žena pracující na pracovišti I. až IV. kategorie oznámí zaměstnavateli, že kojí dítě, omezí úpravou podmínek práce kojící ženy a jejím vyřazením z práce v kontrolovaném pásmu pracovišť s otevřenými radionuklidovými zářiči.

(4) Ozáření radiačních pracovníků při jednorázových, krátkodobých nebo jiných výjimečných pracích se zdroji ionizujícího záření omezených pouze na malý počet osob a na vymezené prostory, kromě prací při radiačních nehodách nebo radiačních mimořádných situacích, (dále jen "výjimečné ozáření") se omezuje tak, aby efektivní dávka z opakovaných výjimečných ozáření nepřekročila 500 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků. Tato výjimečná ozáření se mohou uskutečnit jen v rozsahu a za podmínek uvedených v povolení k takovému způsobu nakládání se zdroji ionizujícího záření. Výjimečné ozáření může podstoupit jen pracovník kategorie A dobrovolně a po předchozím prokazatelném poučení o rizicích s tím spojených. Toto výjimečné ozáření není přípustné u osob mladších 18 let, u učňů a studentů, u těhotných a kojících žen ani u osob, u nichž by efektivní dávka obdržená při zásazích v případě radiační nehody překročila 500 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků.

Příloha 2: § 4 OBECNÉ PODMÍNKY PRO VYKONÁVÁNÍ ČINNOSTÍ SOUVISEJÍCÍCH S VYUŽÍVÁNÍM JADERNÉ ENERGIE, ČINNOSTÍ VEDOUCÍCH K OZÁŘENÍ A ZÁSAHŮ KE SNÍŽENÍ OZÁŘENÍ

(1) Jaderná energie a jaderné položky smějí být využívány v souladu s mezinárodními závazky České republiky²⁾ pouze pro mírové účely.

(2) Každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo

zásahy k omezení přírodního ozáření nebo ozáření v důsledku radiačních nehod, musí dbát na to, aby toto jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který vyvážá rizika, která při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout.

(3) Každý, kdo provádí činnosti související s využíváním jaderné energie nebo radiační činnosti, je povinen postupovat tak, aby byla přednostně zajišťována jaderná bezpečnost a radiační ochrana.

(4) Každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření, připravuje nebo provádí zásahy k omezení havarijního, přetrvávajícího nebo přírodního ozáření, je povinen dodržovat takovou úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek. Prováděcí předpis stanoví technické a organizační požadavky a směrné hodnoty ozáření, které se považují za dostatečné k prokázání rozumně dosažitelné úrovně, nebo postup, jak jinak tuto úroveň prokázat.

(5) Zásah k odvrácení nebo snížení ozáření musí být proveden, pokud ozáření

a) dosahuje nebo bez provedení zásahu by dosáhlo úrovní, při nichž dochází k bezprostřednímu poškození zdraví, nebo

b) přesahuje nebo bez provedení zásahu by přesáhlo směrné hodnoty stanovené prováděcím právním předpisem a jestliže zásahem očekávané snížení škody nebo zdravotní újmy je dostatečné k odůvodnění škod a nákladů spojených se zásahem. Prováděcí právní předpis stanoví směrné hodnoty a podrobnosti o pravidlech pro přípravu a provádění zásahů.

(6) Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen omezovat ozáření fyzických osob tak, aby celkové ozáření způsobené možnou kombinací ozáření z činností vedoucích k ozáření nepřesáhlo v součtu limity ozáření. Limity ozáření stanoví Úřad prováděcím právním předpisem. Úřad je oprávněn stanovit optimalizační meze jako horní mez pro optimalizaci radiační ochrany a v povolení stanovit nižší limity specifické pro danou činnost (dále jen "autorizované limity").

(7) Limitům ozáření nepodléhá

a) lékařské ozáření; Úřad stanoví pro lékařské ozáření diagnostické referenční úroveň,

b) ozáření z přírodních zdrojů, kromě ozáření z těch přírodních zdrojů, které jsou záměrně využívány, a kromě prováděcím právním předpisem stanovených případů, kdy je toto ozáření významně zvýšené,

c) havarijní ozáření zasahujících fyzických osob; toto ozáření nesmí překročit desetinásobek limitů stanovených pro ozáření radiačních pracovníků, pokud nejde o případ záchrany lidských životů či zabránění rozvoje radiační mimořádné situace s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky. Zasahující fyzické osoby musí být o nebezpečí spojeném se zásahem prokazatelně informovány a musí se zásahu účastnit dobrovolně,

d) havarijní ozáření.

(8) Každý, kdo provádí nebo zajišťuje činnosti související s využíváním jaderné energie nebo radiační činnosti, kromě činností podle § 2 písm. a) bodu 5 a 6, musí mít zaveden systém jakosti způsobem a v rozsahu stanoveném prováděcím předpisem, s cílem dosažení stanovené jakosti příslušné položky, včetně hmotných nebo nehmotných výrobků, procesů nebo organizačního zajištění, s ohledem na její význam z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany. Prováděcí předpis stanoví základní požadavky na zabezpečování jakosti vybraných zařízení s ohledem na jejich zařazení do bezpečnostních tříd.

(9) Pro účely fyzické ochrany musí být jaderná zařízení nebo jejich části zařazeny do I., II. nebo III. kategorie. Z hlediska zajištění fyzické ochrany musí být v jaderném zařízení vymezen střežený, chráněný a vnitřní prostor. Zařazení a vymezení se

provádí z hlediska závažnosti možných důsledků na jadernou bezpečnost v případě neoprávněných činností.

Podrobnosti k zařazení a vymezení a ke způsobu a rozsahu zajištění fyzické ochrany stanoví prováděcí předpis.

(10) Pro účely fyzické ochrany musí být jaderné materiály zařazeny do I., II. nebo III. kategorie. Zařazení jaderného materiálu se provádí podle jeho druhu, hmotnosti, obohacení a z hlediska závažnosti důsledků v případě jeho zneužití. Podrobnosti k zařazení jaderných materiálů do příslušné kategorie a ke způsobu a rozsahu zajištění jejich fyzické ochrany stanoví prováděcí předpis.

(11) Na pracovištích, kde se vykonávají radiační činnosti, se vymezují sledovaná a kontrolovaná pásma. Práce v těchto pásmech podléhají z hlediska radiační ochrany soustavnému dohledu, evidenci a regulaci. Prováděcí právní předpis stanoví označování sledovaných a kontrolovaných pásem a podrobnosti pro jejich vymezování, ke způsobu a rozsahu zajištění radiační ochrany při práci v nich, pro regulaci vstupu do nich a pro oznamování sledovaných pásem a schvalování kontrolovaných pásem.

(12) Podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením se zdroje ionizujícího záření klasifikují jako nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné a pracoviště, kde se vykonávají radiační činnosti, se zařazují do I., II., III. nebo IV. kategorie a radiační pracovníci se zařazují do kategorie A (dále jen "pracovníci kategorie A") nebo B (dále jen "pracovníci kategorie B"). Prováděcí právní předpis stanoví podrobnosti k rozdělení zdrojů ionizujícího záření, včetně zprošťovacích úrovní, zařazení radiačních pracovníků a zařazení pracoviště do kategorie.

(13) Každý pracovník kategorie A, který je vybaven osobním radiačním průkazem, je povinen tento průkaz chránit před ztrátou, odcizením, zničením nebo zneužitím a na požádání jej předkládat Úřadu či příslušnému držiteli povolení.

(14) Každý, kdo nalezne zdroj ionizujícího záření nebo jaderný materiál nebo má podezření, že jde o zdroj ionizujícího záření nebo jaderný materiál, je povinen neprodleně oznámit jeho nález Policii České republiky nebo Úřadu.

(15) Každý, kdo zjistí ztrátu, odcizení nebo poškození zdroje ionizujícího záření nebo jaderného materiálu nebo jejich obalu, je povinen neprodleně oznámit tuto událost Policii České republiky a Úřadu.

(16) Každý, kdo nakládá s vybranými položkami, vyrábí obalové soubory pro ozářené nebo vyhořelé jaderné palivo nebo provádí výstavbu horkých komor nebo provádí výzkumné a vývojové činnosti vztahující se k jadernému palivovému cyklu, je povinen oznámit zahájení a rozsah těchto činností Úřadu. Rozsah a způsob oznamování upraví prováděcí právní předpis.

(17) Každý, kdo těží nebo zpracovává na území České republiky uranové nebo thoriové rudy, je povinen vést a předávat Úřadu evidenční údaje. Prováděcí právní předpis upraví podrobnosti vedení a předávání evidenčních údajů a vzory formulářů.

Příloha 3: Váhové faktory

Tabulka č. 1

Radiační váhové faktory

Typ záření a příp. energie	Radiační váhový faktor w_R
fotony	1
elektrony, miony	1
neutrony, méně než 10 keV	5
neutrony, 10keV až 100 keV	10
neutrony, 100 keV až 2 MeV	20
neutrony, 2 MeV až 20 MeV	10
neutrony, více než 20 MeV	5
protony, více než 2 MeV, (mimo odražené)	5
částice alfa, těžká jádra, štěpné fragmenty	20

Tabulka č. 2.

Tkáňové váhové faktory

Tkáň, orgán	Tkáňový váhový faktor w_T
Gonády	0,20
Červená kostní dřeň	0,12
Tlusté střevo	0,12
Plíce	0,12
Žaludek	0,12
Močový měchýř	0,05
Mléčná žláza	0,05
Játra	0,05
Jícen	0,05
Štítná žláza	0,05
Kůže	0,01
Povrchy kostí	0,01
Ostatní orgány a tkáně *)	0,05

- *) Pro potřeby výpočtu jsou jako ostatní orgány a tkáně (zbytek těla) voleny následující tkáně a orgány: nadledvinky, mozek, vzestupná část tlustého střeva, tenké střevo, ledviny, svaly, slinivka břišní, slezina, thymus, děloha. Hlavní seznam obsahuje orgány, které mohou být s jistou pravděpodobností ozářeny selektivně. O některých z nich je známo, že mohou být citlivější ke vzniku nádoru. Jestliže se i u ostatních tkání a orgánů následně prokáže možnost rizika vzniku nádoru, budou rovněž se svou specifickou hodnotou w_T zahrnuty do hlavního seznamu, případně budou zařazeny do seznamu orgánů a tkání tvořících zbytek těla.

V těch výjimečných případech, při nichž tkáň nebo jeden orgán zařazený do zbytku těla obdrží ekvivalentní dávku přesahující nejvyšší dávku v kterémkoli z dvanácti orgánů uvedených v hlavním seznamu, měl by být pro takovou tkáň nebo orgán aplikován váhový faktor 0,025 a pro průměrnou dávku ostatního zbytku těla, tak jak byl vymezen výše, pak váhový faktor 0,025.

Příloha 4: Kermová konstanta gama Γ_k

radionuklid	kermová konstanta Γ_k ve vzduchu ($\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{GBq}^{-1}$)
⁶⁰ Co	311,5
¹³¹ I	54,3
¹³⁴ Cs	210,0
¹³⁷ Cs	83,8
¹⁹² Ir	128,9
²²⁶ Ra	224,9
²²⁶ Ra kryté 0,5 mm Pt	198,2
²³⁵ U	16,8
²³⁸ U	2,1
²⁴¹ Am	3,3

Příloha 5: Podmínky ambulantní léčby hypertyreózy ^{131}I

Aplikovaná aktivita ^{131}I nepřevyší 550 MBq.

V domácnosti, do které se pacient vrací, nejsou děti do 15 let.

Pacient není inkontinentní.

Písemné pokyny musí pacient dodržovat minimálně 16 dní.

Příloha 6: SOP terapie diferencovaných karcinomů štítné žlázy

Název SOP: SOP terapie diferencovaných karcinomů štítné žlázy

Číslo standardu: **NM/T/I/2**

Vazba na výkon v SZV: 47111

Identifikace pracoviště: (číslo místností)

Identifikace přístroje: Typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo.

1. Účel terapie

Terapie slouží k léčbě pacientů s diferencovanými karcinomy štítné žlázy.

2. Pracoviště

Požadavky na pracoviště viz *Požadavky na SOP*.

Ochranné pomůcky a prostředky - jejich specifikace pro konkrétní vyšetření a potřebný počet.

3. Přístrojové a nástrojové vybavení

Měřič aktivity RF (kalibrátor) - typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo. Kontrola kvality viz I.4.
b) *Požadavky na nezobrazovací přístroje*.

Případné další doplňující přístrojové a nástrojové vybavení: stínění k odstínění záření při aplikaci pacientovi.

4. Personální vybavení

viz *příloha B Obecný SOP pro terapii otevřenými zářiči*.

5. Indikace a kontraindikace

Indikacemi jsou nutnost ablace zbytků štítné žlázy po tyroidektomii pro diferencovaný karcinom štítné žlázy a nutnost terapie lokálních reziduí nebo recidiv diferencovaného karcinomu štítné žlázy a jeho metastáz.

Absolutní kontraindikací terapie radionuklidy je gravidita, laktace. Relativní kontraindikací jsou močová inkontinence, nespoupráce pacienta.

6. Radiofarmakum

¹³¹I v formě roztoku nebo kapslí, aplikované aktivity je určena v závislosti na charakteru a stadiu diferencovaného karcinomu štítné žlázy a na kinetice jodu v organismu. Rozsah aplikovaných aktivit většinou od 3,7 do 7,4 GBq ¹³¹I. Aplikovaná aktivita RF se zaznamená v dokumentaci o vyšetření.

7. Příprava pacienta k této terapii radiojodem a předchozí neradionuklidová léčba tyreopatie

7.1 neradionuklidová terapie a diagnostika

- totální thyreoidektomie bez následného nasazení substituční terapie tyreoidálními hormony

- histopatologická klasifikace tumoru

7.2 vlastní příprava k terapii radiojodem

- zábrana příjmu většího množství jodu pacientem (potrava, medikamenty, desinf. prostředky, rtg kontrasty)

- lačnění 6 hodin před terapií a 1 hodinu po terapii

8. Průběh terapie

A. Ablací terapie prováděná 4-6 týdnů po operaci

8.1 Ověření osobních a zdravotních dat na žádance o vyšetření, ověření identity pacienta. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření, získání souhlasu pacienta s terapií.

Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření, onemocnění, pro které se vyšetření provádí (předoperační sonografie, peroperační nálezy, histologický charakter tumoru) a stavy, které mohou ovlivnit farmakokinetiku radiofarmaka.

Úvodní vyšetření:

- laboratorní: hladina fT_4 , fT_3 , TSH, Tg (s recovery testem nebo stanovením anti-Tg), diferenciální krevní obraz, Ca, P,
- sonografie krku s posouzením objemu tyreoidálních reziduí
- scintigrafie štítné žlázy, event. radiojodový test

8.2 Stanovení aplikované aktivity ^{131}I

Výpočet na základě vzorců uvedených v doporučeních renomovaných odborných společností (Marinelliho rovnice) a doporučovaných hodnot absorbovaných dávek v cílové tkáni. Pracoviště konkretizuje použitou rovnici a hodnoty požadovaných absorbovaných dávek.

Variantní možností je podání standardní aktivity ^{131}I .

8.3 Ověření aktivity a způsob aplikace radiofarmaka

Před každou aplikací RF je nutné ověřit v procesu přípravy RF jeho aktivitu pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru).

^{131}I p.o. lačnému pacientovi po kontrolním přeměření aplikované aktivity.

8.4 Péče o pacienta po aplikaci

Průběžné měření aktivity akumulované v pacientovi k získání dozimetrických údajů.

Dostatečný přívod tekutin, stimulace tvorby slin (citrónová šťáva, bonbóny nebo žvýkačky). Při obstipaci podání laxativ.

Terapie případných nežádoucích vedlejších efektů terapie – sialoadenitis a otok v místě tyreoidálních reziduí (antiflogistika, studené obklady), gastritis.

Nasazení supresní terapie tyreoidálními hormony k dosažení hladiny TSH nižší než 0,1-0,2 mU/l.

Celotělová postterapeutická scintigrafie (viz příslušné SOP).

B. Terapie lokálních reziduí nebo recidiv tumoru a metastáz prováděná po vysazení tyreoidálních hormonů (tyroxin 4 týdny, tertroxin 2 týdny) nebo po podání rekombinantních TSH (rh TSH).

Identický postup u bodů 8.1 až 8.4 jako při ablativní terapii. Vyšší jsou ale podávané aktivity ^{131}I – standardní dávky 5-8 GBq nebo výpočet aktivity s cílovou absorbovanou dávkou 500 Gy a více.

8.5 Propuštění z hospitalizace a limit pro hospitalizaci

Při léčbě onemocnění štítné žlázy ^{131}I se kontroluje aktivita RF v těle měřením dávkového příkonu ve vzdálenosti 1 m od pacienta pomocí přístroje (stanoveného měřidla ověřeného v metrologickém institutu). Propuštění pacienta do domácího ošetřování se řídí z hlediska požadavků RO nepřekročením limitů pro omezování ozáření ve zvláštních případech (ust. § 23 vyhlášky č. 307/2002 Sb.). Toto ustanovení je splněno v případě, že aktivita ^{131}I v těle pacienta poklesne na 250 MBq. Pacient může být tedy propuštěn do domácího ošetřování, poklesne-li dávkový příkon pod $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (Doporučení SÚJB 2000).

8.6 Likvidace radioaktivního odpadu po terapii (způsob je uveden v PZJ a provozním řádu pracoviště)

8.7 Záznam o terapii a dokumentace

Zpráva o terapii obsahuje následující položky:

- administrativní data (data o pacientovi zajišťující jeho přesnou identifikaci, adresa lékaře požadujícího vyšetření, typ terapie, datum sepsání zprávy),
- klinické informace o pacientovi (indikace),
- popis terapie (aplikovaná aktivita ^{131}I , datum terapie (popř. i čas), eventuální komplikace při terapii, případné uvedení parametrů charakterizujících kinetiku RF),
- klinický závěr ve vztahu ke indikaci, s níž byl pacient odeslán k terapii; součástí klinického závěru může být v případě potřeby komentář uvádějící případné doporučení dalšího postupu a kontrol pacienta, zdokumentování případné přímé komunikace s odesílajícím nebo ošetřujícím lékařem; archivace dokumentace o terapii v písemné formě; výsledky z doprovodných zobrazovacích vyšetření v tištěné formě nebo na rentgenovém filmu; možno použít i archivaci v počítačích.

Je třeba jmenovitě zdůraznit, že v dokumentaci o vyšetření pacienta nesmí být opomenuty všechny údaje potřebné pro případný odhad radiační zátěže pacienta: název výkonu, věk, pohlaví, hmotnost a onemocnění pacienta, druh a aplikované aktivita radiofarmaka, způsob jeho aplikace, případně parametry biokinetiky radiofarmaka naměřené v průběhu terapie.

8.8 Systém pravidelných kontrol pacienta se zohledněním typu a stadia tumoru. Kontroly jsou prováděny lékaři nukleární medicíny.

9. Kontrola kvality

viz příloha B Obecný SOP pro terapii otevřenými zářiči.

10. Radiační zátěž pacienta

Skutečnou absorbovanou dávku v cílové tkáni lze stanovit individuálně na základě kinetiky radiojodu (naměřené při terapii), objemu cílové tkáně a aplikované aktivity pomocí již výše zmíněné Marinelliho rovnice.

Pro stanovení efektivní dávky (s vyloučením cílové tkáně) není doposud obecně uznána jednotná metodika výpočtu. Lze však předpokládat, že na základě archivovaných dat o terapii (viz výše) bude možno tuto veličinu stanovit v případě, když bude akceptován jednotný způsob výpočtu.

Příloha 7: SOP terapie benigních onemocnění štítné žlázy

Název SOP: **SOP terapie benigních onemocnění štítné žlázy**

Číslo SOP: **NM/T/I/1**

Vazba na výkon v SZV: 47133, 47115

Identifikace pracoviště: (číslo místnosti)

Identifikace přístroje: Typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo.

1. Účel terapie

Terapie slouží k léčbě hypertyreózy, ke zmenšení masy funkční tyreoidální tkáně nebo k postoperativní ablaci zbytků štítné žlázy.

2. Pracoviště

Požadavky na pracoviště viz *Požadavky na SOP*.

Ochranné pomůcky a prostředky - jejich specifikace pro konkrétní vyšetření a potřebný počet.

3. Přístrojové a nástrojové vybavení

Měřič aktivity RF (kalibrátor) - typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo. Kontrola kvality viz I.4.
b) *Požadavky na nezobrazovací přístroje*.

Případně další doplňující přístrojové a nástrojové vybavení: stínění k odstínění záření při aplikaci pacientovi.

4. Personální vybavení

viz *příloha B Obecný SOP pro terapii otevřenými zářiči*.

5. Indikace a kontraindikace

Indikací jsou terapie hypertyreózy (autonomní adenomy a recidivující autoimunní hypertyreózy bez komplikací indikujících chirurgické řešení), zmenšení masy funkční tyreoidálních tkáně (u pacientů s kontraindikací chirurgického řešení) a postoperativní ablace zbytků štítné žlázy u pacientů s autoimunní hypertyreózou s rozvinutou endokrinní oftalmopatií.

Absolutní kontraindikací terapie radionuklidy je gravidita, laktace. Relativní kontraindikací jsou močová inkontinence, nekontrolovaná hypertyreóza, floridní endokrinní oftalmopatie

6. Radiofarmakum

¹³¹I v formě roztoku nebo kapslí, aplikovaná aktivita RF je určena v závislosti na množství hyperfunkční tkáně a kinetiky radiojodu, méně vhodné je použití standardních aplikovaných aktivit (případně standardních aktivit vztažených na hmotnost funkční tyreoidální tkáně) Aplikovaná aktivita RF se zaznamená v dokumentaci o vyšetření.

7. Příprava pacienta k vyšetření

- vyloučení příjmu preparátů a sloučenin obsahujících jód (především desinfekční prostředky, medikamenty, rtg kontrastní látky)

- při manifestní hypertyreóze zklidnění stavu terapií thyreostatiky, vysazení této terapie 3 dny před radiojodovým akumulačním testem i terapií

- změření kinetiky jodu radiojodovým akumulacním testem; při ablační terapii lze ověřit akumulaci radiofarmaka ve zbytcích štítné žlázy scintigrafií

- stanovení objemu hyperfunkční tyreoidální tkáně sonografií, případně v kombinaci se scintigrafií

- lačnění 4 hodiny před terapií a 1 hodinu po terapii

8. Průběh terapie

8.1 Ověření osobních a zdravotních dat na žádance o vyšetření, ověření identity pacienta. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření, získání souhlasu pacienta s terapií.

Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření, onemocnění, pro které se vyšetření provádí, a stavy, které mohou ovlivnit farmakokinetiku radiofarmaka.

8.2 stanovení aplikované aktivity ^{131}I

Výpočtem na základě vzorců uvedených v doporučeních renomovaných odborných společností (Marinelliho rovnice) a doporučovaných hodnot absorbovaných dávek v cílové tkáni. Pracoviště konkretizuje použitou rovnici a hodnoty požadovaných absorbovaných dávek ve vztahu k tyreopatii a klinickému stavu pacienta.

8.3 Ověření aktivity a způsob aplikace radiofarmaka

Před každou aplikací RF je nutné ověřit v procesu přípravy RF jeho aktivitu pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru).

^{131}I p.o. lačnému pacientovi po kontrolním přeměření aplikované aktivity.

8.4 Péče o pacienta po aplikaci

U pacientů s endokrinní orbitopatií je žádoucí podávat terapii kortikoidy po dobu 4-6 týdnů od podání radiojodu.

Zajištění doživotních pravidelných kontrol tyreoidálního stavu pacienta, který respektuje individuální vývoj tyreoidální funkce. Kontroly mohou být prováděny jinými lékaři mimo oddělení nukleární medicíny.

8.5 Propuštění z hospitalizace

Při léčbě onemocnění štítné žlázy ^{131}I se kontroluje aktivita RF v těle měřením dávkového příkonu ve vzdálenosti 1 m od pacienta pomocí přístroje (stanoveného měřidla ověřeného v metrologickém institutu). Propuštění pacienta do domácího ošetřování se řídí z hlediska požadavků RO nepřekročením limitů pro omezování ozáření ve zvláštních případech (ust. § 23 vyhlášky č. 307/2002 Sb.). Toto ustanovení je splněno v případě, že aktivita ^{131}I v těle pacienta poklesne na 250 MBq. Pacient může být tedy propuštěn do domácího ošetřování, poklesne-li dávkový příkon pod $12 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (Doporučení SÚJB 2000).

Poučení pacienta o tom, jak minimalizovat radiační zátěž členů rodiny a ostatní veřejnosti – nutné je jak ústní, tak písemné poučení.

8.6 Likvidace radioaktivního odpadu po terapii (způsob je uveden v PZJ a provozním řádu pracoviště)

8.7 Záznam o terapii a dokumentace

Zpráva o terapii obsahuje následující položky:

- administrativní data (data o pacientovi zajišťující jeho přesnou identifikaci, adresa lékaře požadujícího vyšetření, typ terapie, datum sepsání zprávy),
- klinické informace o pacientovi (indikace),
- popis terapie (aplikovaná aktivita ^{131}I , datum terapie (popř. i čas), eventuální komplikace při terapii, případné uvedení parametrů charakterizujících kinetiku RF),
- klinický závěr ve vztahu ke indikaci, s níž byl pacient odeslán k terapii; součástí klinického závěru může být v případě potřeby komentář uvádějící případné doporučení dalšího postupu a kontrol pacienta,
- zdokumentování případné přímé komunikace s odesílajícím nebo ošetřujícím lékařem; archivace dokumentace o terapii v písemné formě; výsledky z doprovodných zobrazovacích vyšetření v tištěné formě nebo na rentgenovém filmu; možno použít i archivaci v počítačích.

Je třeba jmenovitě zdůraznit, že v dokumentaci o vyšetření pacienta nesmí být opomenuty všechny údaje potřebné pro případný odhad radiační zátěže pacienta: název výkonu, věk, pohlaví, hmotnost a onemocnění pacienta, druh a aplikované aktivita radiofarmaka, způsob jeho aplikace, případně parametry biokinetiky radiofarmaka naměřené v průběhu terapie.

9. Kontrola kvality

viz příloha B Obecný SOP pro terapii otevřenými zářiči.

10. Radiační zátěž pacienta

Skutečnou absorbovanou dávku v cílovém orgánu lze stanovit individuálně na základě kinetiky radiojodu (naměřené při terapii), objemu cílové tkáně a aplikované aktivity pomocí již výše zmíněné Marinelliho rovnice.

Pro stanovení efektivní dávky (s vyloučením cílové tkáně) není doposud obecně uznána jednotná metodika výpočtu. Lze však předpokládat, že na základě archivovaných dat o terapii (viz výše) bude možno tuto veličinu stanovit v případě, když bude akceptován jednotný způsob výpočtu.

Příloha 8: Pokyny pacientovi před propuštěním z nemocnice

Nepohybovat se, nesesedět a nespát v blízkosti jiných osob doma i v práci (dodržovat odstup alespoň 1 m, od těhotné ženy odstup nejméně 2 m). Důsledně se vyhýbat velmi blízkému kontaktu s malými dětmi (u dětí do dvou let pokud možno přenechat starost o ně partnerovi (partnerce) nebo příbuzným a známým.

Předem upozorňovat návštěvy, že není vhodné, aby brali s sebou děti nebo těhotnou ženu.

Omezit cesty veřejnými dopravními prostředky na nejnutnější minimum.

Nenavštěvovat místa, kde je shromážděno více lidí (kina, divadla, restaurace aj.).

Úzkostlivě dodržovat osobní hygienu při použití WC, úzkostlivě dodržovat čistotu WC. Pečlivě mýt ruce mýdlem, sprchovat se denně, používat jen svůj ručník.

Používat jen svoje ložní prádlo a oděvy (je však možné je prát s ostatním prádlem).

Používat jen svůj jídelní příbor a nádobí (je však možné je mýt společně s jiným nádobím)

Příloha 9: SOP celotělové scintigrafie ¹³¹I u karcinomu štítné žlázy; SOP

Scintigrafie štítné žlázy

Název SOP: **SOP Scintigrafie štítné žlázy**

Číslo standardu: **NM/SC/ENDOKR/1**

Vazba na výkon v SZV: 47147

Identifikace pracoviště: (číslo místnosti)

Identifikace zobrazovacího systému: Typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo.

1. Účel vyšetření

Diagnostické vyšetření sloužící k zobrazení funkčního parenchymu štítné žlázy.

2. Pracoviště

Požadavky na pracoviště viz *Požadavky na SOP I.4. Požadavky na pracoviště.*

Ochranné pomůcky a prostředky - jejich specifikace pro konkrétní vyšetření a potřebný počet.

3. Přístroj

Optimálním zařízením je jednohlavá scintilační kamera zaznamenávající jednotlivé scintigramy - kolimátory pinhole, LEHR nebo LEUHR. Počet hlav kamery není limitujícím faktorem pro vyšetření. Typ scintilační kamery, případně i vyhodnocovacího zařízení s uvedením používaného softwaru. Kontrola kvality viz *Požadavky na SOP I.5. Požadavky na zobrazovací systémy (scintilační kamery).*

Případné další doplňující přístrojové a nástrojové vybavení:

Bodový zdroj k zakreslení anatomických struktur krku a okolí.

Potřebný doplněk při scintigrafii pinhole je zařízení měřící nebo vymezující vzdálenost čela kolimátoru od povrchu krku.

Měřič aktivity RF (kalibrátor) - typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo.

4. Personální vybavení

viz *příloha A Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*

5. Indikace a kontraindikace

Indikacemi jsou

- posouzení rozložení funkční aktivity ve štítné žláze – především jde o diagnostiku latentní i rozvinuté hypertyreózy (např. diagnostika autonomních adenomů, diferenciální diagnostika autoimunní hypertyreózy a subakutně probíhající tyroiditidy).

- průkaz ektopie tyreoidální tkáně

- cílené vyšetření oblasti krku u pacienta s diferencovaným karcinomem štítné žlázy v myxedému

Relativní kontraindikací je gravidita (provedení jen z vitální indikace při minimalizaci aplikované aktivity RF). Při laktaci je třeba přerušit kojení dítěte na 24 hodin (při aplikaci 80 MBq ^{99m}TcO₄).

6. Příprava pacienta k vyšetření

Vysazení případné medikace l-tyroxinem 4 týdny před scintigrafií, triiodthyroninu 10 dní před vyšetřením. Terapie se ponechává při supresní scintigrafii.

7) Radiofarmakum:

$^{99m}\text{TcO}_4$ o aktivitě 50-175MBq, DRL 200 MBq

^{123}I o aktivitě 7,5-20 MBq, DRL 20 MBq

^{131}I lze použít výjimečně, jen u pacientů před terapií ^{131}I , DRL 7 MBq

Aplikovaná aktivita RF má být v souladu s hodnotami vymezenými v seznamu diagnostických referenčních úrovní (vyšší aktivitu než DRL lze podat pouze ve zvlášť zdůvodnitelných případech). U pacientů s hmotností vyšší než 70 kg se uvažovaná optimální aktivita RF přepočte podle tabulky uvedené v příloze. Při aplikaci radiofarmaka dětem se jeho podávaná aktivita stanovuje podle doporučení EANM. Aplikovaná aktivita RF se zaznamená v dokumentaci k vyšetření.

Kontrola kvality radiofarmaka se provádí dle příslušné SOP pro přípravu radiofarmaka.

8. Průběh vyšetření

8.1 Ověření osobních a zdravotních data na žadance o vyšetření, ověření identity pacienta. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření.

Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření a předchozí podání neaktivního jodu, které blokuje vychytání radiofarmaka ve štítné žláze (medikamenty, rtg kontrasty, jodové dezinfekční prostředky). Anamnestická data o tyreopatii – o funkci štítné žlázy, o dosavadní a současné terapii, o operacích a výsledcích komplementárních vyšetřeních.

8.2 Ověření aktivity a způsob aplikace radiofarmaka

Před každou aplikací RF je nutné ověřit v procesu přípravy RF jeho aktivitu pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru).

$^{99m}\text{TcO}_4$ nebo ^{123}I je podáván i.v.

^{131}I je podáván p.o.

8.3 Poloha pacienta při vyšetření a jeho případná součinnost

Pacient je vyšetřován vleže s podloženou oblastí ramen - krk je v dorzální flexi.

8.4 Záznam scintigramů:

Scintigrafie s kolimátory LEHR, LEUHR:

Matice statického scintigramu musí být uzpůsobena velikosti zorného pole kamery tak, aby velikost pixelu byla menší než 2 mm, optimální u kamer s velkým zorným polem je matice 256×256 (nebo 128×128) a zoom 2, malé zorné pole 128×128 a zoom 2. Akviziční doba scintigramu dle předvoleného počtu impulzů – se snahou o dosažení aspoň 200 000 impulzů, avšak při maximální akvizičním čase 10-15 minut.

Scintigrafie s kolimátorem pinhole:

Scintigramy se nahrávají v matici 256×256 , popřípadě 128×128 se snahou o dosažení aspoň 200 000 impulzů, avšak při maximální akvizičním čase 10-15 minut. Změření a zaznamenání vzdálenosti čela kolimátoru od povrchu krku nebo nastavení kolimátoru vždy do stejné vzdálenosti od krku.

Zvláštní intervence:

- doplňující přední šikmé projekce projekce.

- scintigram se zakreslením anatomických markerů (jugulum, klíční kost, případně kontury krku a dolní čelisti).

- kvantifikace vychytávání ^{99m}Tc technecistanu ve štítné žláze – změřením stříkačky před a po aplikaci radiofarmaka pacientovi pomocí gamakamery nebo měřičem

aktivity s použitím kalibračních faktorů na přepočítání četnosti aktivity měřené měřičem aktivit.

8.5 Zpracování obrazu, výpočty parametrů potřebných k interpretaci nálezu:

Planární scintigramy - zobrazení obrazu při optimálním obrazovém spektru (monochromatické zobrazení lineární nebo exponenciální) a při volbě optimálních mezí pro dolní a horní zobrazovanou četnost impulsů.

Kvantifikace vychytávání ^{99m}Tc technecianu ve štítné žláze: Po korekci na paravenózně aplikovanou aktivitu radiofarmaka a na fyzikální rozpad radiofarmaka je proveden vlastní výpočet množství radiofarmaka vychyteného ve štítné žláze, které je vyjádřeno jako podíl z celkové aplikované aktivity radiofarmaka.

8.6 Vytvoření závěru z vyšetření:

viz příloha A *Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*

8.7 Likvidace radioaktivního odpadu po vyšetření (způsob je uveden v PZJ a provozním řádu pracoviště)

8.8 Dokumentace vyšetření

viz jednotné požadavky uvedené v příloze A *Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*, část „Dokumentace vyšetření“

9. Hodnocení kvality vyšetření

viz příloha A *Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*

10. Radiační zátěž pacienta - výpočet a vyhodnocení efektivní dávky pacientů

Odhad efektivní dávky a dávky v orgánu s nejvyšší absorbovanou dávkou lze u vyšetřovaného pacienta stanovit vynásobením hodnot uvedených v tabulce použitou aplikovanou aktivitou radiofarmaka (MBq).

Scintigrafie štítné žlázy $^{99m}\text{TcO}_4$		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,057 horní část tlustého střeva	0,013
Děti 5 let	0,14 horní část tlustého střeva	0,042

Scintigrafie štítné žlázy ^{123}I jodid		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	4,5 štítná žláza	0,22
Děti 5 let	23 štítná žláza	1,1

Název SOP: **SOP celotělové scintigrafie ^{131}I u karcinomu štítné žlázy**

Číslo standardu: **NM/SC/ENDOKR/2**

Vazba na výkon v SZV: 47151

Identifikace pracoviště: (číslo místnosti)

Identifikace zobrazovacího systému: Typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo.

1. Účel vyšetření

Diagnostické vyšetření sloužící k zobrazení rezidua nebo metastáz diferencovaného karcinomu štítné žlázy u pacientů po totální tyroidektomii.

2. Pracoviště

Požadavky na pracoviště viz *Požadavky na SOP I.4. Požadavky na pracoviště*.

Ochranné pomůcky a prostředky - jejich specifikace pro konkrétní vyšetření a potřebný počet.

3. Příklad

Při použití ^{131}I scintilační kamera s kolimátorem pro střední energie. Při použití ^{123}I scintilační kamera s kolimátorem pro nízké energie. Výhodné je zařízení pro celotělovou scintigrafii a použití dvou hlav kamery sloužících současně k záznamu vyšetření. Typ scintilační kamery, případně i vyhodnocovacího zařízení s uvedením používaného softwaru. Kontrola kvality viz *Požadavky na SOP I.5. Požadavky na zobrazovací systémy (scintilační kamery)*.

Měřič aktivity RF (kalibrátor) - typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo.

4. Personální vybavení

viz příloha A *Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*

viz příloha A *Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*

5. Indikace a kontraindikace

Indikací je pátrání po reziduu diferencovaného karcinomu štítné žlázy a po jeho metastázách u pacienta v myxedému nebo po podání rekombinantního TSH.

Kontraindikací je gravidita a laktace.

6. Radiofarmakum:

^{131}I – natrium jodid při diagnostickém vyšetření aplikovaná aktivita 74- 185 MBq, DRL není stanoveno (vzhledem k blízkému charakteru zobrazení lze použít DRL pro SPECT, tj. 300MBq, vyšší aktivitu než DRL lze podat pouze ve zvlášť zdůvodnitelných případech). U pacientů s hmotností vyšší než 70 kg se uvažovaná optimální aktivita RF přepočte podle tabulky uvedené v příloze. Při aplikaci radiofarmaka dětem se jeho podávaná aktivita stanovuje podle doporučení EANM. Aplikovaná aktivita RF se zaznamená v dokumentaci k vyšetření.

Kontrola kvality radiofarmaka se provádí dle příslušné SOP pro přípravu radiofarmaka.

Při poterapeutické scintigrafii terapii není vyšetření přímo spojeno s podáním radiofarmaka, využívá se aktivita RF podaného pacientovi za terapeutickým účelem.

Kontrola kvality radiofarmaka viz *Obecné požadavky na zobrazování metodami nukleární medicíny*.

7. Příprava pacienta k vyšetření

Před vyšetřením je potřebná elevace hladiny TSH na více než 30 mU/l – je nutné proto vysazení případné medikace l-tyroxinem 4 týdnů před scintigrafií, triiodthyroninu 2 týdny před vyšetřením. Místo vysazení tyreoidálních hormonů za účelem stimulace tvorby endogenního TSH lze použít exogenní stimulace podáním rekombinantního lidského TSH.

V období posledního měsíce před scintigrafií nesmí být u pacienta zvýšený příjem jodu (včetně aplikace jodových preparátů na pokožku), po podání jodových kontrastních látek a amiodaronu by odstup měl být delší než 2-3 měsíce.

Pacient musí lačnět 4 hodiny bezprostředně před podáním a 1 hodinu po podání ^{131}I . Při použití terapeutické dávky ^{131}I je nutno stimulovat tvorbu slin.

Fakultativně lze použít podání mírných laxativ k zrychlení eliminace radiojodu z trávicího traktu.

Před vyšetřením se pacient vymočí.

8. Průběh vyšetření

8.1 Ověření osobních a zdravotních data na žadance o vyšetření, ověření identity pacienta. Získání souhlasu pacienta s vyšetřením. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření.

Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření a předchozí podání neaktivního jodu, které blokuje vychytání radiofarmaka ve štítné žláze (medikamenty, rtg kontrasty, jodové dezinfekční prostředky). Anamnéza cílená na tyreopatii tyreopatii – o typu karcinomu štítné žlázy, o dosavadní a současné terapii, o operacích a výsledcích komplementárních vyšetřeních (hladina thyreoglobulinu)

Poučení pacientky v produktivním věku, že v případě následného podání terapeutické dávky radiojodu, je potřebná antikoncepce na 6-12 měsíců.

8.2 Ověření aktivity a způsob aplikace radiofarmaka, odstup aplikace radiofarmaka od scintigrafie

Před každou aplikací RF je nutné ověřit v procesu přípravy RF jeho aktivitu pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru).

^{131}I je podáván p.o. 72 hodin (minimální odstup je 48 hodin) před diagnostickou scintigrafií

^{123}I je podáván i.v. 24 hodin před diagnostickou scintigrafií

8.3 Poloha pacienta při vyšetření a jeho případná součinnost

Pacient je vyšetřován vleže, vhodná je mírná dorzální flexe krku.

8.4 Akvizice scintigramů:

Nastavení okénka analyzátoru na fotoník ^{131}I , volbu šíře okna provést v souladu s doporučením výrobce přístroje (konkretizovat do SOP).

Celotělová scintigrafie v přední a zadní projekci v matici minimálně 512×256 .

Celková doba akvizice celotělové scintigrafie minimálně 30 minut.

V případě, že scintigrafie je prováděna jako série jednotlivých statických scintigramů v přední a zadní projekci je délka akvizice jednoho scintigramu minimálně 5-10 minut při matici 256×256 .

8.5 Zpracování obrazu, výpočty parametrů potřebných k interpretaci nálezu:

Planární scintigramy - zobrazení obrazu při optimálním obrazovém spektru (monochromatické zobrazení lineární nebo exponenciální) a při volbě optimálních mezí pro dolní a horní zobrazovanou četnost impulzů.

8.6 Vytvoření závěru z vyšetření:

viz příloha A *Obeční SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*

8.7 Likvidace radioaktivního odpadu po vyšetření (způsob je uveden v PZJ a provozním řádu pracoviště)

8.8 Dokumentace vyšetření

viz jednotné požadavky uvedené v příloze A *Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*, část „Dokumentace vyšetření“

9. Hodnocení kvality vyšetření

viz příloha A *Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*

10. Radiační zátěž pacienta - výpočet a vyhodnocení efektivní dávky pacientů.

Odhad efektivní dávky a dávky v orgánu s nejvyšší absorbovanou dávkou lze u vyšetřovaného pacienta stanovit vynásobením hodnot uvedených v tabulce použitou aplikovanou aktivitou radiofarmaka (MBq).

Celotělová scintigrafie karcinomů štítné žlázy ¹³¹ I		
	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	0,61 močový měchýř	0,061
Děti 5 let	nestanoveno	nestanoveno

Příloha 10: SOP radiojodový akumulací test

Název SOP: **SOP radiojodový akumulací test**

Číslo standardu: NM/NONSC/AKU/1

Vazba na výkon v SZV: 47145

Identifikace pracoviště: (číslo místnosti)

Identifikace přístroje: Typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo.

1. Účel vyšetření

Diagnostické vyšetření sloužící ke změření parametrů kinetiky jodu v parenchymu štítné žlázy, stanovuje se podíl radiofarmaka vychyteného v daném čase ve štítné žláze vztažený na celkovou aplikovanou aktivitu.

2. Pracoviště

Požadavky na pracoviště viz *Požadavky na SOP I.4. Požadavky na pracoviště*.

Ochranné pomůcky a prostředky - jejich specifikace pro konkrétní vyšetření a potřebný počet.

3. Přístroj

Detekční jednotka se silným scintilačním NaI(Tl) krystalem s kolimátorem se zorným polem větším než 100 cm² a fantom krku. Kontrola kvality viz *Požadavky na SOP I.5. Požadavky na nezobrazovací přístroje*.

Měřič aktivity RF (kalibrátor) - typ přístroje a jeho výrobní nebo inventární číslo.

4. Personální vybavení

viz *příloha A Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*

5. Indikace a kontraindikace

Indikací je potřeba změření kinetiky jodu ve štítné žláze (především v rámci dozimetrických měření před terapií radiojodem u chorob štítné žlázy).

Kontraindikací je gravidita a laktace.

6. Příprava pacienta:

Vyloučení podání neaktivního jodu, které blokuje vychytání radiofarmaka ve štítné žláze minimálně 4 týdny před vyšetřením, při vyšším obsahu jodu (terapie amiodaronem, podání RTG kontrastní látky, aplikace jodových dezinfekčních látek na pokožku atd.) 3 měsíce. Pokud indikující lékař nevyžaduje jinak, je požadováno vysazení tyreostatické terapie minimálně 2 dny před vyšetřením, vysazení případné medikace l-tyroxinem 4 týdny před scintigrafií, triiodthyroninu 10 dní před vyšetřením.

Lačnění 4 hodiny před vyšetřením a 1 hodinu po podání radiojodu.

7) Radiofarmakum:

¹³¹I natrium jodid o aktivitách řádově v desítkách až stovkách kBq.

DRL 0,8 MBq (vyšší aktivitu lze podat pouze ve zvlášť zdůvodnitelných případech). U pacientů s hmotností vyšší než 70 kg se uvažovaná optimální aktivita RF přepočte podle tabulky uvedené v příloze. Při aplikaci radiofarmaka dětem se jeho podávaná aktivita stanovuje podle doporučení EANM. Aplikovaná aktivita RF se zaznamená v dokumentaci k vyšetření.

Kontrola kvality radiofarmaka se provádí dle příslušné SOP pro přípravu radiofarmaka.

8. Průběh vyšetření

8.1 Ověření osobních a zdravotních data na žadance o vyšetření, ověření identity pacienta. Poučení pacienta o průběhu a významu vyšetření.

Souhlas pacienta. Anamnéza zaměřená na kontraindikace vyšetření a předchozí podání neaktivního jodu, které blokuje vychytání radiofarmaka ve štítné žláze (medikamenty, rtg kontrasty, jodové dezinfekční prostředky). Informace o tyreopatii – o funkci štítné žlázy, o dosavadní a současné terapii, o operacích a výsledcích komplementárních vyšetřeních.

8.2 Ověření aktivity a způsob aplikace radiofarmaka

Před každou aplikací RF je nutné ověřit v procesu přípravy RF jeho aktivitu pomocí měřiče aktivity (kalibrátoru).

P.o. podání nalačno.

8.3 Poloha pacienta při vyšetření a jeho případná součinnost

Pacient je vyšetřován vleže s podloženou oblastí ramen - krk je v mírné dorzální flexi.

8.4 Vlastní měření

Změření standardy o známé aktivitě ^{131}I a aplikovaného množství ^{131}I ve fantomu krku, vzdálenost povrchu NaI(Tl) krystalu od krku minimálně 25cm. Měření akumulace radiofarmaka ve štítné žláze za 24 hodin od aplikace (u hypertyreózy i v odstupu 4 až 6 hodin). Při měření před terapií radiojodem je nutno při stanovení efektivního poločasu provádět měření v období dalších 4-8 dnů od podání radiofarmaka.

Změření a zaznamenání vzdálenosti čela kolimátoru od povrchu krku nebo nastavení kolimátoru vždy do stejné vzdálenosti od krku.

Vlastní výpočet množství radiofarmaka vychyteného ve štítné žláze vyjádřeného jako podíl z celkové aplikované aktivity radiofarmaka.

Zvláštní intervence: depleční test - akumulační test se změřením efektu podání perchlorátu – akumulace za 1 a 2 hodiny po podání perchlorátu.

8.6 Vytvoření závěru z vyšetření:

Výpočet parametrů akumulace radiojodu ve štítné žláze vyjádřených jako procenta z podané aktivity v čase odběru, srovnání s normální hodnotou.

8.7 Likvidace radioaktivního odpadu po vyšetření (způsob je uveden v PZJ a provozním řádu pracoviště)

8.8 Dokumentace vyšetření

viz jednotné požadavky uvedené v příloze A *Obecný SOP pro zobrazovací metody nukleární medicíny*, část „Dokumentace vyšetření“. Písemná dokumentace obsahuje údaje o naměřených hodnotách aktivit, o způsobu výpočtu a ovypočtené procentuální hodnoty akumulace.

9. Hodnocení kvality vyšetření

Při hodnocení kvality výsledku vyšetření se kontroluje technické provedení

- kontrola správnosti nastavených parametrů měření,

- kontrola přesnosti času měření.

Hodnotí radiologický asistent ve spolupráci s lékařem.

10. Radiační zátěž pacienta - výpočet a vyhodnocení efektivní dávky pacientů
Odhad efektivní dávky a dávky v orgánu s nejvyšší absorbovanou dávkou lze u vyšetřovaného pacienta stanovit vynásobením hodnot uvedených v tabulce použitou aplikovanou aktivitou radiofarmaka (MBq).

Radiojodový akumulací test ¹³¹ I		
(při akumulaci 35%)	Orgán s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]	Efektivní dávka [mSv/MBq]
Dospělí	300 štítná žláza	18,4
Děti 5 let	1500 štítná žláza	108