

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Ludmila Horníková

**Radionuklidová vyšetření a terapie
v endokrinologii**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Iva Metelková, Ph.D.

Olomouc 2019

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

Olomouc 11. dubna 2019

Podpis

Děkuji MUDr. Ivě Metelkové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování bakalářské práce. Dále děkuji své rodině a příteli za podporu při tvorbě bakalářské práce.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Radionuklidová vyšetření a terapie v endokrinologii

Název práce: Radionuklidová vyšetření a terapie v endokrinologii

Název práce v AJ: Radionuclide examinations and therapy in Endocrinology

Datum zadání: 2018-11-30

Datum odevzdání: 2019-04-11

Vysoká škola, fak., ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Ludmila Horníková

Vedoucí práce: MUDr. Iva Metelková, Ph.D.

Oponent práce: MUDr. Miroslava Budíková, Ph.D.

Abstrakt v ČJ:

Bakalářská práce shrnuje současné poznatky o radionuklidových vyšetřeních a terapii v endokrinologii, které dokazují nezastupitelnou spolupráci nukleární medicíny a endokrinologie při diagnostice a léčbě endokrinologických onemocnění. Poznatky byly získány na základě provedené rešeršní činnosti v elektronických databázích a z knih. Získané informace byly rozděleny do pěti hlavních kapitol, kterými bylo zároveň odpovězeno na stanovené dílčí cíle.

Abstrakt v AJ:

This bachelor thesis summarises the contemporary knowledge of radionuclide examinations and therapy in endocrinology while proving how crucial the collaboration between nuclear medicine and endocrinology in diagnosis and treatment of endocrinological diseases is. Provided information was obtained from a

background search using electronic databases and books, which is then divided into five primary chapters that answer all the determined tasks.

Klíčová slova v ČJ: štítná žláza, příštítná tělíska, nadledviny, nukleární medicína, scintigrafie, SPECT/CT, radioaktivní jód, endokrinologie, karcinom, radionuklidové zobrazení, terapie, rakovina štítné žlázy

Klíčová slova v AJ: thyroid gland, parathyroid glands, adrenal glands, nuclear medicine, scintigraphy, SPECT/CT, radioactive iodine, endocrinology, carcinoma, radionuclide imaging, carcinoma of the thyroid gland

Rozsah: 56 stran/6 příloh

Obsah

Úvod.....	7
1 Historie a úloha NM v endokrinologii.....	10
2 Endokrinní systém	12
2.1 Anatomie endokrinního systému	12
2.2 Základy fyziologie štítné žlázy	13
2.3 Patologie endokrinního systému	13
2.3.1 Patologie štítné žlázy.....	13
2.3.2 Patologie příštítných tělísek.....	19
2.3.3 Patologie nadledvin	20
3 Radionuklidová vyšetření v endokrinologii.....	21
3.1 Radiofarmaka	21
3.2 Diagnostika štítné žlázy.....	23
3.3 Scintigrafie štítné žlázy.....	25
3.4 Scintigrafie příštítných tělísek.....	27
3.5 Scintigrafie nadledvin	30
3.6 Scintigrafie pomocí somatostatinových receptorů	31
4 Terapie.....	33
5 Úloha radiologického asistenta (RA) v nukleární medicíně.....	37
Závěr	39
Referenční seznam	40
Seznam zkratk.....	47
Seznam tabulek.....	49
Seznam příloh	50
Přílohy	51

Úvod

Za vznik onemocnění v endokrinologii mohou různé mechanismy spojené například s produkcí hormonů. Deficit a nadbytek hormonů mohou způsobovat až patologické projevy. Příčiny deficitu mohou být různorodé, jako například nádory, infekce, nedostatek jódu v potravě, nebo to také mohou být dědičné defekty v syntéze hormonů. V neposlední řadě může za vznik endokrinopatií produkce abnormálních hormonů, rezistence k působení hormonů, mutace aktivující receptory a patologické stavy postihující více endokrinních systémů (Marek, Hána et al., 2017, s. 4).

Pro zobrazení těchto patologických stavů je důležitá propojenost endokrinologie a nukleární medicíny. Už z historie je patrná spojitost s vyšetřením endokrinních poruch, při použití značených ligandů specifických pro buňky endokrinního systému na molekulární úrovni. Tímto procesem vznikají „in vivo“ funkční mapy, které nám zobrazují biologické a patologické biodistribuce použitých radiofarmak, které doplňují diagnostiku a léčbu poruch štítné žlázy, příštítných tělísek, nebo nadledvin (Wong et al., 2016, s. 636).

Podle dat Ústavu zdravotnických informací a statistiky ČR (ÚZIS) došlo v letech 1998 až 2016 k výraznému nárůstu zhoubných onemocnění štítné žlázy (diagnóza C73). V roce 1998 byl celkový počet zhoubných onemocnění 443 s převahou výskytu u žen, a to s počtem 344. Incidence onemocnění byla 4,3/100000 obyvatel. Naopak v roce 2016 již byl znatelný dlouhodobý nárůst onemocnění s celkovým počtem 1186. Počet žen opět výrazně převyšuje počet mužů s celkovým počtem 924 a incidencí 17,2/100000 obyvatel (Novotvary, 1998; Novotvary, 2016).

Pro podrobnější rozvinutí těchto poznatků je možné si položit následující otázky:

- 1) Jaká je úloha a historie NM v endokrinologii?
- 2) Jaké jsou nejčastější diagnózy v endokrinologii, se kterými se setkáváme na pracovišti NM?
- 3) Jaké jsou současné možnosti radionuklidových vyšetření v endokrinologii?
- 4) Jaké jsou současné možnosti terapie v endokrinologii?
- 5) Jakou úlohu má radiologický asistent v NM?

Z těchto otázek lze specifikovat cíl a následně dílčí cíle. Cílem bakalářské práce je shrnout nejnovější poznatky v oblasti radionuklidových vyšetření a terapie v endokrinologii. Cíl lze rozebrat v dílčích cílech práce:

- 1) Shrnout úlohu a historii NM v endokrinologii.
- 2) Shrnout nejvíce se vyskytující diagnózy v endokrinologii, se kterými se setkáme na oddělení NM.
- 3) Shrnout nejnovější poznatky o vyšetřeních v endokrinologii na oddělení NM.
- 4) Shrnout nejnovější poznatky o terapii v endokrinologii na oddělení NM.
- 5) Shrnout úlohu radiologického asistenta v NM.

Pro splnění stanovených cílů a pro zodpovězení položených otázek, byla zvolena následující vstupní literatura:

1. KORANDA, Pavel, 2014. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.
2. KORANDA, Pavel, Miroslav MYSLIVEČEK a Václav HUŠÁK, 2002. *Nukleární medicína v endokrinologii a terapie otevřenými zářiči*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 80-244-0415-X.
3. MAREK, Josef a Václav HÁNA, 2017. *Endokrinologie*. Praha: Galén. ISBN 978-80-7262-484-3.
4. SEDLÁČKOVÁ, Eva a Viera BAJČIOVÁ, 2016. *Neuroendokrinní nádory*. Praha: Maxdorf. ISBN 978-80-7345-468-5.
5. BRUNOVÁ, Jana a Josef BRUNA, 2014. *Clinical endocrinology and diagnostic imaging*. Prague: Karolinum. ISBN 978-80-246-2058-9.

Rešeršní činnost byla provedena v období říjen 2018 až březen 2019 za použití českých a anglických klíčových slov: štítná žláza, příštítná tělíska, nadledviny, nukleární medicína, scintigrafie, SPECT/CT, radioaktivní jód, endokrinologie, karcinom, radionuklidové zobrazení, terapie, rakovina štítné žlázy, thyroid gland, parathyroid glands, adrenal glands, nuclear medicine, scintigraphy, SPECT/CT, radioactive iodine, endocrinology, carcinoma, radionuclide imaging, carcinoma of the thyroid gland. K vyhledávání článků byly využity databáze – EBSCOhost, ProQuest, Web of Science, Pub Med, Google Scholar, Medvik a internetový prohlížeč Google s časovým omezením mezi lety 2010-2019, kdy převahují články z období 2015-2019. Celkový počet nalezených článků byl 145, ze 145 článků bylo celkem 56 článků týkajících se tématu a z tohoto počtu bylo celkem použito 17 odborných článků. Z odborných knižních titulů bylo použito celkem 13 knih, 6 internetových zdrojů a radiologické standardy KNM FNOL.

1 Historie a úloha NM v endokrinologii

Obor endokrinologie můžeme zařadit mezi mladší obory v medicíně, neboť teprve v roce 2005 oslavil sté výročí od svého vzniku. Jde o velmi významnou součást medicíny. Pro endokrinologii je důležitá spolupráce s nukleární medicínou, kvůli diagnostice a terapii. Nukleární medicína je oborem, který využívá při vyšetření a terapii radionuklidy (Piciu, 2017, s. xv). Vyšetření v NM zobrazí funkci a fyziologii organismu a je zde také možnost zjištění příčiny nebo progresu onemocnění. Pro získání snímku v nukleární medicíně je, na rozdíl od klasické radiologie, nezbytně nutné použít radiofarmakum. Tyto radioaktivně označené látky zvýrazňují a odrážejí průtok krve a mimo jiné i různé metabolické a patofyziologické procesy.

Vyšetření obvykle probíhají „in vivo“ a používají se radionuklidy s relativně krátkým poločasem rozpadu, a poté se vyšetření provádí na různých specializovaných zobrazovacích přístrojích, jedním z nich je například gama kamera. Výsledné zobrazení může být planární nebo tomografické, přičemž planární se obecně dělí na statické a dynamické (Piciu, 2017, s. 3-4). Za historicky první snímky můžeme považovat planární akvizice, které byly omezené vyzařováním aktivity z okolních orgánů, měly nízké prostorové rozlišení a nedostatek anatomických informací (Wong et al., 2016, s. 637).

Díky vývoji technologií se v tomto odvětví zlepšuje péče o pacienty (Piciu, 2017, s. xv). Příkladem je tomografické zobrazení, které je konstruováno z lineárních projekčních dat, které jsou získány při otočení detektorů kolem pacienta o 360 stupňů. Toto zobrazení se nazývá jednofotonová emisní tomografie SPECT, kdy dochází k otáčení kamery kolem pacienta. Dalším přístrojem je kamera pro pozitronovou emisní tomografii PET, kde naopak jsou detektory uloženy v kruhu okolo pacienta a neotáčejí se. V dnešní době má velký význam hybridní zobrazení PET/CT nebo PET/MRI, kdy získané funkční informace jsou fúzovány s anatomickým obrazem z CT nebo MRI (Piciu, 2017, s. 4).

První významný pokrok v nukleární medicíně proběhl v letech 1939 až 1941, kdy proběhla první úspěšná terapie radionuklidem ^{32}P , při diagnóze polycytémia vera. Pro endokrinologii byla ještě významnější úspěšná terapie Graves-Basedowio nemoci pomocí ^{131}I . Tyto výsledky vydali v roce 1942 S. Hertz a A. Roberts. Rok

1946 přinesl další objev, který se opět týkal ^{131}I , v podobě úspěšné terapie rakoviny štítné žlázy (Piciu, 2017, s. xv). U nás se ^{131}I začal aplikovat v roce 1951 (Vlček, 2012, s. 24). Využívání radioaktivního jódu se stalo důležitou a užitečnou metodou při zobrazení a terapii štítné žlázy. V dnešní době je využívání radionuklidů běžné a je známo více než sto postupů, při kterých se aplikují (Piciu, 2017, s. xv).

Významnou heterogenní skupinou nádorů jsou neuroendokrinní nádory (NEN) se specifickou histologickou skladbou, biochemií a stupněm diferenciací. Právě tyto specifické vlastnosti umožňují diagnostikovat NEN pomocí radiofarmak na oddělení nukleární medicíny. Využívání zobrazení nukleární medicíny je v diagnostice NEN od 80. let 20. Století. Zvolení vhodné techniky zde závisí přímo na diagnóze. Techniky zobrazení, které jsou u NEN nejčastěji využívány jsou SPECT/CT, PET/CT a PET/MRI. Vyšší senzitivita a specifická vyšetření je díky využití a doplnění anatomické informace (Sedláčková, Bajčiová a kol. 2016, s. 60).

Pro porovnání historického vývoje zobrazovacích přístrojů v NM ve světě mohou sloužit tato data výroby:

- rok 1957, scintilační kamera
- rok 1963, SPECT
- rok 1975, PET
- rok 1999, SPECT/CT
- rok 2001, PET/CT
- rok 2011, PET/MR

(Materová, 2017, s. 30-31).

2 Endokrinní systém

2.1 Anatomie endokrinního systému

Štítná žláza se nachází na přední ploše krku a je obklopena hrtanem a tracheou a na její mediální straně je nervus laryngeus recurrens. Při její dorzální straně jsou umístěna příštítná tělíska. Členěná je na tři části, pravý a levý lalok, které jsou propojeny isthmem a u asi jedné čtvrtiny lidí z oblasti isthmu vyrůstá lobus pyramidalis. Štítná žláza je cévně zásobená pomocí a. thyroidea superior a inferior a vv. thyroideae superiores, mediae et inferiores. Důležité je brát v potaz blízké uložení a. thyroidea inferior a n. laryngeus při provádění thyreoidektomie. Hmotnost štítné žlázy se pohybuje okolo 20 až 30 g, kdy je v normálním stavu nehmatná (Marek, Hána et al., 2017, s. 201). Její velikost může být ovlivněna různými faktory, a to může být například věk nebo zásobení jodem, pokud je tedy zvětšená nazývá se struma. Štítná žláza je tvořena folikuly vyplněnými koloidem. Samotné folikuly jsou složeny z folikulárních buněk a ty buňky produkují hormony - tyroxin (T4) a trijodtyronin (T3), a pokud je potřeba uvolňují se do krve (Jiskra, 2014, s. 6). Podstatným faktem je, že při intrauterinním vývoji dochází k sestupu buněk štítné žlázy z horní polohy pod jazykem až do normální pretracheální pozice. Někdy může dojít k selhání při sestupu, což může vést k různým patologickým stavům (Piciu, 2017, s. 61).

Příštítná tělíska jsou obvykle čtyři a nacházejí se na dorzální straně štítné žlázy, kdy jeden pár je uložen u horních pólů a druhý pár u dolních pólů. Mohou být lokalizována i ektopicky. Normální hmotnost tělísek je dohromady okolo 170 mg. Jejich barva je žlutavě šedá s fibrozní kapsulou. Každé tělísko má své cévní zásobení a mají vlákna z n. laryngeus a ze sympatiku. Jejich tvar je obvykle oválný, nebo sférický (Marek, Hána et al., 2017, s. 320).

Nadledviny jsou endokrinní párová žláza, kterou dělíme na dřeň a kůru nadledvin. Dřeň je z neuroektodermu a kůra z mezodermu. Nadledviny se nacházejí na horním pólu ledvin a jsou obaleny tukovým pouzdem. Jejich hmotnost je 6-10 g, u žen je obvykle vyšší. Největší část nadledvin tvoří kůra, a to 70 %. Kůra nadledvin se dá rozdělit do tří vrstev. Je to zevní zona glomerulosa, která produkuje hlavně mineralokortikoidy (aldosteron) a vnitřní korové vrstvy – zona fasciculata a zona reticularis, které produkují kortikosteroidy (kortisol a kortikosteron). Zbytek nadledvin

tvorí dřeň, která zabírá zbylých 30 % objemu nadledvin. Barva dřeně je béžová a její struktura je solidně alveolární a trabekulární, její buňky produkují adrenalin a noradrenalin. Cévně zásobují nadledviny aa. suprarenales superiores, mediae a inferiores a dále a. phrenica, aorta a a. renales (Marek, Hána et al., 2017, s. 337, 371).

2.2 Základy fyziologie štítné žlázy

Fyziologie štítné žlázy

Ve štítné žláze dochází k produkci hormonů T3 a T4 významných pro metabolismus (Marek, Hána et al., 2017, s. 215). Pro jejich produkci je důležitý dostatečný přísun jodu (Jiskra, 2014, s. 9). Denní produkce T3 je 30 ng a 80-100 ng hormonu T4, kdy v játrech dochází k přeměně až 90 % T4 na účinnější hormon T3 (Marek, Hána et al., 2017, s. 215). Důležitá je proto regulace funkce a tvorby daných hormonů, ke které dochází díky tyreoidálnímu stimulačnímu hormonu (TSH), k jehož tvorbě dochází v adenohypofýze. Pokud tedy dojde k poklesu hormonů, v krvi dochází k vzestupu produkce TSH, a tedy zvýšení hormonů. TSH zároveň slouží pro stanovení poruch funkce štítné žlázy. Jak již bylo zmíněno, hormony jsou důležité pro funkci metabolismu. Jedním z účinků je jejich působení na hmotnost, kdy nadbytek hormonů se může projevit poklesem váhy, ale naopak nadváha může, ale nemusí být spojena s poruchou tvorby hormonů. Dále hormony ovlivňují metabolismus cukrů, srdeční činnost nebo tělesný vývoj (Jiskra, 2014, s. 9-11).

2.3 Patologie endokrinního systému

2.3.1 Patologie štítné žlázy

Zvýšená funkce štítné žlázy (hypertyreóza)

Hypertyreóza může být způsobena různými onemocněními a tím může být v mladším věku Gravesova-Basedova choroba a ve starším věku diagnostikované uzly ve štítné žláze, příkladem je zde toxický adenom. Příznaky hypertyreózy jsou nejčastěji bušení srdce, nadměrné pocení, úbytek hmotnosti, nebo úbytek svalové hmoty. Jsou zde i příznaky závislé na pohlaví, a to poruchy menstruačního cyklu a u mužů potence (Jiskra, 2014, s. 23-24). Při podezření na hypertyreózu je vhodné provést měření TSH z krevního odběru, jelikož má velkou citlivost a specifitu,

případně lze doplnit test o měření volného T4. (Kahaly et al., 2018, s. 168). Při potvrzení hypertyreózy léčba probíhá dvoufázově, a to ve fázi iniciálního zklidnění a definitivního řešení. Fáze iniciálního zklidnění probíhá podáváním léků do doby, než se dosáhne normální funkce, a to pomocí tyreostatik. Tyreostatika snižují tvorbu hormonů. Léčba by měl být mezi 12-24 měsíci, pokud to stav vyžaduje, je možné léčbu podávat i roky (Jiskra, 2014, s. 27-28).

Gravesova-Basedowa choroba (GD)

Autoimunitní onemocnění, které se vyskytuje nejvíce u mladých žen v poměru 5:1 k mužům. Způsobují ho protilátky proti receptoru TSH, jehož stimulace vede k nadměrné produkci hormonů štítné žlázy a ke zvětšení štítné žlázy, ke které nedochází u všech pacientů. Kromě obecných klinických příznaků a symptomů se zde může objevit orbitopatie. Pokud se vyskytne struma, je difúzní a u některých pacientů přesahuje přední struktury krku. Mezi příznaky patří již zmíněná endokrinní orbitopatie, kdy jde rovněž o autoimunitní proces. Jeden z projevů je zde exoftalmus, jehož příčinou je lymfocytární infiltrační edém a proliferace pojivové tkáně, která zahrnuje extraokulární svaly a retroorbitální tkáň s T-lymfocyty a proliferace fibroblastů. Projev orbitopatie se může rozvinout kdykoliv při onemocnění GD, nebo po její léčbě (Brunová, Bruna, 2014, s. 100, 102).

Subakutní tyreoiditida (De Quervainova tyreoiditida)

Virové zánětlivé onemocnění štítné žlázy, jehož původce se pravděpodobně nachází v horních cestách dýchacích (Brunová, Bruna, 2014, s. 113). Tyto viry mohou být viry spalniček, příušnic, adenoviry, nebo coxsackie viry. Infekce mohou být doprovázeny T-buněčnou imunitní odpovědí, kdy místem působení se stává štítná žláza, kde dochází k destrukci buněk (Marek, Hána, 2017, s. 278). Autoimunitní proces zde není přítomný, typickým nálezem jsou zde granulomatózní a obrovské buňky. Subakutní tyreoiditida se může projevit bolestivou a citlivou strumou, kdy bolest vyzařuje do dolní čelisti a ucha. K nárůstu hormonů, tedy hypertyreóze dochází z důvodu toho, že byly postiženy folikuly. Pak nastupuje fáze přechodné hypotyreózy a následně se hodnoty opět vrátí k normálu – pacient je opět euthyroidní. Subakutní tyreoiditida trvá 4-6 týdnů a má obvykle velmi dobrou prognózu (Brunová, Bruna, 2014, s. 113).

Snížená funkce štítné žlázy (hypotyreóza)

Hypotyreóza je vrozená, nebo získaná, kdy vrozená hypotyreóza je těžké onemocnění, které je potřeba včas podchytit a odvrátit poruchy vývoje u novorozence, proto je nutné sledovat stav štítné žlázy matky a popřípadě doplnit jód. Plošně je u nás prováděn screening novorozenců pro včasné odhalení vrozené hypotyreózy s následnou substitucí hormonů štítné žlázy. Získanou hypotyreózu u nás nejčastěji způsobuje chronická lymfocytární tyreoiditida (Jiskra, 2014, s. 15).

Chronická lymfocytární tyreoditis (Hashimotova tyreoditida)

Stav, při kterém dochází k trvalému získání hypotyreózy (Koranda et al., 2014, s. 176). Probíhá tak, že vlastní imunitní systém napadá štítnou žlázu, jako kdyby zde byla přítomna např. bakteriální infekce, jde zde tedy o tzv. autoimunitní zánět. Etiologie zde není objasněná, může jít o vrozené predispozice, které spustí vlivy jako infekce, nebo stres. Genetická predispozice zde neznamena, že se onemocnění může objevit, ale může se rozvinout i u osob, kterých se netýká výskyt onemocnění v rodině (Jiskra, 2014, s. 15-16).

Tyreoidální uzly

Výskyt uzlů ve štítné žláze je velmi častý s prevalencí mezi 20-70 %. Uzly se dělí na maligní a benigní které převažují. Nález benigních uzlů je spíše náhodný a obvykle nevyžadují žádnou léčbu, pokud se neprojeví bolest, dušnost, nebo když jsou viditelné navenek. Standardem zde je chirurgická resekce, která vyžaduje celkovou anestezii a hospitalizaci s možným výskytem komplikací.

Novou možností je „obrazem naváděná termální ablace“ (IGTA), která má výborné klinické výsledky a mohla by nahradit chirurgické řešení u benigních uzlů. Při jejím použití dochází ke zmenšení uzlu, nebo ke zlepšení již zmíněných symptomů. Avšak IGTA se využívá i pro léčbu zhoubných nádorů štítné žlázy a také v případě recidivy rakoviny po jejím chirurgickém odstranění. I přesto, že využití IGTA techniky je v těchto situacích stále omezené, představuje velmi zajímavou sekundární léčbu v rámci multidisciplinárního přístupu k rakovině štítné žlázy. Jedna z prvních technik, která se používala k provedení IGTA – perkutánní laserová ablace (LA), se využívá v několika klinických scénářích a se svou nízkou invazivitou a vysokou přesností může poskytnout oproti jiným ablačním technikám klinické výhody

(Mauri et al., 2019, s. 25-26). Nedílnou součástí při léčbě tyreoidálních uzlů zde zůstává FNAC pro určení případné malignity uzlu, která je bezpečná, jednoduchá, rychlá a nákladově efektivní (Chakravarthy et al., 2018, s. 598). Pokud se malignita uzlu prokáže, jde obvykle o uzly, které se nám zobrazují při scintigrafii jako „studené“ a pacient bývá euthyreoidní (Pandey et al., 2018, s. 220).

Nádorová onemocnění štítné žlázy

Výskyt rakoviny štítné žlázy je ovlivněn různými rizikovými faktory a mezi nejdůležitější patří například zevní ozáření, které se vyskytlo u 4-15 % pacientů, kteří právě zmíněné zevní ozáření prodělali a trpí následně karcinomem štítné žlázy. Toto se může týkat událostí z minulosti, jako je výbuch jaderné elektrárny v Černobylu v roce 1986. Tento výbuch měl za následek spad s vysokým obsahem jódu, který zasáhl okolní oblast i státy jako je například Bělorusko, to vedlo ke zvýšenému výskytu karcinomů štítné žlázy. Dalším faktorem může být výskyt karcinomu v rodině. Je zde propojenost např. mezi pacienty s familiární adenomatózní polypózou, při které má dotyčný větší pravděpodobnost výskytu papilárního karcinomu, což platí i pro nádory prsu. Riziko je i u pacientů s prodělanou strumektomií s neodpovídající následnou péčí. Pro vznik karcinomu štítné žlázy může být i rizikem nezhoubné onemocnění štítné žlázy, a to chronický zánět štítné žlázy (Vlček, 2012, s. 10-11).

Pokud tedy dojde ke vzniku karcinomu je důležitá jeho včasná diagnostika, při které se obvykle klinicky projevuje jako hmatný uzel, nebo krční lymfadenopatie s možným hmatným karcinomem. Když je onemocnění rozsáhlé, je tumor velký, pevný a dochází k jeho rozšíření do lymfatických uzlin. Naopak v dnešní době dochází ke zlepšení diagnostiky karcinomu, protože se zvyšuje počet ultrazvukových vyšetření a dochází k náhodnému nálezu uzlů, kdy k potvrzení diagnózy pomáhá aspirace tenkou jehlou.

Karcinom štítné žlázy je klasifikován do čtyřech hlavních typů – papilární, folikulární, medulární a anaplastický. Papilární a folikulární, jindy zvané také radiosenzitivní a diferencované karcinomy, vznikají z folikulárních buněk a jsou pomalu rostoucí. Z dobře diferencovaných karcinomů se vyvinul nediferencovaný anaplastický karcinom, který roste velmi rychle a obvykle má špatnou prognózu (Brunová, Bruna, 2014, s. 91-92).

Papilární karcinom

Papilární karcinom je nejčastějším typem karcinomu štítné žlázy, který se vyskytuje obvykle u pacientů ve věku 40-60 let, ale i v nižším věku. Pokud se jedná o malé ložisko do 10 mm, jde o mikrokarcinomy, které mají velmi dobrou prognózu a metastazují výjimečně. Prognóza se zhoršuje s velikostí nálezu (Brunová, Bruna, 2014, s. 92). Větší ložisko může prorůstat pouzdrem štítné žlázy, kdy tento nález je zachycen u třetiny pacientů, obvykle však zůstává uvnitř jako tuhý, nebolestivý uzel. Další projev může být zduření lymfatických uzlin, a to i na obou stranách krku. Papilární karcinom však není sám o sobě moc agresivní. Pomocí léčby radiojódem, která u mnoha pacientů eliminuje nádorové onemocnění je jeho recidiva poměrně vzácná (Vlček, 2012, s. 13-14).

Folikulární karcinom

Dalším v pořadí je folikulární karcinom (FTC), jenž se vyskytuje především u žen středního a vyššího věku (Vlček, 2012, s. 14). Tento karcinom tvoří asi 15 % případů všech malignit štítné žlázy. Je klasifikován jako minimálně nebo vysoce invazivní se vzácným výskytem u dětí. Pokud dojde k jeho šíření dále, tak jde především o hematogenní cestu, kterou zakládá druhotná ložiska především v plicích, nebo v kostech. Naopak šíření lymfatickou cestou není tak časté. Až právě zmíněné metastázy zde mohou být prvním příznakem karcinomu (Brunová, Bruna, 2014, s. 92-93). Podle Vlčka (2012, s. 14) „metastázy tohoto nádoru ve většině případů akumulují radiojód“.

Medulární karcinom

Nižší výskyt je u medulárního karcinomu (MTC), který klesá pod 10 % a jeho výskyt je sporadický (75-80 %) nebo familiární (20-25 %). Tento karcinom vychází z C-buněk štítné žlázy a produkuje hormon kalcitonin (Brunová, Bruna, 2014, s. 93). Podle Starého (2016, s. 203) „medulární karcinom je též součástí syndromu mnohočetné endokrinní neoplazie typu 2 (MEN 2)“. V kombinaci s jinými onemocněními tento syndrom lze rozdělit dále na MEN 2A a MEN 2B. Diagnostika MTC je i náhodná, a to při vyšetření karotid na ultrazvuku a obvykle se jeví jako nebolestivá struma. Přímá diagnostika se provádí pomocí palpce a dále ultrazvukového vyšetření společně s aspirací tenkou jehlou. Časté je u MTC metastazování lymfatickou cestou s 25% výskytem vzdálených ložisek. Před

začátkem léčby je důležité vyšetření krčních uzlin pomocí ultrazvuku a jejich následné vyjmutí při operaci společně se štítnou žlázou. Při předoperačních vyšetřeních je dalším důležitým faktorem nutné vyloučení feochromocytomu, jehož léčba by se musela řešit jako první. Důležitá je i úprava kalcia v krvi při primární hyperparatyreóze a to pro správný průběh anestezie. Postup léčby se dále odvíjí od stupně onemocnění. Využití terapie ¹³¹I-MIBG je dobré pouze v případech výskytu druhotných ložisek. Chemoterapie je aplikována v případě paliativní péče. Dále jednou z možností je biologická léčba pomocí kabozantinibemu, který je podáván dospělým pacientům s MTC při výskytu metastáz. Tato léčba je podávána v ČR v onkologických centrech ve FN Motol, MOÚ Brno, FN Olomouc a FN Hradec Králové. (Sedláčková, Bajčiová a kol. 2016, s. 203-205).

Nediferencovaný karcinom

Posledním nejčastějším karcinomem, se kterým se zde můžeme setkat je nediferencovaný anaplastický karcinom, který je častý u starších pacientů, ale taktéž se vyskytuje u mladších a u dětí. Tento tumor se vyvinul z dobře diferencovaného karcinomu štítné žlázy. Vhodně musí být zvolena chirurgická léčba, kterou je nutné doplnit agresivní chemoterapií (Brunová, Bruna, 2014, s. 91-93).

Tabulka 1: TNM klasifikace maligních nádorů štítné žlázy (UICC)

T – primární tumor	TX	primární nádor nelze hodnotit
	T0	bez známek primárního nádoru
	T1a	nádor 1 cm nebo méně
	T1b	nádor do 2 cm, ale větší než 1 cm
	T2	nádor větší než 2 cm a ne větší než 4 cm
	T3	větší než 4 cm nebo prorůstající přes pouzdro štítné žlázy do okolních tkání
	T4	nádor jakékoliv velikosti prorůstající přes pouzdro štítné žlázy do okolních orgánů
N – regionální mízní uzliny	NX	region. uzliny nelze hodnotit
	N0	v regionálních uzlinách nejsou metastázy
	N1	metastázy v region. uzlinách N1a – ve stejnostranných uzlinách na krku N1b – v kontralaterálních krčních,

		mediastinálních nebo jugulárních uzlinách
M – vzdálené metastázy	MX	vzdálené uzliny nelze hodnotit
	M0	nejsou vzdálené metastázy
	M1	vzdálené metastázy

(Zdroj: Koranda et al., 2014, s. 193)

2.3.2 Patologie příštítných tělísek

Hyperparatyreóza

Hyperparatyreózu můžeme dále dělit podle příčiny vzniku. Primární hyperparatyreóza (PHPT) má výskyt 1-7 na 1000 obyvatel v celkové populaci s největším postižením postmenopauzálních žen. Nejčastější příčinou onemocnění je solitární adenom v 80-85 %. PHPT mohou onemocnět muži i ženy do 45 let věku se stejnou incidencí, kdy po tomto roce se poměr obrátí a onemocnění postihuje spíše ženy, a to v poměru 3:1. Symptomy, kterými se nemoc projeví jsou neuromuskulární slabost, onemocnění kostí, recidivující nefrolitiáza, nebo psychické poruchy (Mantzoros et al., 2018, s. 1335-1336). Hyperfunkční příštítná tělíska vylučují velké množství PTH způsobující zvýšení hladiny vápníku v krvi (Tunninen et al., 2017, s. 1). Proto z laboratorních výsledků je důležitá zvýšená hladina parathormonu a vápníku. Dále se laboratorní vyšetření doplňuje zobrazovacími postupy jako je US, MRI, nebo scintigrafie. Při výskytu nejčastější příčiny PHPT, adenomu, se zde k předoperační lokalizaci využívá nejvíce kombinace scintigrafie a US krku. Operace je zde definitivním řešením pro úplné vyléčení (Mantzoros et al., 2018, s. 1335-1336).

V důsledku progresivního zvýšení hladiny PTH u onemocnění ovlivňujících metabolismus vápníku a fosforu se vyskytuje sekundární hyperparatyreóza (SHPT) a jde o častou komplikaci u pacientů s chronickým onemocněním ledvin. U pacientů s těžkou SHPT se často vyvíjí kostní onemocnění, které vede k bolesti kostí a riziku zlomenin, další spojením je s výskytem srdečních onemocnění a vyšší mortalitou. K detekci tohoto onemocnění je opět zvolen US, CT, MRI a metody nukleární medicíny (Li et al., 2017, s. 1-2).

2.3.3 Patologie nadledvin

Feochromocytom

Jde o nádorové onemocnění, které vzniká z chromafinních buněk a je možné ho rozdělit na maligní a benigní onemocnění dřeně nadledvin.

Benigní feochromocytom, můžeme dále rozdělit podle stran výskytu, a to na jednostranné ložisko, které se vyskytuje v 90 % a v 10 % jde o ložisko oboustranné, které je obvykle podmíněno geneticky. Narozdíl od benigního feochromocytomu se maligní nevyskytuje v takové míře a to v 3-14 %. Maligní feochromocytom můžeme rozeznat od benigního pomocí několika znaků. Jedním z těchto znaků může být atypická mitóza, jeho invaze do periadrenální tukové tkáně, nebo přítomnost nekróz (Sedláčková, Bajčiová a kol. 2016, s. 46-48).

Paragangliom

Je nádor vznikající z chromafinních buněk sympatického a parasympatického systému. Společně s feochromocytomem mají tato nádorová onemocnění ojedinělý výskyt se závislostí na studované populaci. Podstatné je zde taktéž velké procento výskytu paragangliomu a feochromocytomu kvůli dědičné mutaci různých genů. Společně mají i příznaky v závislosti s nadprodukcí katecholaminů, kterými se mohou projevit, a to bolesti, pocení, palpitace, nebo bolest z utlačování tumorem (Sedláčková, Bajčiová a kol. 2016, s. 304, 310).

3 Radionuklidová vyšetření v endokrinologii

3.1 Radiofarmaka

Důležitou součástí vyšetření je výběr radiofarmaka, které záleží na mnoha faktorech. V nukleární endokrinologii lze radiofarmaka klasifikovat podle jejich účelu, a to diagnóza nebo terapie (Brunová, Bruna, 2014, s. 82; Piciu, 2017, s. 45).

$^{99m}\text{TcO}_4^-$ (pertechnetat, technecistan)

Používá se jako alternativa ^{123}I při scintigrafii štítné žlázy pro jeho dostupnost z $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ generátoru a pro jeho nízkou dávku záření, kterou pacient při vyšetření obdrží. ^{99m}Tc má ideální fyzikální vlastnosti – energii 140 keV s poločasem rozpadu 6 hodin, čímž je vhodný pro zobrazení pomocí gama kamery a emituje pouze žádané záření gama (Ziessman et al., 2014, s. 68-69; Koranda, Mysliveček a Hušák, 2002, s. 9). Aplikace technecistanu je i.v. (Ziessman et al., 2014, s. 68-69). Pacient, který je naaplikován je vyšetřen brzy po aplikaci, a to ve 20-30 minutě (Brunová, Bruna, 2014, s. 82).

Radioaktivní jód ^{131}I

U ^{131}I jde o beta-gama zářič, který má poločas rozpadu 8 dní s energií beta záření 197 KeV a gama záření 364 KeV (Viček, 2012, s. 24). Vzhledem k tomu, že ^{131}I patří mezi částice s vyšší energií, používá se kolimátor pro vysoké energie nad 300 keV (Koranda et al., 2014, s. 28). Nevhodně zvolený kolimátor by mohl způsobit zhoršení kontrastu a polohové rozlišení (Kupka et al., 2015, s. 28).

Radioaktivní jód ^{123}I

Rozpad ^{123}I probíhá elektronovým záchytem s poločasem rozpadu 13,2 hodiny. Energie emitovaného gama záření je 159 keV, proto je vhodný pro zobrazení pomocí gama kamery. Pokud porovnáme ^{123}I a ^{131}I , je zde největší výhodou menší radiační zátěž pacienta u ^{123}I , zejména pro nepřítomnost beta složky, právě proto je tento izotop vhodný pouze ke stanovení diagnózy (Ziessman et al., 2014, s. 68; Piciu, 2017, s. 47).

Metajodbenzylguanidin (MIBG)

Jde o strukturní analog noradrenalinu, který se nejvíce používá při zobrazování NEN, kterými jsou feochromocytom, paragangliom, nebo neuroblastom se senzitivitou 75-80 %. Pro celotělové a SPECT zobrazování se MIBG označí ^{123}I a ^{131}I . V České Republice se ^{123}I -MIBG využívá pro zobrazování a ^{131}I -MIBG na terapii. Pro provedení vyšetření jsou nutná opatření, a to blokáda štítné žlázy a případné vysazení léků, což je vhodné konzultovat s lékařem oddělení nukleární medicíny. Jedná se o léky, které by mohly interferovat s akumulujícím MIBG, například sympatomimetika, některá antihypertenziva a antipsychotika. Ohledně přípravy pacienta je vhodná dostatečná hydratace a eventuálně podat projímadlo (Sedláčková, Bajčiová a kol. 2016, s. 61-62).

F-DOPA

Dalším vhodným radiofarmakem je F-DOPA, které se využívá při PET vyšetření.

F-DOPA se dá například využít pro zobrazení feochromocytomu a paragangliomu a jde o vyšetření nadřazené MIBG zobrazení. Pro zobrazení MTC jsou zde výsledky velmi pozitivní. Dostupnost v České republice je malá (Sedláčková, Bajčiová a kol. 2016, s. 62-63).

FDG (^{18}F -fluorodeoxyglukóza)

V onkologii, při vyšetření PET, se nejvíce používá pro zobrazení FDG, kdy jeho míra vychytání je mírou diferenciací nádoru. U těchto nádorových onemocnění, kde není glukóza samostatným zdrojem energie se jedná o dobře diferencované nádory, které se nezobrazí. U tohoto vyšetření existují určitá doporučení a těmi jsou dostatečné odstupy od chemoterapie, radioterapie a případné operace. U radioterapie je nutný odstup pro správné posouzení ozářené oblasti minimálně 3 měsíce, pokud se jedná o hodnocení nálezu v ostatních částech těla, vyšetření může proběhnout bez omezení. U chemoterapie jde o interval 2 týdny a od operace 6 týdnů, ale opět omezení platí pouze u hodnocení místa operace. Pro udržení senzitivity vyšetření u pacienta s diabetem je nutné zkontrolovat hladinu glukózy v krvi (Sedláčková, Bajčiová a kol. 2016, s. 65-66).

^{99m}Tc-MIBI

Vyšetření pomocí ^{99m}Tc-MIBI, které se provádí jako celotělová scintigrafie (WB) a SPECT se indikuje k lokalizaci zvětšených příštítných tělísek (většinou adenomů, méně hyperplazie), event. karcinomů, mimo endokrinologické zobrazení se využívá při perfuzi myokardu. Pro toto vyšetření není žádná speciální příprava a jeho provedení trvá okolo tří hodin (Sedláčková, Bajčiová a kol. 2016, s. 67).

3.2 Diagnostika štítné žlázy

Klinické vyšetření

Mezi jinými endokrinními žlázami má štítná žláza zvláštní výhodu v souvislosti s její snadnou přístupností. Jak již bylo zmíněno, porucha štítné žlázy se může projevit v každém orgánu nebo systému těla a může pokrýt velké množství symptomů. Pro tyto důvody by měl být každý lékař kterékoliv specializace schopen provést důkladný rozhovor s pacientem, nebo fyzikální vyšetření (Piciu, 2017, s. 65).

Anamnéza

Onemocnění štítné žlázy může být geneticky podmíněné, proto je anamnéza jedním z prvních kroků vyšetření. Nyní je anamnéza především důležitá z důvodu nárůstu nodulárních strum. Anamnéza pacienta může odhalit informace ohledně věku, pohlaví, vystavení ozáření, symptomy hypertyreózy nebo hypotyreózy a náhlé změny v objemu a velikosti uzlu. Například starší pacienti vyžadují vyšší pozornost, jelikož vyšší věk urychluje přechod mezi stádii rakoviny, ženy jsou náchylnější na onemocnění štítné žlázy a u mužů je onemocnění naopak agresivnější (Piciu, 2017, s. 65).

Fyzikální vyšetření

Vyšetření štítné žlázy se provádí čelem k pacientovi za jeho zády. Během tohoto vyšetření se sleduje její možné zvětšení a asymetrie. Palpací se zjišťuje tvrdost, povrch, objem, přítomnost patologických uzlin a bolest při palpaci. Na očích a obličeji může být patrná oftalmopatie, nebo otok v obličeji. Důležitý je také rozhovor s pacientem o jeho momentálním zdravotním stavu, jelikož může trpět například třesem, pocením, průjmem, ale také změnou v hmotnosti (Piciu, 2017, s. 65-66).

Aspirace tenkou jehlou (FNAB)

Biopsie tenkou jehlou je standardním testem, protože je bezpečná, účinná a cenově výhodná. Představuje nejdůležitější diagnostický nástroj při hodnocení uzlů ve štítné žláze, kdy při jejich výskytu by měla být zvolena prioritně, anebo jí lze využít při odvodnění bolestivé cysty. Doporučením při provedení FNAB pro zvýšení přesnosti je využití ultrazvuku (US) (Piciu, 2017, s. 70). Biopsie probíhá při lokální anestezii s tím, že pacient je uložen v pozici na zádech se záklonem hlavy. Obvykle se odebírají dva vzorky, u některých pacientů i více (Brunová, Bruna, 2014, s. 84).

Ultrazvuk (US)

Indikací k vyšetření US je hmatný útvar, pooperační kontrola a podezření na malignitu. Zároveň se ale vyskytují indikace, které nejsou endokrinologické, příkladem může být angiologie – šelesty nad karotidami, projevy ischémie v karotickém povodí. Speciální příprava při vyšetření US není nutná, pacient je uložen s mírně zakloněnou hlavou na zádech s podloženými rameny. Pacientovi je nanesen sonografický gel na vyšetřovanou stranu krku a samotné vyšetření je obvykle zprostředkováno lineární sondou o frekvenci 5-15 MHz (Marek, Hána et al., 2017, s. 220).

Zobrazení pomocí CT a MRI

Vyšetření pomocí CT a MRI není nákladné při počátečním hodnocení štítné žlázy. Tyto studie mohou být užitečné při hodnocení nádoru nebo při hodnocení rozšíření již známého nádoru štítné žlázy. Je však nutné se vyhnout jodovým kontrastním látkám při CT vyšetření, aby bylo možné případně doplnit scintigrafii (Piciu, 2017, s. 74-75).

Laboratorní testy

Díky novým vývojem vyšetření se objevily nové možnosti k přesnému zhodnocení funkce štítné žlázy, a to díky vývoji metod k přesnému měření TSH hormonů a hormonů štítné žlázy (Brunová, Bruna, 2014, s. 82). Důležitým parametrem pro stanovení funkce štítné žlázy je stanovení hladiny TSH, čímž lze odhalit možné subklinické dysfunkce – pacient má normální hodnoty hormonů štítné žlázy, ale abnormální hodnoty TSH. Snížení TSH může značit i projev jiných onemocnění než hypertyreózy, jako je například subakutní tyreoiditida nebo

sekundární hypotyreóza. Dalším důležitým ukazatelem je stanovení volné frakce tyroxinu (FT4) pro detekci a zhodnocení hypo- a hypertyreózy. Hladiny volné frakce trijodtyroninu (FT3) slouží při diagnostice tzv. T3-hypertyreózy s izolovaně zvýšeným hormonem T3. U pacientů s odstraněnou štítnou žlázou slouží hladina tyreoglobulinu jako ukazatel přítomnosti tkáně karcinomu štítné žlázy (Koranda et al., 2014, s. 177). Zvýšená hladina kalcitoninu může značit výskyt metastáz medulárního karcinomu štítné žlázy (Kupka et al., 2015, s. 86).

3.3 Scintigrafie štítné žlázy

Při prvním podezření na onemocnění štítné žlázy se nejprve indikuje US, kterým lze posoudit hmatné nálezy na štítné žláze, rozlišit některé druhy zánětů, anebo odlišit cystu od solidní struktury. Ultrazvukem nelze rozlišit benigní od maligního uzlu. K doplnění ultrazvukového nálezu se provádí FNAB, která zvyšuje specifitu a senzitivitu vyšetření při kterém se odebírá vzorek, který je následně odeslán k histopatologickému vyšetření (Míková et al., 2008, s. 75).

Nedílnou součástí vyšetření štítné žlázy zastává scintigrafie, která zobrazuje rozložení funkční aktivity v parenchymu štítné žlázy (Koranda et al., 2014, s. 178). Indikací k vyšetření je zobrazení tvaru, velikosti a případné ektopie štítné žlázy, další možnou indikací je prokázání rezidua po léčbě karcinomu, nebo diagnostika metastáz (Míková et al., 2008, s. 76). Důležitá je taktéž při výskytu velké nodulární strumy pro odlišení hyperfunkčních (horkých) uzlů od nefunkčních (studených) uzlů (Brunová, Bruna, 2014, s. 82).

Scintigrafie štítné žlázy pomocí technecistanu

Indikací k tomuto vyšetření je mnoho, příkladem je diagnostika hypertyreózy a jejich příčin, rakovina štítné žlázy, De Quervainova tyreoiditida, Hashimotova tyreoiditida, uzly, cysty a struma (Piciu, 2017, s. 76).

Radiofarmakum, které je při tomto vyšetření použito je $^{99m}\text{TcO}_4^-$, které se aplikuje intravenózně. Ten se zachycuje z krevního řečiště do štítné žlázy, ale bez organifikace. Aplikovaná dávka se pohybuje mezi 74-370 MBq, kdy po i. v. aplikaci je nutné počkat 15-30 minut. Diagnostická referenční úroveň se počítá pro dospělého pacienta, který váží 70 kg, orientační hodnota pro pacienta, který váží 70 kg \pm 5 kg je 200 MBq (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s. 272-273). Při zobrazení technecistanem

se nejčastěji používá scintilační kamera s pin hole kolimátorem, který zvětšuje průmět štítné žlázy, případně lze využít kolimátor s paralelními otvory. Scintigrafii je vhodné doplnit o zobrazení pomocí SPECT, nebo hybridním zobrazením SPECT/CT (Kupka et al., 2015, s. 86). Poté je pacient při vyšetření uložen vleže s mírně zakloněným krkem (Piciu, 2017, s. 75-76).

Celotělová scintigrafie ^{131}I u karcinomu štítné žlázy

Po totální tyreoidektomii je indikována celotělová scintigrafie u pacientů bez hormonální substituce (tzn. ve stavu těžké hypotyreózy) nebo po podání rekombinantního TSH pomocí ^{131}I k potvrzení zbytků štítné žlázy, nebo možného výskytu metastáz karcinomu štítné žlázy. Mezi kontraindikace tohoto vyšetření patří gravidita a laktace.

Aby mohlo vyšetření proběhnout podle daných postupů, je nutné vhodně připravit pacienta, kdy hladina TSH by měla být nad 30 mU/l, které se dosáhne vysazením tyroxinu alespoň na 4 týdny před podáním radiojodu nebo vysazením trijodthyroninu 2 týdny před podáváním. Během posledního měsíce před vyšetřením je nutné u pacienta dle možností co nejvíce snížit příjem jódu (Kraft, 2014, s. 46-47). Důležité je také pacienta před vyšetřením poučit a vyloučit případný kontakt s jódem, který by mohl nastat například při použití desinfekčních prostředků (jodisol), nebo léků (amiodaron) (Koranda, Mysliveček, Hušák, 2002, s. 10). Významné je dodržení odstupu po aplikování jodových kontrastních látek, který by měl být minimálně 2-3 měsíce. U některých pacientů lze využít rekombinantního lidského TSH aplikovaného intramuskulárně ve dvou dnech po sobě následujících. Pacient by také měl být poučen o tom, že by měl lačnět 4 hodiny před a 1 hodinu po podání radiofarmaka. Pokud je pacientovi podána terapeutická dávka ^{131}I , měla by být stimulována tvorba slin.

Diagnostická dávka ^{131}I je obvykle podána 72 hodin před vyšetřením p. o. o dávce 74-185 MBq, naopak při diagnostické scintigrafii ^{123}I stačí i. v. podání 24 h před vyšetřením. Při samotném vyšetření je pacient uložen vleže (Kraft, 2014, s. 46-47).

Radiojodový akumulční test

V průběhu tohoto testu se měří procento podaného radioaktivního jódu, které je zachyceno tkání štítné žlázy po daném intervalu, a to obvykle po 24 hodinách (Amoako, 2018, s. 243). Měření probíhá tak, že pacientovi je aplikováno p. o. malé množství ^{131}I , jehož záznam probíhá pomocí kolimované detekční jednotky. Hodnoty měření by se měly pohybovat ideálně mezi 20-40 %. Časové intervaly měření probíhají, jak již bylo zmíněno za 6, 24, 48 a 72 hodin. Indikací je zde terapie radiojodem, protože je důležité znát kinetiku jodu pro přesný výpočet terapeutické dávky, další indikací je diagnostika subakutní tyreoiditidy, ta ovšem není tak častá. Kinetika radiojodu se doplňuje o stanovení tzv. efektivního poločasu radiojodu ($T_{1/2_{ef}}$), který vyjadřuje čas, za který poklesne aktivita v organismu na polovinu (Koranda et al., 2014, s. 183).

3.4 Scintigrafie příštítných tělísek

Zobrazovací metody, které lze použít při hyperparatyreóze, jsou US, CT a MRI. Jako metoda první volby se používá US krku, po kterém většinou následuje scintigrafické vyšetření.

Jako první volíme vyšetření pomocí US, který má spoustu výhod. Mezi výhody US vyšetření patří jeho vysoká dostupnost, nízká cena, neinvazivnost a absence ionizujícího záření. Některé nálezy jsou však nejednoznačné a vyšetření navíc neumožňuje vizualizaci ektopických příštítných tělísek. US krku je prováděn pomocí lineární sondy s energií (5-15 MHz), kdy je pacient uložen v pozici na zádech s hlavou nakloněnou dozadu (Chiriac, Goldstein, 2018, s. 142).

Scintigrafie zmnožené parathyroidální tkáně je další metodou, která je využívána k diagnostice a k předoperační lokalizaci adenomů nebo hyperplazie příštítných tělísek. V dnešní době se využívá několik možností, jak toto vyšetření provést, a to nejčastěji pro svou jednoduchost a vysokou senzitivitu – jedná se o dvoufázovou scintigrafii pomocí ^{99m}TC -MIBI, subtrakční scintigrafii s možností o doplnění zobrazení metodou SPECT (SPECT/CT) (Jovanovska et al., 2018, s. 808; Kupka et al., 2015, s. 89).

Dvoufázová scintigrafie

MIBI se odplavuje z adenomů a hyperplastických žláz ve srovnání s normální tkání štítné žlázy a příštítných tělísek pomaleji, a proto je pro toto zobrazení vhodné (Jovanovska et al., 2018, s. 808). Snímky jsou získávány v časně fázi za 5-10 minut a v pozdní fázi za 2-3 hodiny (Kupka et al., 2015, s. 89). Je zde několik faktorů, které ovlivňují vychytávání ^{99m}Tc -MIBI v časně fázi vyšetření, proto je nutná znalost biodistribuce MIBI pro správné zhodnocení výsledků. Nejčastějším ovlivňujícím faktorem je zde onemocnění štítné žlázy. Známé jsou zde uzly ve štítné žláze, kde dochází ke zvýšenému vychytávání a pomalému vyplavování, tento fakt je spojen s vyšší pravděpodobností malignity v několika studiích, ale může také vést k potížím při interpretaci výsledků scintigrafie příštítných tělísek. Problém to může být zejména na odděleních, kde není k dispozici SPECT/CT (Jovanovska et al., 2018, s. 808-809, 811).

Subtrakční zobrazení

Při tomto zobrazení jsou důležité regiony zájmu (ROI) definované pro první akvizici obrysem štítné žlázy a pro druhou akvizici ROI štítné žlázy a příštítných tělísek. Odečítá se první ROI od druhého. Pro zobrazení prvního ROI se nejprve aplikuje technecistan, nebo ^{123}I , který se vychytá ve štítné žláze (Chiriac, Goldstein, 2018, s. 143). Pacientovi je před zahájením scintigrafie technecistanem podán chloristan draselný, kvůli schopnosti iontů chloristanu vyplavit ionty technecistanu ze štítné žlázy (Koranda et al., 2010, s. 194). Pro zobrazení druhého ROI se podá metabolické radiofarmakum (^{99m}Tc -MIBI, ^{99m}Tc -tetrofosmin, ^{201}Tl -chlorid) (Chiriac, Goldstein, 2018, s. 143). Po odečtení snímků se zvětšené příštítné tělísko zobrazí jako ložisko zvýšené aktivity (Kupka et al., 2015, s. 89). Příkladem vhodné kombinace radiofarmak při vyšetření příštítných tělísek může být technecistan s ^{99m}Tc -MIBI. Při tomto vyšetření se pacientovi nejprve aplikuje i.v. 50-175 MBq technecistanu (Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, s. 292-293). Před zahájením nahrávání aplikovaného radiofarmaka se podá chloristan draselný a po 20 minutách je zahájeno nahrávání scintigramu štítné žlázy (Radiologické standardy FN Olomouc PP-MP-L019-01-01-1, s. 37). Deset minut po konci nahrávání je aplikováno i.v. 700-800 MBq ^{99m}Tc -MIBI (Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, s. 292-293). Statická scintigrafie je zahájena rovněž deset minut po aplikaci, po které je doplněna metodou SPECT, která může být doplněna z indikace

lékaře vyšetřením CT. Vyšetření je zakončeno pozdní scintigrafií ^{99m}Tc -MIBI, která se provádí 2 hodiny od aplikace (Radiologické standardy FN Olomouc PP-MP-L019-01-01-1, s. 37-38).

Hybridní zobrazení

Hybridní zobrazení zvyšuje senzitivitu vyšetření a umožňuje chirurgům pomoci se lépe připravit na daný zákrok anebo dokonce změnit průběh operace z invazivní na miniinvazivní. Vyšetření pomocí hybridního zobrazení PET/CT prokázalo prospěšnost při stagingu a pooperačním hodnocení neoplazií, nebo může být použito v diagnostice adenomů a rakoviny (Chiriac, Goldstein, 2018, s. 143).

PET/CT pomocí F18-fluoromethylcholinu

Vyšetření parathyreoidální tkáně lze provést různými radiofarmaky a protokoly. V literatuře byl nedávno zvýrazněn význam F18-fluoromethylcholinu. Cholin je molekula, která je normální složkou membránových buněk, je markerem proliferace buněk. Zvýšená proliferace pravděpodobně vede ke zvýšené absorpci cholinu, který je po fosforylaci cholinkinázou zachycen, aby došlo ke vzniku hlavního membránového fosfolipidu „fosfatydilcholinu“. Z toho vyplývá, že zvýšení činnosti cholin kinázy vede ke zvýšení absorpce cholinu.

Na základě tohoto mechanismu lze F18-FCH použít pro detekci adenomu příštítných tělísek. ^{18}F emituje pozitronové částice s poločasem rozpadu 109,7 minut. K vyloučení ^{18}F -FCH dochází močí přes ledviny. Protokol pro vyšetření pomocí PET/CT je takový, že se pacientovi podá 5-10 mci (185-370 MBq) i.v. a zobrazení se provede po 45-60 minutách po aplikaci. Pokud by šlo o zobrazení SHPT, zde ještě musí dojít k přezkoumání účinnosti zobrazení. Vyšetření pomocí ^{18}F -FCH je tedy novým slibným nástrojem nástrojem pro lokalizaci adenomu, nebo hyperplazie příštítných tělísek, avšak je nutné pro zhodnocení provést větší validační studie, kdy bude důležité porovnání s 4D-CT (Prabhu, Damle, 2018, s. 535-540). Jeho nevýhodou je taktéž nízká dostupnost a náklady, které vážně omezují použití tohoto radiofarmaka k prokázání patologie tkáně příštítných tělísek a bylo by vhodné provést studie pro porovnání s klasickým zobrazením pomocí MIBI (Piciu, 2017, s. 46).

3.5 Scintigrafie nadledvin

CT a MRI zobrazení

CT je nejčastěji volené vyšetření nadledvin dospělých, u kterého jsou nutné apnoické pauzy pro zachycení možných lézí, ale i samotných nadledvin u kterých dochází k pohybu při maximálním výdechu a maximálním nádechu až o 5 cm. MRI nám poskytuje velmi kvalitní obrázky lézí nadledvin a v některých případech může být nápomocná metoda řešení problémů (Brunová, Bruna, 2014, s. 119-120).

Scintigrafie

Funkční zobrazení nadledvin je umožněno dvěma skupinami radiofarmak. První skupinou je scintigrafie pomocí MIBG, který může být značný ^{131}I , nebo ^{123}I . Jedná se o metodu, která má vysokou senzitivitu pro primární tumory a metastáze v případě maligního feochromocytomu. V přípravě pacienta je podmínkou blokování štítné žlázy jodidem draselným a je nutné, aby byl prázdný močový měchýř, aby nebyly zakryty případné pánevní léze (Brunová, Bruna, 2014, s. 122). Radiofarmakum ^{123}I -MIBG se aplikuje i.v., vlastní zobrazení se provádí za 4, 24, případně i za 48 hodin (Koranda et al., 2014, s. 146). Podle radiologických standardů KNM FNOL je scintigrafie ^{131}I -MIBG provedena po 24 a po 48 hodinách od aplikace, dále je možné doplnit snímky za 72 hodin. Nahrávání probíhá celotělově v přední a zádňi projekci při posunu kamery 4-5 cm/min. Další možností je získání několika scintigramů, ze kterých počítač tvoří jeden celkový obraz (Radiologické standardy FN Olomouc PP-MP-L019-01-01-1, s. 77). Vyšetření se doplňuje o metodu SPECT, které je zaměřeno na podezřelou, nebo cílovou oblast (Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, s. 304). SPECT se provádí za 24 hodin od aplikace (Koranda et al., 2014, s. 146). K metodě SPECT se z indikace lékaře může doplnit CT vyšetření (Radiologické standardy FN Olomouc PP-MP-L019-01-01-1, s. 77).

Druhou skupinou je zobrazení radiofarmakem obsahujícím analog cholesterolu, ten se vychytává v kůře nadledvin a je používán v diagnostice onemocnění již zmíněné kůry nadledvin (Brunová, Bruna, 2014, s. 122). Běžné radiofarmakum, které se pro toto zobrazení volí je NP-59, ale jeho velkou nevýhodou je vysoká dávka radiace, kterou pacient obdrží v důsledku beta složky ^{131}I (Piciu,

2017, s. 210). Indikací k tomuto vyšetření je například bilaterální adenom, vyloučení hormonálně aktivního adenomu od neaktivního, ale také hyperplazie. Obvykle aplikovaná aktivita je zde 10 MBq (Brunová, Bruna, 2014, s. 122). Při přípravě pacienta je nutné podat medikaci k blokování štítné žlázy a zobrazení je získáváno v AP, PA projekci, bočné a šikmé (Piciu, 2017, s. 2010). Samotné vyšetření je provedeno nejprve 48 hodin od aplikace s doplněním SPECT/CT a opakováním 5.-7. den (Kupka et al., 2015, s. 91). Pokud zde není žádná patologie, nejsou nadledviny zobrazitelné po dobu 5 dní od začátku vyšetření, naopak dřívější zobrazení značí hyperplazii a unilaterální zobrazení adenom. Útvary jako nefunkční karcinom, cysta, metastáza se objeví jako studené léze. Avšak v poslední době je často tato metoda nahrazována vyšetřením CT a MRI, protože je vysoce nákladná ve srovnání s jejími výsledky (Brunová, Bruna, 2014, s. 122).

3.6 Scintigrafie pomocí somatostatinových receptorů

^{99m}Tc-Tektrotyd je radiofarmakum používané k diagnostice patologických lézí ve kterých se vyskytuje zvýšené množství somatostatinových receptorů (zejména subtypy 2, 3 a 5). Mezi nádory s touto charakteristikou patří například feochromocytom, paragangliom, neuroblastom, nebo medulární karcinom štítné žlázy. Zároveň se používá pro zobrazení ne-endokrinologických tumorů – karcinom prsu, melanom, nebo například rakovina prostaty (Piciu, 2017, s. 56-57).

Před vyšetřením je důležité, aby byl pacient dostatečně hydratován pro snížení radiační zátěže po vyšetření. Pro optimální zobrazení břišní dutiny je nutné, aby pacient 2 dny před vyšetřením dodržoval tekutou dietu a 1 den před vyšetřením užíval projímadlo (Databáze léků, c2010).

Radiofarmakum je aplikováno i.v. o dávce v rozmezí 370-925 MBq a při vyšetření je pacient v pozici vleže (Piciu, 2017, s. 221). Před podáním ^{99m}Tc-Tektrotydu je možné ho naředit roztokem chloridu sodného, což usnadňuje jeho aplikaci (Databáze léků, c2010). Z technického vybavení je použit kolimátor LEHR – kolimátor pro nízké energie s vysokým rozlišením (Piciu, 2017, s. 221). Snímky se získávají s odstupem 1-2 hodin a 4 hodin od aplikace radiofarmaka s možností vyšetření doplnit o akvizice po 15 minutách a 24 hodinách. Je doporučeno vyšetření

provést jako WB s doplněním SPECT (SPECT/CT) (Databáze léků, c2010).
SPECT/CT zvyšuje rozlišení a senzitivitu vyšetření (Piciu, 2017, s 221).

4 Terapie

Léčba radioaktivním jódem probíhá zejména u zhoubných onemocnění štítné žlázy, ale i u nezahubných onemocnění, kterou je např. Gravesova-Basedowa choroba, nebo hyperfunkční nezahubné uzly. Terapie pobíhá po podání tablety jako vnitřní ozáření štítné žlázy pomocí ^{131}I . Podaný ^{131}I se absorbuje v buňkách štítné žlázy, kde dochází k jejich zničení, dále dochází ke snížené tvorbě hormonů a samotnému zmenšení štítné žlázy (Jiskra, 2014, s. 37).

Léčba hypertyreózy pomocí ^{131}I

Terapie benigního onemocnění hypertyreózy pomocí ^{131}I je účinná, dobře tolerovaná definitivní léčba, která je využívána již řadu let. V průběhu léčby dochází ke koncentraci ^{131}I ve funkční tkáni štítné žlázy a za pomoci beta-složky záření dochází během několika týdnů k její částečné destrukci (Wong et al., 2018, s. 2).

Léčbu hypertyreózy lze rozdělit na 2 fáze – fáze iniciálního zklidnění a fáze definitivního řešení. Do první fáze patří léčba tyreostatiky za účelem dosažení eutyreózy u pacienta. Účinek léčby se projeví do několika týdnů a proto, kvůli oběhovým projevům hypertyreózy, je nutné pacientovi podávat léky (betablokátoři) (Jiskra, 2015, s. 870). Tyreostatická léčba má vysokou úspěšnost, nicméně pokud nedojde k pozitivní odpovědi do dvou let od léčby, je voleno definitivní řešení – operace, nebo terapie ^{131}I (Marek, Hána et al., 2017, s. 248-249). V dnešní době nelze ani jednu z metod definitivního řešení upřednostnit, protože obě mají své výhody a nevýhody (Jiskra, 2015, s. 871).

Pacienti, u kterých se vyskytnou hyperfunkční uzly se terapie volí vždy (Jiskra, 2015, s. 871). Dalšími indikacemi pro léčbu ^{131}I , jsou vedlejší účinky, nebo recidivy po léčbě tyreostatiky, dále například pacienti trpící arytmiemi, vyšší věk, polymorbidita, nebo hlasový potenciál (Kahaly et al., 2018, s. 174; Jiskra, 2015, s. 871). Kontraindikacemi k terapii jsou těhotenství a kojení, není zde ovšem prokázán žádný důkaz o škodlivých účincích na plodnost, nebo například výskyt vrozených vad. K přípravě pacienta před terapií patří vysazení tyreostatik týden před a týden po léčbě (Kahaly et al., 2018, s. 174, 180). Nutné je rovněž vyloučit případný příjem jódu (desinfekce, léky, RTG kontrast), provedení radiojodového akumulárního testu, vyšetření pomocí US (možná kombinace se scintigrafií) pro posouzení objemu

hyperfunkční tkáně štítné žlázy a lačnění s odstupem 4 hodiny před a 1 hodinu po terapii (Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, s. 350).

Pro výpočet aplikované aktivity ^{131}I se zde využívá Marinelliho rovnice a doporučených hodnot pro absorpci dávek v cílové tkáni (Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016, s. 350). Aplikace probíhá při této léčbě a léčbě diferencovaného karcinomu štítné žlázy na oddělení NM, ve kterém se rovněž nachází lůžkové oddělení. Aplikovaná aktivita se pohybuje mezi 300 a 800 MBq, s maximem až do 2000 MBq (Prouza, 2000, s. 3). V současnosti je možné v ČR podat pacientovi aktivitu do 550 MBq ^{131}I ambulantně (Jiskra, 2015, s. 871). Za zmínku stojí pokračující debata o výšce podané aktivity ^{131}I (Wong et al., 2018, s. 2).

Léčba karcinomu štítné žlázy pomocí ^{131}I

Při léčbě diferencovaného karcinomu štítné žlázy je důležitá vzájemná spolupráce odborníků z několika lékařských oborů (endokrinologie, nukleární medicína, onkologie a chirurgie). U diagnostiky a terapie došlo v posledních letech k výraznému zlepšení. V diagnostice jsou k dispozici senzitivní laboratorní metody pro měření tyreoglobulinu a kalcitoninu, US a funkční zobrazení metodami nukleární medicíny včetně hybridního zobrazení (SPECT/CT). Léčba karcinomu štítné žlázy má zpravidla dobrou prognózu, je ale nutná celoživotní kontrola pacienta na specializovaných pracovištích (Vlček, Nováková, Katra, 2017, s. 574-575).

Léčba je zahájena provedením totální tyreoidektomie po které jsou ponechány zbytky štítné žlázy, a to obvykle lobus pyramidalis. Jelikož je štítná žláza hodně prokrvená je zde velké nebezpečí zanechání malých nádorových ložisek (Vlček, 2012, s. 23).

Pacienty léčené s karcinomem štítné žlázy lze rozdělit podle histologie do tří skupin, kdy záleží na vážnosti onemocnění – skupina s velmi nízkým rizikem, s nízkým rizikem a s vysokým rizikem (Vlček, 2012, s. 27).

Úspěšnost terapie DTC je prokázána u pacientů s vysokým rizikem recidivy, naopak u pacientů s velmi nízkým rizikem nelze tento efekt jednoznačně prokázat. Terapie ^{131}I je podávána pacientům z důvodu radioeliminace pooperačních zbytků štítné žlázy. Pokud je terapie indikována v 10 letech od diagnózy, je významně snížena mortalita a recidiva onemocnění (Vlček, Nováková, Katra, 2017, s. 575).

Pokud tedy dojde k indikaci léčby, je důležité, aby byl pacient obeznámen s důležitými doporučeními před podáním ^{131}I . V této přípravě je důležité zařazení stravy s nízkým obsahem jodu po dobu 3-4 týdnů a dodržení odstupu 2-3 měsíce od případného podání RTG kontrastní látky (Vlček, 2012, s. 27).

Pacienti jsou přijímáni k terapii obvykle 6 týdnů od operace. Nejprve se provede diagnostické zobrazení pro určení rozsahu onemocnění. Zobrazení není nutné u pacientů s nízkým rizikem výskytu (Ziessman et al., 2014, s. 89). Samotná terapie je započata první aplikovanou dávkou 2-5 GBq ^{131}I (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s. 237-238). Naaplikovaný pacient je obvykle uložen na samostatný pokoj, nebo s pacientem který byl naaplikován podobnou aktivitou, není však vhodné pacienta umístit k pacientovi s léčenou hypertyreózou, z důvodu rozdílně podaných aktivit (Prouza, 2000, s. 5). Lůžkové oddělení je důležité přizpůsobit tak, aby byla dodržována radiační ochrana, zejména u personálu. Radiační ochrany lze docílit více faktory, například stíněním, nebo střídáním zdravotnického personálu na pracovišti. Návštěvy pacientů na oddělení jsou hodně omezené. Další důležitou věcí, kterou musí mít lůžkové oddělení k dispozici, je vlastní kanalizace se sběrnými jímkami. Jedním z nejdůležitějších bodů terapie je poučení pacienta o omezeních, které s terapií souvisí. Pacient je poučen o tom, že je nutné setrvat na oddělení a bezdůvodně jej neopouštět (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s. 242-243). Po 3-5 dnech od terapie je u pacienta provedena celotělová scintigrafie, pokud je aktivita nižší než 2 % z podané aktivity a vyšetření je vysoce výpovědní (Vlček, 2012, s. 30).

Terapie radiojódem je obvykle snášena velmi dobře, ale mohou se vyskytnout vedlejší účinky. Mezi krátkodobé patří například poradiační zánět štítné žlázy, nevolnost nebo sialoadenitida a mezi dlouhodobé patří trvalý útlum kostní dřeně, xerostomie a plicní fibróza (Vlček, Nováková, Kutra, 2017, s. 576).

Pacienti po provedené tyreoidektomii musí celoživotně užívat hormonální substituci, kterou je obvykle levotyroxin (LT_4) (Vlček, Nováková, Kutra, 2017, s. 575). Po první terapeutické dávce s odstupem několika měsíců je provedena kontrola diagnostickou dávkou ^{131}I s následným rozhodnutím o dalším postupu a při případném výskytu nádorového onemocnění se podá další terapeutická dávka s vyšší aktivitou mezi 5-8 GBq, tento proces lze opakovat (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s. 237-238). Sledování pacientů po prodělané terapii je důležité proto, jelikož

k recidivě DTC může dojít i po několika letech. Doporučené kontroly u pacientů s vysokým rizikem recidivy jsou dvakrát ročně po dobu pěti let od diagnózy. Pokud je kontrolní nález v normě, tak může dojít ke snížení počtu kontrol na jednou ročně. Remisi pacienta značí absence patologické akumulace radiojodu na kontrolní celotělové scintigrafii a nepřítomnost protilátek proti tyreoglobulinu (Vlček, Nováková, Katra, 2017, s. 577).

Terapie ¹³¹I-MIBG

Léčba ¹³¹I-MIBG je založena na aktivním vychytávání radiofarmaka NEN, jehož předpokladem provedení je kontrola akumulace MIBG, a to diagnostickou scintigrafií ¹²³I-MIBG (Koranda et al., 2014, s. 199). Indikací pro tuto terapii je například feochromocytom, paragangliom, neuroblastom a medulární karcinom štítné žlázy. Aplikována aktivita se pohybuje v rozmezí 4-8 GBq ¹³¹I-MIBG v infuzi (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s. 239). Infuze je aplikována pomalu i.v. v časovém rozmezí 45 minut až 4 hodiny, kdy jsou zároveň monitorovány vitální funkce pacienta. Jedná se o paliativní léčbu, která pouze zmírní symptomy, jelikož radiofarmakum při této terapii působí pouze na část metabolicky aktivního NEN (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s. 156, 239).

5 Úloha radiologického asistenta (RA) v nukleární medicíně

Radiologický asistent se řadí mezi radiační pracovníky kategorie A, mezi které dále patří lékař, farmaceut, zdravotní sestra a pomocný pracovník. Pracovníci kategorie A mohou obdržet ročně:

- efektivní dávku vyšší než 6 mSv,
- ekvivalentní dávku vyšší než 15 mSv na oční čočku,
- ekvivalentní dávku 3/10 limitu ozáření pro kůži a končetiny (>150 mSv).

Nejen proto je povinnost radiologického asistenta dodržovat radiační ochranu na pracovišti. Jedny ze základních metod k ochraně všech pracovníků před radiačními zdroji záření patří ochrana časem, vzdáleností a stíněním. Jelikož je ozáření pracovníka přímo úměrné době setrvání v prostoru s určitou radiační úrovní, musí minimalizovat dobu, po kterou se nachází v blízkosti zdroje záření – tím jsou jak radiofarmaka, tak samotní pacienti. Samotný čas ale samozřejmě nestačí – intenzita ionizujícího záření slábne se čtvercem vzdálenosti, proto je nutné dodržovat odstup mezi pracovníkem a zdrojem záření – týká se zejména rukou a prstů. Ne vždy je ale možné využít čas a vzdálenost k ochraně pracovníka, proto je široce využívané stínění. Nestíní se jen pracovníci olověnými zástěnami, ale zejména přepravní nádoby s radiofarmaky a radioaktivní zářiče, s kterými pracuje a přichází do styku (Kubinyi, Sabol, Vondrák, 2018, s. 258-261).

Mezi další obecné kompetence radiologického asistenta v nukleární medicíně patří například identifikace a příprava pacienta, práce s přístroji a provádění daného vyšetření. Významné podbody těchto skupin jsou:

- identifikace pacienta,
- kontrola možných indikací k provedení běžného postupu vyšetření,
- poskytování instrukcí k danému vyšetření pacientovi,
- kontrola přípravy pacienta,
- kontrola případných kontraindikací,
- zodpovědnost za získání informovaného souhlasu od pacienta se souhlasem k diagnostickému, případně terapeutickému postupu,

- kontrola aktivity a identifikace radiofarmaka před jeho podáním pacientovi,
- zodpovědnost za podání radiofarmaka,
- následné vedení dokumentace,
- vysvětlení následné péče pacientovi,
- průběžné vyhodnocování potřeb pacienta,
- zachování pacientova soukromí, bezpečnosti a důvěrnosti,
- provádění všech postupů s náležitým ohledem na zdravotní stav pacienta,
- výběr a příprava vhodného vybavení pro vyšetření,
- volba vhodných parametrů pro akvizici, nebo akviziční protokol,
- provedení PET a SPECT zobrazení
- obsluha přístrojů a provedení (znalost) rozdílu mezi technikami zobrazení (dynamické, statické, tomografické a celotělové) pomocí gama kamery

(Costa, Santos, Testanera, 2017, s. 12-13, 17).

Závěr

Téma radionuklidového vyšetření a terapie v endokrinologii mě zaujalo zejména kvůli vysokému nárůstu endokrinologických onemocnění. V bakalářské práci popisuji, jakou roli má historický vývoj nukleární medicíny v endokrinologii – významným objevem bylo použití radionuklidu ^{32}P při diagnóze polycytémia vera, ^{131}I při úspěšné terapii Graves-Basedowio nemoci a poté i k léčbě rakoviny štítné žlázy.

Dále v práci přehledně popisuji nejčastější onemocnění štítné žlázy, příštítných tělísek a nadledvin, jak se tato onemocnění projevují a jak je důležitý jejich včasný nález. V kapitole o nádorových onemocněních štítné žlázy detailně popisuji, jak se dělí a jejich možnosti léčby.

Následuje popis nejnovějších poznatků o radionuklidových vyšetřeních v endokrinologii a jejich současné možnosti. Popisuji význam diagnostických vyšetření u štítné žlázy, které probíhají před samotným vyšetřením na oddělení NM a jakou roli hraje výběr radiofarmaka a jeho fyzikální vlastnosti pro konkrétní vyšetření.

Práce pokračuje výčtem nynějších možností terapie benigních a maligních onemocnění v endokrinologii. Nezastupitelnou roli zde má terapie ^{131}I Graves-Basedowio nemoci a diferencovaného karcinomu štítné žlázy u pacientů s vysokým rizikem.

Z bakalářské práce vyplývá i úloha radiologického asistenta na oddělení nukleární medicíny, jaké jsou jejich povinnosti dodržovat zásady radiační ochrany a jak významná je spolupráce s vyšetřujícím lékařem.

Dohledané poznatky a jejich sumarizace by mohly sloužit jako výukový materiál pro studenty oboru radiologický asistent, nebo pracovníky oddělení nukleární medicíny.

Referenční seznam

AMOAKO, Yaw A., Emmanuel N.B HAMMOND, Awo ASSASIE-GYIMAH a Osei SARFO-KANTANKA. Thyroid scintigraphy in the management of benign thyroid disease. *Ghana Medical Journal* [online]. 2018, **52**(4), 242-248 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.4314/gmj.v52i4.12. ISSN 0016-9560. Dostupné z: <https://www.ajol.info/index.php/gmj/article/view/181335>.

BRUNOVÁ, Jana a Josef BRUNA. *Clinical endocrinology and diagnostic imaging*. Prague: Karolinum, 2014. 370 s. ISBN 978-80-246-2058-9.

COSTA, Pedro Frago, Andrea SANTOS, Giorgio TESTANERA. Nuclear Medicine Technologists' Competencies. The Technologist's Guide [online]. 2017. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: https://www.eanm.org/content-eanm/uploads/2016/11/EANM_2017_TC_Benchmark.pdf

Databáze léků: Detail léčivého přípravku, c2010. *Státní ústav pro kontrolu léčiv* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz/modules/medication/detail.php?code=0115800&tab=texts>

CHAKRAVARTHY, NSiddhartha, Anuradha CHANDRAMOHAN, AnneJennifer PRABHU, et al. Ultrasound-guided fine-needle aspiration cytology along with clinical and radiological features in predicting thyroid malignancy in nodules ≥ 1 cm. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* [online]. 2018, **22**(5), 597-604 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.4103/ijem.IJEM_1_18. ISSN 2230-8210. Dostupné z: <http://www.ijem.in/text.asp?2018/22/5/597/241474>

CHIRIAC, Iulia a A. L. GOLDSTEIN. Actualities in Endocrinology- Parathyroid Imaging. *Acta Endocrinologica (Bucharest)* [online]. 2018, 14(1), 142-144 [cit. 2019-

04-04]. DOI: 10.4183/aeb.2018.142. ISSN 18410987. Dostupné z: <http://www.acta-endo.ro/Archive/Abstract?doi=2018.142>

JISKRA, Jan. *Léčba hypotyreózy a hypertyreózy*. Vnitř. lék. [online]. 2015, **61**(10), 868-872 [cit. 2019-04-04]. ISSN 0042 –773X. Dostupné z: <http://www.vnitrnilekarstvi.eu/vnitri-lekarstvi-clanek/lecba-hypotyreozy-a-hypertyreozy-56112>

JISKRA, Jan. *Poruchy štítné žlázy: praktický přehled nejen pro laickou veřejnost*. 2. vyd. Praha: Mladá fronta. Lékař a pacient, 2014. 54 s. ISBN 978-80-204-3301-5.

JOVANOVSKA, Anamarija, Bojana STOILOVSKA, Magdalena MILEVA, Daniela MILADINOVA, Venjamin MAJSTOROV a Ana UGRINSKA. Absent ^{99m}Tc -MIBI Uptake in the Thyroid Gland during Early Phase of Parathyroid Scintigraphy in Patients with Primary and Secondary Hyperparathyroidism. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences* [online]. 2018, **6**(5), 808-813 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.3889/oamjms.2018.118. ISSN 1857-9655. Dostupné z: <https://www.idpress.eu/mjms/article/view/oamjms.2018.118>

KAHALY, George J., Luigi BARTALENA, Lazlo HEGEDÜS, Laurence LEENHARDT, Kris POPPE a Simon H. PEARCE. 2018 European Thyroid Association Guideline for the Management of Graves' Hyperthyroidism. *European Thyroid Journal* [online]. 2018, **7**(4), 167-186 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.1159/000490384. ISSN 2235-0640. Dostupné z: <https://www.karger.com/Article/FullText/490384>

KORANDA, Pavel et al. *Jednodenní scintigrafické vyšetření kombinující ^{99m}Tc -MIBI/ $^{99m}\text{TcO}_4$ subtrakci a dvoufázovou a ^{99m}Tc -MIBI scintigrafii a SPECT u pacientů se sekundární hyperparatyreózou*. Česká radiologie [online]. 2010, **63**(3), 192-197

[cit. 2019-04-04]. ISSN 1210-7883. Dostupné z:

http://www.cesradiol.cz/dwnld/CesRad_1003_192_197.pdf

KORANDA, Pavel a kol. *Nukleární medicína*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2014. 201 s. ISBN 978-80-244-4031-6.

KORANDA, Pavel, Miroslav MYSLIVEČEK a Václav HUŠÁK. *Nukleární medicína v endokrinologii a terapie otevřenými zářiči*. V Olomouci: Univerzita Palackého, 2002. 36 s. ISBN 80-244-0415-X.

KRAFT, Otakar. *Vybraná témata nukleární medicíny pro radiologické asistenty: studijní opora*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2014. 66 s. ISBN 978-80-7464-581-5.

KUBINYI, Jozef, Jozef SABOL a Andrej VONDRÁK. *Principy radiační ochrany v nukleární medicíně a dalších oblastech práce s otevřenými radioaktivními látkami*. Praha: Grada Publishing, 2018. 304 s. ISBN 978-80-271-0168-9.

Kupka, Karel, ed. *Nukleární medicína*. 6. vyd. Praha: P3K, 2015. 161 s. ISBN 978-80-87343-54-8.

LI, Panli, Qiufang LIU, Daoqiang TANG, Yinyan ZHU, Lian XU, Xiaoguang SUN a Shaoli SONG. Lesion based diagnostic performance of dual phase ^{99m}Tc-MIBI SPECT/CT imaging and ultrasonography in patients with secondary hyperparathyroidism. *BMC Medical Imaging* [online]. 2017, 17(1), 1-8 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.1186/s12880-017-0235-3. ISSN 1471-2342. Dostupné z: <https://bmcmimedimaging.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12880-017-0235-3>

MANTZOROS, Ioannis, Despoina KYRIAKIDOU, Konstantinos GALANOS-DEMIRIS, et al. A Rare Case of Primary Hyperparathyroidism Caused by a Giant Solitary Parathyroid Adenoma. *American Journal of Case Reports* [online]. 2018, **19**, 1334-1337 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.12659/AJCR.911452. ISSN 1941-5923. Dostupné z: <https://www.amjcaserep.com/abstract/index/idArt/911452>.

MAREK, Josef, Václav HÁNA et al. *Endokrinologie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2017. 692 s. ISBN 978-80-7262-484-3.

MATEROVÁ, Hana. *Jak šel čas – vznik oboru nukleární medicína*. Nukleární medicína [online]. 2017, **6**(2), 28-31 [cit. 2019-04-04]. ISSN 1805-1146. Dostupné z: <https://www.prolekare.cz/casopisy/nuklearni-medicina/2017-2/jak-sel-cas-vznik-oboru-nuklearni-medicina-61122>

MAURI, Giovanni, Luca NICOSIA, Paolo DELLA VIGNA, et al. Percutaneous laser ablation for benign and malignant thyroid diseases. *Ultrasonography* [online]. 2019, **38**(1), 25-36 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.14366/usg.18034. ISSN 2288-5919. Dostupné z: <http://e-ultrasonography.org/journal/view.php?doi=10.14366/usg.18034>

MÍKOVÁ, Vlasta, ed. *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. Praha: Galén, c2008. 118 s. CARE. ISBN 978-80-7262-533-8.

Novotvary, 1998. *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* [online]. Praha: ÚZIS ČR [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/publikace/novotvary-1998>

Novotvary, 2016. *Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR* [online]. Praha: ÚZIS ČR [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <http://www.uzis.cz/publikace/novotvary-2016>

PANDEY, Ramesh K., Eliza SHARMA, Sasmit ROY, Saroj KANDEL, Sumit DAHAL, Muhammad Rajib HOSSAIN, Marie F. SCHMIDT a Zewge SHIFERAW-DERIBE. Hot and malignant – a case of invasive papillary carcinoma in hyperthyroid patient with hot nodules. *Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives* [online]. 2018, 8(4), 220-222 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.1080/20009666.2018.1490139. ISSN 2000-9666. Dostupné z:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20009666.2018.1490139>

PICIU, Doina. *Nuclear medicine*. [online]. 2nd ed. Cham: Springer International Publishing, 2017. [2019-04-04]. ISBN 978-3-319-56582-8. Dostupné z: 10.1007/978-3-319-56582-8.

PRABHU, Meghana a NishikantA DAMLE. Fluorocholine PET imaging of parathyroid disease. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* [online]. 2018, 22(4), 535-541 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.4103/ijem.IJEM_707_17. ISSN 2230-8210. Dostupné z: <http://www.ijem.in/text.asp?2018/22/4/535/238126>

PROUZA, Zdeněk. *Požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojódem na pracovištích nukleární medicíny*. Praha: SÚJB, březen 2000. 14 s [cit. 2019-04-04]. Dostupné z:

https://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/dokumenty/publikace/MP_terapie_stitne_zlaz_y.pdf

RADIOLOGICKÉ STANDARDY PRO PLANÁRNÍ, SPECT A SPECT/CT VYŠETŘENÍ, standardní operační postupy FNOL, příloha č. 1 PP-MP-L019-01-01-1, 2. vydání, 2016, Olomouc.

SEDLÁČKOVÁ, Eva, Viera BAJČIOVÁ a kol. *Neuroendokrinní nádory*. 1. vyd. Praha: Maxdorf, c2016. 374 s. Jessenius. ISBN 978-80-7345-468-5.

TUNNINEN, Virpi, Pekka VARJO, Tomi KAUPPINEN, Anu HOLM, Hannu ESKOLA a Marko SEPPÄNEN. 99m Tc-Sestamibi/ 123 I Subtraction SPECT/CT in Parathyroid Scintigraphy: Is Additional Pinhole Imaging Useful?. *International Journal of Molecular Imaging* [online]. 2017, **2017**, 1-8 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.1155/2017/2712018. ISSN 2090-1712. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/archive/2017/2712018/>

Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR [online]. Praha, 2016, 2016 (částka 2), 364 s. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/Legislativa/dokumenty/vestnik-c2/2016_11347_3442_11.html

VLČEK, Petr, Dana NOVÁKOVÁ a Rami KATRA. *Karcinomy štítné žlázy: Současný pohled na diagnostiku a léčbu*. Vnitř. lék. [online]. 2017, **63**(9), 572-579 [cit. 2019-04-04]. ISSN 0042 –773X. Dostupné z: http://www.vnitrnilekarstvi.eu/vnitri-lekarstvi-clanek/karcinomy-stitne-zlazy-soucasny-pohled-na-diagnostiku-a-lecbu-62121?confirm_rules=1

VLČEK, Petr. *Rakovina štítné žlázy: současné diagnostické a léčebné možnosti: přehled nejen pro laickou veřejnost*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2012. 55 s. Lékař a pacient. ISBN 978-80-204-2799-1.

WONG, Ka-Kit, Arpit GANDHI, Benjamin L VIGLIANTI, Lorraine M FIG, Domenico RUBELLO a Milton D GROSS. Endocrine radionuclide scintigraphy with fusion single photon emission computed tomography/computed tomography. *World Journal of Radiology* [online]. 2016, **8**(6), 635-655 [cit. 2019-04-04]. DOI: 10.4329/wjr.v8.i6.635. ISSN 1949-8470. Dostupné z: <http://www.wjnet.com/1949-8470/full/v8/i6/635.htm>

WONG, Ka Kit, Barry L. SHULKIN, Milton D. GROSS a Anca M. AVRAM. Efficacy of radioactive iodine treatment of graves' hyperthyroidism using a single calculated 131I

dose. *Clinical Diabetes and Endocrinology* [online]. 2018, 4(1), 1-8 [cit. 2019-04-04].
DOI: 10.1186/s40842-018-0071-6. ISSN 2055-8260. Dostupné z:
<https://clindiabetesendo.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40842-018-0071-6>

ZIESSMAN, Harvey A. et al. *Nuclear medicine*. 4th ed. Philadelphia, PA:
Elsevier/Saunders. Requisites series, c2014. 452 s. ISBN 978-0-323-08299-0.

Seznam zkratek

CT	výpočetní tomografie
DTC	diferencovaný karcinom štítné žlázy
F18-FCH	fluorocholin
FDG	fluorodeoxyglukóza
FNAB	aspirační biopsie tenkou jehlou
FTC	folikulární karcinom štítné žlázy
FT3	volné frakce trijódtyroninu v krvi
FT4	volné frakce tetrajódtyroninu v krvi
keV	kiloelektronvolt
LT4	levotyroxin
MBq	megabecquerel
MHz	megahertz
MIBG	metajodbenzylguanidin
MTC	medulární karcinom štítné žlázy
mSv	milisievert
MRI	magnetická rezonance
NEN	neuroendokrinní nádory
PET	pozitronová emisní tomografie
PHPT	primární hyperparatyreóza
PTH	parathormon
ROI	oblast zájmu
RTG	rentgen

SPECT	jednofotonová emisní tomografie
SHPT	sekundární hyperparatyreóza
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
T3	trijódtyronin
T4	tetrajódtyronin
TSH	tyreostimulační hormon
US	ultrazvuk
ÚZIS	Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
WB	celotělové vyšetření

Seznam tabulek

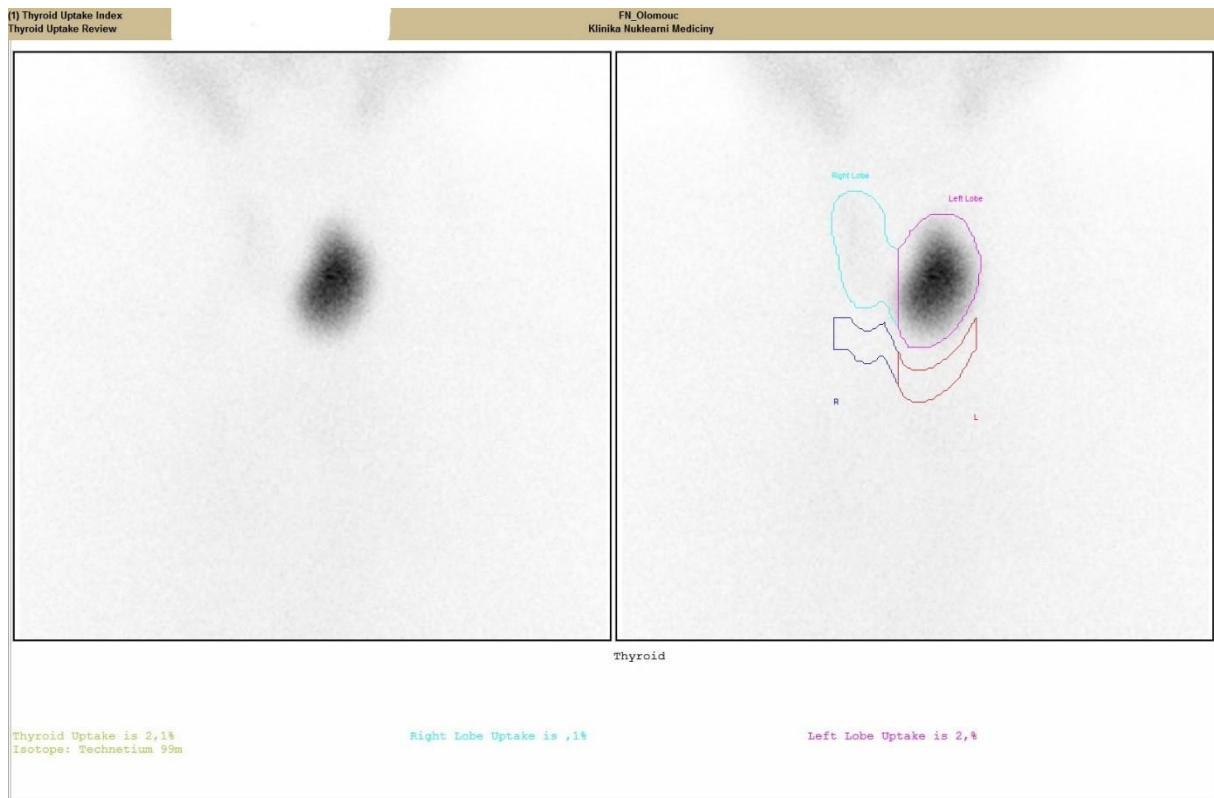
Tabulka 1: TNM klasifikace maligních nádorů štítné žlázy (UICC)	18
---	----

Seznam příloh

Obrázek 1: Scintigrafie štítné žlázy pomocí technecistanu (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc).....	51
Obrázek 2: Scintigrafie zmnožené parathyreoidální tkáně (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc).....	52
Obrázek 3: Hodnocení vyšetření pomocí subtrakční metody (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc).....	53
Obrázek 4: SPECT/low dose CT vyšetření krku a hrudníku po aplikaci 99mTc-MIBI i.v., fúze s low dose CT (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc)	54
Obrázek 5: Tektrotyd WB (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc)	55
Obrázek 6: Tektrotyd SPECT/CT (Zdroj: archiv FNM KN Olomouc)	56

Přílohy

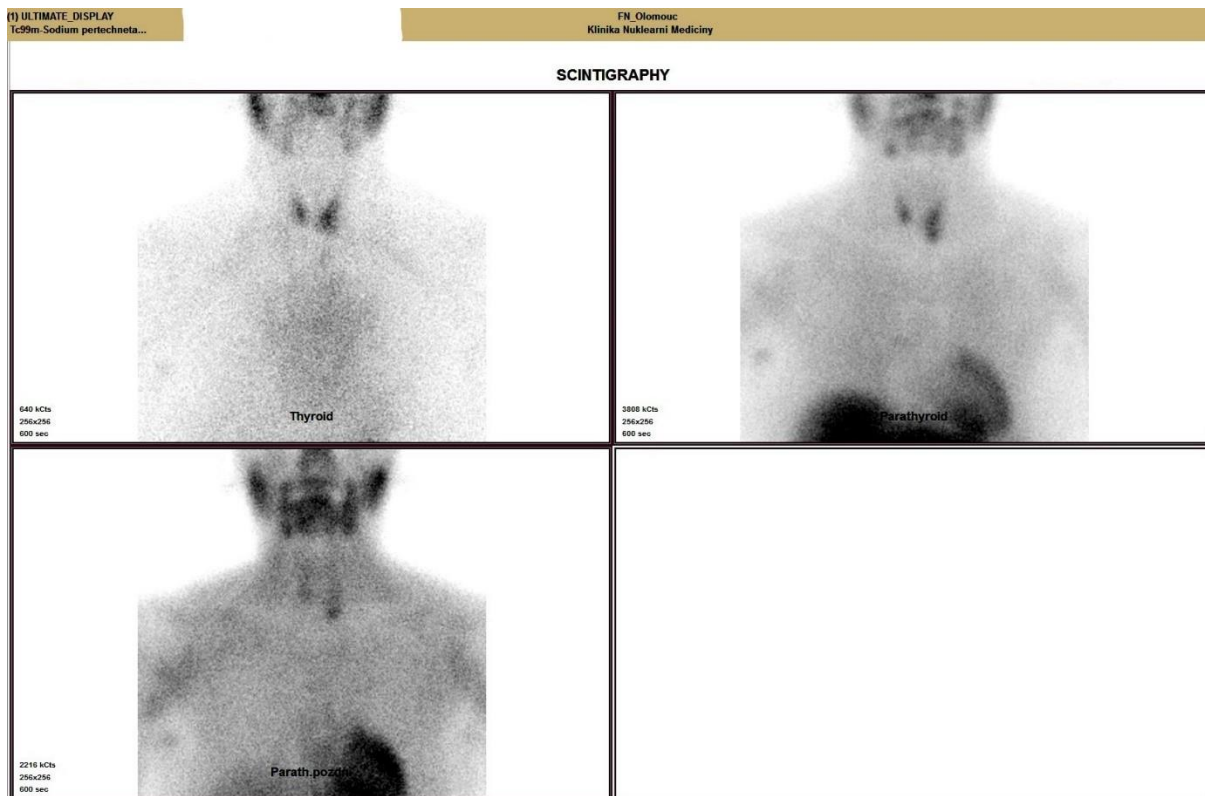
Podle ultrazvuku je celý levý lalok štítné žlázy tvořen uzlem, pravý lalok je nezvětšený, bez ložiskových změn.



Obrázek 1: Scintigrafie štítné žlázy pomocí technecistanu (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc)

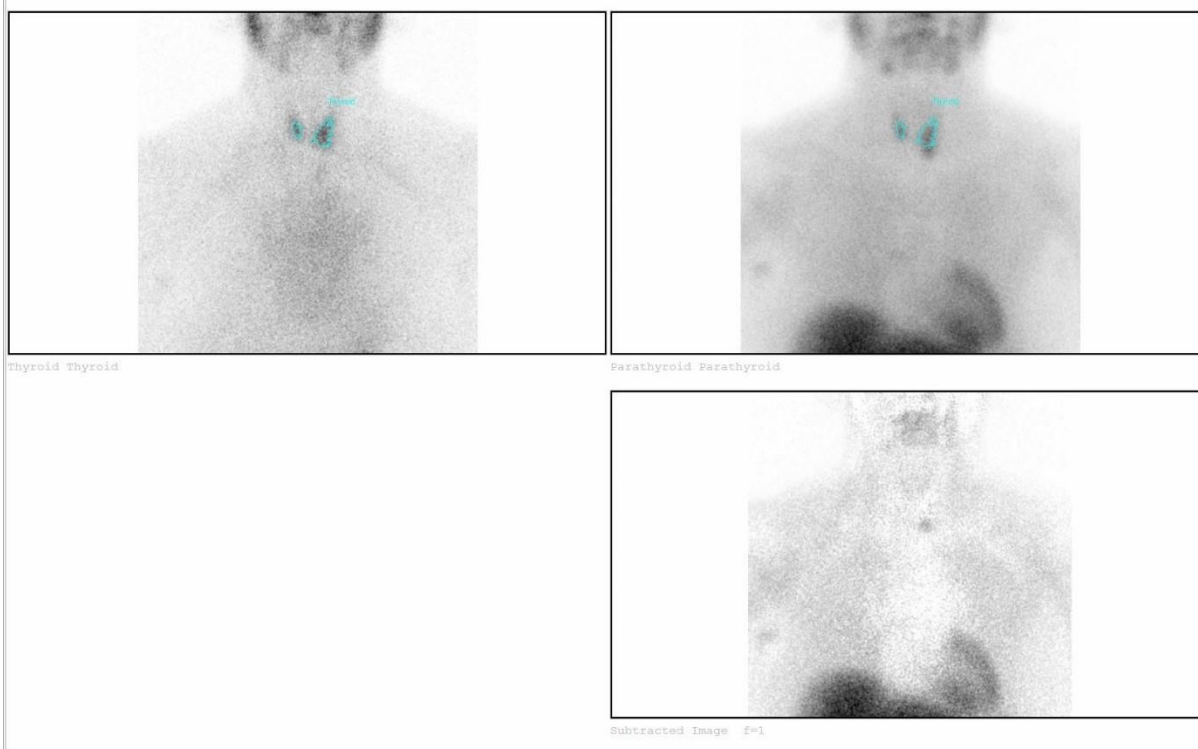
Na scintigramu je patrná aktivita radiofarmaka jen v levém laloku, pravý lalok se nezobrazuje – nález svědčí pro objemný autonomní adenom levého laloku štítné žlázy.

Planární scintigram krku a hrudníku pomocí technecistanu (vlevo nahoře), pomocí ^{99m}Tc -MIBI – časné zobrazení (vpravo nahoře), pomocí ^{99m}Tc -MIBI –pozdní zobrazení (vlevo dole).



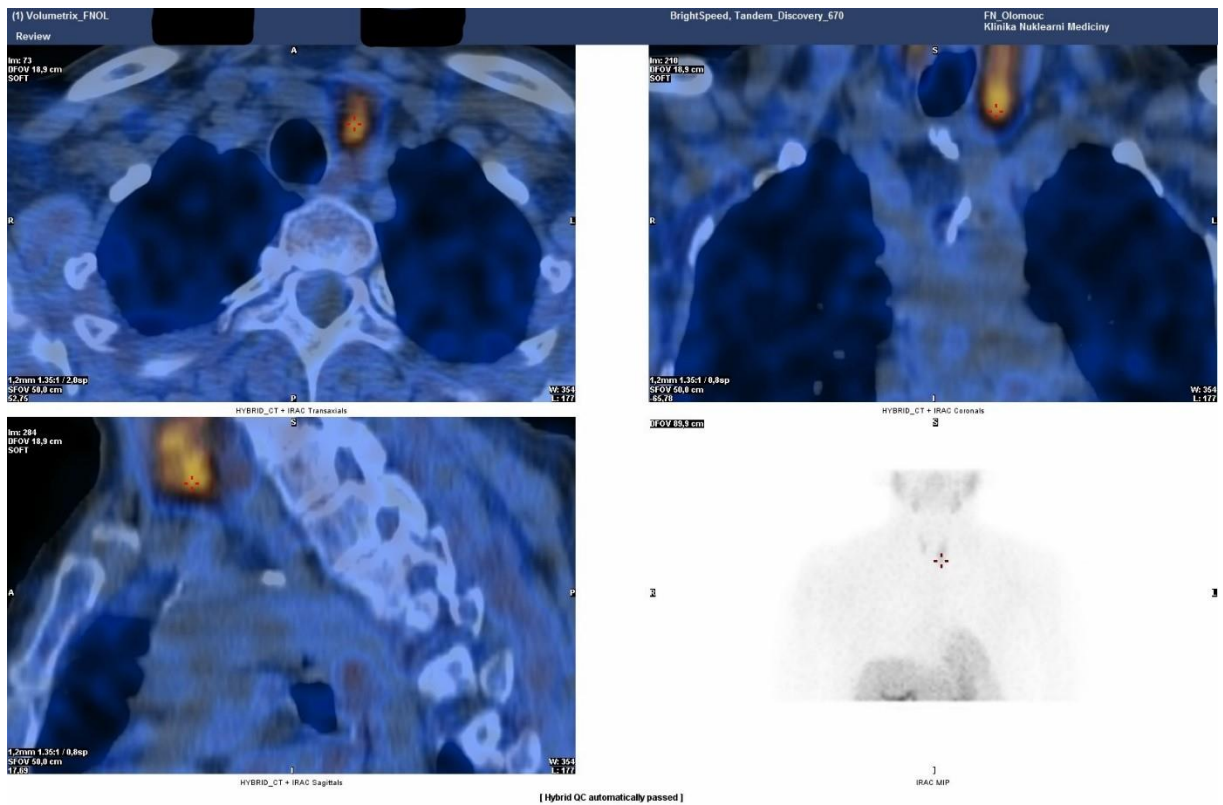
Obrázek 2: Scintigrafie zmnožené parathyreoidální tkáně (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc)

Na scintigramu pomocí ^{99m}Tc -MIBI se zobrazuje drobná hyperakumulace radiofarmaka kaudálně od dolního pólu levého laloku štítné žlázy na časném scintigramu a přetrvávající akumulace ve stejné lokalizaci na pozdním scintigramu pomocí ^{99m}Tc -MIBI – nález svědčí pro adenom parathyreoidey levého dolního příštítného tělíška, které je lokalizováno mírně ektopicky.



Obrázek 3: Hodnocení vyšetření pomocí subtrakční metody (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc)

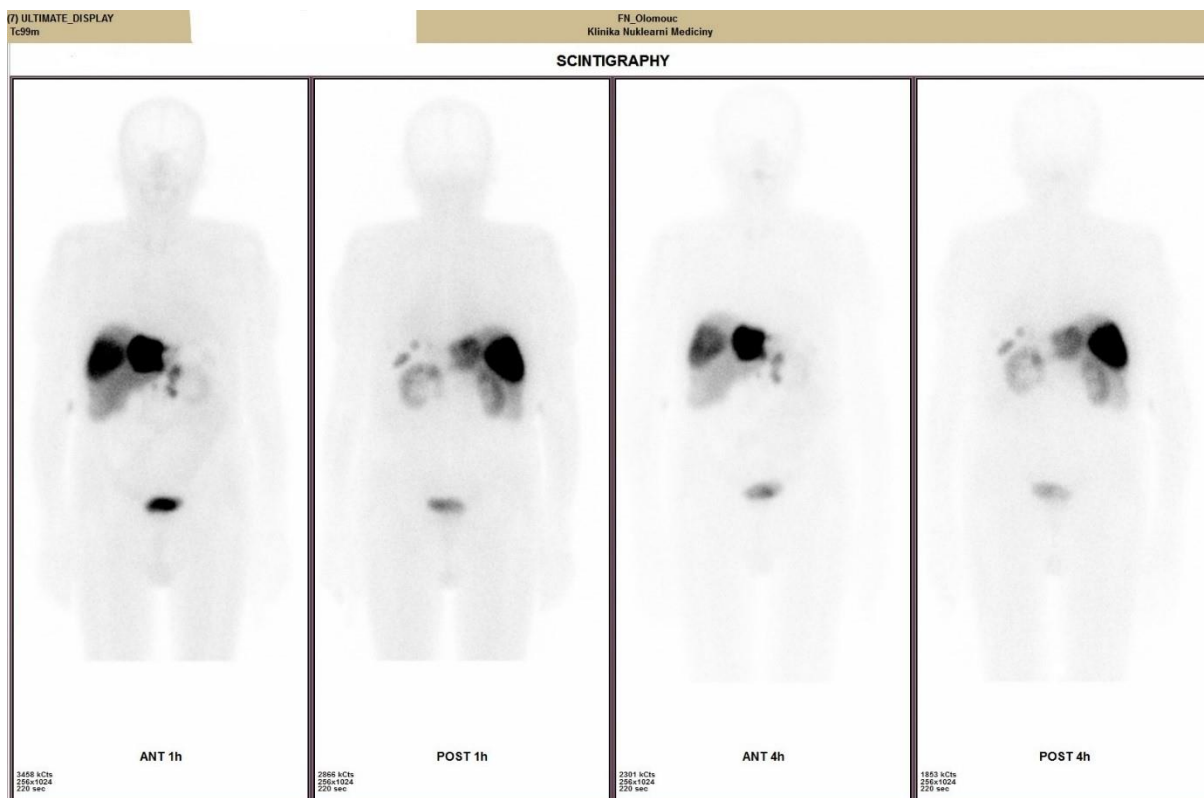
Zobrazení pomocí technecistanu (vlevo nahoře), zobrazení pomocí ^{99m}Tc -MIBI (vpravo nahoře), softwarové odečtení obou obrazů, tzn. zobrazení pomocí ^{99m}Tc -MIBI mínus zobrazení pomocí technecistanu, rozdíl výše uvedených obrazů svědčí pro adenom parathyreoidey (vpravo dole).



Obrázek 4: SPECT/low dose CT vyšetření krku a hrudníku po aplikaci $^{99m}\text{Tc-MIBI}$ i.v., fúze s low dose CT (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc)

Na transverzálním, koronálním a sagitálním řezu je patrná hyperakumulace radiofarmaka dorzálně a kaudálně od dolního pólu levého laloku štítné žlázy, na řezech je lépe prostorově patrné, kde se adenom parathyreoidey nachází.

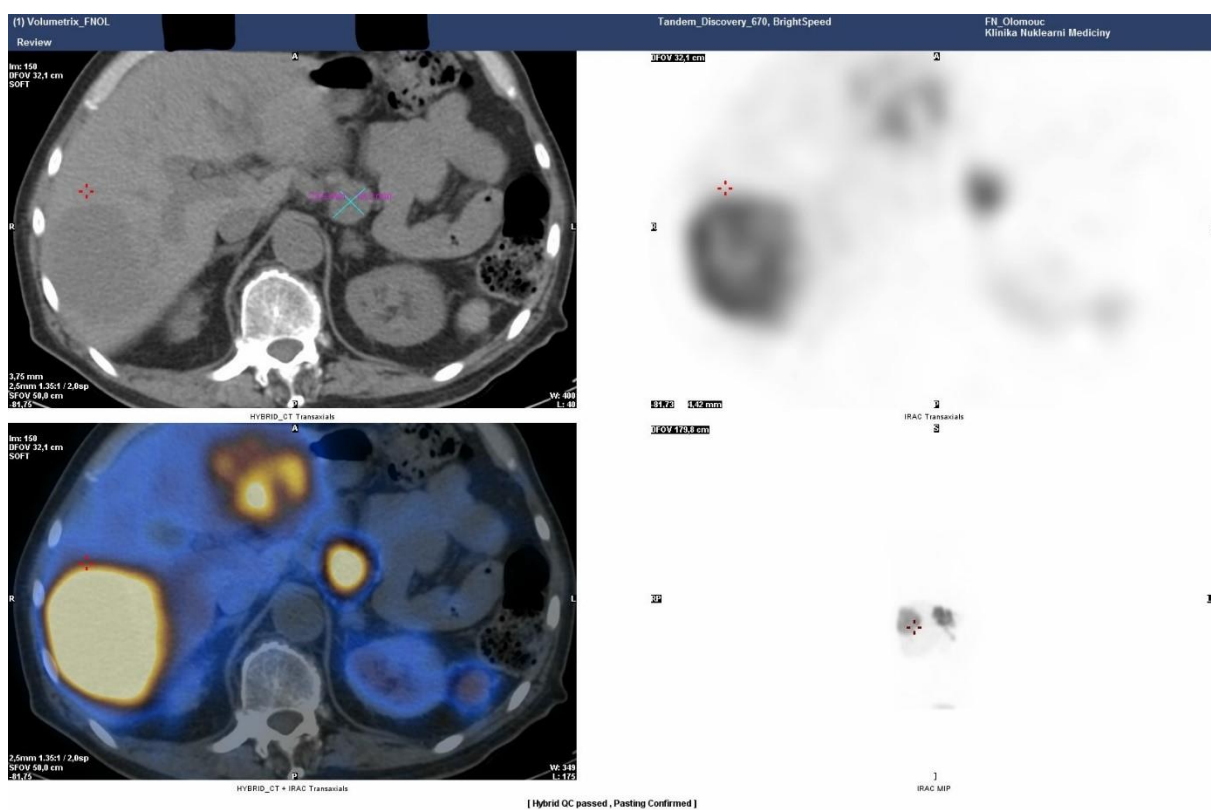
Pacient s neuroendokrinním nádorem pankreatu absolvoval částečné odstranění pankreatu, odstranění sleziny a okolních lymf. uzlin, dle histologie tumor vycházel z endokrinní i exokrinní části pankreatu, scintigrafie pomocí ^{99m}Tc -Tektrotyd k posouzení aktuálního stavu onemocnění.



Obrázek 5: Tektrotyd WB (Zdroj: archiv KNM FN Olomouc)

Na scintigramech za 1 hod (v přední a zadní projekci) a za 4 hod (v přední a zadní projekci) se zobrazují dvě patologická ložiska v játrech a patologická akumulace v několika na sebe navazujících ložiscích vpravo od levého laloku jater – nejspíše se bude jednat o lymfatické uzliny. Dále je patrná fyziologická akumulace radiofarmaka ve zbytkové tkáni sleziny (v levém podžebří), v obou ledvinách a v močovém měchýři.

SPECT/low dose CT pomocí 99mTc-Tektrotyd, transverzální řezy



Obrázek 6: Tektrotyd SPECT/CT (Zdroj: archiv FNM KN Olomouc)

V levém horním rohu low dose CT, v pravém horním rohu SPECT, v levém dolním rohu fúze SPECT/CT. Na řezech se v játrech zobrazují dvě patologická ložiska s vysokým výskytem somatostatinových receptorů, další ložisko odpovídá zvětšené lymf. uzlině v retroperitoneu.

(Na dalších řezech, které v této práci již nejsou zobrazeny, je patrné, že se v retroperitoneu nachází několik lymfatických uzlin s vysokým výskytem somatostatinových receptorů).