

Jihočeská univerzita
Jírovцова 24/1347, 370 05 České Budějovice
Zdravotně sociální fakulta

Využití metod nukleární medicíny v endokrinologii

Bakalářská práce

Autor: Pešťalová Petra

Vedoucí práce: prim. MUDr. Šabata Ladislav

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala 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 mé bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 15.5.2007

.....

podpis

Poděkování

Děkuji, panu primáři MUDr.L.Šabatovi, vedoucímu mé práce, za odborné rady a připomínky, které mi během zpracování bakalářské práce poskytl.

Dále bych chtěla poděkovat za odbornou pomoc panu MUDr.L.Hodějovskému.

USE OF METHODS NUCLEAR MEDICINE IN ENDOCRINOLOGY

ABSTRACT

The contemporary situation of the nuclear medicine is described and its head using in hemadenology is hit in my diploma thesis.

The most important points of anatomy and physiology concerning endocrines are revised in brief in the beginning of my thesis.

The next part is devoted to the possibilities of nuclear medicine in thyroid gland diagnosis. They are divided into functional and morphological ones, both are given consideration separately. As I worked at radioimmunoassay laboratory for several years, I have described some basic diagnostic tests in detail. At present the RIA methods are more and more expelled by other laboratory methodologies.

In the following part the possibilities of adrenal cortex and adrenal medulla investigation are presented. The benefit of new radiopharmacs in diagnosis and some neuroendocrine tumours localization is mentioned. A special attention is paid to nuclear medicine methods at pheochromocytom and carcinoma diagnosis.

The entire part of nuclear medicine and its using in hemadenology is the open emmitters therapy. Therefore the last part of my thesis is dedicated to thyroid gland tumour therapy per radioactive iodine. This method ranks among the longest used treatment by radionuclides and is still very successful. Treatment per I-iodine radiopharmacs is possible just in nuclear medicine ward blocks in our republic. In countries where the radiohygienic rules are not so strict it is even possible to undergo this treatment in casualty ward.

Thyroid gland carcinoma can recur after many years. Therefore all the patients having this diagnosis are observed for life. Some nuclear medicine methods also serve for it.

OBSAH

Úvod	7
Současný stav	8
Cíl práce	10
Hypotéza	10
Anatomie žláz s vnitřní sekrecí	11
Štítná žláza	11
Žlázy příštítné	12
Nadledviny	13
Zobrazovací metody	14
Sonografické zobrazovací metody	14
Rentgenologické zobrazovací metody	14
Scintigrafické zobrazovací metody	15
Možnosti vyšetření štítné žlázy	16
Funkční vyšetření	16
Laboratorní vyšetření	16
Akumulační test	20
Morfologické vyšetření	21
Scintigrafie štítné žlázy	21
Supresní scintigrafie štítné žlázy	25
Možnosti vyšetření příštítných tělísek	26
Subtrakční scintigrafie	26
Dvoufázová scintigrafie	27
Možnosti vyšetření nadledvin	28
Kůra nadledvin	28
Dřeň nadledvin	28
Možnosti vyšetření neuroendokrinních nádorů	31
Scintigrafie somatostatinových receptorů	32
Terapie pomocí otevřených zářičů	34

Terapie štítné žlázy	35
Terapie tyreotoxikózy radioaktivním jódem	36
Terapie nádorů štítné žlázy	39
Metodika	45
Diskuze	46
Závěr	49
Seznam použité literatury	50
Klíčová slova	51

Úvod

Bakalářskou práci na téma- Využití metod nukleární medicíny v endokrinologii- jsem si vybrala, protože mě tato problematika připadá velmi zajímavá a chtěla jsem si osvěžit a prohloubit svoje znalosti. Neboť je oblast endokrinologie velmi obsáhlá, věnovala jsem se ve své práci podrobněji jen některým, z mého pohledu významným, metodám nukleární medicíny. Naopak některých problémů jsem se jen dotkla, protože se mi nepodařilo nashromáždit dostatečně obsáhlé a zároveň mně srozumitelné informace.

Záměrem mé práce je zopakovat základní metody používané v nukleární medicíně k endokrinologické diagnostice a léčbě, a také přiblížit některé nové metody, které nejsou na menších pracovištích prováděny rutinně nebo nemohou být prováděny dokonce vůbec. Použila jsem při tom nejrozličnější odbornou literaturu, články uveřejněné v lékařských časopisech, informace z různých klinických pracovišť i odkazy na internetu.

Současný stav

Nukleární medicína je neustále rychle se měnící lékařský obor, jehož obsah je neustále rozvíjen. K udržení si aktuálních znalostí oboru je nutné neustále se vzdělávat.

Představuje spojení mezi konkrétním klinickým problémem a příslušným testem při použití vhodného radionuklidu. Vznikla jako úzký technický obor užívaný v několika málo lékařských odvětvích, zejména v endokrinologii a nefrologii. V současné době však představuje klinickou disciplínu s vlastní atestací, vlastním vzděláváním a specifickým přístupem k pacientovi.

Nukleární medicína se neustále přizpůsobuje změnám v ostatních lékařských odvětvích a reaguje na ně vývojem nových radiofarmak, konstrukcí kvalitnějších přístrojů, novými klinickými aplikacemi zavedených radionuklidových metod a širším pochopením jejich přínosu.

Nukleární medicína vznikla v padesátých letech dvacátého století na základě endokrinologie, vnitřního lékařství, fyziologie a biofyziky. Praxe však vyžaduje také znalosti z jiných medicínských, ale i technických oborů.

Svoji náplní je nukleární medicína převážně diagnostické odvětví medicíny, ale nové možnosti v léčbě různých onemocnění neustále zvyšují její příspěvek také k léčbě pacientů za určitých podmínek.

Důležitým rysem nukleární medicíny jako diagnostické metody je zejména její neinvazivní charakter, který umožňuje použití jejích metod v pediatrii a rovněž je to výhodné při sledování zdravotního stavu pacientů a efektu terapie některých onemocnění.

Výhodou metod nukleární medicíny je možnost měření mnoha fyziologických a patofyziologických procesů lidského organismu a neinvazivním způsobem tak hodnotit funkce různých orgánů a systémů.

Nedílnou součástí nukleární medicíny tvoří vyšetření in vitro, které svou vysokou citlivostí a specifičností měření stopového množství mnoha biologicky aktivních látek přispívá k rozvoji nukleárně medicínských metod. Postupy radioimunologické analýzy se podařilo stanovit prakticky všechny hormony, včetně jejich metabolitů.

Obecně můžeme říct, že diagnostické metody nukleární medicíny jsou převážně zobrazovací, ale tvorba obrazů je založena na funkčním nebo metabolickém stavu zobrazovaného orgánu či systému. Proto jsou tyto metody velmi citlivé, ale méně specifické. Podstatné zvýšení specifičnosti lze dosáhnout vhodnou kombinací několika metod a užitím speciálních radiofarmak.

Cíl práce

Cílem mé práce bylo nashromáždit co nejvíce nových poznatků a informací v oborech nukleární medicíny a endokrinologie. Snahou bylo je přehledně utřídit do dvou celků, diagnostika onemocnění endokrinního systému a léčba pomocí otevřených zářičů v endokrinologii. Snažila jsem se je co nejsrozumitelnější formou zreprodukovat a vhodně je začlenit k již osvědčeným metodikám nukleární medicíny. Část práce jsem také věnovala radioimunoanalytickým metodám, které jsou sice dnes již překonány, ale dle mého mínění, své místo zde stále mají.

Hypotéza

Přínos nukleární medicíny spočívá ve scintigrafickém zobrazení patologických změn v endokrinních orgánech.

Diagnostické metody nukleární medicíny jsou v převážné většině zobrazovací. Na rozdíl od ostatních zobrazovacích metod (sonografie, CT, NMR) je tvorba obrazů založena na funkčním nebo metabolickém stavu vyšetřovaného orgánu či systému. Jinými slovy to znamená, že výsledný obraz vypovídá o funkci daného orgánu, systému. Nevýhodou je nemožnost přesné lokalizace léze. To je do jisté míry možné zpřesnit použitím SPECT. Výběrem vhodných kombinací vyšetřovacích metod a užitím speciálních radiofarmak je možné dosáhnout nejen velké citlivosti, ale i specifčnosti vyšetření.

Nukleární medicína má nezastupitelné místo i v léčbě některých onemocnění.

Svojí náplní je nukleární medicína sice převážně diagnostické odvětví medicíny, ale nové možnosti v léčbě různých onemocnění neustále zvyšuje její příspěvek také na tomto poli medicíny. Její nezastupitelné místo vidím hlavně v léčbě karcinomů štítné žlázy. Svě místo si získala nejen v diagnostice, ale i v léčbě feochromocytomu.

Anatomie

Žlázy s vnitřní sekrecí – Glandulae endocrinae

Jako žlázy s vnitřní sekrecí se označují žlázy, které nemají vývody, jsou silně vaskularizovány a svůj sekret odevzdávají do cévního systému. Látky v endokrinních žlázách produkované se nazývají hormony.

Soubor žláz s vnitřní sekrecí se označuje jako endokrinní systém. Endokrinní funkce byly objeveny i v některých dalších buňkách tkání a orgánů, které se běžně k endokrinním žlázám nepočítají (trávicí trubice, urogenitální systém, srdce, ledvina a další). Tyto rozptýlené endokrinní buňky se označují jako difuzní endokrinní systém a jejich produkty jako tkáňové hormony.

Produkty buněk endokrinního systému – hormony jsou uvolňovány do cévního systému (krev, lymfa), nebo do tkáňových tekutin. Jde o velmi účinné látky, které působí i v nízkých koncentracích na blízké i vzdálené cílové tkáně a orgány. Působení jednotlivých hormonů je specifické a kromě koncentrace hormonu závisí i na funkčním stavu buněčných receptorů, na které se receptory vážou.

K vlastním endokrinním žlázám se počítá : štítná žláza (glandula thyroidea), příštítné žlázy (glandulae parathyroideae), Langerhansovy ostrůvky (pars endocrina pancreatis), epifysa (corpus pineale), nadledvina (glandula suprarenalis), hypofysa (hypophysis), brzlík (thymus) a pohlavní žlázy (varle, ovarium).

V nukleární medicíně se obvykle zobrazují štítná žláza, příštítná tělíška a nadledviny.

Žláza štítná (glandula thyroidea)

Štítná žláza se skládá ze dvou laloků, a z napříč uloženého isthmusu, který oba laloky spojuje. Laloky štítné žlázy jsou uloženy při bocích hrtanu a trachey, isthmus je uložen před 2.- 4. prstencem trachey. Celková konfigurace žlázy je variabilní. Podle uložení isthmusu může mít žláza tvar písmene H, U nebo V. Do zadní plochy laloků jsou zčásti zanořeny žlázy příštítné. Laloky štítné žlázy jsou vazivovými septy rozděleny na lalůčky, které se dále skládají z váčků – folikulů. Vnitřní prostor folikulů je vyplněn

gelatinosní hmotou – koloidem. Koloid obsahuje glykoprotein thyroglobulin, který obsahuje hormony štítné žlázy.

Thyroglobulin je vytvářen a do nitra folikulů transportován folikulárními buňkami. Ty vychytávají z cirkulace jod, který je transportován do koloidu, kde se váže na thyroglobulin. Uvolňování hormonů z koloidu je ovlivňováno thyrostimulačním hormonem hypofýzy – TSH. Dochází k němu následujícím způsobem: folikulární buňky přijímají koloid do lysozomů, kde dojde k uvolnění hormonů z vazby na bílkovinný nosič. Uvolněné hormony trijodthyronin a tetrajodthyronin (thyroxin) přecházejí z folikulárních buněk do kapilár.

Kromě folikulárních buněk obsahuje žláza v intersticiálním vazivu mezi folikuly buňky parafolikulární – C buňky, produkující hormon kalcitonin.

Hlavní funkcí štítné žlázy je produkce hormonů, z nichž největší biologické účinky má trijodthyronin a thyroxin. Hormony ovlivňují rychlost látkové výměny a zvyšují spotřebu kyslíku. Ovlivňují růst a vývoj. Nedostatek jodu v potravě znemožňuje syntézu hormonů. Pokles hladiny hormonů v krvi vede ke zvýšené sekreci hypofyzeárního TSH a k následnému zvětšení žlázy. Zvětšená žláza se označuje jako struma. Struma může mít řadu příčin (nádory, záněty, hypofunkce).

Řada patologických stavů je úspěšně léčena medikamentózně, část onemocnění je řešena operativně a některá onemocnění využívají k léčbě metody nukleární medicíny.

Žlázy příštítné (glandulae parathyroidae)

Příštítné žlázy jsou zpravidla 4 tělíška uložená párově na zadní straně laloků štítné žlázy. Často jsou zčásti zanořena do žlázy. Hlavní buňky příštítných tělísek produkují polypeptidový hormon – parathormon.

Parathormon reguluje koncentraci iontů vápníku a fosforu v krvi. Při poklesu hladiny vápníku v krvi se zvyšuje produkce parathormonu, který urychluje odbourávání kostní tkáně s následným uvolněním iontů kalcia do krve. Nadměrná produkce parathormonu vede k prořidnutí kostní tkáně a k usazování kalcia v orgánech a k tvorbě konkrementů. Při rozsáhlých resekcích štítné žlázy může dojít k nežádoucímu

odstranění příštítných tělísek. Následný pokles hladiny parathormonu vede ke snížení hladiny kalcia v krvi a ke zvýšení dráždivosti svalů (křečové stavy, tetanie).

Nadledvina (glandula suprarenalis)

Nadledvina je párový orgán uložený na horním pólu ledviny. Jsou to kombinované endokrinní žlázy a skládají se z kůry a ze dřene.

Kůra nadledviny (cortex) – tvoří povrchní část žlázy (asi 70% objemu celého orgánu) a produkuje steroidní hormony. Např. mineralokortikoidy – regulují hladiny sodíku a draslíku – aldosteron, glukokortikoidy – zasahují do metabolismu bílkovin a cukrů a potlačují zánětlivé a imunitní reakce – kortisol. Při řízení tvorby a sekrece hormonů kůry se významně uplatňuje adenokortikotropní hormon (ACTH) předního laloku hypofýzy.

Dřeň nadledviny (medulla) – vyplňuje centrální oblast žlázy. Buňky dřene produkují adrenalin, noradrenalin a několik peptidů. Adrenalin vyvolává vasokonstrikci arteriol kůže a vnitřních orgánů, vasodilataci arteriol kosterních svalů a stimuluje srdeční činnost. Má relaxační účinky na hladkou svalovinu bronchů a trávicí trubice. Noradrenalin má účinky vasokonstrikční a oba hormony zvyšují krevní tlak.

Nadledviny jsou orgánem nezbytným pro život. Při ztrátě kůry nadledvin je možné přežití jen několik dnů.

Kromě těchto, v nukleární medicíně nejčastěji zobrazovaných endokrinních žláz, sem lze zařadit i hormonálně aktivní nádory. Jedná se například o: inzulinom, gastrinom, karcinoid. Tyto neuroendokrinní nádory se mohou vyskytovat izolovaně nebo jako součást mnohočetného postižení s různou hormonální produkcí.

Zobrazovací vyšetřovací metody

Existuje celá řada zobrazovacích metod, kterými lze určit velikost a uložení endokrinních žláz (i jejich patologické změny), které se vyskytují u jednotlivých endokrinopatií. Lze je rozdělit například takto:

Sonografické metody

Jsou snadno dostupné, neinvazivní a bezpečné z hlediska pacienta i vyšetřujícího personálu. Představují základ vyšetřování velikosti a abnormalit štítné žlázy, kde do značné míry nahradily radionuklidové scintigrafie.

Sonografické vyšetření je vhodné použít například při diagnostice vrozených malformací a určování etiologie poruch, při diagnostice difuzních změn štítné žlázy.

Velmi důležité jsou sonografické kontroly po operacích a event. terapii radiojodem u diferencovaných karcinomů štítné žlázy. Je výhodná kombinace s gamagrafickými metodami, které se s ultrazvukovým vyšetřením velmi vhodně doplňují.

Kromě štítné žlázy se uplatňují i při zobrazování nadledvin, gonád, pankreatu a příštítných tělísek.

Rentgenové zobrazovací metody

Zahrnují běžné sumační snímky, u štítné žlázy eventuálně s náplní jícnu, počítačovou tomografii a metody používající jodové kontrastní látky: arteriografii a venografii.

Slouží zejména k přesné lokalizaci nádorových změn endokrinních žláz. Použití rtg-kontrastu znemožní na několik měsíců radionuklidové vyšetření a léčbu štítné žlázy.

Pro oblast hypofýzy je nejpřínosnější metodou nukleární magnetická rezonance. Ta je také velmi úspěšná při lokalizaci feochromocytomu. MRI předčí CT zejména při detekci nádorů uložených mimo nadledviny. CT (spirálové) je naopak vhodnější použít pro detekci malých nádorů lokalizovaných v hrudníku.

Scintigrafické metody

Využívají radionuklidů podávaných přímo nemocnému. Nejrozšířenější byla scintigrafie při vyšetřování štítné žlázy. V současnosti se nejvíce využívá při diagnostice autonomního adenomu a některých forem tyreotoxikózy.

Vzrůstá význam pozitronové emisní tomografie (PET) u některých hormonálně aktivních nádorů. Tato metoda má schopnost detekovat patologicky změněnou tkáň na základě fyziologických a biochemických procesů.

Jednou z novějších metod je použití značeného derivátu somatostatinu pro detekci některých tumorů.

Pro potřeby endokrinologie se na odděleních nukleární medicíny v současné době nejčastěji provádějí vyšetření :

- štítné žlázy a příštítných tělísek
- nadledvin
- neuroendokrinních nádorů

Možnosti vyšetření štítné žlázy

Onemocnění štítné žlázy jsou nejčastějšími endokrinopatiemi. Podle odhadu založeném na nesystematických epidemiologických sledováních postihují choroby štítné žlázy 5% naší populace. Předpokládá se, že téměř 20% žen středního a vyššího věku je léčeno nebo dispenzarizováno pro některou z forem tyreopatie. Proto je u nás věnována značná pozornost jak diagnostice, tak léčbě nemocí štítné žlázy. (7)

Pro komplexní diagnostiku poruch funkce štítné žlázy jsou důležité nejenom *anamnestické údaje a klinický obraz*, ale i *funkční tyreoidéální stav a tyreoidéální morfologie*.

Funkční vyšetření štítné žlázy

Je založeno především na vyšetření *hormonálních koncentrací* v séru a na vyšetření tzv. *periferních ukazatelů funkce štítné žlázy*.

Laboratorní vyšetření

Na odděleních nukleární medicíny se hormonální koncentrace v séru stanovují pomocí imunoanalytických metod (RIA, IRMA).

Pro zhodnocení funkce je významné zejména stanovení sérové koncentrace TSH. Toto stanovení je v současné době považováno za základní vstupní vyšetření při podezření na tyreopatii. Význam určení hladiny TSH vyplývá z toho, že pouze tento parametr umožňuje odhalit subklinické formy dysfunkcí, což jsou stavy, kdy pacient má ještě normální hladiny tyreoidálních hormonů, ale hladina TSH je již abnormální. Znalost hladiny TSH je nutná také k odlišení primární a sekundární hypotyreózy.

Na našem oddělení nukleární medicíny stanovujeme hladinu TSH imunoradiometrickou (IRMA) analýzou. Používáme k tomu laboratorní soupravy (TSH IRMA KIT) dodávané firmou Immunotech.

Princip spočívá v tzv. „sandwichové“ metodě. V soupravě jsou použity myší monoklonální protilátky proti dvěma různým epitopům TSH(epitop-místo, kam se přesně na receptor váže daný hormon), které si vzájemně nekonkurují. Ve zkumavkách potažených první monoklonální protilátkou jsou inkubovány vzorky nebo kalibrátory s roztokem druhé monoklonální protilátky značené ¹²⁵I. Po inkubaci se obsah zkumavek odsaje a zkumavky se promyjí, aby se odstranila nenávázaná protilátka označená ¹²⁵I. Pomocí gama-čítače jsou odečteny hodnoty impulzů. Koncentrace TSH ve vzorcích je vypočtena z kalibrační křivky. Koncentrace ve vzorcích je přímo úměrná radioaktivitě. (Návod k použití TSH IRMA KIT)

Postup stanovení TSH

Krok 1 Pipetace	Krok 2 Inkubace	Krok 3 Měření
<p>Do potažených zkumavek postupně pipetujte:</p> <p>100 µL kalibrátoru, kontrolního nebo neznámého vzorku a 100 µL radioindikátoru.</p> <p>Promíchejte.</p>	<p>Inkubujte 1 hodinu při 18-25 °C za stálého třepání (>280 kmitů/min.)</p>	<p>Pečlivě odsajte obsah zkumavek (s výjimkou zkumavek na stanovení celkové aktivity).</p> <p>Promyjte 2x2 mL promývacího roztoku.</p> <p>Měřte vázanou aktivitu (B) a celkovou aktivitu (T) Po dobu 1 min.</p>

V naší laboratoři jsou považovány za normální výsledky v rozmezí 0,17 – 4,05 mIU/L.

O funkci štítné žlázy dále informuje sérová koncentrace celkového T4. Jeho hodnota však může být ovlivněna řadou faktorů. Přesnější informaci podává koncentrace volného T4 (FT4). Slouží k detekci a zhodnocení rozvinutých forem hypo- a hypertyreózy.

Určování hladiny celkového T3 nebo jeho volné frakce (FT3) má význam především při diagnostice tzv. T3-hypertyreózy, při které je izolovaně zvýšena pouze produkce T3. (2)

V naší laboratoři stanovujeme hladiny FT3 a FT4 radioimunoanalytickou (RIA) analýzou pomocí laboratorních souprav (RIA FT3 a FT4 RIA KIT) dodávaných firmou Immunotech.

Princip RIA stanovení FT4 je kompetitivní stanovení, založené na použití protilátky proti tyroxinu značené ¹²⁵I. Neznámé vzorky a standardy se spolu s touto značenou protilátkou a biotinylovaným analogem tyroxinu (ligandem) inkubují ve zkumavkách potažených avidinem. Probíhá tak kompetice mezi volným tyroxinem ve vzorku a ligandem o vazebná místa na protilátce. Ta část protilátky, která je vázaná na ligand, se naváže na stěnu zkumavek, protože ligand je biotinylován. Po inkubaci se obsah zkumavek odsaje a změří se vázaná radioaktivita. Množství radioaktivity, vázané po inkubaci na stěny, je pak nepřímo úměrné množství volného tyroxinu ve vzorku. Sestrojí se kalibrační křivka a z ní se odečtou koncentrace FT4 v neznámých vzorcích. (Návod k použití FT4 RIA KIT firmy Immunotech)

Schéma postupu stanovení FT4

Krok 1 Pipetace	Krok 2 Inkubace	Krok 3 Měření
<p>Do potažených zkumavek postupně přidejte:</p> <p>25µ L kalibrátoru, kontrolního nebo neznámého vzorku, 400 µL radioindikátoru a 100 µL ligandu.</p> <p>Promíchejte.</p>	<p>Inkubujte 60 min. při 18-25 °C, za stálého třepání (350 kmitů/min.).</p>	<p>Opatrně odsajte obsah každé zkumavky (s výjimkou 2 zkumavek pro „total“).</p> <p>Měřte po dobu 1 min. vázanou aktivitu (B) a celkovou aktivitu (T).</p>

Očekávané hodnoty se pohybují v rozmezí 11,5 – 23,0 pM.

Metoda stanovení volného T3 je založena na použití pro trijodtyronin specifické monoklonální protilátky, značené ^{125}I . Vzorek je společně s touto protilátkou inkubován ve zkumavce potažené analogem T3 (ligand). Dochází ke kompetici mezi volným trijodtyroninem ve vzorku a ligandem. Po inkubaci se obsah zkumavek odsaje a navázaná aktivita se změří gama-čítačem. Sestrojí se kalibrační křivka a z ní se odečtou koncentrace volného T3 v neznámých vzorcích.

(Návod k použití RIA FT3 firmy Immunotech)

Schéma postupu stanovení FT3

Krok 1 Pipetace	Krok 2 Inkubace	Krok 3 Měření
<p>Do potažených zkumavek postupně přidejte:</p> <p>100μ L kalibrátoru nebo vzorku a 400 μL radioindikátoru</p> <p>Promíchejte.</p>	<p>Inkubujte 60 min. při 18-25 °C, za stálého třepání (350 kmitů/min.).</p>	<p>Opatrně odsajte obsah každé zkumavky (s vyjímkou 2 zkumavek pro „total“).</p> <p>Měřte po dobu 1 min. vázanou aktivitu (B) a celkovou aktivitu (T).</p>

Každá laboratoř by si měla stanovit vlastní rozmezí referenčních hodnot. U nás jsou stanoveny v rozmezí 2,5 – 5,8 pM.

Mezi rutinně prováděné dynamické testy patří TRH test. Je to zkouška, při níž se hodnotí vzestup plazmatické hladiny TSH po i.v. podání TRH (thyrotropin releasing hormon). Slouží jako ukazatel funkční rezervy hypofýzy a užívá se především při diagnostice sekundární hypotyreózy.

Z metod měřících hladiny protilátek má klinicky největší význam stanovení hladiny protilátek proti TSH-receptorům (TRAK) a protilátek proti tyreoidální peroxidáze (anti-TPO). Vysoké hladiny TRAK jsou typické pro pacienty s autoimunní hypertyreózou, elevace hladin anti-TPO protilátek bývá přítomna u Hashimotovy tyreoiditidy.

Imunoanalytickými postupy můžeme také stanovit hladiny thyreoglobulinu v séru. Je to zvláště vhodné při depistáži recidiv a zejména metastáz diferencovaných karcinomů štítné žlázy.

Vysoké hladiny imunoreaktivního kalcitoninu v séru jsou spojeny s přítomností medulárního karcinomu. Jeho stanovení metodikami RIA je opět vhodné pro depistáž a sledování efektu léčby tohoto karcinomu.

Vyšetření periferních ukazatelů funkce štítné žlázy

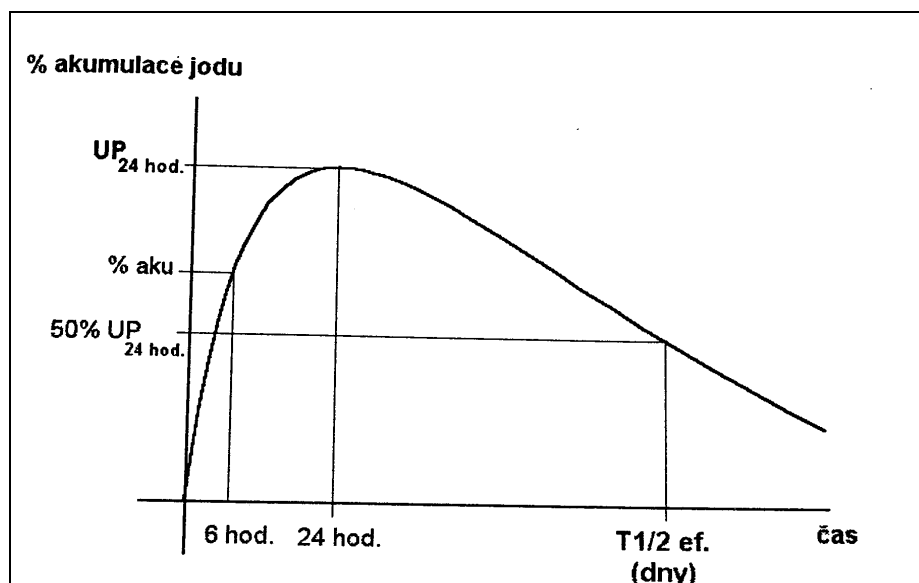
Do souboru nukleárně medicínských metod tyreoidální funkční diagnostiky patřil před érou dostupné hormonální diagnostiky akumulární test s radiojódem ^{131}I . Sloužil k odlišení eutyreóz od hypertyreóz a hypotyreóz. Dnes se toto vyšetření již pro funkční diagnostiku nepoužívá, ale svůj význam si zachovalo pro kalkulaci léčebné dávky ^{131}I .
(9)

Akumulační test štítné žlázy

Pacient při tomto vyšetření nalačno požije p. o. 80 kBq ^{131}I a za 6 a 24 hodin se změří pomocí kolimované detekční sondy akumulace ^{131}I v celé štítné žláze. Po celou dobu měření musí být zachována stejná geometrie měření a stejné nastavení přístroje. Výsledek se vyjadřuje v % z podané aktivity. (Normální hodnota je akumulace 20 – 40% z podané aktivity za 24 hodin = $\text{UP}_{24\text{hod}}$.)

Hlavní indikací této metody je již zmíněné měření kinetiky jodu ve štítné žláze před terapií radiojódem. V tomto případě se však měří i tzv. efektivní poločas radiojódu ($T_{1/2\text{ef}}$). To je doba, za kterou poklesne aktivita radiojódu ve štítné žláze na polovinu. Znalost parametrů kinetiky jodu je nutná při výpočtu terapeutické dávky radiojódu .

Obr. Radiojodový akumulční test



Morfologické vyšetření štítné žlázy

Po orientačním palpačním vyšetření a sonografii štítné žlázy se dostává ke slovu scintigrafie. Je to sice vyšetření až druhého plánu vyšetřovací strategie, ale na rozdíl od ostatních zobrazovacích metod nám dává informaci o rozložení funkční aktivity v parenchymu štítné žlázy. To znamená, že je např. možné rozlišit hormonálně aktivní uzly od neaktivních.

Scintigrafie štítné žlázy

Je zobrazovací modalita, která odvozuje informaci o morfologii štítné žlázy z obrazu distribuce funkční tyreoidální tkáně, která akumuluje příslušný radioaktivní indikátor.

(9) Vhodné radiofarmakum se volí dle typu indikace.

Radiofarmaka :

^{99m}TcO₄ (pertechnát) je užíván pro rutinní scintigrafii. Po i.v. aplikaci se vychytává v buňkách štítné žlázy, kde je akumulován stejně jako jodid. Pertechnát ale nevstupuje do dalších metabolických reakcí.

^{99m}Tc -MIBI, ^{99m}Tc -Tetrofosmin, ^{201}Tl -chlorid, ^{99m}Tc -DMSA (V) jsou nově používané indikátory pro průkaz nádorové tkáně, případně jejích metastáz. V poslední době se zkoušejí pro detekci tumorů štítné žlázy monoklonální protilátky anti TG. (11)

^{111}In -pentreotid (OctreoScan®) prokáže tkáň medulárního karcinomu obsahující somatostatinové receptory.

^{123}I -MIBG, ^{131}I -MIBG jsou také indikátory vhodné k zobrazení medulárního karcinomu.

^{67}Ga -citrát lze použít pro diagnostiku lymfomů štítné žlázy.

^{131}I -natrium jodid se pro scintigrafii běžně nepoužívá z důvodu vyšší radiační zátěže v důsledku emise diagnosticky nevyužitelného záření β a vyšší energie fotonů záření γ nevýhodné pro scintilační kamery .

Nejčastější indikace :

1. scintigrafická charakteristika uzlu hodnoceného sonograficky jako solidní
2. průkaz funkční autonomie
3. průkaz hemiageneze (vrozené nevyvinutí) štítné žlázy
4. dg. retrosternální strumy
5. dg. ektopie (nenormální uložení) tkáně štítné žlázy
6. průkaz rezidua akumulující tkáně po komplexní léčbě karcinomu štítné žlázy
7. pátrání po vzdálených akumulujících metastázách diferencovaných karcinomů štítné žlázy

Při indikacích č. 4-7 je lépe použít celotělové scintigrafie po podání radioaktivního jodidu. Při indikaci č. 7 lze vhodně použít i ^{99m}Tc -MIBI, ^{99m}Tc -DMSA (V). (9)

Příprava pacienta :

Pacient odeslaný na scintigrafii nesmí mít zablokovanou jodidovou pumpu nadbytkem neradioaktivního jodu ve štítné žláze.

Pacient tedy nesmí před vyšetřením obdržet jod :

- perorálně (léky s obsahem jodu, např. amiodaron)
- intravenózně (rentgenové kontrastní látky)
- transdermálně (desinficiencia obsahující jod – např. Jodisol)
- ve formě očních kapek

Při vyšetření pertechnátem není třeba vysazovat tyreostatika (jejich efekt nastupuje až na úrovni syntézy tyreoideálních hormonů). (2)

Provedení :

Pro scintigrafii štítné žlázy je možné použít scintilační kameru opatřenou kolimátorem pinhole. Kvalita výsledného scintigramu je dosažena na úkor delší doby záznamu, protože k vytvoření obrazu jsou využity jen fotony gama, které procházejí malým otvorem kolimátoru. K vytvoření scintigramu s relativně horším rozlišením můžeme použít kolimátor paralelní. V tomto případě lze také změřit intenzitu vychytávání radiofarmaka ve štítné žláze, což je podpůrný ukazatel pro hodnocení její funkční aktivity. (2)

Snímat začínáme za 15 - 40 minut od intravenózní aplikace ^{99m}Tc -pertechnátu. Pacient je vyšetřován vleže na zádech s mírným podložením ramen, hlavu má lehce zakloněnou. Dle potřeby je možné označit markerem u pacienta pod kamerou lokalizaci palpovatelných uzlů a pomocí ROI vyznačit jejich lokalizaci na snímku štítné žlázy.

Při podezření na retrosternální uložení štítné žlázy je možné upřesnění její polohy následným označením jugula.

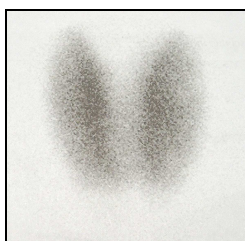
Při vyhledávání ektopické tyreoideální tkáně nebo funkčních metastáz diferencovaných karcinomů se využívá celotělová scintigrafie. V těchto případech je výhodnější jako indikátor použít radioaktivní jodid.

Typy nálezů :

Normální obraz štítné žlázy připomíná tvar motýlích křídel. Je uložen na přední straně krku od jugulární jamky k hornímu okraji chrupavky štítné. Většinou nejsou oba laloky stejně velké a může chybět isthmus. Po podání $^{99m}\text{TcO}_4$ se zobrazují i slinné žlázy, které se mohou promítat do obrazu.

Při povšechném zvětšení štítné žlázy se setkáváme s *obrazem difuzní strumy*.

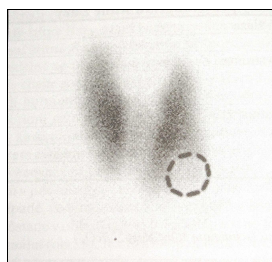
Difuzní struma



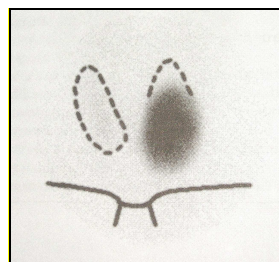
Jako *uzly* ve štítné žláze jsou označovány ložiskové změny v jejím parenchymu, které jsou dobře hmatné.

Velkou většinu uzlů ve štítné žláze představují nefunkční *studené uzly*, které neakumulují radiofarmakon na rozdíl od okolní tkáně štítné žlázy, která ho vychytává normálně. Může jít o benigní adenomy, cysty, ale není vyloučena ani léze maligní.

Studený uzel



Horký uzel



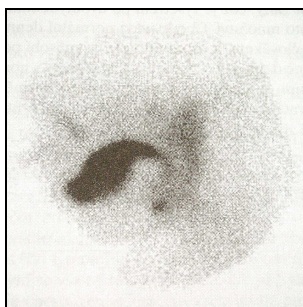
Uzly vychytávající radiofarmakon při současném nezobrazení okolní tyreoidální tkáně (zbývající tyreoidální tkáň mimo uzel se nezobrazí) jsou označovány jako *horké uzly*. Jsou téměř vždy benigní. Většinou jde o hyperfunkční autonomní adenomy.

Uzly *teplé* jsou uzly akumulující radiofarmakon při současném zobrazení zbývající tkáně štítné žlázy. U těchto uzlů nelze jednoznačně posoudit etiologii nálezu. Může jít o TSH dependentní tkáň nebo o funkčně autonomní tkáň, která má menší objem než 3 – 5 ml (ještě není schopna vyvolat hypertyreózu).

Chabé zobrazení štítné žlázy lze očekávat u pacientů s rozvinutou hypotyreózou.

Zobrazení tyreoidální tkáně v jiné lokalizaci než na krku se označuje jako *ektopická štítná žláza*. Pokud tyreoidální tkáň během vývoje organismu nesestoupí na krk, ale zůstane v oblasti jazyka, dojde ke vzniku *strumy linguální*. Pokud naopak pronikne za hrudní kost, vznikne *struma retrosternální*. To je jednou z příčin obrazu rozšířeného mediastina na rtg snímcích. Jako důsledek patologické diferenciacce zárodečných tkání může dojít ke vzniku *strumy ovariální*.

Linguální struma

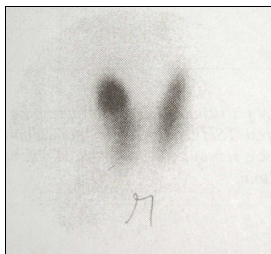


Supresní scintigrafie štítné žlázy

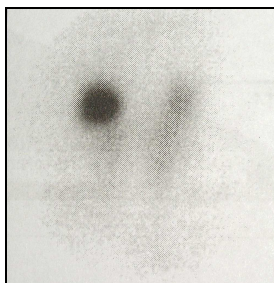
Je to pomocná scintigrafická metoda, která řeší diferenciální diagnostiku teplých uzlů. Vyšetření se provádí po dvoutýdenním užívání trijodtyroninu v dávce 3x20 µg, což způsobí potlačení produkce TSH. Tím dojde k potlačení funkční aktivity v normální tkáni štítné žlázy. Na supresním scintigramu se tedy zobrazí s nezměněnou intenzitou jenom nesuprimovatelná autonomní tkáň. TSH dependentní tkáň se nezobrazí vůbec nebo jen chabě. (2)

Supresní scintigrafie

Scintigram $^{99m}\text{TcO}_4$ s obrazem teplého uzlu



Scintigram $^{99m}\text{TcO}_4$ po supresi TSH



Možnosti vyšetření přístítných tělísek

Scintigrafie je indikovaná při předoperační lokalizaci ektopické paratyreoidální tkáně. Je nezastupitelná především při mediastinální lokalizaci paratyreoidálního adenomu.

Scintigrafii lze provést dvěma způsoby:

Subtrakční scintigrafie

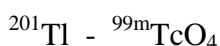
Je založena na počítačovém odečtení scintigrafického obrazu štítné žlázy od sumačního obrazu štítné žlázy a přístítných tělísek .

Ve tkáních štítné žlázy a přístítných tělísek se akumuluje ^{201}Tl -chlorid nebo ^{99m}Tc -MIBI . $^{99m}\text{TcO}_4$ nebo ^{123}I se akumuluje pouze ve tkáni štítné žlázy. Po odečtení těchto dvou obrazů by měla oblast s nadbytkem deponované aktivity na výsledném obraze odpovídat lokalizaci adenomu.

Provedení vyšetření může vypadat např. takto:

Přibližně za 10-20 minut po i.v. aplikaci $^{99m}\text{TcO}_4$ se provede snímek štítné žlázy pomocí scintilační kamery, která je opatřena pinhole kolimátorem. Dostačující je i kolimátor paralelní s vysokým rozlišením (HR). Pacient je vyšetřován vleže na zádech v mírném záklonu, krk je imobilizován. Scintigram se uloží do paměti počítače. Za shodných vyšetřovacích podmínek je i.v. aplikováno druhé radiofarmakum (^{201}Tl nebo $^{99m}\text{Tc-MIBI}$). Následuje pořízení druhého scintigramu. Pomocí speciálního programu se provede subtrakce scintigramů.

Je možné zvolit některou z variant kombinující různým způsobem uvedená radiofarmaka:



Vyšetření může zkomplikovat kontaminace štítné žlázy jodem nebo blokáda akumulace supresní léčbou thyreoideálními hormony. Proto je vhodné před plánovaným vyšetřením vysadit případnou medikaci l-thyroxinem 4 týdny před termínem a 10 dní předem vysadit trijodthyronin.

Dvoufázová scintigrafie

Vychází z poznatku, že $^{99m}\text{Tc-MIBI}$ má odlišnou kinetiku v parathyreoideálním parenchymu a thyreoideální tkáni. Jinými slovy to znamená, že se vyplavuje pomaleji z hyperplastického příštítného tělíška nebo jeho adenomu než z thyreoideální tkáně. Při srovnání časného scintigramu a scintigramu pořízeného přibližně za 2 hodiny po i.v. aplikaci radiofarmaka zjišťujeme přítomnost ložiska s přetrvávající kumulací radioaktivity. Takové ložisko pak odpovídá poloze zmnožené parathyreoideální tkáně.

Pro co nejpřesnější prostorovou lokalizaci je nutnou součástí obou uvedených postupů doplnění planárních scintigramů o vyšetření pomocí SPECT.

Senzitivita scintigrafického průkazu zvětšených přístítných tělísek je dle údajů v literatuře u primárních hyperparatyreóz u subtrakční scintigrafie až 90%, u dvoufázové scintigrafie 80%, SPECT zvýší senzitivitu na 91%.

(Senzitivita sonografie je 75% a CT 70%). (9)

Nejoptimálnější metodou se zdá být kombinace sonografie a dvoufázové scintigrafie ^{99m}Tc-MIBI, kde senzitivita dosahuje kolem 96% a specifická až 83%. (10)

Lze tedy konstatovat, že scintigrafie pomocí ^{99m}Tc-MIBI, se stala rutinní metodou v předoperačním vyšetření. Výhodou scintigrafického vyšetření oproti CT je její nižší radiační zátěž. Nevýhodou je obtížné posouzení velikosti tělíska a vztahu k anatomickým strukturám. (10)

Možnosti vyšetření nadledvin

Kůra nadledvin

Hormonální aktivitou se účastní na metabolismu sacharidů, bílkovin, tuků a také na vodním a minerálním hospodářství organismu. Sekrecí steroidních hormonů významně reaguje na změny vnějšího i vnitřního prostředí. K hyperprodukcí steroidních hormonů může vyprovokovat adenom či karcinom kůry nadledviny nebo korová hyperplazie.

K diagnóze vede kromě klinické symptomatologie a stanovení hormonů v plazmě, které lze vyšetřit za pomoci radioimunoanalytických metod (ACTH, kortizol, progesteron, estrogeny, aldosteron), i zobrazení nádoru nebo korové hyperplazie sonografií, CT, MRI a scintigrafií.

Protože je kůra nadledvin bohatá na cholesterol, jehož metabolismus je spojen s produkcí steroidních hormonů, využívají se jako radiofarmaka jodované deriváty cholesterolu (¹³¹I-19-iodocholesterol-NM 145, ¹³¹I-6-iodomethylnorcholesterol-NP 59). (9)

Dřeň nadledvin

Nejdůležitějším onemocněním dřeně nadledvin je nádor – feochromocytom. Je to vzácný nádor, který uvolňuje a metabolizuje katecholaminy (noradrenalin, adrenalin).

Pokud nejsou včas odhaleny, jsou téměř vždy fatální. Včasná diagnóza je proto nezbytným předpokladem účinné léčby, obvykle chirurgické.

Feochromocytomy vyrůstají asi v 80% případů z nadledvin a asi ve 20% případů z tkáně mimo nadledviny (dutina břišní, pánevní, hrudní, případně oblast krku). Tyto nádory jsou běžně známé jako paragangliomy.

Maligní (metastický) feochromocytom je diagnostikován na základě výskytu metastatických lézí v místech, kde se chromafinní buňky obvykle nevyskytují (např. v játrech, plicích, lymfatických uzlinách a kostech). Tyto nádory tvoří asi 5-36% všech feochromocytomů a procento přežití je v prvních 5 letech kolem 50%.

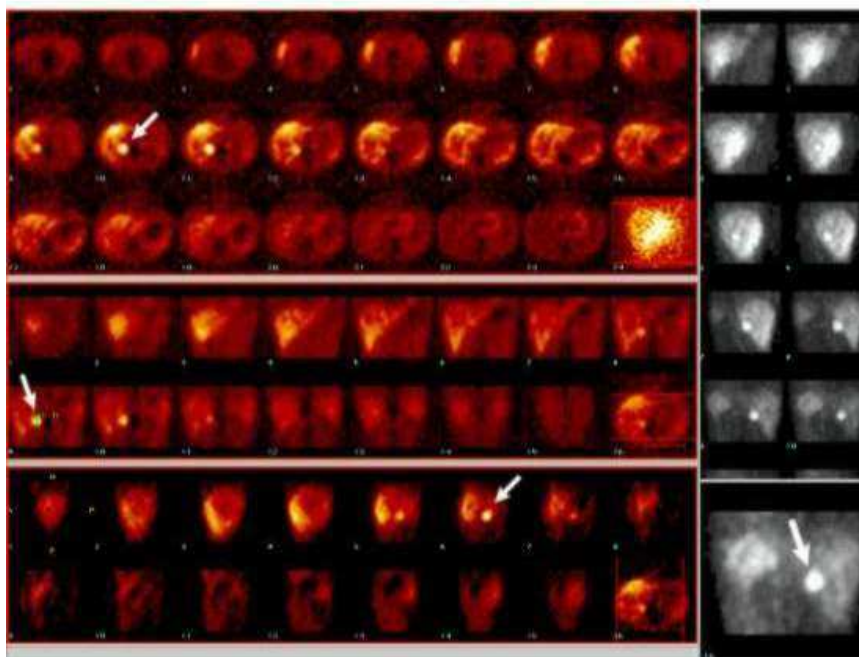
Diagnostika feochromocytomu se opírá především o biochemické testy. K určení lokalizace a potvrzení feochromocytomu se využívají zobrazovací metody. Optimální způsob lokalizace primárního, recidivujícího nebo metastazujícího feochromocytomu je kombinace anatomických zobrazovacích metod (SONO, CT, MR) s funkčními (metody nukleární medicíny).

Mezi funkční zobrazovací metody patří scintigrafie, která používá specifické radiofarmakum pro zobrazení patologie dřeně nadledvin. Jedná se o analog noradrenalinu a guanetidinu, značený jódem ^{131}I - MIBG, ^{123}I - MIBG - metajodbenzylguanidin. MIBG se kumuluje i v řadě dalších neuroendokrinních nádorů. Snímkování pomocí MIBG (specifitou 95 až 100%) je velmi užitečné při diagnostice nádorů, vyskytujících se mimo nadledviny, jako jsou paragangliomy či právě metastatický feochromocytom. Nevýhodou této metody je její nižší citlivost (78 až 83%). (10)

Další zobrazovací metodou nukleární medicíny, která se uplatní při lokalizaci feochromocytomu je pozitronová emisní tomografie (PET). K zobrazení je vhodný ^{18}F -fluorodopamin nebo ^{18}F -dihydroxyfenylalanin. Snímkování těmito látkami je schopno detekovat a lokalizovat feochromocytomy primární nádory v nadledvině, nádory recidivující mimo nadledviny i nádory metastazující. Tato metoda předčí použití MIBG.(10)

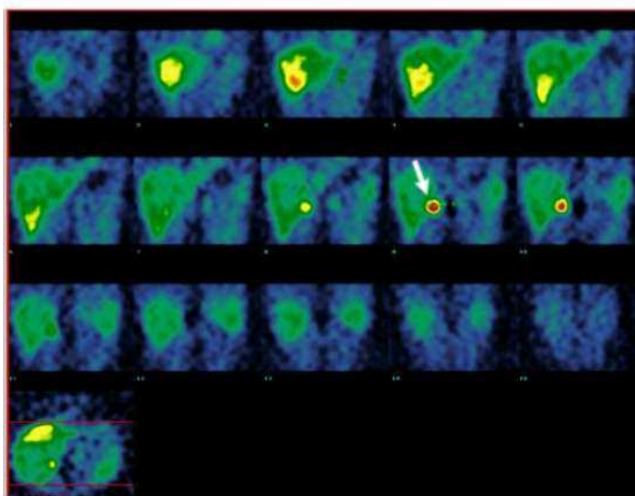
Tyto nukleární metody mohou potvrdit, že jde skutečně o feochromocytom a také jsou schopné potvrdit či vyloučit jeho metastázy. Může ovšem nastat skutečnost, že maligní feochromocytom se diferencuje a přijde tak o specifické neurotransmitery. To znamená, že uvedené specifické izotopy mají znemožněnou akumulaci – a tím i znemožněnou jeho lokalizaci. V rámci nukleární medicíny je v tomto případě možné vyšetření PET pomocí ^{18}F -fluorodeoxyglukózy (FDG) nebo scintigrafie ^{111}In -pentreotidem. (18)

SPECT záznam na oblast břicha za 24 h od aplikace 148 MBq ^{123}I -MIBG. Řezy transversální, koronární a sagitální, vpravo 3D rekonstrukce



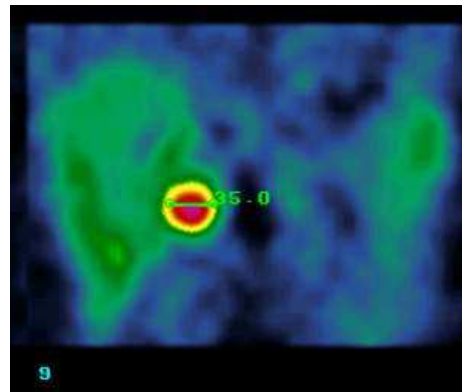
(13)

Řezy koronální pořízené za 24 h od počátku vyšetření



(13)

Zvětšený koronální řez - viz šipka / Feochromocytom/



Možnosti vyšetření neuroendokrinních nádorů

Neuroendokrinní nádory mají svůj původ v buňkách podobně jako hormonální žlázy a také produkují podobné látky jako nervová tkáň.

Většinou jde o pomalu rostoucí nádory s určitým sklonem ke zhoubnému zvratu. Asi v 85% vykazují tyto nádory hormonální aktivitu a podle této hormonální nadprodukce se i označují: Např. inzulinom, gastrinom, glukagonom, somatostatinom a karcinoid. Všechny tyto nádory mohou být maligní. Pak vytvářejí i vzdálené metastázy, zejména do jater, případně do kostí.

Výskyt těchto nádorů je vzácný, uvádí se asi 1 případ na 100.000 obyvatel. Společným rysem těchto nádorů je skutečnost, že se vyskytují buď izolovaně nebo jako součást mnohočetného postižení s různou hormonální produkcí. Diagnóza je obtížná, opírá se o analýzu klinického vyšetření spolu s laboratorním vyšetřením. Nález vysoké laboratorní hodnoty hormonu podporuje podezření na výskyt nádoru, ale často je problém prokázat místo uložení nádoru.

Mezi nejvýznamější neuroendokrinní nádory patří asi karcinoid. Většinou roste pomalu a má nejisté biologické chování. To znamená, že některé nádory se mohou

chovat nezhoubně, ty větší naopak vysloveně zhoubně a mají i schopnost metastazovat. Buňky karcinoidu vykazují endokrinní diferenciaci, což znamená, že pocházejí z podobné tkáně jako orgány, které produkují hormony.

V rozsáhlých studiích bylo zjištěno, že malé karcinoidy se mohou vyskytovat častěji a může trvat celé roky než začnou působit nositeli obtíže. Asi 60% karcinoidů se nachází v zažívacím traktu, asi 25% je v plicích. Objevuje se samostatně nebo v rámci mnohočetných neuroendokrinních nádorů.

Dignostika vychází z anamnestických údajů, z laboratorních vyšetření, endoskopického vyšetření, ultrazvukového vyšetření, rentgenového vyšetření a CT.

Diagnózu lze dále potvrdit radionuklidovým skenem na oddělení nukleární medicíny. Primární nádor může být i při velkých metastázách malý a jeho průkaz obtížný. Nevýhodou izotopových metod donedávna byla omezená výpovědní schopnost o místě uložení nádoru, bez možnosti objasnění vztahů k okolí. To se, myslím, do jisté míry změnilo zdokonalením vyšetřovací techniky (hybridní SPECT/CT).

Octreotidový sken je vyšetření, které využívá somatostatinových receptorů. Somatostatin je hormon, který známe ve 2 formách. (Somatostatinových receptorů je známo nyní 5) V klinické diagnostice se využívá subtyp 2, na který se váže syntetická látka podobná somatostatinu, označovaná jako octreotid. Octreotid je možné označit izotopem. Citlivost vyšetření je asi v 85-95%. Za výhodu tohoto vyšetření považují možnost v těle lokalizovat tkáň produkující somatostatin, a zároveň, že tento pacient s pozitivním testem by mohl dobře reagovat i na léčbu somatostatinovými analogy. Většinu neuroendokrinních nádorů lze také zobrazit i jódem značený MIBG. (18)

Scintigrafie somatostatinových receptorů

Jako radiofarmakum se používá ^{111}In -pentreotid. Neaktivní substance je dodávána pod firemním názvem OctreoScan®.

Indikacemi k tomuto poměrně finančně nákladnému vyšetření je vyhledávání primárního nádoru neznámé lokalizace, recidivy nebo vzdálených metastáz např. u těchto typů nádorů : karcinoid, GIT sekreční tumory (inzulinom, gastrinom, glukagonom, VIPom, ...), melanom, Merkelův tumor kůže, feochromocytom, neuroblastom, ganglioneurom, medulární karcinom štítné žlázy, meningeom, některé vzácné typy nádorů a záněty (autoimunní a granulomatózní záněty).

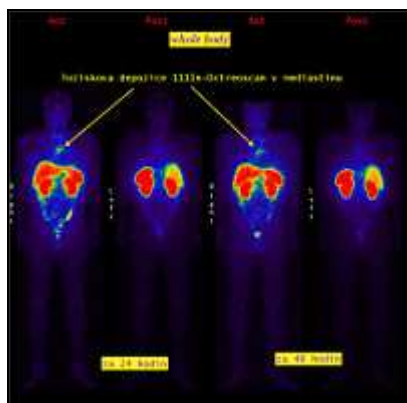
Před plánovaným vyšetřením pacient vysadí analogy somatostatinu (minimálně 24 hodin před podáním radiofarmaka). Aby se snížila radiační zátěž, je dobré, aby byl pacient dobře hydratován. Také je nutné zajistit řádné vyprázdnění střev (projímadlo, klyzma). Před zahájením scintigrafie se pacient vymočí.

Snímkování se provádí za 4, 24, 48 event. 72 hodiny po i.v. aplikaci radiofarmaka. O intervalech rozhoduje lékař. Pacient je vyšetřován vleže na zádech. Provádějí se statické snímky :

1. snímek: hlava, hrudník
2. snímek: břicho a pánev (musí být zachycena celá játra)

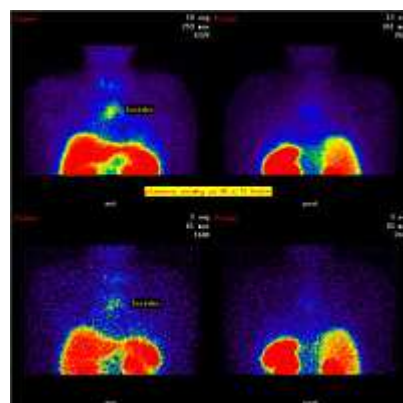
Dle rozhodnutí lékaře se doplní tomografie hrudníku nebo břicha.

Celotělová scintigrafie (whole body) pomocí ¹¹¹In-Octreoscan provedená za 24 a 48 hodin po aplikaci s vyznačenou ložiskovou depozicí radiofarmaka v mediastinu.



(13)

Cílená scintigrafie pomocí ¹¹¹In-Octreoscan metodou planární za 48 a 72 hodin po aplikaci s vyznačením ložiskové depozice radiofarmaka v mediastinu.



(13)

Terapie v nukleární medicíně pomocí otevřených zářičů

Terapie otevřenými zářiči je významnou částí nukleární medicíny. „Léčba zářením“ je založena na biologickém účinku záření. To má za úkol reverzibilně či ireverzibilně poškodit funkci, případně život patologicky změněných buněk při minimálním ovlivnění okolních struktur. Proto lze k terapii volit jen takové radionuklidy, které vedou k vysoké dávce pouze v místě depozice radiofarmaka a v jeho nejtěsnějším okolí. Toho je docíleno specifickou afinitou radionuklidů k buňkám na základě metabolického vztahu, infiltrací tkáně radionuklidy nebo zaváděním zářiče do serózní dutiny, do přívodné tepny, žíly nebo lymfatické cévy.

Při určování dávky záření se vychází z několika základních předpokladů :

- citlivost všech buněk k záření je stejná
- zářič je ve tkáni rozptýlen rovnoměrně
- buňky jsou ozářeny homogenně
- efektivní poločas radionuklidů je ve všech částech tkáně stejný

Pro všechny používané metody platí, že jde o terapeutické aplikace otevřených zářičů emitující záření s velkou ionizační schopností a krátkým doletem ve tkáni (maximálně několik mm). Běžně se používají radionuklidy emitující záření β^- .

Léčba otevřenými zářiči se provádí na pracovištích nukleární medicíny s lůžkovým oddělením. Jeho vybavení a provoz musí odpovídat stanoveným radiačně hygienickým předpisům.

Terapie štítné žlázy

Terapie funkčních poruch (tyreotoxikózy)

Tyreotoxikóza je stav, který ve své vyhraněné podobě je onemocněním velmi závažným, jež ohrožuje nemocného nejen na zdraví, ale i na životě.(Němec,Léčba nem.š.ž.) Příslušná léčba spočívá v blokádě periferního účinku tyroideálních hormonů a v blokádě jejich další tvorby tak, aby nemocný dosáhl v co nejkratší době (6-8 týdnů) eutyreózy. Ošetřující lékař toho může dosáhnout několika způsoby :

- nasazení tyreostatik
- tyreoidektomie
- terapie radiojodem

Léčba tyreostatiky

K dosažení požadovaného efektu je nezbytné, aby se tyreostatikum (farmaka blokující hormonogenezu – Carbimazol, Propycil, Thyrozol) resorbovalo a hromadilo ve tkáni štítné žlázy. Trvalého eutyroidního stavu nelze bohužel dosáhnout bez nutnosti doživotního užívání léku.

Tyreoidektomie

Tyreoidektomie (strumektomie) je operační výkon na štítné žláze optimálního rozsahu pro určitý typ onemocnění, který zůstává dodnes nejvýznamnější cestou k dosažení trvalého zklidnění nebo i vyléčení tyreotoxikózy.(5) Při provedení tohoto výkonu nelze ovšem vyloučit riziko nežádoucích komplikací jako jsou pooperační parézy rekurentu s následnou poruchou hlasu a pooperační hypoparatyreózy. Tyto stavy mohou být dočasné, ale i trvalé. Komplikace operačního výkonu jsou v literatuře neustále předmětem studia. Bezesporu nelze ovšem popřít fakt, že procento komplikací závisí především na zkušenosti chirurga. I na vysoce specializovaných pracovištích bývá procento trvalých komplikací vyšší než 1,5%. (2)

Terapie tyreotoxikózy radioaktivním jódem

Podstatou terapie štítné žlázy radionuklidy je ozáření folikulárních buněk štítné žlázy a poškození funkčně aktivních částí žlázy. Biologický účinek záření se projevuje okamžitým odumřením buněk nebo jejich zánikem po několika buněčných děleních.

Výsledkem ozáření štítné žlázy je atrofie žlázy se zachováním ojedinělých okrsků normální tkáně. Omezením počtu funkčních buněk dochází k poklesu sekrece tyreoidálních hormonů a k omezení akumulace jódu ve štítné žláze.

K dosažení maximálního efektu nesmí být nemocnému podán neradioaktivní jód v jakékoliv podobě (včetně povrchové aplikace dezinfekčních přípravků) v období 3 měsíců před terapií.

Nejčastěji se terapie provádí pomocí ^{131}I ve formě jodidu. Tento radionuklid, s poločasem přeměny 8,04 dne, je smíšený zářič emitující částice β^- a fotony γ . Fotony se na poškození folikulárních buněk účastní málo, dávka ve tkáni je způsobena hlavně zářením β^- . (Terapeutický efekt korpuskulární emise je asi 90% a 10% připadá na efekt záření gama.) (9) Složka záření γ má takovou energii, která umožňuje zevní detekci radionuklidu.

Kromě ^{131}I se zkoušely používat k terapii i další radioizotopy jódu (^{124}I , ^{125}I). Pro jejich nevyhovující fyzikální vlastnosti či z důvodu nákladnosti se od jejich masovějšího využití upustilo.

Radioaktivní jód se může podávat ve formě roztoku, který pacient vypije slámkou. Druhou formou jsou firemně vyráběné kapsle obsahující ^{131}I . Manipulace s nimi je rychlejší, pohodlnější, bezpečnější, ale jsou podstatně dražší.

Stanovení účinné dávky a potřebné množství ^{131}I v parenchymu štítné žlázy je velmi složitým problémem a dodnes není řešeno jednotně. Některé léčebné postupy volí konstantní aktivitu 200 MBq s jejím případným opakovaným podáním. Jiná metoda je založena na výpočtu podané aktivity pro předem odhadnuté potřebné ozáření v Gy (100-300 Gy).

O terapeutickém efektu rozhodují ještě další faktory jako např. velikost štítné žlázy, charakter jejího onemocnění, distribuce a akumulace radioaktivního jódu ve

žláze... Z toho také vychází další metoda a vzorec, podle kterého lze vypočítat aplikovanou aktivitu radiojódů **A** .

$$A (MBq) = \frac{m \cdot D \cdot 24,7}{UP_{24hod} \cdot T1/2_{ef}}$$

- **m** je hmotnost hyperfunkční tkáně štítné žlázy v g (odpovídá jejímu objemu v ml)
- **D** je absorbovaná dávka vyjádřená v Gy (gray), kterou chceme tuto tkáň ozářit
- **UP_{24hod}** je procentuální akumulace jodu ve štítné žláze za 24 hodin od perorálního podání
- **T 1/2_{ef}** je efektivní poločas jodu ve štítné žláze vyjádřený ve dnech

Při volbě požadované absorbované dávky D se zohledňuje typ hypertyreózy :

- U autoimunitní hypertyreózy se volí hodnota 100 - 250 Gy.
- U funkční autonomie se volí hodnota 250 – 300 Gy.

Parametry **UP_{24hod}** a **T1/2_{ef}** se určují radiojodovým akumulacním testem.

Nevýhodou terapie tyreotoxikózy je nemožnost předpovědět biologickou odpověď na podanou aktivitu radiojódů. Proto dochází asi u 20 až 25% takto léčených v průběhu prvního půl roku ke vzniku hypotyreózy. Jejich počet potom ve skupině léčených vzrůstá každým rokem zhruba o 4% a tvoří skupinu tzv. pozdních hypotyreóz. Tyto hypotyreózy jsou málo nápadné, ale o to rizikovější pro možné závažné cévní arteriosklerické komplikace. Všichni nemocní, kteří byli radiojodem léčeni, musí být proto doživotně dispenzarizováni (úvodní kontroly za 4 a 12 týdnů a za půl roku od aplikace radiojódů a s následnými kontrolami v ročních intervalech), aby byla případná pozdní hypotyreóza včas odhalena a mohla být nasazena příslušná léčba.

Pro nutnost vyloučit možnost vzniku negativních následků spojených s ozářením a potřebu dodržovat pravidla radiační ochrany jsou indikace a kontraindikace k léčbě hypertyreózy ^{131}I zvažovány zvláště pečlivě a odpovědně.

Absolutní kontraindikace terapie hypertyreózy radiojódem :

- Gravidita nebo laktace
- Podezření na současný maligní proces ve štítné žláze
- Nízká akumulace radiojódu ve štítné žláze
- Předpoklad otěhotnění pacientky do 6 měsíců od terapie radiojódem (většina odborníků nedoporučuje otěhotnění dříve jak za 12 měsíců)
- Psychická onemocnění a nespolupráce pacienta
- Inkontinence

Relativní kontraindikace :

- Těžká hypertyreóza s velmi vážnou elevací plazmatických hladin tyreoidálních hormonů (terapie se provádí až po úpravě hodnot)
- Autoimunní hypertyreóza s aktivní těžkou endokrinní oftalmopatií (je indikovaná tyreoidektomie a terapie radiojódem je použita k eliminaci zbytků tyreoidální tkáně)
- Děti a mládež
- Velké strumy nad 60ml
- Studené uzly bez podezření na malignitu
- Mechanické útlakové potíže na krku vyvolané strumou

Závažnou limitací pro provádění této terapie je nedostatečný počet lůžek na odděleních nukleární medicíny, která musí být rezervovaná zejména pro léčbu diferencovaných karcinomů štítné žlázy, kde nelze volit alternativní postup léčby. Hospitalizace u nás trvá 2 – 4 týdny.

Nádory štítné žlázy

Nádory štítné žlázy se řadí mezi vzácné choroby. Mezi všemi karcinomy mají zastoupení necelé 1%. Roční incidence se pohybuje kolem 50 nových případů na 1 milión obyvatel. Karcinom štítné žlázy však představují početně nejrozsáhlejší skupinu onkologických onemocnění v endokrinologii, kde tvoří kolem 90% všech diagnostikovaných nádorů. Přes svoji vzácnost patří ve věku 15 – 45 let mezi pět nejčastějších karcinomů. Nádory štítné žlázy představují různorodou skupinu tumorů, protože může jít jak o nádory téměř neškodné, tak o velice agresivní. Prognóza onemocnění závisí na mnoha faktorech. Benigní i maligní nádory štítné žlázy vycházejí z folikulárního epitelu, jsou hormonálně aktivní, vyskytují se častěji u žen než u mužů ve všech věkových kategoriích. Většina diferencovaných forem si ponechává schopnost vychytávat jód.

Histologicky je můžeme rozdělit na :

- Diferencované adenokarcinomy :
 - ◆ Papilární
 - ◆ Folikulární
 - ◆ Smíšený folikulární a papilární
- Medulární karcinom
- Nediferencovaný (anaplastický) karcinom
- Epidermoidní

Papilární karcinom (PTC)

Představuje přibližně 44 – 81% tyreoidálních nádorů. Tento karcinom často zakládá mikrometastázy do druhého laloku a recidivy z nich vznikají až ve 20%. Agresivita je poměrně nízká, u starších pacientů je jeho průběh mírnější. Lepší prognózu mají ženy než muži. (11).

Folikulární karcinom (FTC)

Je druhým nejčastějším maligním nádorem štítné žlázy. Typické je jeho maximum výskytu v 5. – 6. dekádě věku nemocného. Má sklon k tvorbě vzdálených

metastáz v plicích a kostech, šíří se hematogenní cestou. Metastázy dobře akumulují radiojód. Jako variantu folikulárního karcinomu se považuje inzulární karcinom (Vysoce agresivní typ nádoru, který akumuluje radiojód.) a onkocytární karcinom. Někteří autoři ho nazývají Hürtleho karcinom. Je charakteristický nepředvídatelným klinickým průběhem. Pro léčbu je značně nevýhodný, protože jeho akumulace radiojodu je malá.

Nediferencovaný (anaplastický) karcinom (ATC)

Je to velmi agresivní nádor, který vytváří bizarní buňky s několika jádry. Pro svůj vysloveně zhoubný průběh je řazen mezi nejagresivnější lidské nádory. Typicky se vyskytuje u nemocných s dlouhodobou anamnézou strumy, která se začala náhle zvětšovat. Karcinom se šíří jak hematogenní , tak lymfatickou cestou. V léčbě je metodou volby chemoterapie a zevní ozáření.

Medulární karcinom (MTC)

Vychází z parafolikulárních (C buněk). Jeho embryologický základ pochází z neurální lišty, a proto neakumuluje radiojód. Poměrně brzy a často metastazuje do jater. Léčba MTC spočívá v úplném chirurgickém odstranění štítné žlázy.

Sekundární nádory štítné žlázy

Metastázy nádorů do štítné žlázy vznikají přímým šířením z okolních orgánů (larynx, trachea, pharynx, oesophagus) a retrográdním lymfatickým šířením (trachea, bronchus). Hematogenní cestou mohou do štítné žlázy metastazovat prakticky všechny nádory.

Etiopatogenéze

karcinomu štítné žlázy je značně bohatá a uplatňuje se zde celá řada rizikových faktorů. S karcinomem se můžeme setkat asi u 10 – 15% nemocných, u kterých bylo v minulosti provedeno zevní ozáření krku.

Vyšší výskyt karcinomů, zejména u dětí a mladistvých, je prokazatelně pozorován v místech kde došlo k jaderným katastrofám.

100x vyšší riziko rozvoje papilárního karcinomu štítné žlázy mají pacienti s Gardnerovým syndromem či familiární adenomatózní polypózou střev.

Častější výskyt karcinomu byl také pozorován u nemocných, kteří podstoupili strumektomii pro benigní onemocnění štítné žlázy, a u kterých pak nebyla nasazena substituce tyreoidálními hormony.

Vyšší záchyt karcinomů byl zaznamenán u metabolicky aktivních stavů (Hashimotova autoimunní tyreoiditis, Graves Basedowova choroba, tyreotoxikóza).

Častěji bývá postiženo folikulárním karcinomem obyvatelstvo z oblastí s deficitem jódu. (Tento fakt byl pozorován v polovině minulého století i u nás.)

V polovině 80. let se podařilo u nemocných s medulárním karcinomem štítné žlázy lokalizovat jistou oblast 10. chromozomu jehož mutace jsou zodpovědné za toto onemocnění. (Byl identifikován RET proto-onkogen.)

Léčba

karcinomu štítné žlázy má komplexní interdisciplinární přístup, kdy se na jejím úspěšném průběhu podílejí kromě endokrinologů, rovněž chirurgové a specialisté v oboru nukleární medicína. Základem je chirurgické odstranění štítné žlázy, léčba radioaktivním jódem, zevní ozáření u neakumulujících a inoperabilních nádorů, hormonální léčba a chemoterapie.

Prvním krokem při léčbě karcinomu štítné žlázy je provedení radikálního chirurgického výkonu – TTE (totální tyreoidektomie). Pouze v 5% všech provedených TTE je odstraněna skutečně všechna tkáň štítné žlázy.(11) To lze spolehlivě prokázat pooperační scintigrafií.

Za 6 – 8 týdnů po chirurgickém výkonu navazuje na pracovišti nukleární medicíny doléčení radiojódem. Protože diferencovaný karcinom obvykle dobře

akumuluje radiojód, může být provedeno radiojódové odstranění zbytkové tkáně štítné žlázy. Využívá se při tom vhodných fyzikálních vlastností ^{131}I . Obvykle se podává tyreoblační aktivita 3,7 GBq ^{131}I .

Pokud jsou prokázány lokální nebo vzdálené metastázy, podává se podstatně vyšší aktivita 7 – 10 GBq.

Za několik dní až týdnů po terapii (aktivita v těle pacienta musí poklesnout na diagnostickou úroveň) se provádí celotělová posterapeutická scintigrafie. Ověřuje se tak vlastně distribuce akumulace radiojódu. Asi u 10% nemocných se zobrazí patologická akumulace radionuklidu v místě nádorové tkáně, která nebyla na předchozím diagnostickém scintigramu patrná. (11) Radiojód se vychytává ve zbytku štítné žlázy, zbytku tumoru. Metastázy, které nebyly vidět při diagnostickém vyšetření se „rozsvítí“. Celá radiojódová léčba se provádí u pacientů, kteří jsou v metabolickém stavu hluboké hypotyreózy s výrazným vzestupem endogenního TSH. (Jen touto cestou je možné dosáhnout potřebné akumulace.) Hypotyreóza je bohužel pacienty jen těžko tolerována.

Pokud nejsou prokázány metastázy je doporučovaná kontrola za 6 – 12 měsíců.

V poslední době se zavádí jak do diagnostiky, tak i do terapie aplikace rekombinantního lidského TSH (rhTSH). Podstata jeho využití spočívá v tom, že nemocný nemusí být před diagnostikou a léčbou v měsíční hypotyreóze. To znamená, že přichází eutyroidní a po dvou injekcích rhTSH je dosaženo výrazného vzestupu TSH, a tím jsou vytvořeny podmínky pro vychytávání podaného radiojódu v normální i nádorové tyreoidální tkáni. (V ČR je registrován preparát Thyrogen. Vysoká cena = limitované použití)

Karcinom štítné žlázy je nádor, který může recidivovat i po řadě let. Je proto nezbytné všechny pacienty s touto diagnózou doživotně sledovat (dispenzarizovat).

K monitorování choroby se využívá :

- Stanovuje se hladina tyreoglobulinu, který má po eliminaci štítné žlázy radiojódem úlohu nádorově specifického markeru. Dále se stanovuje v séru hladina protilátek proti tyreoglobulinu, ssTSH (supersenzitivní TSH), fT4 a PTH (parathormon).
- Standartní laboratorní vyšetření : krevní obraz a biochemické vyšetření séra dle potřeby.
- Kontrolní celotělová scintigrafická vyšetření :
 - Pomocí ^{131}I – musí předcházet vysazení hormonální supresivní léčby, následná hypotyreóza je podmínkou
 - Pomocí $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ – není nutné vysazení hormonální léčby

Diagnostika a léčba medulárního karcinomu (MTC) štítné žlázy

U medulárního karcinomu štítné žlázy se vychází z jiných diagnostických a léčebných algoritmů, protože tento typ nádoru nemá schopnost akumulovat radiojód. Základním lékařským opatřením je tedy chirurgem provedená tyreoidektomie.

V rámci doživotní dispenzarizace nemocných je sledována kromě běžných biochemických testů ještě :

- kalcitoninémie a
- hladina TSH v séru.

Nález hyperkalcitoninémie svědčí pro perzistenci nádorového procesu, a pak záleží na dostupnosti a výběru zobrazovacích metod k lokalizační diagnostice.

Při podezření na generalizaci nádorového procesu je zobrazovací modalitou první volby scintigrafie radiojódem ^{123}I nebo ^{131}I -MIBG (metaiodobenzylguanidin). Pro diagnostiku bývá upřednostňován radiojód značený ^{123}I pro nižší radiační zátěž a vyšší kvalitu snímků. Radiofarmakum se akumuluje ve štítné žláze díky přítomnosti radiojodu velmi dobře. Před diagnostickou scintigrafií je proto nutné štítnou žlázu blokovat Chlorigenem.

Vyšetření probíhá ve dvoudenním protokolu. Snímky se provádějí za 4 a 24 hodin po i.v. aplikaci radiofarmaka. Senzitivita metody se pohybuje kolem 25 – 40%. Scintigrafie pomocí MIBG je výhodná v tom, že při pozitivní akumulaci radiofarmaka v nádorové tkáni je možné podat terapeutické aktivity podáním ^{131}I -MIBG, a využít tak terapeutický efekt beta záření. Aplikuje se obvykle 3,7 – 7,4 GBq.

Této metody lze využít kromě léčby medulárního karcinomu štítné žlázy rovněž k terapii neuroblastomů, feochromocytomu, paragangliomu a karcinoidu.

Další radiofarmakum používané k diagnostice metastatického procesu při MTC je $^{99\text{m}}\text{Tc}$ DMSA (kyselina dimerkaptojantarová). Vyšetření tímto radiofarmakem je vhodné pro pacienty s recidivami na krku a pro detekci kostních a jaterních metastáz, zejména u pacientů, kde po chirurgickém výkonu došlo k vzestupu kalcitoninémie.

MTC má asi ve 40% receptory proti somatostatinu. Tento fakt umožňuje provedení diagnostické scintigrafie ^{111}In -pentreotidem (Octroscanem). Vyšetření se provádí 24, event. 48 hodin po podání radiofarmaka. Fyziologicky se zobrazují játra, ledviny, slezina, méně pak štítná žláza. Využití Octreoscanu je především pro detekci vzdálených metastáz, mediastina a uzlin na krku. Somatostatinové receptory se ovšem vyskytují také na lymfocytech. Mohou se tedy vytvářet falešně pozitivní nálezy při zánětlivých onemocněních, při Hodgkinských a non Hodgkinských lymfomech i po ozáření plic. Octreoscan lze použít i při detekci některých GIT nádorů, u karcinoidů, zkouší se v diagnostice endokrinních orbitopatií.

Metodika

Metodika mé práce spočívala v získávání nových poznatků z odborné literatury, článků, klinických pracovišť, dále pak z internetových odkazů. Získané informace jsem se snažila rozdělit do přehledného celku tak, aby práce podávala co nejúplnější pohled na úlohu nukleární medicíny a její přínos pro endokrinologii.

Diskuze

Jaké využití vlastně má nukleární medicína v diagnostice a léčbě endokrinologických onemocnění?

Nukleární medicína je závislá na složité přístrojové technice a dostupnosti radiofarmak. Nějakou dobu se zdálo, že má svou „zlatou éru“ už za sebou a její metody, že jsou již překonány. Ale v posledních letech došlo ve světě k velkému nárůstu počtu vyšetření prováděných pomocí pozitronových zářičů. PET je v současné době dokonalou metodou pro zobrazení funkčních dějů s obrovským diagnostickým potenciálem. Pozitronové zářiče mají velmi krátké poločasy přeměny. Díky velké citlivosti detekce PET je možné nemocným aplikovat nižší aktivity radionuklidů, které se navíc rychle rozpadnou. Výsledkem je nižší dávka záření spojená s vyšetřením a možnost vyšetření v případě potřeby opakovat v krátkém časovém odstupu.

Vývoj přístrojové techniky jde rychle dopředu. Dnes jsou již v provozu tzv. hybridní systémy PET/CT, SPECT/CT a PET/MRI. Tyto přístroje umožňují současný záznam anatomických a funkčních zobrazení. Kombinace PET/MRI ve srovnání s PET/CT výrazně snižuje dávku záření, kterému je pacient vystaven a zvyšuje kvalitu morfologického zobrazení. Celotělová PET/MRI je velmi silnou diagnostickou modalitou pro onkologické zobrazování a pro použití při onkologickém screeningu. Mohla by představovat budoucnost zobrazovacích technik v onkologii i v dalších aplikacích. Protože se jedná skutečně o špičkovou diagnostickou techniku, je i pořizovací cena astronomická.

Tím se bohužel nukleární medicína řadí k finančně náročným oborům medicíny. Hlavně proto nejsou tyto přístroje u nás rozšířeny tak, jak bychom si přáli.

Endokrinologie a nukleární medicína jsou spolu po celou dobu svého vývoje úzce spjaty. Myslím si, že právě neustálým zdokonalováním přístrojové techniky a vybavením pracovišť nukleární medicíny se otvírají další možnosti využití otevřených zářičů nejenom v diagnostice, ale i v léčbě některých endokrinopatií.

Jedná se hlavně o možnosti rozšíření spektra diagnostických možností v tyreologii. Scintigrafie štítné žlázy je stále jedinné vyšetření, které nám na rozdíl od jiných zobrazovacích metod poskytne informaci o rozložení funkční aktivity v parenchymu štítné žlázy. To je důležité u tyreotoxikózy při rozlišení hormonálně aktivních a neaktivních uzlů.

Další přínos scintigrafie vidím při pátrání po ektopické lokalizaci štítné žlázy. Tuto metodu se mi zdá vhodné použít při podezření na liguální či retrosternální strumu. Zvláště vhodné se mi zdá využití scintigrafie v pediatrické praxi, v případě, kdy sono nepodá dostačující informace o uložení ektopické tkáně štítné žlázy. Tato metoda je z hlediska radiační zátěže pro pacienta šetrnější než vyšetření na CT.

Pozornost si zaslouží i scintigrafie příštítných tělísek. Osvědčila se v primární diagnostice adenomů příštítných tělísek. Výhodou scintigrafického vyšetření oproti CT je nižší radiační zátěž. Scintigrafické metody zobrazí tělísko pouze v případě autonomie.

Spektrum vyšetření pomocí radiofarmak se navíc rozšířilo o lokalizační diagnostiku některých neuroendokrinních a hormonálně aktivních nádorů GIT. Myslím si, že pokud má lékař podezření na výskyt takového nádoru je lepší si jeho přítomnost nejprve ověřit pomocí scintigrafie a teprve potom v příslušné lokalitě pořizovat CT skeny. Zde opět vidím výhodu před CT hlavně v menší radiační zátěži pacienta.

Již existují studie zabývající se využitím PET v onkologii štítné žlázy, a to k lokalizaci a diagnostice uzlinových syndromů na krku a v mediastinu.

Novinkou je metoda radiačně navigované chirurgie, která se již objevuje na stále větším počtu operačních sálů. Tato metoda byla také použita i při lokalizaci a následné chirurgické exstirpaci adenomu příštítných tělísek.

V případě diagnostiky a léčby zhoubných nádorů štítné žlázy patří radioizotopy k nenahraditelným alternativám. Základním využitím radioizotopových metod vidím v

diagnostice diferencovaného karcinomu štítné žlázy po operacích Na^{131}I . Výhodné je použití právě Na^{131}I . Je to totiž smíšený beta a gama zářič a to dovoluje jak provedení scintigrafie, ale i vlastní ablaci zbytků štítné žlázy. Další výhodou léčby pomocí radiojódu je vlastně to, že je bezbolestné a pro pacienta znamená minimální riziko. Tento způsob léčby se mi zdá vhodné upřednostňovat například u starších pacientů, kteří nejsou schopni z nějakého důvodu podstoupit operativní řešení. Výsledek léčby, ale zcela jistě velkou měrou závisí na precizním a do detailu přizpůsobeném provedení léčebných postupů. Takové provedení ovšem nedokáže zajistit každé pracoviště.

Závěr

Bakalářská práce na téma využití metod nukleární medicíny mě velice obohatila, upřesnila jsem si spoustu nových odborných pojmů, vyšetřovacích a léčebných postupů. Věřím, že znalosti, které jsem získala při zpracovávání této práce využiju také ve své praxi.

Po zpracování všech mně dostupných materiálů jsem došla k závěru, že nukleárně medicínské metody patří mezi minimálně zatěžující neinvazivní diagnostické a léčebné postupy. Jsem přesvědčena, že nukleární medicína jako obor je velkým přínosem ke kvalitní diagnostice i terapii a zároveň její metody nejsou pro pacienta nikterak náročné. Používání složité přístrojové techniky a nově vyvíjených radiofarmak ji bohužel řadí k finančně náročnějším oborům medicíny.

Pokud má práce seznámí čtenáře s novými poznatky nebo mu pomůže ucelit či dokonce změnit k lepšímu jeho pohled na využití nukleární medicíny, budu nesmírně potěšena.

Seznam použité literatury

1. **Bakos, K., Hušák, V.:** Nukleární medicína. Praha, Avicenum 1985
2. **Koranda, P., Myslivoček, M., Hušák, V.:** Nukleární medicína v endokrinologii a terapie otevřenými zářiči. Olomouc, Vydala Univerzita Palackého v Olomouci 2002, ISBN 80-244-0415-X
3. **Michlová, B.:** Léčba diferencovaných karcinomů štítné žlázy. In: XII. Jihočeské onkologické dny. České Budějovice 2005, str. 48-50
4. **Němec, J., ed. kol.:** Diagnostika chorob štítné žlázy. In Thomayerova sbírka č. 508. Praha, Avicenum 1988
5. **Němec, J., Zamrazil, V., Váňa, S.:** Léčba nemocí štítné žlázy. In Thomayerova sbírka č. 514. Praha, Avicenum 1991, ISBN 80-201-0120-9
6. **Petrovický, P., Druga, R.:** Zrakové a sluchové orgány, orgány s vnitřní sekrecí. Praha, Nakladatelství Karolinum 1997, ISBN 80-7184-108-0
7. **Stárka, L.:** Endokrinologie. Praha, Maxdorf 1997, ISBN 80-85800-77-2
8. **Šantora, J., Němec, J., Kubinyi, J. :** Terapie karcinomu štítné žlázy pomocí radiojodu, dop. diagnostické a léčebné péče. Standardy ČSNM ČSL JEP, 1999
9. **Urbánek, J., ed. kol.:** Nukleární medicína. Jilemnice, Gentiana 2000, ISBN 80-902133-9-1
10. **Vlček, P., Křížová, H.:** Využití metod nukleární medicíny v endokrinologii. Lékařské listy, 2001, roč. 50, str. 17-19
11. **Vlček, P., Racek, P.:** Nádory štítné žlázy. In : XII.Jihočeské onkologické dny. České Budějovice 2005, str. 38-43
12. <http://www.cls.cz/> 10.2.2007
13. <http://www.kcsolid.cz/>
14. <http://www.lf3.cuni.cz/> 3.3.2007
15. <http://www.onko.cz/> 17.3.2007
16. <http://sanquis.cz/> 15.3.2007
17. http://www.sanquis.cz/clanek.php?id_clanek=616 13.2.2007
18. http://www.sanquis.cz/clanek.php?id_clanek=417 25.3.2007

Klíčová slova

Scintigrafie

Radiojód

Endokrinologie

Adenom

Karcinom

Štítná žláza

Radioizotop