

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Anna Šedivá

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH STUDIÍ

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví B 5345

Anna Šedivá

Studijní obor: Radiologický asistent 5345R010

**RADIONUKLIDOVÁ VYŠETŘENÍ V SOUČASNÉ
ENDOKRINOLOGII**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Alexander Malán

PLZEŇ 2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité prameny jsem uvedla v seznamu použitých zdrojů.

V Plzni dne 26. 3. 2015.

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce MUDr. Alexanderovi Malánovi za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytl při psaní bakalářské práce.

Anotace

Příjmení a jméno: Anna Šedivá

Katedra: Katedra záchranářství a technických oborů

Název práce: Radionuklidová vyšetření v současné endokrinologii

Vedoucí práce: MUDr. Alexander Malán

Počet stran – číslované: 53

Počet stran – nečíslované: 23

Počet příloh: 12

Počet titulů použité literatury: 23

Klíčová slova: Scintigrafie, Radiofarmakum, Nukleární medicína Štítná žláza, Příštítná tělíska, Neuroendokrinní tumory

Souhrn:

Cílem bakalářské práce je shrnout a objasnit nejen scintigrafické metody v oblasti endokrinních onemocnění, ale i princip nukleární medicíny obecně. V teoretické části se zabýváme oborem nukleární medicína, jejím principem, přístroji a fyzikálními vlastnostmi ionizujícího záření. Dále také stručným popisem žláz s vnitřní sekrecí. Hlavní složkou je kapitola o radionuklidových vyšetřeních v endokrinologii, která obsahuje popis jednotlivých vyšetření a radiofarmaka při nich aplikovaná. Praktickou částí se snažíme poukázat na indikace k těmto vyšetření a jejich význam. Nakonec jsou v práci stručně statisticky zpracována data z daných vyšetření.

Annotation

Surname and name: Anna Šedivá

Department: Department of Paramedical rescue work and Technical studies

Title of thesis: Radionuclide examinations in contemporary endocrinology

Consultant: MUDr. Alexander Malán

Number of pages – numbered: 53

Number of pages – unnumbered: 23

Number of appendices: 12

Number of literature items used: 23

Keywords: Scintigraphy, radiopharmaceutical, Nuclear Medicine, thyroid, parathyroid, Neuroendocrine tumors

Summary:

The objective of this thesis is to summarize and clarify not only the scintigraphic methods of endocrine diseases, but also the principle of nuclearmedicine in general. In the theoretical part we deal with nuclear medicine, its principles, devices, and physical properties of ionizing radiation. As well as a brief description of the endocrine glands. The main component is a chapter on radionuclide examinations in endocrinology, which contains a description of each examination and the applied radiopharmaceuticals. The practical part is aimed to highlight the indications for these examinations and their significance. Finally, the thesis consists of briefly statistically processed data from the given examinations

OBSAH

ÚVOD.....	8
TEORETICKÁ ČÁST	9
1 VLASTNOSTI IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	9
1.1 Radioaktivní přeměny.....	9
1.1.1 Gama přeměna.....	10
1.1.2 Absorpce záření gama látkou	10
1.1.3 Alfa přeměna	10
1.1.4 Beta přeměna	11
2 POPIS ŽLÁZ S VNITŘNÍ SEKRECÍ.....	12
2.1 Hypofýza.....	12
2.1.1 Adenohypofýza.....	12
2.1.2 Neurohypofýza	12
2.2 Štítná žláza.....	13
2.3 Příštítné žlázy.....	13
2.4 Nadledviny.....	13
2.4.1 Kůra nadledvin	14
2.4.2 Dřeň nadledvin	14
3 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA	14
3.1 Princip nukleární medicíny.....	14
3.2 Výhody a nevýhody nukleární medicíny	15
3.3 Zpracování a záznam dat	15
3.4 Scintigrafie.....	16
3.5 Scintilační kamera.....	16
3.6 SPECT	17
3.7 PET	17
4 ENDOKRINOLOGICKÁ RADIONUKLIDOVÁ VYŠETŘENÍ.....	18
4.1 Vyšetření hypotalamo-hypofyzárního systému	18
4.2 Vyšetření štítné žlázy.....	19
4.2.1 Morfologické vyšetření.....	19
4.2.2 Funkční vyšetření	20
4.2.3 Radiofarmaka.....	20
4.3 Vyšetření příštítných tělísek	21
4.3.1 Radiofarmaka.....	21
4.4 Vyšetření nadledvin	22
4.4.1 Vyšetření kůry nadledvin.....	22

4.4.2	Radiofarmaka.....	22
4.4.3	Vyšetření dřeně nadledvin.....	22
4.4.4	Radiofarmaka.....	23
4.5	Neuroendokrinní nádory.....	23
4.5.1	Radiofarmaka.....	24
5	RADIOFARMAKA.....	24
5.1	^{99m} TcO ₄	25
5.2	¹²³ I.....	25
5.3	^{99m} Tc – MIBI.....	26
5.4	¹¹¹ In – pentetretid.....	26
5.5	¹³¹ I.....	26
5.6	¹⁸ F-FDG.....	27
	PRAKTICKÁ ČÁST.....	28
6	CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	28
7	KAZUISTIKY.....	29
7.1	Kazuistika 1.....	29
7.2	Kazuistika 2.....	34
7.3	Kazuistika 3.....	37
7.4	Kazuistika 4.....	40
7.5	Kazuistika 5.....	44
7.6	Kazuistika 6.....	49
8	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ.....	53
	DISKUZE.....	57
	ZÁVĚR.....	61
	LITERATURA A PRAMENY.....	62
	SEZNAM ZKRATEK.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	67
	SEZNAM PŘÍLOH.....	68
	SEZNAM GRAFŮ.....	69
	PŘÍLOHY.....	70

ÚVOD

Tématem bakalářské práce jsou scintigrafické metody v současné endokrinologii. Endokrinologie využívala oboru nukleární medicíny prakticky již od počátku jejího vzniku. Prvním scintigraficky vyšetřeným orgánem byla štítná žláza, k vyšetření byl použit nestabilní izotop jódu. Hormony produkované žlázami s vnitřní sekrecí ovlivňují řadu orgánů v lidském těle a proto případná hormonální dysbalance může mít významný vliv na zdravotní stav pacienta. Práce se především zabývá zobrazováním žláz s vnitřní sekrecí, přičemž výsledky mohou výrazně přispět k diagnostice některých patologických stavů. Metody nukleární medicíny umožňují kromě diagnostiky in vivo také terapii otevřenými zářiči a stanovení hladin hormonů pomocí metod radioimunoanalýzy, těmto metodám se tato bakalářská práce ale blíže nevěnuje.

Hlavním cílem této práce je popsat scintigrafická vyšetření v endokrinologii, jejich členění, postupy a aplikovaná radiofarmaka. Práce také zmiňuje principy nukleární medicíny a používané přístrojové vybavení, dále pak anatomii žláz s vnitřní sekrecí vyšetřovaných pomocí scintigrafie a v neposlední řadě i fyzikální vlastnosti ionizujícího záření. Praktická část je rozdělena na dvě podkapitoly: na část obsahující kazuistiky a část, kde jsme statisticky zpracovali data získaná z nemocničního systému WinMedicalc. Vybrané kazuistiky se týkají pacientů, kteří podstoupili vyšetření štítné žlázy a příštítných tělísek a pacientů s podezřením na neuroendokrinní tumor. Statistickým zpracováním jsme se snažili poukázat na výtěžnost těchto vyšetření, interpretovat jejich výsledky a případně i zaznamenat terapeutické řešení pozitivních nálezů.

Samostatná literatura o scintigrafii v endokrinologii není přímo dostupná, proto jsme čerpali především z literatury, která zahrnuje obor nukleární medicína jako takový i s popisem příslušných vyšetření.

TEORETICKÁ ČÁST

1 VLASTNOSTI IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

1.1 Radioaktivní přeměny

Je známo 266 stálých nuklidů. Jejich stálost spočívá v určitém poměru neutronů a protonů v jádře. Aby byl nuklid stabilní, musí být neutronů více než protonů a tím se zmenšuje vzájemné odpuzování protonů v jádře. Pokud není ideální poměr mezi protony a neutrony, stává se jádro radioaktivním. Znamená to, že nuklid je opakem stabilního jádra a samovolně se přeměňuje. Nejčastěji se přeměňuje na jádro jiné a nějakou jinou menší částici. ⁽¹⁾⁽²⁾

Radioaktivní přeměna je přeměna exoergická, což znamená, že se při ní uvolňuje energie. Ta je většinou ve formě kinetické energie, kterou nesou vzniklé částice, nebo ve formě kvanta elektromagnetického záření. Rozdíl energií mezi mateřským a dceřiným jádrem je právě E_{Kin} odnášená emitovanou částicí. Aby k těmto přeměnám vůbec došlo, musí se děj řídit zákonem o zachování energie a musí být splněna hmotnostní podmínka, která říká, že součet hmotností dceřiného jádra a klidové hmotnosti vylétávající částice je menší než hmotnost mateřského jádra. Rozdíl mezi energiemi na obou stranách přeměny je energie kinetická, kterou nese vylétávající částice z přeměny. ⁽¹⁾⁽²⁾

V podstatě máme 3 druhy radioaktivních přeměn a to v závislosti na jejich chování

- Děje, při kterých se mění protonové číslo a nukleonové se nemění
Přeměna β^- , β^+ , elektronový záchyt
- Děje přeměňující obě čísla, jak protonové, tak nukleonové
 α přeměna, emise neutronů a protonů a těžších jader a samovolné štěpení
- Děje způsobující buď okamžitou nebo zpožděnou deexcitaci jádra za vyzáření γ nebo vnitřní konverze

Radioaktivní přeměny rozdělujeme také podle toho, jaký je produkt reakce, respektive podle druhu emitovaného záření. Máme záření α - heliová radioaktivita, záření β^+ - pozitronová radioaktivita, záření β^- - elektronová radioaktivita a záření γ , tedy fotonová radioaktivita. ⁽¹⁾⁽²⁾

1.1.1 Gama přeměna

K přeměně γ dochází v případě, že jádro není v základním stavu, je tedy nějakým způsobem vybuzené nebo excitované. Proto musí dojít k deexcitaci, což znamená k přeskupení nukleonů v jádře do energeticky výhodnějšího stavu. Protože nukleony v jádře jsou rozestaveny do kvantových hladin, podobně jako elektrony v orbitálních hladinách obalu, dochází během přeskupování k vyzáření přebývající energie a to ve formě γ fotonů. ⁽¹⁾⁽²⁾

1.1.2 Absorpce záření gama látkou

Fotony gama zářením po průchodu hmotou interagují s atomy látky buďto na úrovni atomového jádra nebo s elektronovým obalem. Při průletu látkou se záření posupně zeslabuje úměrně její tloušťce. Ztráta energie při průchodu látkou probíhá třemi způsoby, fotoefektem, Comptonovým rozptylem a tvorbou elektron-pozitronových párů. ⁽¹⁾⁽²⁾⁽¹⁰⁾

Tvorba elektron-pozitronových párů je možná pouze když projde atomem foton gama záření s vysokou energií. Při tomto průchodu kolem jádra se může gamafoton přeměnit na elektron-pozitronový pár, tedy e^- a e^+ . Pozitron dále putuje prostředím a po zabrzdění dojde k jeho anihilaci za vzniku dvou fotonů gama. Elektron, který vznikl při průchodu gama fotonu látkou, zůstává v jádře tohoto atomu. ⁽¹⁾⁽²⁾⁽¹⁰⁾

Fotoefekt je interakce fotonů gama s elektronem v obalu. Dochází při něm k předání veškeré energie fotonu a jeho zániku. Díky navýšené energii elektronu se může vyvázat z atomového obalu. To co bylo dodáno se rozdělí mezi energii na uvolnění z vazby a na E_{Kin} elektronu. Po uvolněním elektronu zůstává volné místo v atomovém obalu, které se následně zaplní částicí z vyšší slupky za současného vyzáření kvanta elektromagnetického záření. ⁽¹⁾⁽²⁾⁽¹⁰⁾

Při Comptonově rozptylu dochází k předání části energie fotonu gama na volný, nebo slabě vázaný elektron. Foton, který ztratí část své energie letí dál, ale v jiném směru s menší E_{Kin} . Díky této srážce se navýší energie elektronu a ten je pak schopen ionizovat okolí. ⁽¹⁾⁽²⁾⁽¹⁰⁾

1.1.3 Alfa přeměna

Dochází při ní k emisi jádra atomu hélia, tedy dva protony a dva neutrony. Přeměna α se vyskytuje většinou u těžkých prvků, u kterých již nejsou tak velké přitažlivé jaderné síly. Nukleony v jádře se tudíž mohou seskupit a pomocí tunelového efektu prorazit potenciálovou bariéru a odejít z vazby v jádře. Díky vyzáření částicí α se prvek posune

v periodické soustavě prvků o dvě místa doleva. Tato přeměna má malou pronikavost a i díky tomu, že se vyskytuje u těžkých prvků se moc nevyužívá v diagnostice ani v terapii. ⁽¹⁾⁽²⁾

1.1.4 Beta přeměna

Je to velice slabá interakce a její dosah je krátký. Tyto slabé interakce jsou zprostředkovány leptony vyměňující si kvanta slabého pole. Přeměna β se rozděluje na β^- , β^+ a elektronový záchyt. ⁽¹⁾⁽²⁾

Přeměna β^-

Patří k těm častějším a dochází při ní k emitování elektronu. Tento děj nastane u jader s přebytkem neutronů a dojde k přeměně neutronu na proton a elektronu na antineutrino ($n^0 \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}$). V jádře se tudíž zvýší počet protonů o jeden, což vede k posunutí daného prvku v periodické soustavě prvků o jedno místo doprava. Také zde musí dojít ke splnění hmotnostně-energetické podmínky $m(B) + m(C) < m(A)$ ¹. Přeměna β^- může vést k dceřinému jádru a to buď v základním stavu, nebo v excitovaném stavu s následnou deexcitací a vyzáření fotonů γ a nebo ještě k jádru v různém procentuelním rozložení základního a excitovaného stavu. ⁽¹⁾⁽²⁾

Přeměna β^+

Přeměna β^+ nastává u jader s přebytkem protonů, tedy u jader s nesprávným poměrem protonu a neutronů v jádře. Dochází při ní k emisi antičástice elektronu, pozitronu. Přebývající protony v jádře se přemění na neutrony ($p^+ \rightarrow n^0 + e^+ + \nu$). Při této reakci musí také být splněna hmotnostně-energetická podmínka. Přeměna β^+ způsobí, že se daný prvek posune v periodické soustavě prvků o jedno místo doleva, tedy odečítá se jeden proton. ⁽¹⁾⁽²⁾

Elektronový záchyt

Je to zvláštní druh přeměny β a vzniká u jader s přebytkem protonů. Proton se mění na neutron zachycením elektronu z obalu a to nečastěji ze slupek K nebo L ($p^+ + e^- \rightarrow n^0 + \nu$). Při tomto ději se emituje neutrino. Po elektronu z obalu zůstává prázdné místo, které musí být zaplněno elektronem z vyššího orbitalu. Během tohoto přeskupování dochází k vyzáření fotonů charakteristického X – záření. ⁽¹⁾⁽²⁾

¹ $m(A)$ = hmotnost mateřského jádra, $m(B)$ = hmotnost jádra dceřiného, $m(C)$ = klidová hmotnost emitované částice

2 POPIS ŽLÁZ S VNITŘNÍ SEKRECIÍ

2.1 Hypofýza

Hypofýza nebo-li podvěsek mozkový je tělísko ovoidního tvaru uložené v prohlubni kosti klínové, ve fossa hypophysialis. Z horního pólu vede stopka, kterou je hypofýza připojena k hypotalamu. Má významnou dominantní funkci pro celý endokrinní systém, jelikož její produkty ovlivňují i činnost ostatních žláz s vnitřní sekrecí. Dle stavby se dají rozdělit na přední, střední a zadní část. ^{(3) (4) (5) (6)(7)}

2.1.1 Adenohypofýza

Je to žlázová část hypofýzy a je složena ze tří typů buněk, buněk chromofóbních a bazofilních, které jsou uloženy spíše ve středu předního laloku a buněk acidózních uložených především v okrajových částech. Činnost adenohypofýzy regulují produkty hypotalamu, které ji buď stimulují, nebo inhibují. Produktem adenohypofýzy je celkem šest hormonů, které ovlivňují další dění v organismu. ^{(3) (4) (5) (6)(7)}

Somatotropin reguluje růst organismu a zlepšuje využívání proteinů. Prolaktin je hormon laktace a růstu mléčné žlázy. Oba dva tyto hormony jsou produktem acidofilních buněk. Dalším produktem předního laloku je folikulostimulační, luteinizační, thyreotropní a adrenokortikotropní hormon, ty jsou zase vytvářeny v bazofilních buňkách. ^{(3) (4) (5) (6)}

Folikulostimulační hormon zvyšuje produkci estrogenu a ovlivňuje zrání vaječnickových folikulů s následným menstruačním cyklem a ovulací, u mužů reguluje produkci spermií. Luteinizační hormon u žen ovlivňuje přeměnu žlutého tělíska ve vaječnicích a tím navozuje ovulaci a u mužů řídí produkci testosteronu. Thyreotropin ovlivňuje funkční činnost štítné žlázy a adrenokortikotropin zase řídí činnost kůry nadledvin. ^{(3) (4) (5) (6)(7)}

2.1.2 Neurohypofýza

Neurohypofýza je přidruženou částí hypofýzy a připojila se k přednímu laloku až sekundárně, je spíše nervovou částí podvěsku. Hormony neurohypofýzy vznikají v některých jádrech buněk hypotalamu, ty jsou dále posílány do zadního laloku. Tato zadní část hypofýzy produkuje tři hormony, vasopresin, oxytocin a antidiuretický hormon. ^{(3) (4) (5) (6)(7)}

Vasopresin ovlivňuje tonus hladké svaloviny cév a tím i výši krevního tlaku. Oxytocin zapříčiňuje kontrakce děložní svaloviny zejména při porodu. A antidiuretický hormon zvyšuje permeabilitu buněčné stěny ledvinných distálních kanálků. ^{(3) (4) (5) (6)(7)}

2.2 Štítná žláza

Štítná žláza je párovým orgánem nejčastěji ve tvaru písmene H a je složena ze dvou laloků, které spojuje istmus nebo-li můstek. Z můstku vychází ještě jeden lalok a to tzv. lalok pyramidový. Štítnice je složena s dutých oválných váčků – folikulů – jejichž stěnu tvoří epitelové buňky. Velikost těchto buněk ovlivňuje funkční stav této žlázy. Při hypofunkci jsou buňky oploštělé a při hyperfunkci se buňky stanou cylindrickými. Vnitřek folikulu je vyplněn koloidem a jeho hlavní součástí je glukoprotein thyroglobulin. Ten hraje důležitou roli v uskladňování a tvorbě hormonů štítné žlázy, tedy trijódthyroninu a tyroxinu. Tyto hormony ovlivňují činnost bazálního metabolismu. Dále pak štítná žláza produkuje z parafolikulárních buněk hormon kalcitonin. Ten působí opačně než hormon příštítných tělísek parathormon – snižuje hladinu vápníku v krvi a usnadňuje jeho ukládání v kostní tkáni. ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾

2.3 Příštítné žlázy

Jsou to čtyři malé ovoidní útvary uložené na zadní straně štítné žlázy při jejím horním a dolním pólu. Tato jejich lokalizace je nejčastější, poměrně často se však příštítná tělíska vyskytují i ektopicky (mediastinum, mezi svalovými skupinami krku, intrathyreoideálně atp.). Pokud jsou uloženy intrathyreoideálně mají svůj vlastním vazivový obal. Z něj prostupují do vnitřku žlázy přepážky, které rozdělují parenchym na provazce buněk, podobně jako tomu je u štítné žlázy. Příštítné žlázy se skládají ze dvou typů buněk, buněk oxyfilních a hlavních. Z názvu buněk je jasné, že hlavní buňky produkují vlastní hormon příštítných tělísek, parathormon. Ten ovlivňuje metabolismus fosforu a vápníku a reguluje jeho uvolňování do krve z kostní tkáně, zamezuje jeho vylučování ledvinami a zvyšuje jeho vstřebávání z potravy ve střevě. U oxyfilních buněk zatím nebyl zjištěn nějaký větší funkční význam. ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾

2.4 Nadledviny

Dalším párovým orgánem v endokrinní soustavě jsou nadledviny. Jsou uloženy na horních pólech obou ledvin a jsou stejně jako ledviny obaleny tukovým polštářem. Levá nadledvina má poloměsíčitý tvar a pravá zase trojúhelníkový. Na přední ploše se nachází vkleslina, do které vstupuje vena centralis, která dále pokračuje jako vena suprarenalis a

vstupuje do vena cava inferior. Vývojově se nadledviny rozdělují na dřeň a kůru.^{(3) (4) (5) (6)(7)}

2.4.1 Kůra nadledvin

Je mesodermového původu a tvoří 70% celého objemu. Produkuje steroidní hormony a rozděluje se na tři vrstvy dle složení a funkce. První vrstva je pod povrchem a je uspořádaná do klubíček nebo-li glomerulů, Zona glomerulosa. Ta produkuje mineralokortikoidy jako je aldosteron. Aldosteron reguluje metabolismus vápníku a sodíku a tím ovlivňuje zpětné vstřebávání vody. Druhá vrstva tvoří až 50% objemu nadledvin a je složena do rovnoběžných trámců, fascikulů, Zona fasciculata. Ta produkuje glukokortikoidy. Hlavním glukokortikoidem je kortizol, ovlivňující dění v těle během stresových situací a udržuje hladinu glukózy na dostatečné úrovni, aby neustala mozková činnost. Dále pak produkuje androgeny, jejichž účinky mají podobný vliv jako mužské pohlavní hormony. Třetí vrstvou je Zona reticularis, jejíž struktura připomíná prostorovou síť, produkuje glukokortikoidy a androgeny, podobně jako Zona fasciculata.^{(3) (4) (5) (6)(7)}

2.4.2 Dřeň nadledvin

Vzniká ze sympatických ganglií a působí i jako část nervové soustavy. Buňky dřeně se dají rozdělit na dva druhy. A-buňky, 80% buněčné populace dřeně, produkující adrenalin a N-buňky, 5% buněčné populace, produkující noradrenalin. Tyto dva hormony ovlivňují srdeční sval a tonus hladké svaloviny cévních stěn. Adrenalin ovlivňuje roztažení hladké svaloviny cév a zvyšuje srdeční činnost a bazální metabolismus. Naopak noradrenalin ovlivňuje stah hladké svaloviny a tím zvyšuje krevní tlak. Jejich produkce ovlivňuje především aktuální stav organismu při neobvyklých situacích jako je bolest nebo strach.^{(3) (4) (5) (6)(7)}

3 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

Obor nukleární medicíny je interdisciplinárním oborem, který se zabývá nejen diagnostikou, ale i terapií. Metody nukleární medicíny využívají převážně intravenózní aplikace radiofarmak do vnitřního prostředí organismu, kde pak sledují jejich distribuci v zobrazované cílové tkáni. V tomto případě je zdrojem záření pacient.⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

3.1 Princip nukleární medicíny

Základem tohoto oboru je z velké části zobrazovací diagnostika. Ta spočívá ve vizualizaci metabolických dějů v požadované tkáni po podání radiofarmaka. Diagnostiku můžeme

rozdělit na diagnostiku in vitro a in vivo. Při diagnostice in vitro se používají studnové krystaly, při diagnostice in vivo pak scintilační detektory, které měří impulzy vycházející ze zobrazovaného orgánu v určitém časovém rozhraní. Druhá, terapeutická část, je celkově výrazně méně využívána. Při terapii využíváme lokální účinek radionuklidu v cílové tkáni.
(8)(9)(10)(11)

Použití radionuklidů k diagnostice je prvně zaznamenáno na pomezí třicátých a čtyřicátých let dvacátého století, kdy dle principu tracerů George de Hevesyho mají izotopy téhož prvku stejné chemické vlastnosti, až na ten rozdíl, že nestabilní izotopy vyzařují záření, které je pak možno měřit detektory. Tento princip byl poprvé využit pro zjištění stavby a po té i na diagnostiku onemocnění štítné žlázy radionuklidem jódu.
(8)(9)(10)(11)(12)

3.2 Výhody a nevýhody nukleární medicíny

Hlavní výhodou - a to především pro pacienta - je minimální invazivnost scintigrafických metodik. Většina radiofarmak se aplikuje intravenózně nebo inhalačně. Další výhodou je vývoj těchto metodik, ať již na úrovni výzkumu a vývoje radiofarmak či na úrovni detekční techniky. V některých případech nejsou k dispozici vyšetření, která by poskytovala tak přesné informace jako poskytují metody nukleární medicíny. Příkladem může být stanovení viability myokardu nebo detekce a lokalizace neuroendokrinních nádorů. Hlavní nevýhodou metodik je pak zobrazení pouze živých buněk, tedy buněk s metabolickou aktivitou. Dále větší či menší radiační zátěž a relativně malá specifická metodik.
(10)(22)

3.3 Zpracování a záznam dat

Pomocí gamakamer lze zaznamenávat data buď ve formě analogové na speciální film, nebo ve formě digitální, kdy se data zpracovávají pomocí počítačové techniky. Počítačový záznam lze rozdělit do tří módů: módu intervalového, plynulého a maticového.
(8)(9)(10)

Pro intervalový mód je typické sjednocení snímání s fyziologickými periodickými pohyby orgánů, jako jsou dýchací pohyby a nejčastěji se využívá u zobrazení perfuze myokardu, kdy se záznam sjednocuje s vyšetřením EKG.
(8)(9)(10)

Plynulý mód registruje obrazová data podle detekce v gamakameře ve vztahu k času, kdy byly impulzy zaznamenány a poslány k počítačovému zpracování. Toto

zaznamenávání vyžaduje následnou rekonstrukci získaných dat. Plynulý mód se využívá spíše u metod zobrazování, u kterých ještě není ověřené časové rozmezí sběru dat. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

U maticového módu jsou předem nastavené parametry, jako počet impulzů, které je třeba nasbírat, velikost matice či časový interval sběru dat. Tento typ zaznamenávání je v současné praxi nejpoužívanější. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

3.4 Scintigrafie

Scintigrafie je metoda nukleární medicíny, která umožňuje zobrazit a posoudit distribuci radiofarmaka v lidském těle. Umožňuje zobrazit jak funkčnost a metabolismus dané tkáně, ale i případný patologický stav. Využívá k tomu záření vycházející z lidského těla po podání radiofarmaka a detekuje ho pomocí gamakamer - správnější název pro scintigrafii by byl tedy gamagrafie. Ta se rozděluje podle prostorového rozložení na planární a tomografickou scintigrafii a dále na scintigrafii statickou a dynamickou s ohledem na časové rozmezí sběru dat. Také můžeme hovořit o scintigrafii kvalitativní, která umožňuje zobrazení a následné posouzení studených ložisek, jako jsou cysty a horká ložiska, což mohou být např. hyperfunkční adenomy. Scintigrafie kvantitativní také posuzuje výsledek vyšetření vizuálně, ale i za pomoci matematického zpracování. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

3.5 Scintilační kamera

Pro zobrazení distribuce radiofarmaka ve vnitřním prostředí organismu se využívá scintilační kamera nebo-li gamakamera, která se dá rozdělit na tři hlavní složky: scintilační krystal, fotovodič s fotonásobičem a elektronickou vyhodnocovací soustavu. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

Vzhledem k složkám pozadí, které vytvářejí impulzy i bez radioaktivního zářiče, jako je hlavně kosmické záření nebo přírodní radioaktivita je nutné použít stínění ve formě olověného kolimátoru. Kolimátor usměrňuje tok fotonů záření gama vycházející z pacienta různými směry na záření vycházející kolmo k scintilačnímu krystalu. Mohou jím projít pouze ty fotony gama záření, které jdou přesně ve směru otvorů, které jsou v olověné desce. Také právě podle počtu a velikosti otvorů se kolimátory mohou rozdělovat. Dále se pak rozdělují podle energie záření podaného radiofarmaka a podle citlivosti a rozlišovací schopnosti. Po usměrnění toku částic dopadnou fotony gama záření na scintilační krystal. Jeho základní scintilační složkou je nejčastěji jodid sodný aktivovaný thaliem. Po dopadu záření gama na krystal dojde k interakci záření s hmotou. Což znamená, že se při následné

excitaci a deexcitaci uvolní fotony viditelného záření, tedy vznik scintilací nebo-li záblesků. Dále procházejí tyto záblesky fotovodičem a dopadají na fotonásobič. Počet fotonů světla dopadajících na jednotlivé fotonásobiče se liší vzdáleností násobiče od místa vzniku scintilace. Tedy čím blíže je fotonásobič místu scintilace, tím vyšší bude jeho amplituda impulsu. Počet fotonásobičů v současných gamakamerách je od 60 do 90. Podle výšky amplitudy se dále impulsy rozdělují v elektronickém zařízení. Procházejí zesilovačem a pak jsou porovnávány podle velikosti impulsů a stanovují se souřadnice X a Y podle místa vzniku záblesku. Stanovují se nejen souřadnice místa záblesku, ale také i energie fotonů gama způsobujících scintilaci krystalu. Absorbovaná energie se v amplitudovém analyzátoru roztrídí dle velikosti amplitudy. Analyzátor nastavuje hranici energie, tedy fotopík, který zabraňuje průchodu impulsů o nižší energii. Dnešní scintilační kamery mají automatické nastavení této hranice. Většina moderních gamakamer má za fotonásobičem analogově–digitální převodník, který převádí analogový obraz na digitální. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

3.6 SPECT

Jednofotonová emisní výpočetní tomografie taktéž využívá detekce záření vycházejícího z těla pacienta po podání radiofarmaka. Zpracovává planární scintigrafické obrazy následným tomografickým výpočtem a rekonstrukcí. Gamakamery zde rotují kolem pacienta a snímají záření z různých úhlů. Detektory bývají nejčastěji uloženy v tzv. gantry kruhového tvaru. Sběr dat může být buď kontinuální, nebo krokový, což znamená, že detektor setrvává v daném úhlu po určitou dobu sběru impulsů a poté se posune dál. Běžně se nasnímá 32 nebo 64 obrazů. Aby byly nasnímané obrazy co nejkvalitnější, musí být detektor co nejblíže tělu. Na to se využívá funkce automatického kopírování povrchu těla, neboli auto-countouring. Po nasbírání obrazů a následné rekonstrukci dochází ke vzniku na sebe naskládaných obrazů a vznikne trojrozměrný objekt, který určuje rozložení radiofarmaka ve tkáni. Vyšetření pomocí SPECT jsou prováděna většinou staticky, jelikož dynamická forma je technicky náročnější. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

3.7 PET

Základem zobrazení pomocí pozitronové emisní tomografie je děj zvaný anihilace. Anihilace je proces, při kterém dojde k vyzáření pozitronu a posléze k interakci s volným elektronem. Po této interakci částice a její antičástice vznikne jev zvaný anihilace, kdy výsledkem jsou dva fotony gama záření o velikosti 511 keV. Ty pak putují od sebe po

přímce opačným směrem, což se využívá právě u PET. Na detektorech se registrují ty dva gama fotony, které dopadnou současně, říkáme tomu koincidenční detekce. Při těchto vyšetřeních se nepoužívají kolimátory, jelikož není třeba usměrňovat dopadající fotony – směr dopadu fotonů je dán právě koincidenčním obvodem. Energie 511 keV je příliš vysoká pro běžné scintilační krystaly z jodidu sodného, proto se zde používají sloučeniny fluoridu barnatého nebo germaniová sůl bismutu. Díky vysoké citlivosti PET se vyšetření může provádět jak ve formě statické, tak dynamické. Pro tato vyšetření se nevyužívají běžná radiofarmaka, ale radiofarmaka s krátkým poločasem rozpadu. Pro jejich výrobu se používá cyklotron. Nejvyužívanějším cyklotronovým radiofarmakem je fluor, mimo jiné i kvůli jeho poločasu rozpadu ($T_{1/2} = 2 \text{ h}$), který umožňuje bezproblémový transport z PET centra do nemocnice na oddělení nukleární medicíny.⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

4 ENDOKRINOLOGICKÁ RADIONUKLIDOVÁ VYŠETŘENÍ

Žlázy s vnitřní sekrecí byly jedním z prvních vyšetřených orgánů pomocí principu podobnému dnešnímu scintigrafickému vyšetření. Již v roce 1913 objevil George de Hevesy, že chemické chování izotopů téhož prvku se nemění, až na to, že ten nestabilní, radioaktivní izotop vykazuje vlastnost přeměny jádra a tím emisi určitého druhu záření. Tohoto jevu poprvé využili v nemocnici v Bostonu, když pacientovi aplikovali izotop jódu, ^{128}I a ^{131}I , který se využívá dodnes. Poprvé na zjištění stavby štítné žlázy a později i na diagnostiku onemocnění týkajících se této endokrinní žlázy.⁽⁹⁾⁽¹²⁾⁽²²⁾

4.1 Vyšetření hypotalamo-hypofyzárního systému

Radiofarmaka přímo na detekci hypotalamo-hypofyzárního systému nejsou v dnešní době k dispozici. Lze však použít takové farmakum, které se aplikuje v případě výskytu nádorů v této oblasti, pokud na sobě mají receptory pro určitý hormon. Jako je tomu např. u nádorů s receptory pro somatostatin kde aplikujeme farmakum ^{111}In – pentetreotid, které je analog samotostatinu.⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

Metoda stanovující hladiny hormonů, tedy metoda radioimunoanalýzy, se používá i v diagnostice tohoto systému. Určují se pomocí ní nejen koncentrace hormonů hypofýzy a hypotalamu, ale mohou se díky ní stanovit i hladiny hormonů ovlivňující činnost ostatních žláz s vnitřní sekrecí jako je luteinizační nebo thyreotropní hormon.⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

4.2 Vyšetření štítné žlázy

Metody nukleární medicíny se využívají v diagnostice onemocnění štítné žlázy poměrně často. Umožňují stanovit velikost, tvar, metabolismus a případné ložiskové změny na úrovni parenchymu štítné žlázy. Dále se pak vyšetřují hladiny hormonů pomocí RIA metodik. Funkce štítné žlázy je závislá na příjmu jódu nejen v potravě, tudíž oblasti kde příjem není dostatečný je postiženo poruchami štítné žlázy přibližně 80 až 90% obyvatelstva. V vyspělejších částech světa těmito poruchami trpí 5% populace. Poškození funkce štítné žlázy častěji postihuje ženy ve středním věku a jsou to nejčastější poruchy endokrinního systému. Jako radiofarmakum se nejvíce využívá ^{99m}Tc – technecistan sodný, kvůli jeho vlastnostem, ceně a dostupnosti. Dále se pak používá ^{131}I a ^{123}I , přičemž ^{123}I se bere jako ideální radiofarmakum a lze s ním provést i akumulární test, je ale poměrně drahý. ^{131}I se využívá k diagnostice a léčbě maligních tumorů štítné žlázy a pro zobrazení retrosternální strumy. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

4.2.1 Morfologické vyšetření

Za v pořadí první vyšetření posuzující tvar štítné žlázy se považuje palpace, tedy prohmatání. Za optimálních okolností není tato žláza hmatatelná, tudíž jakákoliv změna velikosti je považována za patologickou. Metodou první volby s ohledem na zobrazování je ultrasonografie. Ta určí morfologickou stavbu a případné změny. Problém je, že při zobrazování pomocí USG nelze přesně určit, zda se jedná o zhoubné či nezhooubné patologie. Ke stanovení biologické povahy patologické léze může významně přispět aspirační biopsie tenkou jehlou s následným cytologickým vyhodnocením. Aspirační biopsie se provádí za USG kontroly. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

Vyšetření, které dokáže posoudit jak funkční aktivitu tkáně, tak i morfologickou stavbu je scintigrafie. Indikací k ní je např. detekce funkce u palpačně nalezených uzlů, nebo ke zjištění případné funkční autonomie a určení polohy ektopické a patologické tkáně a rozlišení metastáz u diferencovaného karcinomu štítné žlázy. U některých indikací, jako jsou vzdálené metastázy, se spíše provádí celotělové vyšetření po aplikaci ^{131}I . Vše začíná již samotnou přípravou pacienta, která spočívá ve vyloučení podání jódu v jakékoliv formě. Tedy ve vysazení léků ovlivňující činnost štítné žlázy, vyhnout se perorálnímu podání jódu, nebo k vyloučení intravenózní aplikace jodových kontrastních látek. K tomuto zobrazení se používá kolimátor zvaný pin hole, který má jen jeden otvor na přední straně. Tím pádem celé vyšetření je poměrně zdlouhavé, jelikož se vycytávají fotony gamazáření, které projdou právě tím jedním otvorem a dopadnou na scintilační

krystal. Jako první krok při tomto vyšetření je nitrožilní aplikace radiofarmaka a následné půlhodinové čekání na samotné snímání. Nejčastěji podaným radiofarmakem pro zjištění morfologie tkáně je ^{99m}Tc – technecistan sodný. Za fyziologický nález se považuje motýlovitý tvar štítnice s homogenním rozložením farmaka v parenchymu. V případě ložiskově nevychyteného nebo sníženého vychytávání radiofarmaka se jedná o studené uzly, které mohou mít benigní nebo maligní charakter. Opakem studených uzlů jsou horké uzly, které značí lokálně zvýšenou akumulaci radiofarmaka, která svědčí pro hyperfunkční autonomii.⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

4.2.2 Funkční vyšetření

K vyšetření funkčního stavu štítné žlázy slouží laboratorní metody, mezi které patří především radioimunoanalýza. Základem těchto metod je stanovení hladiny TSH, čímž se určí funkční aktivita štítné žlázy. V případě, že je koncentrace TSH nízká jedná se o hyperfunkci, a když je koncentrace vysoká, tak jde o hyperfunkci štítnice. Pokud je nutno zjistit hladinu rezervy TSH v hypofýze, využijeme TRH test. Tento běžně prováděný test se využívá k prokázání sekundární hypotyreózy. Další možností zjištění funkční aktivity a hladiny hormonů je např. zjištění protilátek v séru na prokázání původu autoimunitních onemocnění štítné žlázy nebo stanovení hodnot imunoreaktivního kalcitoninu v séru, jehož zvýšená hladina může poukazovat na medulární karcinom. Dále pak určení hladiny tyreoglobulinu v séru má význam při hledání návratu metastáz u diferencovaného karcinomu štítné žlázy. Jednou z dalších možností zjištění funkční aktivity je akumulační test po aplikaci ^{131}I . Cílem tohoto vyšetření je zjistit akumulaci radiojódů ve tkáni štítnice za 24 hodin po podání radiofarmaka.⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

4.2.3 Radiofarmaka

$^{99m}\text{TcO}_4$, technecistan sodný se vychytává jodidovou pumpou v tyreocytech. Výhodou je nižší radiační zátěž a nevýhodou je skutečnost, že se technecistan kumuluje i v jiných orgánech, jako jsou slinné žlázy nebo žaludek. Technecistan sodný má při scintigrafii ideální fyzikální vlastnosti. Jeho energie záření je 140 keV je to γ zářič s poločasem rozpadu je 6 hodin. Ale naopak je zcela nevhodný pro zjišťování metastáz karcinomu štítné žlázy.⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

^{123}I a ^{131}I , tyto dvě RF se aplikují v případě diagnostiky zhoubných nádorů štítné žlázy. ^{123}I má vhodnější fyzikální vlastnosti než ^{131}I , jelikož poločas rozpadu je 13 hodin a je to γ zářič o velikosti energie 159keV. ^{131}I má delší poločas rozpadu, což má za následek větší radiační zátěž pro pacienta i personál, ale má přijatelnější cenu. Je nutné počít

pacienta, aby se před vyšetřením spojeným s aplikací aktivního jódu vyvaroval požití jódu v jakékoliv formě, jelikož by to mělo za následek zablokování akumulace radioaktivního jódu ve štítné žláze. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

4.3 Vyšetření příštítných tělísek

Nejčastějším využitím pro radionuklidová vyšetření příštítných tělísek je potřeba lokalizace nadprodukce jejich hormonu, parathormonu kvůli případným hyperfunkcím nebo adenomu těchto žláz s vnitřní sekrecí. Právě adenom příštítných tělísek je až v 80% případech, důvodem hyperparathyreózy. Příznaky nadprodukce parathormonu se objevují velice pozvolna, patří mezi ně např. tvorba konkrementů s poškozením ledvin nebo osteoporóza či zvýšený krevní tlak. V těchto případech se provádí laboratorní vyšetření na stanovení hladiny vápníku a fosforu v séru. Dále se pak provádí RIA pro zjištění hladiny parathormonu nebo denzitometrie a USG. USG nemá takové výsledky, jelikož lokalizace příštítných tělísek je pro metody USG nedostupná. Další možností nejen k zobrazení lokalizace, ale i zjištění funkce tělísek je scintigrafie. Není radiofarmakum, které by se kumulovalo pouze v příštítných tělískách, ale aplikují se ta RF, která se kumulují zároveň ve tkáni štítné žlázy a i v tělískách. Vyšetření těchto tělísek se provádí buď ve formě dvoufázové scintigrafie, nebo jako subtrakční scintigrafie. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

Základem dvoufázové scintigrafie je stupeň vyplavování radiofarmak do a z tkáně. V první fázi je vidět jak tkáň štítné žlázy, tak tkáň příštítných tělísek. V druhé fázi je patrná kumulace farmaka v případě adenomu nebo hyperplazie. Pro zlepšení rozlišení a výsledků vyšetření je lepší použít SPECT/CT a jako nejčastěji aplikované radiofarmakum se bere ^{99m}Tc – MIBI. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

Druhá metoda – subtrakční scintigrafie – spočívá v podání dvou různých radiofarmak a počítačovým odečtení jejich aktivity v oblasti krku. Napřed se i.v. aplikuje ^{99m}Tc – technecistan, který se kumuluje jak v tělískách, tak ve štítné žláze. Obrazy snímáme za 15 minut od aplikace radiofarmaka. Poté se opět i.v. aplikuje druhé radiofarmakum, ²⁰¹Tl – chlorid. Snímání provádíme ve stejné poloze a za stejných podmínek jako při prvním vyšetření. Výsledné obrazy od sebe odečteme a místo, kde perzistuje zvýšená kumulace RF je místem zmnožené tkáně příštítných tělísek. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

4.3.1 Radiofarmaka

⁹⁹Tc-MIBI se aplikuje v případě dvoufázového vyšetření příštítných tělísek. Toto radiofarmakum se rychleji vyplavuje z tkáně thyreoidní a perzistuje ve tkáni

hyperplastického tělíska nebo jeho adenomu. První fáze je po 15 minutách od aplikace a druhá fáze je snímána až po 2 hodinách. Aplikační hodnity se pohybují kolem 500-800 MBq. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

4.4 Vyšetření nadledvin

4.4.1 Vyšetření kůry nadledvin

V případě laboratorního prokázání poruchy funkce kůry nadledvin se provádějí další vyšetření jako je magnetická rezonance, která je schopná od sebe rozlišit adenomy a karcinomy nebo také počítačová tomografie. Pro stanovení hladiny hormonů se opět využívá radioimunoanalýza. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

Pro scintigrafii kůry se využívají radiofarmaka ve formě jodových derivátů norcholesterolu jako je ¹³¹I – iodocholesterol. Jejich akumulace v kůře je však z počátku velice nízká, a proto se samotné vyšetření provádí až týden po aplikaci, protože až sedmý den je kumulace v kůře dostatečná. V tomto případě se scintigrafie příliš neprovádí, a to z důvodu časové náročnosti a vysoké ceně. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

4.4.2 Radiofarmaka

Jodované deriváty norcholesterolu: díky tomu, že je kůra nadledvin hojně zásobena cholesterolem se i cholesterolová analoga tohoto radiofarmaka dokáží penetrovat do vnitřního prostředí buněk kůry nadledvin. Jodované deriváty jsou velice nestabilní částice, které se velmi rychle vylučují a díky tomu je kumulace velmi nízká a k dostatečné nasycenosti dojde až po několika dnech od aplikace. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

⁷⁵Se-selenometylnorcholesterol je vychytáván kůrou stejně jak jodové deriváty. Poté se přemění na deriváty žlučových kyselin, které se vyloučí žlučí a ty se pak zpětně vstřebají ve střevě. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

4.4.3 Vyšetření dřene nadledvin

Nejčastějším tumorem dřene nadledvin je feochromocytom, který se projevuje zvýšenou produkcí katecholaminů. To jsou hormony dřene ovlivňující vazokonstrikci a vazodilataci. Jejich nadprodukce může vést ke zvýšení krevního tlaku, palpitacím nebo bolestem hlavy. I díky těmto příznakům se provádí laboratorní vyšetření na zjištění koncentrace katecholaminů. Pro zjištění případných patologických změn se používají i zobrazovací metody. Jednou z nich může být magnetická rezonance, která má velmi vysokou citlivost pro detekci tumorů a pro rozlišení adenomu od feochromocytomu. Pro

zobrazení feochromocytomu se aplikuje ^{111}In -pentetretid (OctreoScan). V případě aplikace ^{18}F -FDG se jedná o rozpoznání patologického bujení od buněk zdravé tkáně za použití pozitronové emisní tomografie. Scintigrafie dřeně nadledvin při podání ^{123}I nebo ^{131}I – MIBG má velmi vysokou senzitivitu, až 90%. Tato radiofarmaka jsou analogem noradrenalinu a guanetidinu a ukládají se ve váčcích, kde jsou uloženy i katecholaminy. V případě průkazu patologického bujení se může změnit aplikované radiofarmakum a změnit účel vyšetření na radionuklidovou terapii pomocí ^{131}I . ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

4.4.4 Radiofarmaka

^{123}I nebo ^{131}I -MIBG se dostávají do intracelulárního prostoru buněk přes noradrenalinové re-uptake receptory. Tam se ukládají ve váčcích katecholaminů. Díky tomu je senzitivita vyšetření až 90%. Používají se v případě podezření na feochromocytom.

^{111}In -pentetretid zobrazí feochromocytom pouze se somatostatinovými receptory, avšak jeho senzitivita není pro zobrazení feochromocytomu tak vysoká, jako u ^{131}I -MIBG. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

4.5 Neuroendokrinní nádory

Povětšinou mají neuroendokrinní nádory somatostatinové receptory, které umožňují scintigrafickou vizualizaci. Tyto nádory mají různý stupeň hormonální aktivity a malignity. Vyskytují se i ve formě maligní a vzdáleně metastazují, především pak do jater. Mezi neuroendokrinní tumory patří: karcinoidy, glukagony, inzulinomy, gastrinomy nebo somatostatinomy. Ale také sem patří medulární karcinom štítné žlázy, feochromocytom, neuroblastom. Samotné záznamy provádíme až po čtyřech hodinách od aplikace radiofarmaka. Jako radiofarmakum se používá ^{111}In – pentetretid, který se váže na somatostatinové receptory. Právě somatostatinové receptory druhého typu nese převážná většina neuroendokrinních nádorů. Další snímání se provádí v odstupu jednoho až dvou dnů. Také se může aplikovat radiofarmakum MIBG značené ^{131}I nebo ^{123}I . Ty se využívají k určení lokalizace feochromocytomu, neuroblastomu nebo karcinoidu. Záznamy se provádějí po jednom nebo dvou dnech. Příprava spočívá v blokaci funkce štítné žlázy, aby nedošlo k vychytávání radiofarmaka ve žláze. I toto vyšetření se provádí celotělově s možností doplnění o cílené vyšetření SPECT. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾

4.5.1 Radiofarmaka

^{111}In -pentetretotid se váže na somatostatinové receptory druhého, třetího a pátého typu. Používáme ho při detekci primárních nádorů neuroendokrinního původu a plicního karcinomu. Aplikované dávky se pohybují kolem 120 až 200 MBq. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

^{18}F -FDG se využívá v případě špatně diferencovaného karcinomu, který vysoce akumuluje právě FDG. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

^{123}I či ^{131}I -MIBG se hlavně aplikuje při diagnostice a lokalizaci feochromocytomu a neuroblastomu. Kvůli aktivnímu jódu je opět vhodné vysadit léky nebo jakékoliv jiné přípravky obsahující jód. Vzhledem k optimálnější energii záření je výhodnější aplikovat ^{123}I . ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²²⁾

5 RADIOFARMAKA

Radiofarmakum je jakýkoliv léčivý přípravek, který je-li připraven k použití, obsahuje jeden nebo více radionuklidů (radioaktivních izotopů) včleněných pro lékařské účely. (str. 1033-1034, Český lékopis 2002, Evropská část I, 1. díl)

Radiofarmakum se skládá z radionuklidu a neaktivní nosné složky. Právě nosná složka zodpovídá za farmakokinetické vlastnosti, tedy za to, jak se transportuje na místo určení, jak se bude metabolizovat a jak se bude vylučovat. Přípravou RF se zabývá radiofarmacie, která je nedílnou součástí oboru nukleární medicíny. Radiofarmaka se dají rozdělit podle druhu výroby, nebo podle způsobu využití. Dle způsobu výroby se dělí na reaktorová, generátorová a cyklotronová radiofarmaka. Reaktorová RF jsou značena dlouhodobými nuklidy, jsou ozářeny neutrony a jsou to β a γ zářiče. Příkladem je ^{131}I , ^{125}I a ^{51}Cr . Generátorová RF jsou středně-krátkodobá radiofarmaka, jejichž mateřský produkt se postupně mění na dceřiný za současného zkracování poločasu rozpadu. Jejich výroba souvisí s výrobou tzv. kitů. Kit je lyofilizovaný prášek, který obsahuje neaktivní a pomocnou složku, k nim se přidá aktivní roztok a vznikne RF. Cyklotronová RF jsou krátkodobá a jsou vyráběna buďto v tzv. lékařských cyklotronech nebo v produkčních cyklotronech, v nichž např. vzniká radionuklid ^{111}In nebo ^{81}Rb . Lékařské jsou většinou přítomny na pracovišti, kde se bude RF aplikovat, příkladem může být ^{18}F a ^{11}C . ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²³⁾

Radiofarmaka podle způsobu využití jsou buď terapeutická a paliativní nebo farmaka diagnostická. Ta diagnostická se používají pro zobrazení biologických pochodů

a vlastností. Aplikují se jak pro planární 2D, tak i pro tomografické scintigrafické zobrazování. Terapeutická a paliativní RF se používají na vnitřní ozáření nežádoucí tkáně, tedy pro ničení rakovinné tkáně, nebo v případě paliace za účelem zmírnění bolesti při meta postižení skeletu. Tato metoda je využívána především u těžko operovatelných nebo inoperabilních nádorů. V těchto případech se aplikují nuklidy vyzařující tvrdé nebo silně ionizující záření. Jako terapeutická a paliativní RF se používají ^{131}I nebo ^{188}Rh . ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²³⁾

Základním kritériem při výběru RF je poločas rozpadu. Je to doba, za kterou se rozpadne právě polovina radioaktivních jader daného nuklidu. Poločas rozpadu by měl být přiměřeně dlouhý, aby se dalo provést kvalitní vyšetření, avšak nesmí v těle přetrvat déle, než je nezbytně nutné a to kvůli radiační zátěži pro pacienta. Používaná pozitronová radiofarmaka mají krátký poločas rozpadu, povětšinou několik minut až hodin, energii záření 511 keV a příkladem je ^{18}F nebo ^{11}C . RF pro scintilační kamery mají energie okolo 150keV a jejich příkladem jsou např. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ nebo ^{123}I . ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²³⁾

Farmaka jsou připravovány v různých lékových formách. Nejčastěji jsou v parenterální formě, a to jako roztoky, suspenze a dispenze. Pak také mohou být podávány perorálně a inhalačně, jakožto plyny a aerosoly. ⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽²³⁾

5.1 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$

Technecestan sodný se používá při vyšetření štítné žlázy, slinných žláz, při lokalizaci ektopické žaludeční sliznice a při scintigrafii mozku. Dále pak při scintigrafii srdečních dutin a k diagnostice a lokalizaci krvácení do gastrointestinálního traktu. Díky širokému spektru použití pro $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ je aplikovaná aktivita v závislosti na indikovaném vyšetření. Případné těhotenství je kontraindikací, jelikož technecestan sodný prostupuje přes placentu a mohlo by dojít k postižení plodu. Vyšetření s aplikací radiofarmaka těhotným se provádí pouze v případě, že výtěžnost vyšetření převáží možná rizika pro plod i matku. ⁽²⁰⁾

5.2 ^{123}I

Jodid sodný je RF využívané k vyšetření štítné žlázy a je určen k diagnostickým účelům. Důležitou informací pro pacienta je vyloučení požití jódu v jakékoliv formě z důvodu zablokování akumulace aktivního jódu ve štítné žláze. Relativní kontraindikací je alergie, těhotenství a kojení. V případě kojení se doporučuje přestat kojit po dobu jednoho až tří dnů od aplikace. Jako možný nežádoucí účinek se bere alergická reakce, ale to pouze

v ojedinělých případech. Jako doporučená aplikovaná aktivita 123I pro 70kg dospělého pacienta se bere 3,7 až 18 MBq.⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

5.3 ^{99m}Tc – MIBI

Methoxyisobutylisonitril je radiofarmakum využívané jak k vyšetření perfúze myokardu, tak i k detekci maligních nádorů nebo pro lokalizaci a detekci hyperparathyreoideální tkáně. V případě karcinomů se nejčastěji jedná o prs nebo plíce. Opět je relativní kontraindikací alergie na složky tohoto RF, těhotenství a kojení. A dále pak postižení jater nebo ledvin. Roztok ^{99m}Tc-MIBI se aplikuje v injekční formě intravenózně a to o aktivitě 200 až 2000 MBq. Před aplikací je nutné smíchat ^{99m}Tc-MIBI s roztokem technecistanu sodného. Vlastní vyšetření se provádí pět až deset minut po aplikaci nebo šest případně dvacet čtyři hodin po aplikaci. Jako nežádoucí účinek se může vyskytnout alergoidní reakce, ale to jen v ojedinělých případech. O něco více se mohou vyskytovat nežádoucí reakce jako je sucho v ústech, změna chuti nebo čichu a bolest hlavy.⁽¹⁷⁾

5.4 ¹¹¹In – pentetreotid

Aplikuje se v případě detekce tkání se zvláštním druhem buněk, které se mohou vyskytovat ve střevech nebo žaludku. Ke zjišťování a zobrazování nádorů nebo atypických tkáňových buněk. Možnou kontraindikací může být alergie na jakoukoliv složku tohoto RF nebo těhotenství a kojení. OctreoScan se aplikuje injekčně i.v. o aktivitách kolem 110 až 220 MBq. K dosažení potřebné kumulace v dané tkáni dochází až za den od samotné aplikace. Jako nežádoucí účinek se může objevit nevolnost, návaly horka, kopřivka nebo zčervenání pokožky.⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾

5.5 ¹³¹I

Je to stěžejní RF při diagnostice funkce ledvin. Hlavní složkou k indikaci jsou tedy ledviny a jejich jakékoliv postižení jako jsou nádorová a zánětlivá onemocnění, nefrolitiázy nebo pooperační kontroly. Relativní kontraindikací je alergie na jodové sloučeniny, nebo na jakoukoliv z ostatních sloučenin farmaka. Dále pak případné těhotenství a kojení jelikož ¹³¹I prochází placentou a vylučuje se do mateřského mléka. Kojící ženě se doporučuje přestat kojit na den až dva. Aplikovaná aktivita se pohybuje kolem 0,37 až 1 MBq, přičemž vrchol kumulace aktivity ve zdravé ledvině je tři až šest minut po aplikaci. 70% aplikované aktivity je vyloučeno do 30 minut od aplikace. Vyloučení ¹³¹I je ledvinami, proto je důležitá hydratace před i po vyšetření. Aby se snížila

radiační zátěž pro vylučovací systém je nutné, aby se pacient vymočil jak před vyšetřením a i po něm. Z důvodu kumulace jódu ve štítné žláze je v případě nevyšetřování žlázy nutné zablokovat její činnost.⁽¹³⁾

5.6 ¹⁸F-FDG

Fluorodeoxyglukoza se používá k diagnostickým účelům pro pozitronovou emisní tomografii. Je to čistý bezbarvý roztok. Základem je vychytávání a metabolismus glukózy v daných tkáních. Je aplikováno v případě zobrazení většiny zhoubných nádorů a metastáz, zobrazení zánětu, posouzení viability myokardu a zjištění metabolického obratu mozku. ¹⁸F-FDG se vylučuje mateřským mlékem, tudíž je vhodné, aby kojící žena přerušila kojení po dobu minimálně dvanácti hodin. Aplikuje se aktivita v rozmezí 150-500 MBq na dospělého pacienta o hmotnosti 70kg. Samotné vyšetření se provádí 45-120 minut od aplikace fluorodeoxyglukózy. V případě vyšetření myokardu je důležité navýšit využití glukózy myokardem. Tento stav se navozuje pomocí současné aplikace inzulinu a glukózy – hyperinzulinemický euglykemický clamp. ¹⁸F-FDG je analog glukózy, jež se kumuluje v buňkách tkání, které mají glukózu jako primární zdroj energie. Fluorodeoxyglukoza se primárně vylučuje ledvinami, proto je důležitá vysoká hydratace nemocného. Během dvou hodin je eliminováno přibližně 20% aplikované aktivity. Energie záření je 511keV a poločas rozpadu je 110 minut.⁽¹⁴⁾⁽²³⁾

PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Za hlavní cíl této bakalářské práce jsme si zvolili zjistit, jaké jsou pracovní postupy před a při scintigrafických vyšetřeních v endokrinologii u vybraných případů a zda-li je u většiny pacientů podobné schéma průběhu. Záměrem bylo zjistit, jaké předešlé stanovení léčebného postupu indikovalo scintigrafii v oblasti endokrinních žláz.

Jako následující doplňkovou metodu jsme zvolili kvantitativní zpracování pomocí statistického sběru dat za dané roční období. Získávání dat se týkalo pacientů vyšetřených na oddělení nukleární medicíny ve FNL Plzeň a byla jim provedena scintigrafie některých žláz s vnitřní sekrecí. Cíle k tomuto sběru dat jsou tři a vztahují se k celkovému počtu endokrinologických scintigrafických vyšetření, zpracování četnosti výsledků pozitivních, negativních, bez progresu a u neuroendokrinních tumorů nejednoznačných. A poslední cíl se zabývá výslednými pozitivními nálezy, tedy přímo onemocnění, která odhalila scintigrafie příštítných tělísek.

CÍL 1

Zjistit, jaké jsou pracovní postupy před a při scintigrafickým vyšetřením v endokrinologii.

CÍL 2

Statisticky zpracovat četnost prováděných endokrinologických scintigrafických vyšetření na oddělení nukleární medicíny FNL Plzeň za dané období.

CÍL 3

Statisticky zpracovat pozitivní a negativní nálezy při scintigrafickém vyšetření v endokrinologii ve FNL Plzeň na oddělení nukleární medicíny za dané období.

CÍL 4

Zjistit, v jakém počtu a případně i jaké onemocnění je výsledkem pozitivního nálezu scintigrafie, především vyšetření příštítných tělísek.

VÝZKUMNÁ OTÁZKA 1

Jaké předešlé zobrazovací vyšetření indikovalo scintigrafii v oblasti endokrinních žláz u vybraných pacientů?

VÝZKUMNÁ OTÁZKA 2

Jaké je řešení pozitivního nálezu při scintigrafii příštítných tělísek ve FNL Plzeň?

HYPOTÉZA 1

Domníváme se, že scintigrafie příštítných tělísek je nejčastěji prováděným vyšetřením s ohledem na ostatní vyšetření v této oblasti.

HYPOTÉZA 2

Domníváme se, že při scintigrafii k detekci neuroendokrinních tumorů je výsledný nález většinou pozitivní.

HYPOTÉZA 3

Domnívám se, že nejméně častým nálezem při scintigrafii příštítných tělísek je hyperfunkce všech čtyřech příštítných tělísek.

7 KAZUISTIKY

Zpracování kazuistik bylo prováděno za souhlasného stanoviska FNL Plzeň. Všichni pacienti byli vyšetřeni tamtéž na oddělení nukleární medicíny. Tato práce obsahuje celkem šest kazuistik a každý pacient byl odeslán na scintigrafii díky předešlým podezřením na poruchu endokrinní soustavy nebo po resekci neuroendokrinního tumoru. Obrazová data z vybraných případů byla vybrána pod dozorem vedoucího práce z nemocničního systému WinMedicalc.

7.1 Kazuistika 1

Anamnéza muže narozeného v roce 1958

Osobní anamnéza: ženatý, zaměstnan jako výtvarník, žije s manželkou v RD, 134 kg, 181 cm, v dětství prodělal dvě operace rukou kvůli VVV, astma

Rodinná anamnéza: teta – diabetes, matka – diabetes, Alzheimer, onemocnění ledvin,
Otec – operace sleziny

Abuzus: nekouří, alkohol: jedno pivo denně

Alergie: neguje

Léky: Indapamid, Tezea

Základní diagnóza

C787 Ložiskový proces jater nejasné etiologie

C809 Metastázy neuroendokrinního tumoru do jater

I10 Primární hypertenze

J458 Smíšené astma

Katamnéza

Po vyšetření v poradně jaterní chirurgie 15. 10. 2014 pacient odeslán na PET/CT z důvodu ložiskového procesu jater nejasné etiologie.

30. 10. 2014 – PET/CT trupu s aplikací 18F-FDG pro ložiskový proces jater nejasné etiologie.

8. 12. 2014 – Vyšetřován pro nejasný diseminační proces jater, dle PET/CT nelze vyloučit hematologické onemocnění. Vzhledem k nálezům je nutné zopakovat biopsii jaterního parenchymu.

14. 12. 2014 – Je pacient přijat k hospitalizaci na chirurgické klinice.

15. 12. 2014 – Provedení kontrastního CT se zaměřením na ložisko ve ventrální části levého jaterního laloku s biopsií daného ložiska.

7. 1. 2015 – Je pacient na základě vyšetření předán z poradny jaterní chirurgie do péče Onkologické a radioterapeutické kliniky.

15. 1. 2015 – Pacientovi je indikováno zahájení léčby pomocí LHRH analoga na klinice Onkologické a radioterapeutické

17. 2. 2015 – Je provedena scintigrafie nádorů ¹¹¹In octreotid a kontrastní CT vyšetření.

12. 3. 2015 – Pacient podstupuje farmakoléčbu.

Zobrazovací metody – popis vyšetření

Scintigrafie trupu

Indikace: Ložiskový proces jater nejasné etiologie

PET záznam jsme provedli za 80 min. po aplikaci ¹⁸FDG o aktivitě 358,3 MBq. CT bylo provedeno dvoufázově po perorálním podání 1/2 litru 2,5% roztoku manitou a 120 ml neionické jódové kontrastní látky. Vyšetření bylo provedeno v rozsahu od báze lební až po oblast třísel za použití PET/CT přístroje.

Nález: Játra nezvětšená, nízké denzity při steatoze. V obou jaterních lalocích patrná vícečetná, glukózu akumulující, ložiska. Největší ložisko uloženo v S3 jater, vyklenuje se z jeho povrchu, dosahuje velikosti 13x4,6x3,5 cm.

Závěr: Vícečetná metabolicky aktivní ložiska v játrech. Nález budí důvodné podezření, že jde o diseminaci hůře diferencovaného NET nebo lymfomu, méně pravděpodobný je multifokální hůře diferencovaný HCC. Doporučuji doplnit biopsii z největšího jaterního ložiska v levém jaterním laloku. Nehomogenně, místy až fokálně zvýšená akumulace FDG v kostní dřeni.

Kontrastní CT vyšetření

CT vyšetření s biopsií daného ložiska. Po lokální anestezii 20ml Mesocainu je odebrán vzorek jaterního parenchymu automatickou jehlou 14G. Z bioptického vyšetření byly odebrány dva punkční vzorky. Závěrem histologického vyšetření je, že v jaterní tkáni je metastatický infiltrát neuroendokrinního původu grade 1.

Scintigrafie nádorů ¹¹¹In octreotid

Indikace: Ložiskový proces na játrech

Provedli jsme planární záznam v přední a zadní projekci v rozsahu hlavy, krku a trupu po oblast proximálních stehen. Vyšetření prováděno metodou SPECT cílené na trup za cca 6 a 24 hod. po aplikaci ¹¹¹In pentetretidu, pozdně CT trupu dvoufázově po podání 100 ml neionické jódové kontrastní látky, vzhledem k výraznějším dechovým

artefaktům obrazová fúze méně přesná. Před pozdními záznamy jsme pacientovi podali projímadlo.

Radiofarmakum: Aplikace: 178 MBq Efektivní dávka: 21,36 mSv

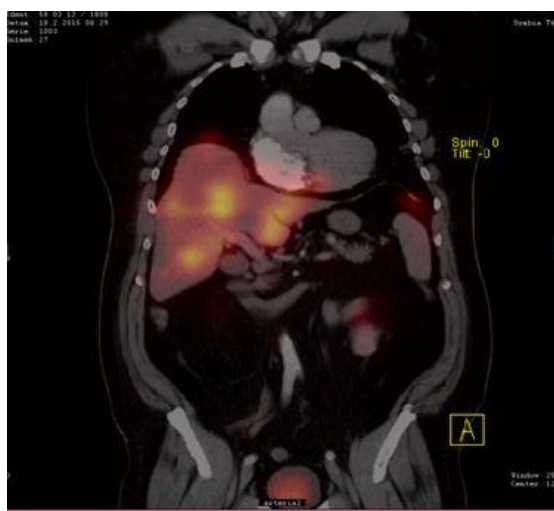
Nález: Zobrazuje se fyziologicky vysoká aktivita ve slezině, ledvinách a v močovém měchýři, v játrech je nehomogenní rozložení radiofarmaka s vícečetnými fokálními zvýšeními, relativně nejvyšší intenzita je v největším ložisku o rozměrech cca 54x40x48 mm, mírnější zvýšení akumulace vykazují ostatní hepatální ložiska.

CT vyšetření plic, mediastina, břicha a pánve v rámci scintigrafie nádorů

CT nález ve shodě s předchozím PET/CT vyšetření ze dne 15.12.2014. Játra ne zvětšená, nízké denzity při steatoze, v obou jaterních lalocích patrná vícečetná, radiofarmaka akumulující ložiska, která jsou v CT obraze centrálně nehomogenně hypodenzní a po periferii se sytí podanou kontrastní látkou, největší ložisko uloženo v S3 jater, vyklenuje se z jeho povrchu, dosahuje vel. 13x5x4 cm.

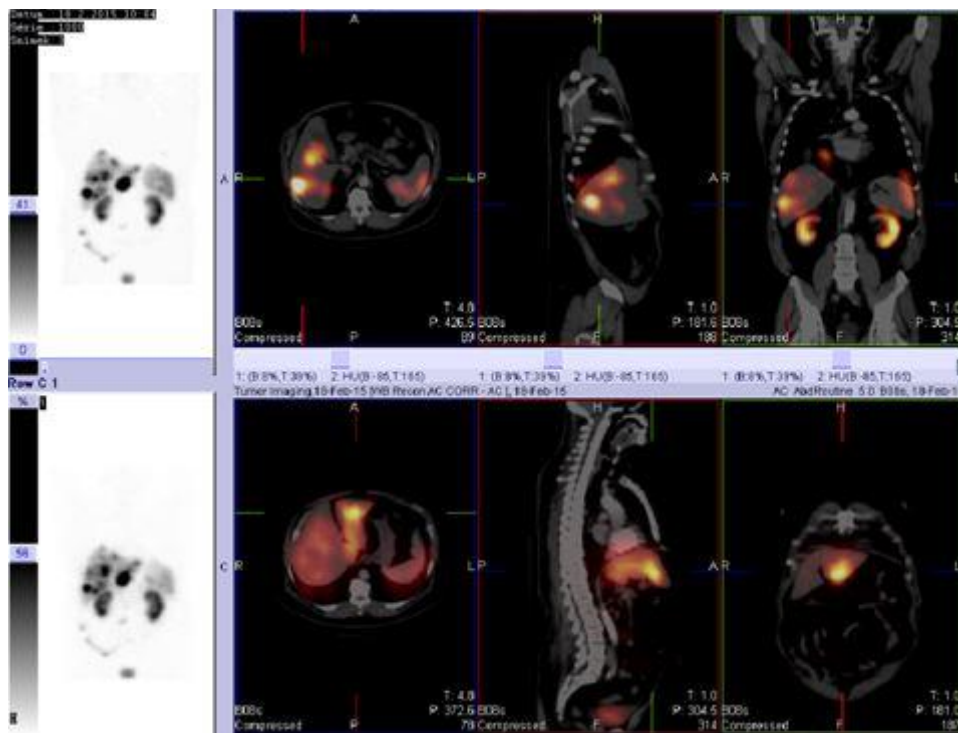
Závěr: Vícečetný ložiskový proces v játrech s nestejnou intenzitou akumulace značeného analogu somatostatinu a nevýrazná aktivita onemocnění v jedné z mezenterálních uzlin, v ostatním rozsahu vyšetření bez přesvědčivých známek zvýšeně akumulujícího neuroendokrinního tumoru, drobný akumulující podkožní infiltrát na hrudníku vlevo má spíše pozánětlivý původ.

Obrázek č. 1 ¹⁸F-FDG - nejasný vícečetný ložiskový proces v játrech



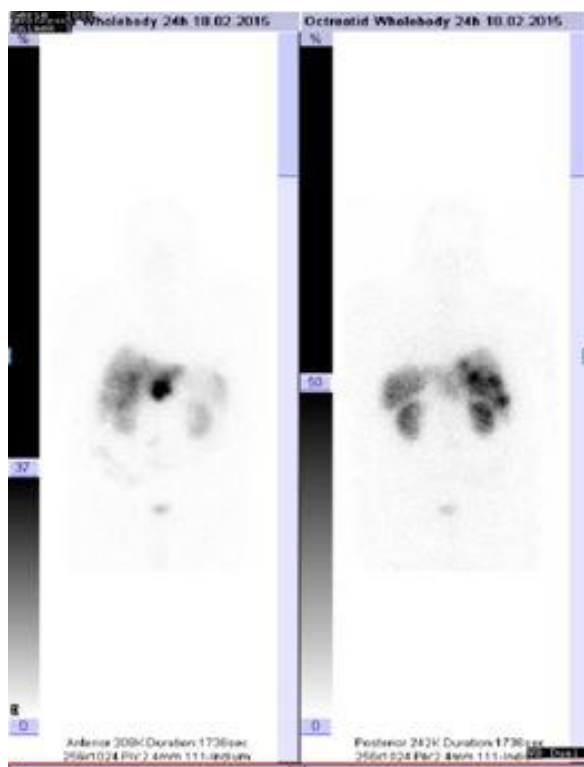
Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Obrázek č. 2 ^{18}F -FDG - nejasný vícečetný ložiskový proces v játrech



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Obrázek č. 3 ^{111}In Octreoscan – celotělový záznam z přední a zadní projekce



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

ZÁVĚR

Na základě vyšetření v poradně jaterní chirurgie a následné scintigrafii s aplikací ^{18}F -FDG byl pacientovi nalezen vícečetný proces v jaterním parenchymu. Dále pacient podstupuje CT a bioptické vyšetření kde je diagnostikován metastatický proces v játrech neuroendokrinního původu s nejasným uložením primárního tumoru. Po přibližně dvou měsících pacient podstupuje scintigrafii na detekci neuroendokrinních tumorů. Výsledek tohoto vyšetření potvrzuje výsledek z biopsie díky četnému vychytávání radiofarmaka v játrech. Dále je pacient v péči onkologicko-radioterapeutické kliniky a podstupuje farmakoterapii podáním Sandostatinu LAR 30mg a i nadále je v péči ORAK Plzeň.

7.2 Kazuistika 2

Anamnéza ženy narozené v roce 1981

Osobní anamnéza: vdaná, žije v bytě s manželem, opakované nitrobřišní operace srůstů, apendicitida v 10 letech, st. p. gynekologických revizí – konince děložního čípku, operace cysty na vaječniku, st. p. opakovaných kyretáží

Rodinná anamnéza: matka trpí na tyreopatii, ostatní rodinná anamnéza nevýznamná

Abusus: nekouří, alkohol příležitostně

Alergie: neguje

Léky: Letrox, Betara, Valtrex

Základní diagnóza

E048 Nodózní struma levého laloku

E03.8 Hypotyreóza

Katamnéza

17. 7. 2014 – První návštěva kardiologická ambulance. Nemocná přichází ke kompletnímu vyšetření pro hubnutí a poruchy polykání. Z EKG je patrná pravidelná akce a tepová frekvence 78/min. Díky normálnímu nálezu je pacientka odeslána na vyšetření na oddělení nukleární medicíny.

25. 7. 2014 – Pacientka podstupuje scintigrafii štítné žlázy $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetátem.

16. 2. 2015 – Díky závěru scintigrafie je pacientka odeslána na USG vyšetření štítné žlázy. se závěrem solitárního uzlu levého laloku bez růstové tendence.

Zobrazovací metody – popis vyšetření

Scintigrafie štítné žlázy ^{99m}Tc -pertechnetátem

Indikace: uzlíky štítnice nejasné etiologie, léčená hypofunkce

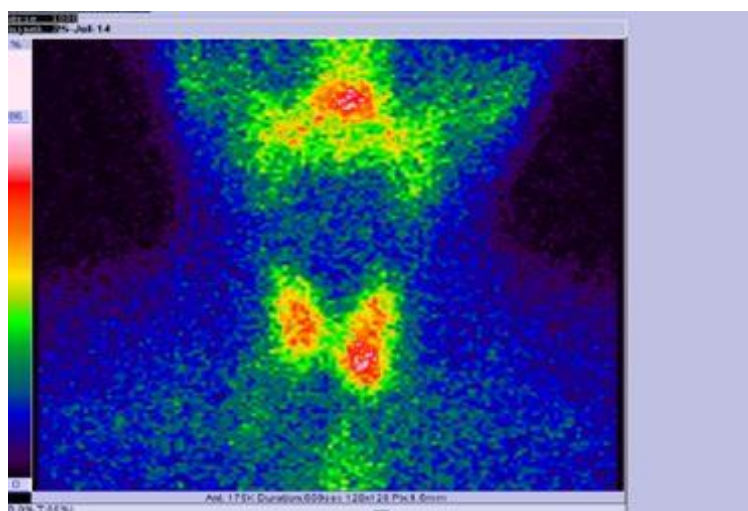
Byly prováděny planární snímky krku za 20 minut po aplikaci ^{99m}Tc -pertechnetátu. Vyšetření bylo provedeno dvou detektorovou scintilační kamerou.

Radiofarmakum: Aplikace : 49 MBq Efektivní dávka: 0,64 mSv

Nález: Zobrazují se oba laloky štítné žlázy v obvyklé suprasternální lokalizaci, pravý o velikosti cca 31x15 mm, levý cca 43x16 mm. V lokalizaci dolního pólu levého laloku štítnice je patrný fokus intenzivnější kumulace radiofarmaka o velikosti cca 15mm, který již imponuje jako ložisko charakteru horkého uzlu. Ostatní parenchym levého a pravého laloku vykazuje spíše diferencovanou sníženou intenzitu akumulace radiofarmaka, bez zjevných ložiskových změn. Globální akumulace radiofarmaka na pomezí eufunkce.

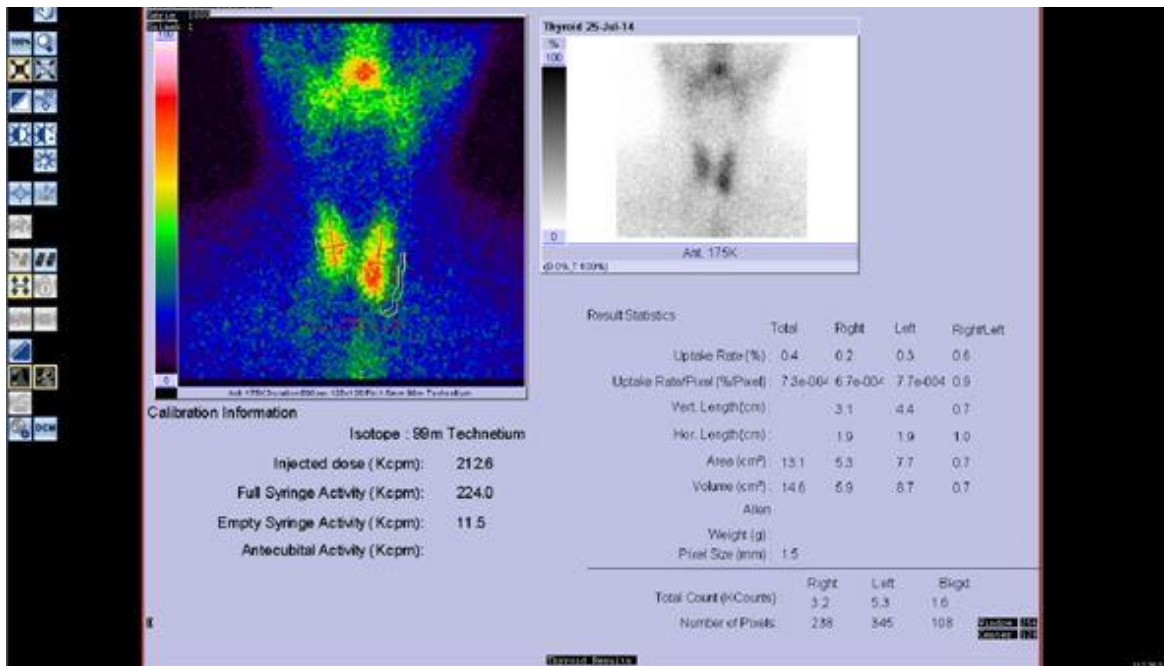
Závěr: důvodné podezření na vývoj horké ložiskové léze – hyperfunkčního adenomu – v lokalizaci dolního pólu levého laloku štítnice. Dle semikvantitativního hodnocení je funkce štítné žlázy hraničně snižena.

Obrázek č.4 ^{99m}Tc - pertechnetát – susp. hyperfunkční adenom štítné žlázy



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Obrázek č. 5 ^{99m}Tc - pertechnetát – susp. hyperfunkční adenom štítné žlázy



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Sonografické vyšetření štítné žlázy

Oba laloky štítné žlázy jsou poměrně homogenní, normoechogenní. V levém laloku jsou ojedinělé hypoechogenní mikrocystoidy do 2,6mm, dominuje zde hypoechogenní uzel dorzálně v dolním pólu. Výsledek tohoto vyšetření poukazuje na solitární uzel levého laloku štítnice bez růstové tendence.

ZÁVĚR

Pacientka je vyšetřována na oddělení kardiologie pro problémy s polykáním a hubnutím. Nález z tohoto vyšetření je v normě. Dále je pacientce provedeno laboratorní vyšetření. Díky tomu je odeslána na oddělení nukleární medicíny na scintigrafii štítné žlázy. Závěrem tohoto vyšetření je podezření na hyperfunkční adenom a eufunkci štítné žlázy. Scintigrafie je doplněna o USG štítné žlázy jejímž výsledkem je solitární uzel levého laloku. Návštěva endokrinologické ambulance prokazuje, že se jedná o nodózní strumu levého laloku štítné žlázy a její eufunkci. Pacientce je doposud bez léčby a je pouze sledována.

7.3 Kazuistika 3

Anamnéza muže narozeného roku 1976

Osobní anamnéza: ženatý, žije v RD s manželkou, zaměstnán jako řidič MHD, běžné dětské nemoci, srdeční onemocnění, žloutenka, v péči kostní ambulance pro osteoporozu, léčba Vigantolem pro deficit vitamínu D, 2014 hospitalizován pro zánět mozkových blan, st. p. renální kolice vpravo, v prvním roce operace tříselné kýly vpravo, opakovaně zlomeniny rukou a nohou.

Rodinná anamnéza: otec – opakované zlomeniny, ostatní rodinná anamnéza nevýznamná

Abusus: kuřák cca 15 cigaret za den, alkohol příležitostně

Alergie: neguje

Léky: Vigantol

Základní diagnóza

E210 Primární hyperparatyreoza na podkladě adenomu příštítného tělíska

E559 Deficit vitamínu D

N23 Neurčená ledvinná kolika

Katamnéza

23. 6. 2014 – Pacient při kontrole na kostní ambulanci odeslán kvůli laboratorním výsledkům k vyšetření pro nález primární hyperparathyreozy na oddělení nukleární medicíny.

4. 7. 2014 – Je indikováno scintigrafické vyšetření příštítných tělísek s aplikací ^{99m}Tc-MIBI.

10. 7. 2014 – Pacient na kontrole v ambulanci kostního metabolismu kde je dle výsledků scintigrafie příštítných tělísek odeslán na USG štítné žlázy

19. 8. 2014 – Podstupuje USG štítné žlázy se zjištěním, že nález je přiměřený.

19. 8. 2014 – Pacient je v endokrinologické ambulanci se závěrem primární hyperparathyreozy na podkladě pravděpodobně adenomu pravého dolního příštítného

tělíska, laboratorně přítomna lehká hyperkalcémie. Pacientovi je doporučeno chirurgické řešení - odstranění P dolního příštítného tělíska. Dále je odeslán na ORL kliniku kde se objedná se na zákrok.

4. 12. 2014 – Pacient prodělává chirurgický zákrok, extirpaci dvou útvarů.

Zobrazovací metody-popis vyšetření

Scintigrafie příštítných tělísek s aplikací $^{99m}\text{Tc-MIBI}$

Indikace: vyloučení primární hyperparathyreózy

Provedli jsme SPECT vyšetření cílené na krk a mediastinum za 10 a 120 min. po aplikaci $^{99m}\text{Tc-MIBI}$ v pozdní fázi nativní CT vyšetření v identickém rozsahu. Vyšetření provedeno přístrojem SPECT/CT.

Radiofarmakum: Aplikace: 692 MBq Efektivní dávka: 6,23 mSv

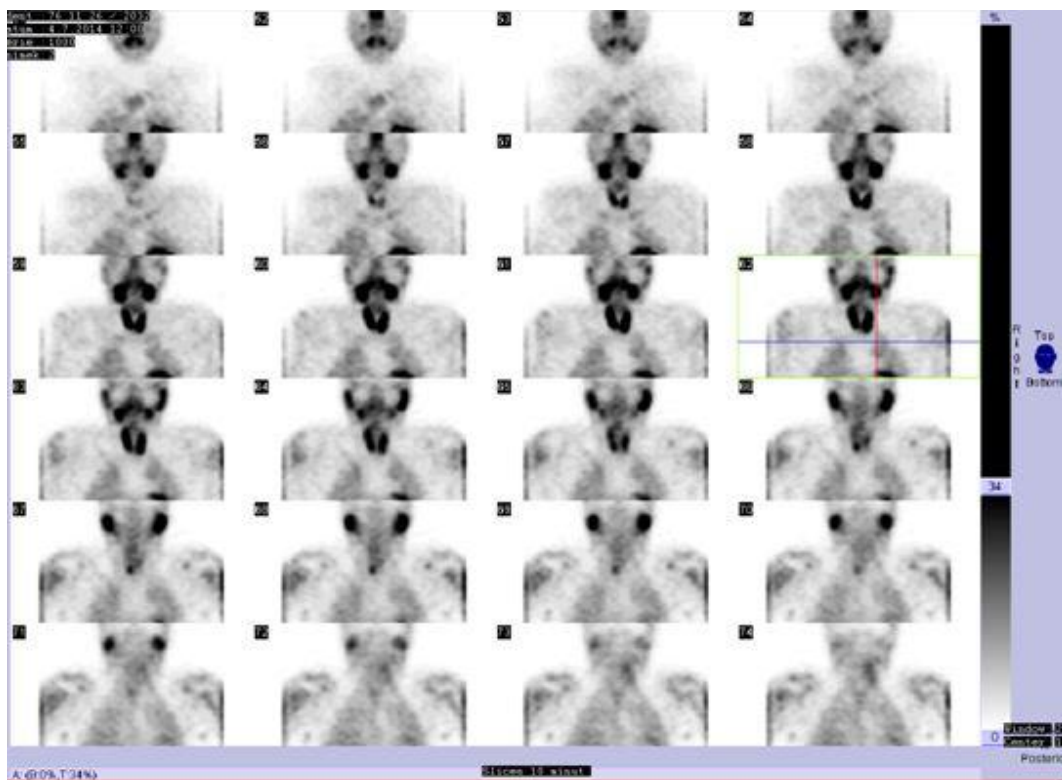
Nález: Při časném vyšetření se na krku paratracheálně zobrazuje akumulující tkáň s globálně vyšší intenzitou, vpravo celkových rozměrů cca 49x17x30-40 mm. Při pozdním vyšetření je patrný signifikantní parciální pokles intenzity aktivity v thyreoideálním parenchymu (méně vyjádřený vlevo), relativně vyšší perzistence je detekovatelná ve výše uvedeném fokusu vpravo (index 2,06).

Závěr: Obraz připouští existenci zvětšeného, ektopicky uloženého pravého dolního příštítného tělíska s lehce až středně zvýšenou funkční aktivitou.

CT v rámci SPECT/CT

CT vyšetření je provedeno nativně při lokalizaci příštítného tělíska. Za dolním pólem pravého laloku štítné žlázy patrné mírně akumulující levé dolní příštítné tělísko velikosti 8x4 mm. Krk, axily a mediastinum bez patologických změn lymfatických uzlin. Zachycený plicní parenchym bez ložisek. Zachycený skelet bez ložisek vzhledu metastáz.

Obrázek č. 6 ^{99m}Tc -MIBI – hyperfunkční adenom v lok. pravého dolního příštítného tělíska



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Obrázek č. 7 ^{99m}Tc -MIBI - hyperfunkční adenom v lok. pravého dolního příštítného tělíska (SPECT/CT)



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Sonografické vyšetření

Při vyšetření štítné žlázy pomocí ultrasonografie zjišťujeme, že se štítná žláza zobrazuje symetricky, trachea není deviována, jedna uzlina v jugulárním řečišti vlevo je oválná velikosti 9 mm. Echogenita žlázy je přiměřená, textura lehce nehomogenní, obraz bez hrubších strukturálních či degenerativních změn.

ZÁVĚR

Na základě provedených vyšetření je pacientovi diagnostikována primární hyperparatreóza na podkladě pravděpodobně adenomu pravého dolního příštítného tělíska. Dle doporučení endokrinologické ordinace pacient podstupuje chirurgickou operaci – extirpaci pravého dolního příštítného tělíska – společně s odběrem bioptického materiálu. Vzorky z extirpačního materiálu jsou odeslány na bioptické vyšetření a výsledek z histologického nálezu prokazuje, že jde adenom příštítného tělíska. Dále je pacient sledován v ORL poradně a v ambulanci kostního metabolismu.

7.4 Kazuistika 4

Anamnéza ženy narozené v roce 1973

Osobní anamnéza: rozvedená, bydlí s rodinou, invalidní důchodce, operována na gynekologii pro cysty ovárií, sterilizace, chronické selhávání ledvin při chronické glomerulopatii s nefrotickým syndromem, 2006 transplantace ledviny, od 2014 po vynětí nefunkčního štěpu opět v dialyzačním programu.

Rodinná anamnéza: matka – varixy dolních končetin, ostatní RA nevyznamná

Abusus: nekuřačka, alkohol nepije

Alergie: ciprinol, nesnášenlivost Tramalu

Léky: Algifen neo, Concor10, Ferrlecit, Mimpara, Renvela

Základní diagnóza

N185 Chronické onemocnění ledvin

Z924 St. po transplantaci ledviny

T861 Neúspěch a odmítnutí transplantátu ledviny

I10 Arteriální hypertenze

E212 Hyperparatyreóza

Katamnéza

3. 7. 2014 – Pacientce je po USG břicha a urologického traktu doporučeno USG příštítných tělísek.

1. 8. 2014 – Pacientka dále poslána na scintigrafické vyšetření příštítných tělísek. Je jí doporučeno odstranění obou dolních příštítných tělísek a současně oboustranná totální tyroidektomie.

1. 10. 2014 – Pacientce je provedeno USG štítné žlázy.

16. 10. 2014 – Pacientka na ORL klinice z důvodu kontroly po scintigrafii příštítných tělísek a USG štítnice.

30. 12. 2014 – Je přivezena do ambulance bolesti pro dlouhodobě přetrvávající bolesti kotníků, kolen a ramen. Je jí diagnostikována kostní nemoc a sekundárně hyperparatyreóza.

4. 3. 2015 – Podstupuje operaci na extirpaci obou dolních příštítných tělísek.

5. 3. 2015 – Je provedeno bioptické vyšetření extirpačního materiálu s výsledkem odpovídajícím nodózní strumě a benigního adenomu.

Zobrazovací metody – popis vyšetření

Sonografické vyšetření

Popis USG příštítných tělísek: levé příštítné tělísko je zvětšené s výraznou vaskularizací, může jít i o uzel kompletně vyplňující tělísko. V oblasti pravého příštítného tělíška je nehomogenní uzel s výraznější vaskularizací. Oba laloky štítné žlázy jsou zvětšené, pravý o vyšší echogenitě, přiměřená vaskularizace, retrosternálně nezasahují. V pravém laloku vícečetné smíšené a hypoechogenní uzly, v levém laloku ojedinělý hypoechogenní uzel v dolním pólu.

Scintigrafie příštítných tělísek

Indikace: Zvětšené levé příštítné tělísko

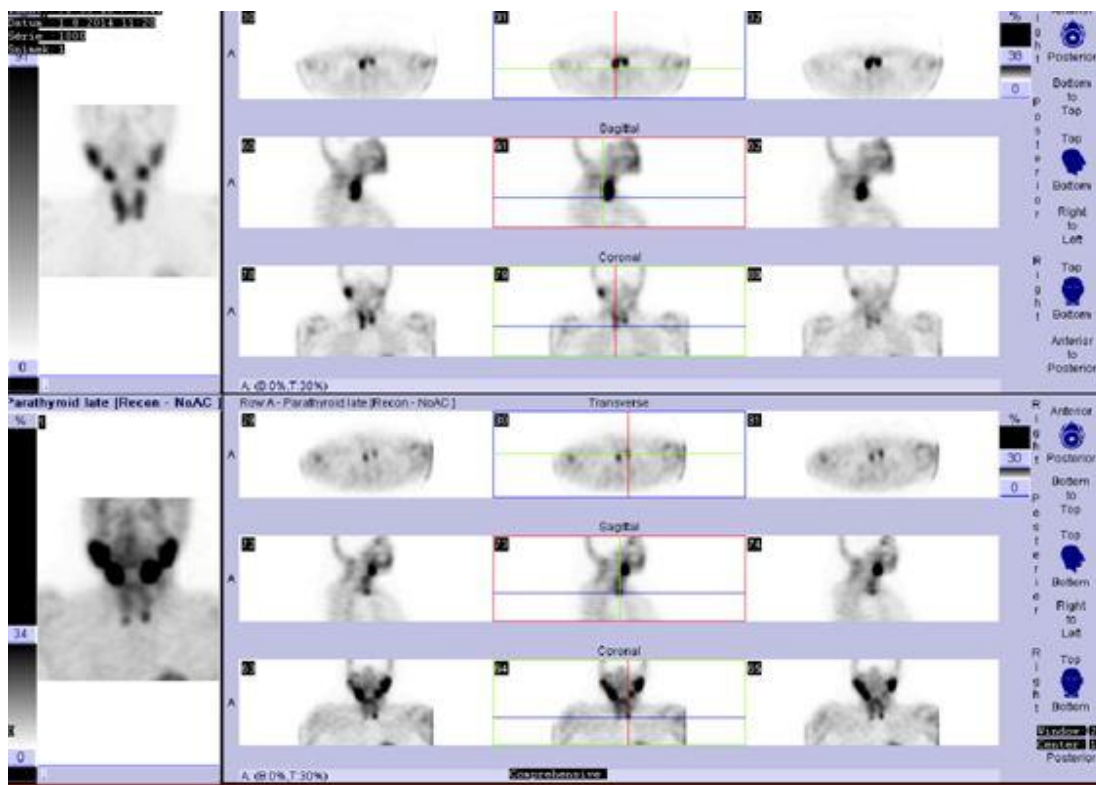
Provedli jsme SPECT vyšetření cílené na krk a mediastinum za 10 a 120 min. po aplikaci ^{99m}Tc - MIBI (2-methoxy-isobutyl-isonitřil), v pozdní fázi nativní CT vyšetření v identickém rozsahu. Vyšetření provedeno přístrojem SPECT/CT.

Radiofarmakum: Aplikace: 757 MBq Efektivní dávka: 6,81 mSv

Nález: Při časném vyšetření se v obvyklé lokalizaci zobrazují oba laloky štítné žlázy. Rozložení aktivity je poměrně homogenní bez zjevných ložiskových odchylek. Při pozdním vyšetření došlo k fyziologickému difuznímu snížení aktivity ve štítné žláze, v lokalizaci dolních příštítných tělísek však lze popsat atypicky zvýšenou perzistenci radiofarmaka.

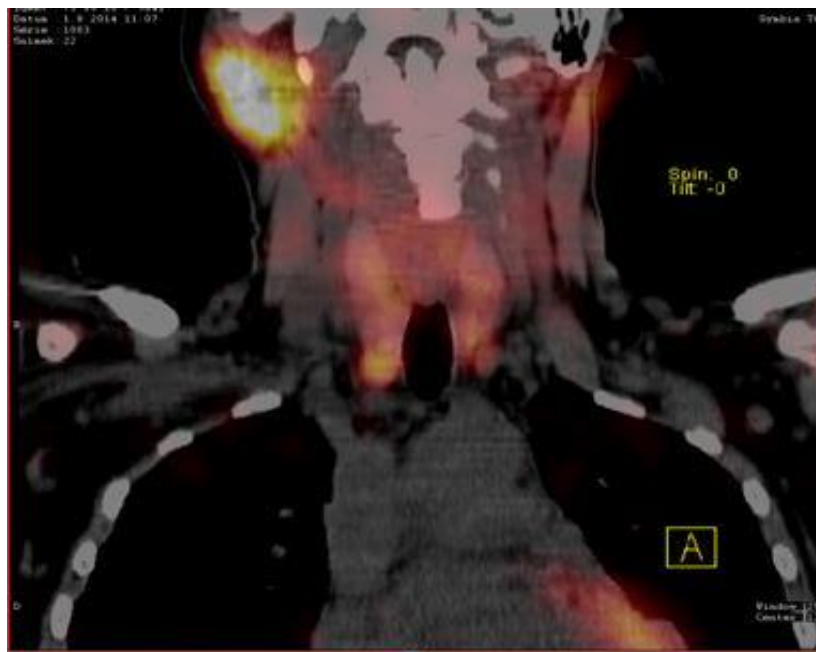
Závěr: Obraz hyperfunkčního adenomu v lokalizaci pravého i levého dolního příštítného tělíska.

Obrázek č. 8 ^{99m}Tc -MIBI – hyperfunkční adenom v lok. pravého i levého dolního příštítného tělíska



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Obrázek č. 9 ^{99m}Tc -MIBI – hyperfunkční adenom v lok. pravého i levého dolního
příštítného tělíska (SPECT/CT)



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

CT vyšetření

Hypodenzita v pravém laloku štítné žlázy na pomezí dolní a střední třetiny o vel. do 10 mm. Patologicky zvětšené uzliny na krku, v axilách ani mediastinu neprokazujeme.

Sonografické vyšetření

Pacientka podstoupila USG vyšetření štítné žlázy s nálezem: Pravý lalok je zvětšený, relativně homogenní, ostře ohraničený a normoechogenní, obsahuje jeden hypoechogenní nevaskularizovaný uzel spíše v dolní třetině. Levý lalok podobného vzhledu, s více vyjádřenou uzlovou přestavbou – kdy obsahuje několik hypoechogenních a nevaskularizovaných uzlů. Vpravo jakoby za dolním pólem laloku štítné žlázy je výrazně centrálně i periferně vaskularizované hypo až anechogenní ložisko, které odpovídá aktivnímu příštítnému tělísku. Vlevo o něco kaudálněji obdobné ložisko, také jde nejspíše o příštítné tělísko. Závěr vyšetření: Hyperplazie obou dolních příštítných tělísek, terciární hyperparatyreóza u dialyzované nemocné, eufunkční struma uzlová, v.s. nodózně cystická.

ZÁVĚR

Dialyzovaná pacientka je po USG břicha a urologického traktu poslána na dovyšetření vyšetření příštítných tělísek, kde je prokázána zvětšená štítná žláza. Díky těmto výsledkům pacientka podstupuje scintigrafii příštítných tělísek, která poukazuje na hyperfunkční adenom v levém i pravém tělísku. Další USG vyšetření štítné žlázy prokazuje eufunkční strumu a hyperplazii obou příštítných tělísek. Po chirurgické extirpaci obou příštítných tělísek bylo provedeno bioptické vyšetření s prokázáním nodózní strumy a hyperplastických příštítných tělísek, přičemž v levém laloku jde o benigní adenom. Dále je pacientka léčena na hypokalcémii a je odeslána domů.

7.5 Kazuistika 5

Anamnéza muže narozeného v roce 1947

Osobní anamnéza: rozvedený, žije sám v bytě

Rodinná anamnéza: neznámá

Abuzus: kuřák 10/denně, alkohol příležitostně

Alergie: neguje

Léky: neznámé

Základní diagnóza

C171 Stav po resekcí neuroendokrinního tumoru střeva

Katamnéza

22. 8. 2012 – Je provedeno PET/CT trupu s aplikací ^{18}F -FDG kvůli zjištění stavu po resekcí NET.

5. 9. 2012 – Pacient je vyšetřován pro resekcí střeva po karcinoidu neuroendokrinního původu na oddělení nukleární medicíny s aplikací ^{111}In -octreotid.

10. 9. 2012 – Nativní CT vyšetření břicha v rámci scintigrafie neuroendokrinního tumoru.

11. 9. 2012 – Je pacient v ambulantní péči na onkologické a radioterapeutické klinice. Ošetřující lékař neindikuje onkologickou léčbu, pouze s dispenzarizací a kontrolou v lednu 2013.

13. 8. 2013 – Pacientovi je kontrolně prováděno vyšetření a aplikací ^{111}In -octreotid.

15. 8. 2013 – CT vyšetření v rámci SPEC/CT.

Dál je pacient sledován v ORAK, nález stabilizován.

4. 6. 2014 – Pacient podstupuje scintigrafické vyšetření nádorů ^{111}In -octreotid.

Dále pac. Dispenzarizován kvůli neprokázané persistence a progresi, nadále bez léčby.

Zobrazovací metody – popis vyšetření

Scintigrafie trupu ^{18}F -FDG

Indikace: Stav po resekci střeva pro neuroendokrinní tumor

PET záznam jsme provedli za 60 min. po aplikaci ^{18}F FDG o aktivitě 293 MBq. Glykémie před aplikací: 5,5 mmol/l. CT záznam jsme provedli dvoufázově po perorálním podání 1 litru 2,5% roztoku manitolu a 100 ml neionické jódové kontrastní látky. Vyšetření bylo provedeno v rozsahu od báze lební až po oblast třísel za použití PET/CT.

Závěr: Drobný infiltrát v mesenteriu bez zvýšeného metabolismu FDG je v.s. residuum či recidiva karcinoidu, pro ověření metabolické aktivity doporučeno doplnit octreoscan. V ostatním rozsahu vyšetření nejsou známky FDG akumulující viabilní neoplazie.

Scintigrafie nádorů ^{111}In -octreotid

Indikace: Stav po resekci střeva pro karcinoid

Provedli jsme planární záznam hlavy, krku a trupu až po inguiny a vyšetření metodou SPECT cílené na břicho za 4 a 24 hod. po aplikaci ^{111}In pentetreotidu, pozdně nativní CT v identickém rozsahu. Před pozdními záznamy jsme pacientovi podali projímadlo. Vyšetření provedeno přístrojem SPECT/CT za použití kolimátoru pro střední energie.

Radiofarmakum: Aplikace: 124 MBq Efektivní dávka: 14,88 mSv

Nález: Zobrazuje se fyziologicky vysoká aktivita ve slezině, ledvinách, močovém měchýři, žlučníku a v játrech. V oblasti drobného infiltrátu v mezenteriu vel. cca 13x10 mm je zejména pozdně naznačena lehká kumulace radiofarmaka stejně jako v mezenteriální uzlině vel. cca 9x5 mm lokalizované cca 3 cm od infiltrátu kraniálně.

Závěr: vyšetření neprokazuje přesvědčivé známky ložiskového procesu se zvýšenou hustotou somatostatinových receptorů.

CT vyšetření

Pacientovi je provedeno nativní CT vyšetření v oblasti břicha. Nález se shoduje s PET/CT z 22. 8. 2012.

Scintigrafie nádorů ¹¹¹In-octreotid

Indikace: Karcinoid střeva, kontrolní vyšetření

Provedli jsme celotělový planární záznam a vyšetření metodou SPECT cílené na oblast hrudníku a břicha za 4 h a 24 h po aplikaci ¹¹¹In pentetreotidu, pozdně nativní CT v identickém rozsahu. Před pozdními záznamy pacientovi podáno projímadlo. Vyšetření provedeno přístrojem SPECT/CT za použití kolimátoru pro střední energie.

Radiofarmakum: Aplikace: 123 MBq Efektivní dávka: 14,76 mSv

Nález: Zobrazuje se fyziologicky vysoká aktivita ve slezině, ledvinách, močovém měchýři a méně v játrech, při pozdním vyšetření je patrná aktivita ve žlučníku. Neobvykle vysoká akumulace aktivity v lumenu střeva - rektosigmatu - presakrálně, na této etáži střevo rozšířeno na cca 40 mm, s tekutým obsahem. V ostatním rozsahu vyšetření neprokazujeme atypické změny v rozložení RF.

Závěr: Dva nevelké infiltráty se zvýšenou hustotou somatostatinových receptorů v mesogastriu nalevo při střední čáře v hloubce cca 2,5 cm za břišní stěnou.

CT vyšetření

CT vyšetření bez podání kontrastní látky v rozsahu hrudníku a břicha v rámci scintigrafie.

Scintigrafie nádorů s aplikací ¹¹¹In-octreotidem

Indikace: Stav po resekci neuroendokrinního tumoru střeva

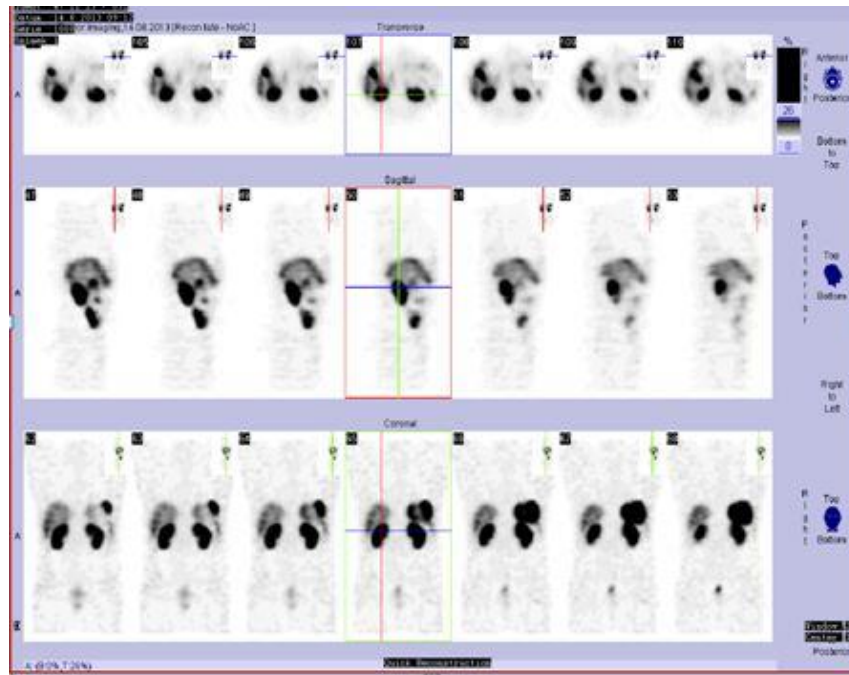
Provedli jsme planární záznam v rozsahu hlavy, krku a trupu po proximální partii stehem za cca 4,5 a 24 hodin po aplikaci ¹¹¹In-octreotid. Časné vyšetření metodou SPECT v rozsahu trupu, pozdně SPECT/CT trupu po podání 80ml neionické jodové kontrastní látky dvoufázově. Před pozdními záznamy pacient užil projímadlo bez přílišného efektu.

Radiofarmakum: aplikace: 125MBq Efektivní dávka: 15 mSv

Nález: Zobrazuje se fyziologicky vysoká aktivita ve slezině, ledvinách, močovém měchýři, játrech a žlučníku, zejména pozdně je patrné zvýšení akumulace. Radiofarmakum ve střevech, intenzivně především v tračníku s relativním maximem v oblasti céka, ascendentu a hepatální flexory v.s. nespecifické, minimální aktivita je ve štítné žláze a difúzně v prostatě. Při časném i pozdním vyšetření jsou diferencovatelné dvě mála, zhruba identicky intenzivní kumulace radiofarmaka. V porovnání s vyšetřením z 13. 8. 2013 mají zhruba stejnou velikost a intenzitu. Spíše než o projevy event. rezidua neuroendokrinních tumoru se jedná o postoperační změny.

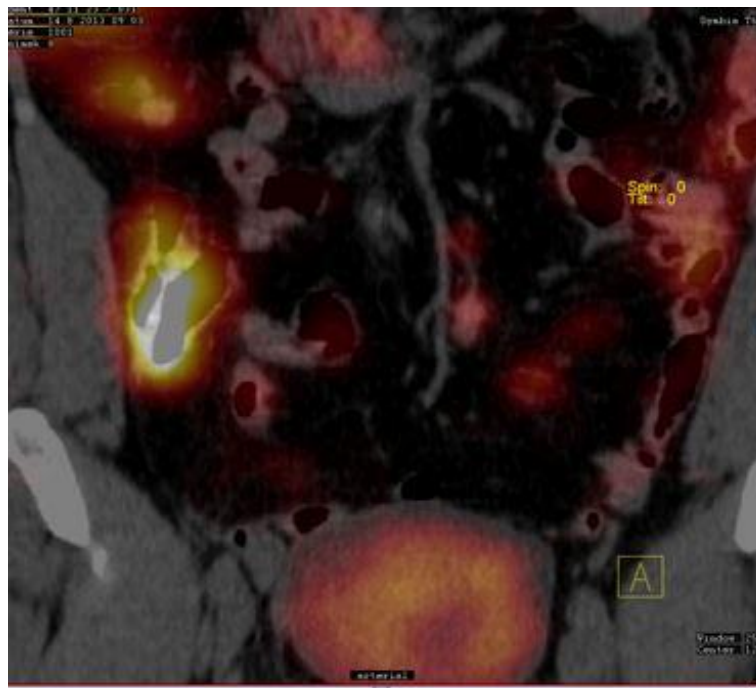
Závěr: vyšetření neprokazuje přesvědčivé známky aktivity neuroendokrinního tumoru v porovnání s minulým vyšetřením.

Obrázek č. 10 ^{111}In -Octreotid – infiltráty se zvýšenou hustotou somatostatinových infiltrátů v mesogastriu nalevo při střední čáře



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Obrázek č. 11 ^{111}In -Octreotid – infiltráty se zvýšenou hustotou somatostatinových infiltrátů v mesogastriu nalevo při střední čáře (SPECT/CT)



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

ZÁVĚR

Pacient je z důvodu resektovaného tumoru neuroendokrinního původu vyšetřován na oddělení nukleární medicíny. Je mu prováděno scintigrafické vyšetření trupu po podání 18F-FDG a scintigrafie na detekci NET s aplikací 111In-octreotidem. Výsledkem je neprokázání progresu onemocnění. Během toho je pacient dispenzarizován lékařem Onkologicko terapeutické kliniky.

7.6 Kazuistika 6

Anamnéza muže narozeného v roce 1971

Osobní anamnéza: ženatý, žije v RD s rodinou, prodělal běžné dětské onemocnění, chronické selhávání ledvin, nedostatek vitamínu D

Rodinná anamnéza: nevýznamná

Abusus: nekuřák, alkohol příležitostně

Alergie: penicilin

Léky: Mimpara, Euthyrox

Základní diagnóza

E21.2 Hyperparatyreóza

E 048 Nodózní struma

E 559 Deficit vitamínu D

Katamnéza

7. 1. 2015 – Dialyzovaný pacient přichází na kontrolu do endokrinologické ambulance a podstupuje sonografické vyšetření štítné žlázy.

16. 1 2015 – Na základě výsledků ze sonografického vyšetření pacient podstupuje scintigrafii příštítných tělísek s aplikací ^{99m}Tc- MIBI.

16. 1. 2015 – V rámci scintigrafie tělísek je pacientovi provedeno CT vyšetření.

20. 10. 2015 – Kontrola v endokrinologické ambulanci po scintigrafickém vyšetření a navýšení dávek dosavadního léku.

Zobrazovací vyšetření – popis vyšetření

Sonografické vyšetření štítné žlázy

Pravý lalok je zvětšený, ohraničený dobře, hrubé struktury a polynodózně přestavěný drobnými hypoechogenními až cystickými uzly. Levý lalok podobného vzhledu, drobnější nudozity zejména v horní části. Vpravo v lokalizaci dolního příštítného tělíska a vpravo v lokalizaci horního příštítného tělíska je diferencovatelná nudozita, vypadá jako nezvětšené příštítné tělísko a za dolní třetinou laloku je v.s. adenom příštítného tělíska.

Scintigrafie příštítných tělísek

Indikace: suspektní terciární hyperparatyroidní onemocnění - zejm. levého dolního příštítného tělíska, znatelné i levé horní a pravé dolní.

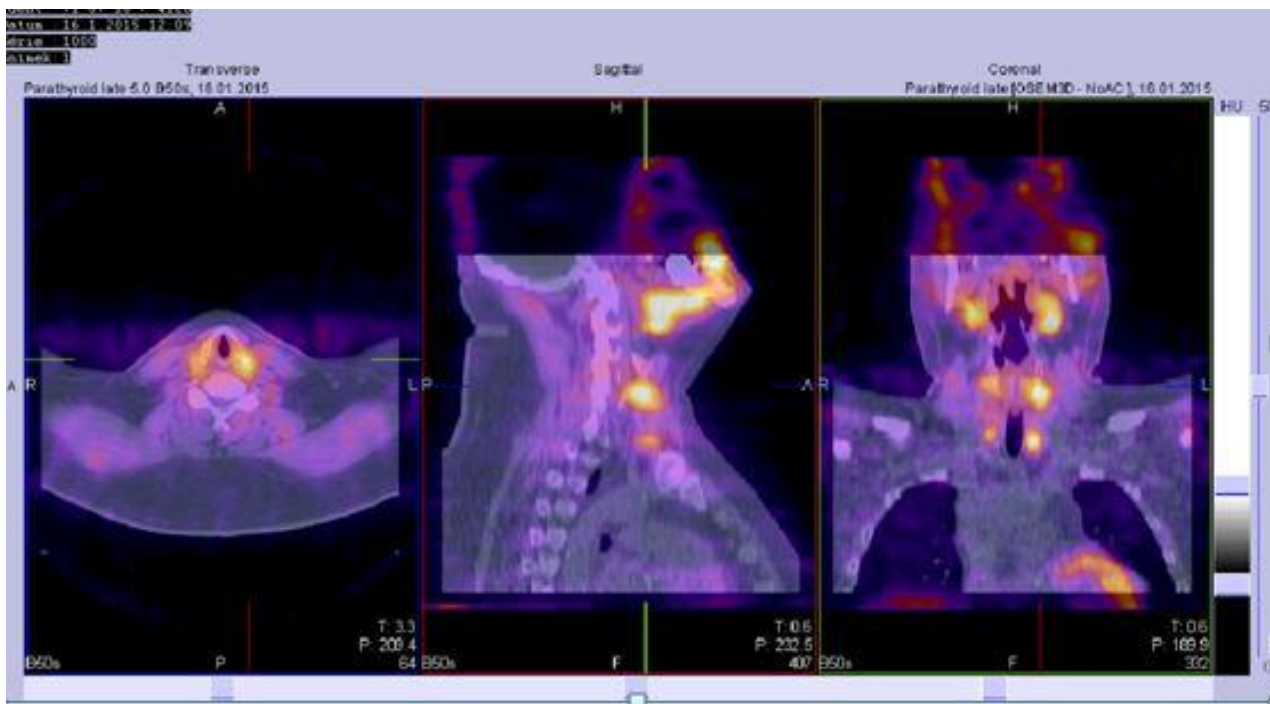
Provedli jsme SPECT vyšetření cílené na krk a mediastinum za 10 a 120 min. po aplikaci ^{99m}Tc - MIBI (2-methoxy-isobutyl-isonitrit), v pozdní fázi nativní CT vyšetření v identickém rozsahu. Vyšetření provedeno přístrojem SPECT/CT.

Radiofarmakum: Aplikace: 1 114 MBq Efektivní dávka: 10,03 mSv

Nález: Při časném vyšetření se v obvyklé lokalizaci zobrazují oba laloky štítné žlázy, pravý vel. cca 63x27 mm, levý 57x20 mm, dále patrná zvýšená akumulace v oblasti všech čtyřech příštítných tělísek (výrazněji vlevo). Při pozdním vyšetření došlo k fyziologickému difuznímu snížení aktivity ve štítné žláze, přetrvává zvýšená akumulace RF ve všech 4 příštítných tělískách.

Závěr: Vyšetření prokazuje jednoznačné známky patologicky zvýšené funkční aktivity všech 4 zvětšených příštítných tělísek (výrazněji vlevo).

Obrázek č.12 ^{99m}Tc -MIBI – hyperfunkce dolních i horních příštítných tělísek



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

Obrázek č. 13 ^{99m}Tc -MIBI – hyperfunkce dolních i horních příštítných tělísek



Zdroj: WinMedicalc FN Plzeň Lochotín

CT vyšetření

Štítná žláza v nativním CT obraze nehomogenní, patrná zvýšená akumulace radiofarmaka ve všech 4 příštítných tělískách – pravé horní vel. 65x70 mm, pravé dolní vel. 9x12 mm, levé horní vel. 10x8 mm, levé dolní vel. 6x14 mm (nejspíše intratyroideálně uložené).

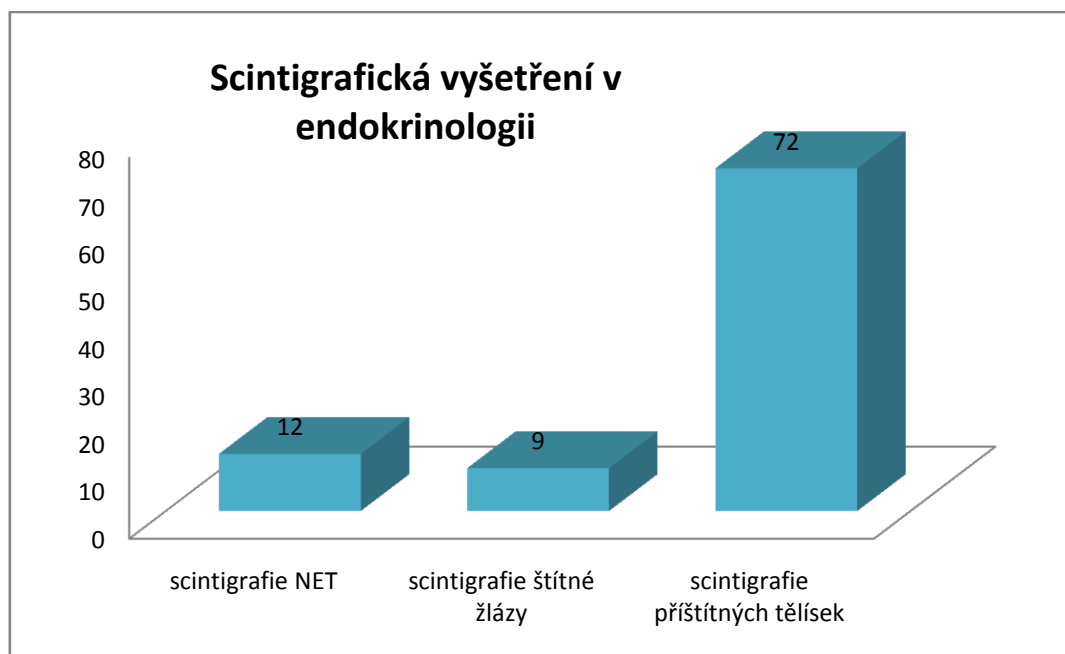
ZÁVĚR

Dialyzovaný pacient pravidelně dochází na hemodialýzu a současné kontroly na oddělení nefrologii. Během sledování laboratorních hodnot je odeslán na vyšetření v endokrinologické ambulanci. Zde je pacient dispenzarizován a každých šest měsíců je mu děláno sonografické vyšetření štítné žlázy. Dále je pacientovi na základě výsledků z ultrasonografie doporučeno scintigrafické vyšetření příštítných tělísek. Výsledkem tohoto vyšetření je zvýšená funkční aktivita u všech čtyřech příštítných tělísek. Vzhledem k symptomatičnosti této zvýšené funkce je pacientovi indikováno navýšení dávek léku Minpara a je obeznámen, že v brzké době může dojít k chirurgickému řešení tohoto problému – exstirpace příštítných tělísek.

8 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ

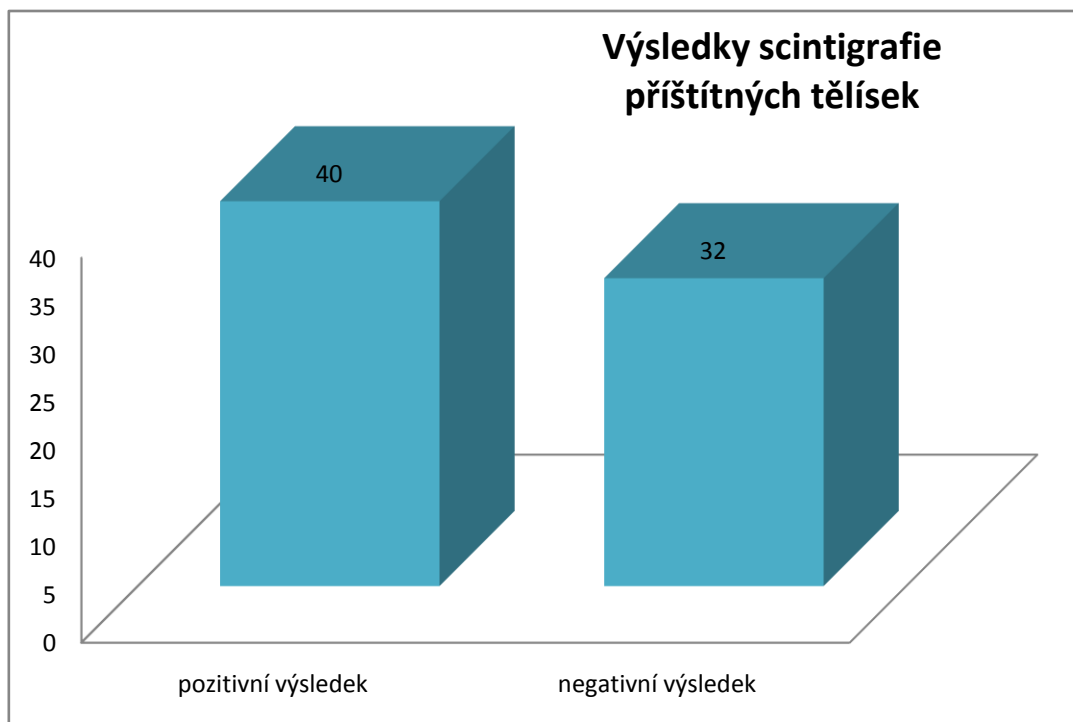
Získávání dat pro statistické zpracování probíhal rok ve Fakultní nemocnici Lochoťín na oddělení nukleární medicíny pod dozorem vedoucího práce pana MUDr. Alexandra Malána. Jako respondenti byli vybráni pacienti, kterým byla doporučena scintigrafie štítné žlázy, příštítných tělísek a detekce neuroendokrinních tumorů. Ve statistickém zpracování je poukázáno na četnost případů a zda-li byly výsledky pozitivní, negativní a nejednoznačné, nebo jak je tomu u NET, bez progresu od předchozího vyšetření pomocí scintigrafie. Dále je snaha o zpracování a poukázání na nálezy těchto vyšetření.

Graf č. 1 Četnost scintigrafických vyšetření v endokrinologii na odd. Nukleární medicíny ve FNL Plzeň



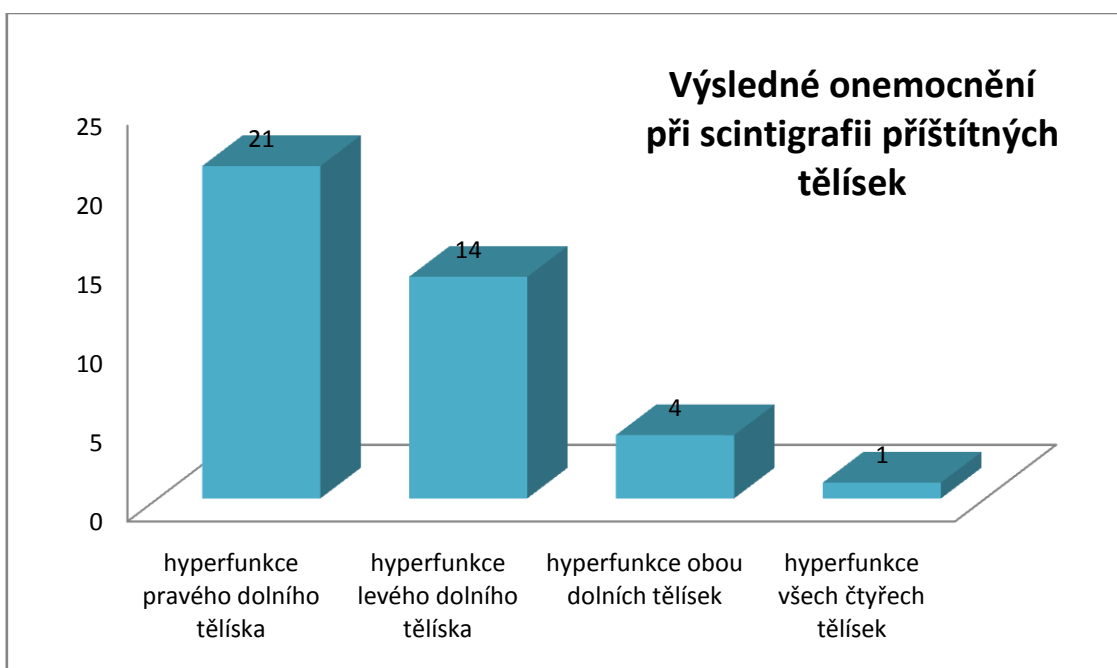
Zdroj: vlastní

Graf č. 2 Četnost pozitivních a negativních výsledků scintigrafie příštítných tělísek



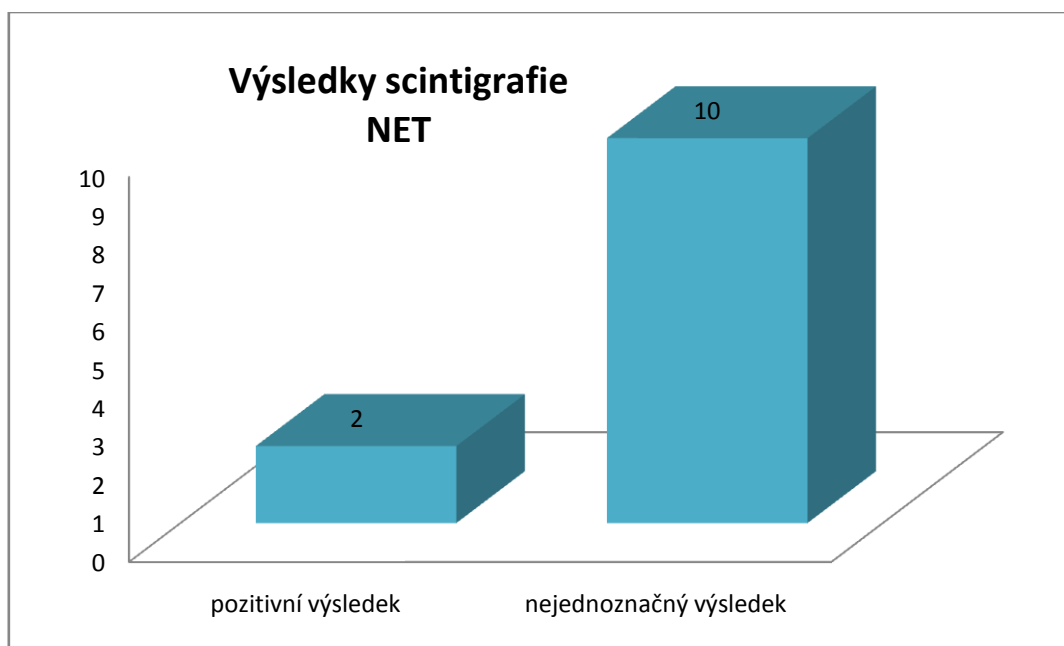
Zdroj: vlastní

Graf č. 3 Četnost výsledných onemocnění při scintigrafii příštítných tělísek



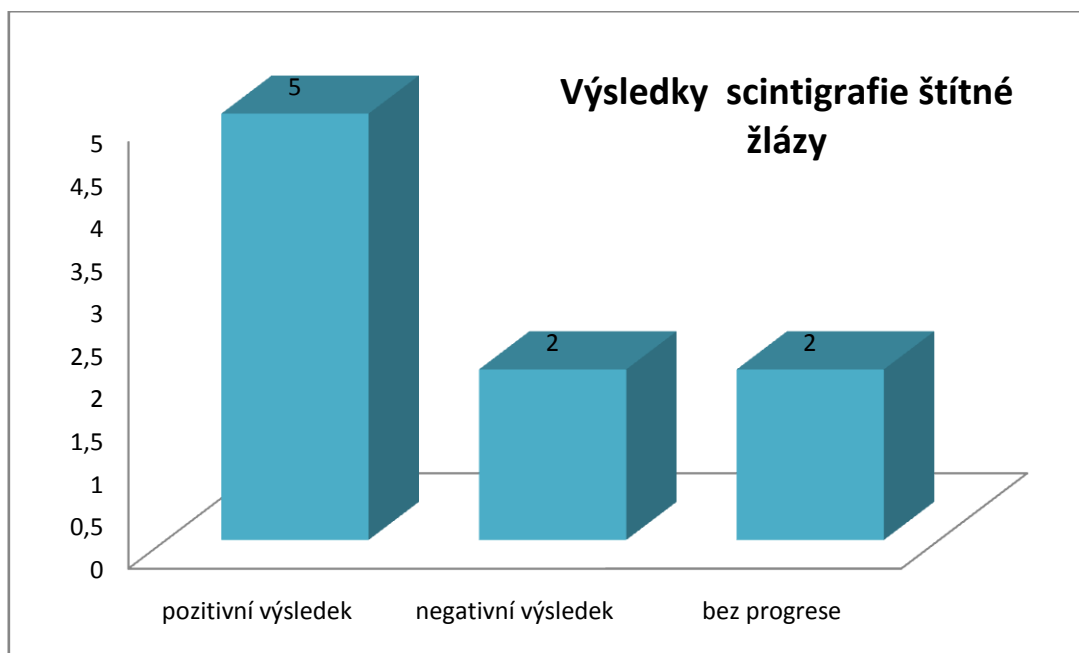
Zdroj: vlastní

Graf č. 4 Četnost pozitivních a nejednoznačných výsledků při scintigrafii NET



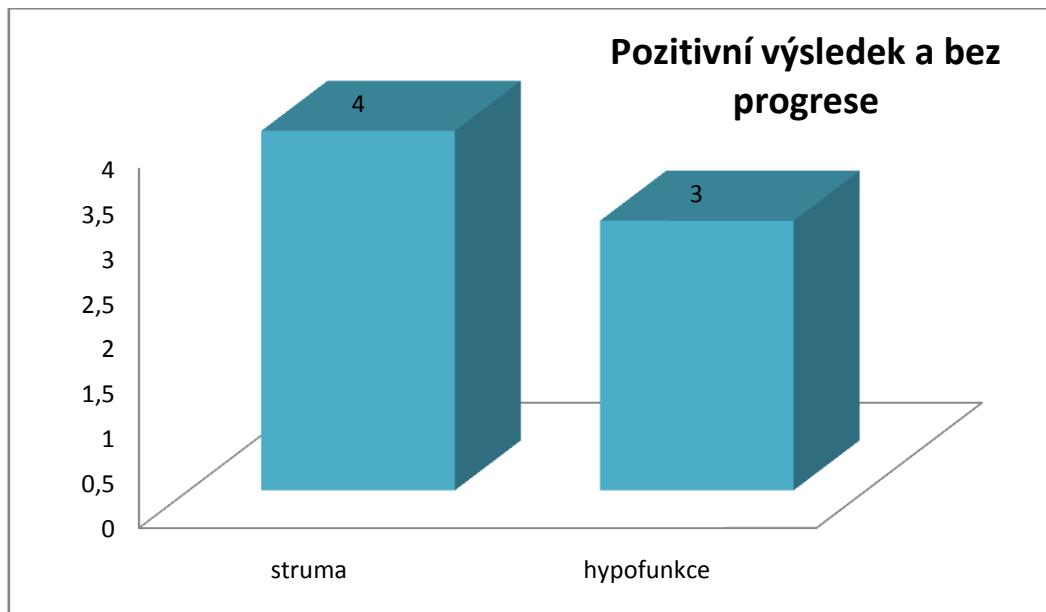
Zdroj: vlastní

Graf č. 5 Četnost výsledků pozitivních, negativních a bez progresu při scintigrafii štítné žlázy



Zdroj: vlastní

Graf č. 6 Četnost výsledných onemocnění u pozitivních nálezů a bez progresu při scintigrafii štítné žlázy



Zdroj: vlastní

DISKUZE

Výzkumná část bakalářské práce se zabývá jednotlivými případy scintigrafie v endokrinologii. Obsahuje celkem šest kazuistik vybraných z pacientů, kteří podstoupili scintigrafii štítné žlázy, příštítných tělísek nebo scintigrafii pro detekci neuroendokrinních tumorů s aplikací ^{111}In -octreotidu. Na těchto případech jsme se snažili zjistit, jakou úlohu má scintigrafie endokrinní soustavy a jaké orgány se pomocí ní vyšetřují ve FNL Plzeň. Snažili jsme se popsat také postupy u jednotlivých vyšetření a stejně tak i případně naznačit terapeutické řešení u pozitivních nálezů. U každé z kazuistik jsou také uvedena vyšetření, která pacient podstoupil před i po scintigrafii.

V první výzkumné části jsme si zvolili jeden cíl, k němuž se vztahují dvě výzkumné otázky. Daný cíl se týká pracovních postupů při scintigrafii v endokrinologii. První otázkou jsme se tázali právě na tyto postupy před i po scintigrafii. Především na to, zda jsou vybraní pacienti vyšetřováni jinou zobrazovací metodou před scintografií, tedy jinými slovy jaká indikace vedla ke scintigrafii vybraných orgánů s vnitřní sekrecí. Ze získaných dat jsme zjistili, že dva z vybraných pacientů podstoupili před vyšetřením jinou zobrazovací metodu. Je to pacientka narozená roku 1973 a na scintigrafii byla odeslána až po USG břicha a urologického traktu při čemž byla zároveň vyšetřena i příštítná tělíska. Další pacient narozený roku 1971, který také podstoupil USG příštítných tělísek při kontrole v endokrinologické ambulanci. Ostatní pacienti byli odesláni na oddělení nukleární medicíny po zhoršených laboratorních výsledcích.

Druhou výzkumnou otázkou jsme se snažili zjistit řešení případného pozitivního výsledku při scintigrafii příštítných tělísek. Díky záznamům z vyšetření prováděných u vybraných pacientů zjišťujeme, že pokud pacient měl nějaké subjektivní i objektivní příznaky objeveného pozitivního nálezu, doporučuje se chirurgické řešení, tedy extirpace příslušného postiženého příštítného tělíska. Pokud pacient neměl příznaky ponechává se v dispenzarizační léčbě a v případě zhoršení stavu je mu také doporučeno chirurgické řešení.

Tři kazuistiky se týkají scintigrafického vyšetření příštítných tělísek, dvě scintigrafie neuroendokrinního tumoru a jedna scintigrafie štítné žlázy.

První kazuistika pojednává o muži narozeném v roce 1958, který podstoupil PET/CT trupu s aplikací ^{18}F -FDG. Toto vyšetření prokázalo vícečetná radiofarmaka

kumulující ložiska v jaterním parenchymu a dále se doporučuje CT s biopsií. Díky výsledkům z histologického vyšetření pacient podstupuje SPECT/CT s aplikací radiofarmaka ^{111}In -octreotid, které potvrzuje nález z histologie a to neuroendokrinní tumor nejasného primárního ložiska. Závěrem této kazuistiky je léčba Sandostatinem a předání pacienta do rukou onkologicko-radioterapeutické kliniky.

Další kazuistika, která se zabývá detekcí NET je u pacienta narozeného roku 1947. V této kazuistice jde o detekci případné recidivy po resekci neuroendokrinního tumoru střeva. Pacient podstupuje nejdříve PET/CT trupu s aplikací ^{18}F -FDG, ale kvůli nejasnému výsledku je doporučeno doplnit metodou SPECT/CT. Toto vyšetření je pacientovi prováděno kontrolně přibližně každý rok a prozatím s neprokázanou recidivou, tudíž je pacient v dispenzarizační léčbě ORAK FNL Plzeň.

O scintigrafii štítné žlázy pojednává jedna z kazuistik, a to kazuistika pacientky narozené roku 1981. Ta byla odeslána na vyšetření pomocí scintigrafie po EKG s výsledným nálezem v normě. Při scintigrafii štítnice bylo pacientce aplikováno radiofarmakum $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetat a výsledkem bylo podezření na hyperfunkční adenom. Poté pacientka podstoupila USG, přičemž jí byla prozatím doporučena dispenzarizační léčba lékařem endokrinologické ambulance.

Ostatní tři kazuistiky obsahují scintigrafie příštítných tělísek: kazuistika 3, 4, 6. Kazuistika 3 popisuje případ pacienta, který je po laboratorních výsledcích odeslán na oddělení nukleární medicíny a je mu provedena scintigrafie příštítných tělísek k potvrzení hyperparatyreózy. Jak se předpokládalo, nález odpovídal adenomu pravého dolního příštítného tělíska. Následně pacient podstoupil extirpaci tohoto postiženého útavru s výsledným histologickým potvrzením nálezu. Kazuistika 4 se týká pacientky, která je dialyzovaná a při kontrole podstupuje USG břicha, urotraktu, po té i USG příštítných tělísek. Na základě výsledků z předchozího vyšetření je jí indikováno SPECT/CT v oblasti krku a mediastina se závěrem hyperfunkce levého i pravého příštítného tělíska. Pacientka byla odeslána na ORL kliniku, kde jí provedli extirpaci obou postižených dolních tělísek. Poslední kazuistika věnující se scintigrafii příštítných tělísek je kazuistika 6. Pacient je také dialyzovaný, jako v předchozím případě, a při vyšetření v endokrinologické ambulanci je mu provedeno USG štítné žlázy. Posléze je pacient odeslán na scintigrafii příštítných žláz s aplikací $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI. Výsledkem je nález hyperfunkčních všech čtyřech příštítných tělísek a je mu indikováno navýšení dávek doposud braného léku Minpara.

Druhá část práce je zaměřena na kvantitativní metodu výzkumu, kterou je statistické zpracování. Snahou je zhodnotit počty pacientů s problémy endokrinní soustavy na oddělení nukleární medicíny ve FNL Plzeň za roční období. Celkově bylo vyšetřeno 93 pacientů různého věku a obou pohlaví. Tento sběr dat se týká jak scintigrafie štítné žlázy a příštítných žláz tak i detekce neuroendokrinních tumorů. Množství pacientů se u jednotlivých vyšetření liší. K této části jsou stanovené tři cíle a tři hypotézy.

První cíl pojednává o celkovém rozložení četnosti endokrinologických scintigrafických vyšetření a hypotéza k tomuto cíli očekává, že nejvíce zobrazovanou oblastí pomocí metod nukleární medicíny jsou příštítná tělíska. Tento předpoklad se díky statistickému zpracování celkové frekvence vyšetření splnil, jak nám ukazuje graf č. 1 s názvem Četnost scintigrafických vyšetření v endokrinologii na odd. Nukleární medicíny ve FNL Plzeň. Výsledkem tohoto zpracování je zjištění, že nejvíce se provádí vyšetření příštítných tělísek, a to v počtu 72 pacientů za rok. Jako druhá v pořadí četnosti je scintigrafie k detekci NET s 12 pacienty za rok. Nejméně častá je v tomto sběru dat scintigrafie štítné žlázy s počtem 9 pacientů za rok.

Jako druhý cíl jsme si zvolili statistické zpracování nálezů při daných scintigrafických vyšetřeních v endokrinologii, tedy jakou výtěžnost mají metody nukleární medicíny v oblasti endokrinologických poruch. Měli jsme možné výsledky pozitivní a negativní, bez progresu od předchozího stavu a nebo nejednoznačné, jako je tomu při detekci NET. Hypotéza se týká právě výtěžnosti těchto vyšetření, kde se domníváme, že při scintigrafii k detekci NET je výsledný nález většinou pozitivní, tedy že jde o tumor neuroendokrinního původu. Díky statistickému zpracování zjišťujeme, že je tomu právě naopak. Pozitivní výsledek při tomto vyšetření prokazují pouze dva případy z celkových 12. U ostatních 10 pacientů byl výsledek nejednoznačný, což nám ukazuje graf č. 4 s názvem Četnost pozitivních a nejednoznačných výsledků při scintigrafii NET.

Naším třetím cílem bylo zjistit výsledné pozitivní nálezy při scintigrafii příštítných tělísek. Do zpracování počtu onemocnění byli zapojeni pacienti jak s nově objeveným onemocněním – pozitivní výsledek – tak pacienti s již existujícím onemocněním objeveným z předchozí scintigrafie – bez progresu. Hypotézou jsme se domnívali, že nejméně častým nálezem je hyperfunkce všech čtyřech tělísek. Tato hypotéza se potvrdila, jelikož dle statistického zpracování je nejméně častým nálezem právě této hyperfunkce.

Toto zpracování je vidět na grafu č. 3 Četnost výsledných pozitivních nálezů při scintigrafii příštítných tělísek.

ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce bylo poukázat na vyšetřovací metody nukleární medicíny v oblasti endokrinologických onemocnění a to nejen z teoretické stránky, tedy z pohledu literatury, ale i z praktické stránky těchto vyšetření. Protože literatura zabývající se pouze zadaným tématem téměř neexistuje, nebo není dostupná, čerpali jsme z literatury o oboru nukleární medicína obecně. Na základě získaných informací jsme shrnuli popisy scintigrafických vyšetření v endokrinologii a aplikovaná radiofarmaka. Teoretická část popisuje především zobrazovací metody nukleární medicíny v endokrinologii včetně pozitronové emisní tomografie a jednofotonové emisní tomografie. Během psaní bakalářské práce je možné narazit na další informace a aspekty, na které bohužel nebyl prostor, nebo jsou zmiňovány pouze okrajově. Jedním takovým aspektem jsou metody radioimunoanalýzy.

Záměrem praktické části bylo porovnat a ověřit informace z literatury a informace získané sběrem kazuistik a případně i statistickým zpracováním. Hlavním úkolem bylo dát dohromady vzorek pacientů, kteří byli vyšetřeni na oddělení nukleární medicíny a jejichž výsledky byly pozitivní. Dále jsme se snažili analyzovat význam, využití a výtěžnost těchto metod. Výše zmíněnou kvantitativní metodou jsme zjišťovali, v jakém počtu vyšetření se vyskytuje scintigrafie štítné žlázy, příštítných tělísek a scintigrafie nádorů neuroendokrinního původu.

LITERATURA A PRAMENY

- 1) ULLMANN, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2009, 171 s. ISBN 978-807-3686-697.
- 2) HÁLA, Jiří. *Radioaktivita ionizující záření, jaderná energie*. 1. vyd. Brno: Konvoj, 1998, 310 s. ISBN 80-856-1556-8.
- 3) DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 532 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
- 4) DYLEVSKÝ, Ivan. *Základy funkční anatomie*. Olomouc: Poznání, 2011, 330 s. ISBN 978-808-7419-069.
- 5) MARIEB, Elaine N. *Anatomie lidského těla*. 1. vyd. Brno: CP Books, 2005, 863 s. ISBN 80-251-0066-9.
- 6) ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. 3., upr. a dopl. vyd. Editor Miloš Grim. Praha: Grada, 2013, 497 s. ISBN 978-802-4747-880.
- 7) HANZLOVÁ, Jitka a Jan HEMZA. *Základy anatomie soustavy trávicí, žláz s vnitřní sekrecí a soustavy močopohlavní*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2006, 77 s. ISBN 80-210-3962-0.
- 8) *Nukleární medicína*. 4. uprav. a dopl. vyd. Jilemnice: Gentiana, 2002, 154 s., čb. obr., příl. ISBN 80-865-2705-0.
- 9) KUPKA, Karel, Jozef KUBINYI a Martin ŠÁMAL. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Praha: P3K, c2007, 185, xiv s. ISBN 978-809-0358-492.
- 10) *Jaderná a radiační fyzika: 1.6. Ionizující záření*. ULLMANN, Vojtěch. *1. Jaderná a radiační fyzika: 1.6. Ionizující záření* [online]. 2014, 14. prosince 2014 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika6.htm>
- 11) NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA: Co je nukleární medicína ?. ULLMANN, Vojtěch. *NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA: Co je nukleární medicína ?* [online]. 2014, 30. listopadu 2014 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/CoJeNuklMed.htm>
- 12) *Nukleární medicína: průřez vyšetřovacími metodami v oboru nukleární medicína*. 1. vyd. Editor Vlasta Míková. Praha: Galén, 2008, 118 s. CARE. ISBN 978-807-2625-338.

- 13) KORANDA, Pavel, Miroslav MYSLIVEČEK a Václav HUŠÁK. *Nukleární medicína v endokrinologii a terapie otevřenými zářiči*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002, 36 s. ISBN 80-244-0415-X.
- 14) PŘÍBALOVÁ INFORMACE: INFORMACE PRO UŽIVATELE: 131 I NATRIUM IODHIPPURICUM inj. STÁTNÍ ÚSTAV PRO KONTORLU LÉČIV. *PŘÍBALOVÁ INFORMACE: INFORMACE PRO UŽIVATELE: 131 I NATRIUM IODHIPPURICUM inj.* [online]. 2011, 26.1.2011 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz/download/pil/PI13976.pdf>
- 15) PŘÍBALOVÁ INFORMACE: INFORMACE PRO UŽIV AT ELE: 2 - [18 F] - FDG F ludeoxyglucos um - (18 F). STÁTNÍ ÚSTAV PRO KONTROLU LÉČIV. *PŘÍBALOVÁ INFORMACE: INFORMACE PRO UŽIV AT ELE: 2 - [18 F] - FDG F ludeoxyglucos um - (18 F)* [online]. 2010, 26.5.2010 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz/download/pil/PI3142.pdf>
- 16) PŘÍBALOVÁ INFORMACE: OctreoScan. KC SOLID SPOL. S R.O. *PŘÍBALOVÁ INFORMACE: OctreoScan* [online]. 1994, 13.09.2005 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.kcsolid.cz/zdravotnictvi/octreoscan/katalog.php#pribalova>
- 17) STÁTNÍ ÚSTAV PRO KONTROLU LÉČIV. *PŘÍBALOVÁ INFORMACE: INFORMACE PRO UŽIVATELE: OctreoScan prekurzor radiofarmaka Indium-(111In) pentetreotid, 111 MBq/ml.* 2010.
- 18) STÁTNÍ ÚSTAV PRO KONTROLU LÉČIV. *PŘÍBALOVÁ INFORMACE: INFORMACE PRO UŽIVATELE: Technescan Sestamibi 1 mg kit pro přípravu radiofarmaka.* 2014.
- 19) STÁTNÍ USTAV PRO KONTROLU LÉČIV. *PŘÍBALOVÁ INFORMACE: INFORMACE PRO UŽIVATELE: [123I]jodid sodný RadioMedic.* 2009.
- 20) PŘÍBALOVÁ INFORMACE: Sodium Iodide (I-123) Injection. KC SOLID, spol. s r.o. *PŘÍBALOVÁ INFORMACE: Sodium Iodide (I-123) Injection* [online]. 1994, 31.3.2004 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: http://www.kcsolid.cz/zdravotnictvi/nuklearni_medicina/katalog_rf/vypis-rf.php?drn=5375&pripravek=Sodium%20Iodide%20%28I123%29%20injection
- 21) Natrii pertechnetatis[99mTc] fissionis formam solutio iniectionis. *Natrii pertechnetatis[99mTc] fissionis formam solutio iniectionis* [online]. Český lékopis, 1997 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: http://www.lekopis.cz/Kap_6_2_3_Natrii_pertechnetatis_99mTc_fissionis_formam_solutio_iniectionis.htm

- 22) MALÁN, Alexander. *Vybrané kapitoly z nukleární medicíny*. Plzeň: KC Solid spol. s.r.o., 2013.
- 23) CZERNIN, Johannes, Mangus DAHLBOM, Osman RATIB a Christiaan SCHIEPERS. *Atlas of PET/CT Imagin in Onkology*. Italy: Springer-Verlag, 2004. ISBN 3-540-20952-2.

SEZNAM ZKRATEK

SPECT – Single photon emission computed tomography

PET – Pozitron emission tomography

EZ – Elektronový záchyt

$T^{1/2}$ – Poločas rozpadu

I – Jód

In – Indium

RIA – Radioimunoanalýza

Tc – Technecium

USG - Ultrasonografie

TSH – Tyreotropní hormon

TRH – Test k jištění rezervy tyreotropního hormonu

CT – Počítačová tomografie

RF – Radiofarmakum

i.v. – Intravenózní

FDG – Fluorodeoxyglukóza

SCLC – Malobuněčný karcinom plic

Cr – Chrom

Rb – Rubidium

F – Fluor

C – Uhlík

Rh – Rhodium

NET – Neuroendokrinní tumory

St. p. – stav po

EKG – elektrokardiogram

ORL – Otorhinolaryngologie

ORAK – Onkologická radioterapeutická klinika

RD – rodinný dům

Tc-MIBI – 2-methoxy-isobutyl-isonitril

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 ^{18}F -FDG - nejasný vícečetný ložiskový proces v játrech

Obrázek č.2 ^{18}F -FDG - nejasný vícečetný ložiskový proces v játrech

Obrázek č. 3 ^{111}In Octreoscan – celotělový záznam z přední a zadní projekce

Obrázek č.4 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ - pertechnetát – susp. hyperfunkční adenom štítné žlázy

Obrázek č. 5 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ - pertechnetát – susp. hyperfunkční adenom štítné žlázy

Obrázek č. 6 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI – hyperfunkční adenom v lok. pravého dolního příštítného tělíska

Obrázek č. 7 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI - hyperfunkční adenom v lok. pravého dolního příštítného tělíska (SPECT/CT)

Obrázek č. 8 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI – hyperfunkční adenom v lok. pravého i levého dolního příštítného tělíska

Obrázek č. 9 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI – hyperfunkční adenom v lok. pravého i levého dolního příštítného tělíska (SPECT/CT)

Obrázek č. 10 ^{111}In -Octreotid – infiltráty se zvýšenou hustotou somatostatinových infiltrátů v mesogastriu nalevo při střední čáře

Obrázek č. 11 ^{111}In -Octreotid – infiltráty se zvýšenou hustotou somatostatinových infiltrátů v mesogastriu nalevo při střední čáře (SPECT/CT)

Obrázek č. 12 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI – hyperfunkce dolních i horních příštítných tělísek

Obrázek č. 13 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI – hyperfunkce dolních i horních příštítných tělísek

SEZNAM PŘÍLOH

Obrázek č. 14 Schéma přeměny γ

Obrázek č. 15 Radioaktivita α

Obrázek č. 16 Přeměna β^-

Obrázek č. 17 Přeměna β^+

Obrázek č. 18 Radioaktivita β^+ a EZ

Obrázek č. 19 Popis scintigrafie

Obrázek č. 20 Scintilační detektor

Obrázek č. 21 Výroba umělých radioisotopů

Obrázek č. 22 Schéma endokrinních žláz a jejich hormonů

Obrázek č. 23 Vybrané hodnoty radiačních dávek

Obrázek č. 24 Tabulka s poločasy rozpadu prvků používaných v medicíně

Obrázek č. 25 Povolení sběru informací ve FN Plzeň

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 Četnost scintigrafických vyšetření v endokrinologii na odd. Nukleární medicíny ve FNL Plzeň

Graf č. 2 Četnost pozitivních a negativních výsledků scintigrafie příštítných tělísek

Graf č. 3 Četnost výsledných onemocnění při scintigrafii příštítných tělísek

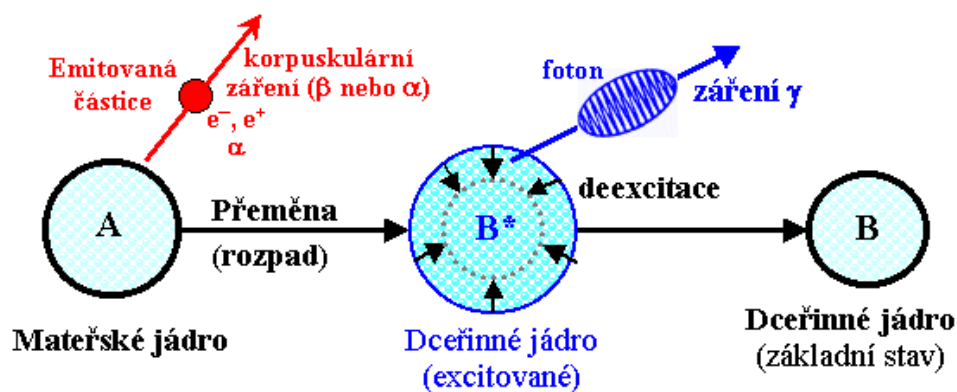
Graf č. 4 Četnost pozitivních a nejednoznačných výsledků při scintigrafii NET

Graf č. 5 Četnost pozitivních a negativních výsledků a výsledků bez progresu při scintigrafii štítné žlázy

Graf č. 6 Četnost výsledných onemocnění u pozitivních nálezů a bez progresu při scintigrafii štítné žlázy

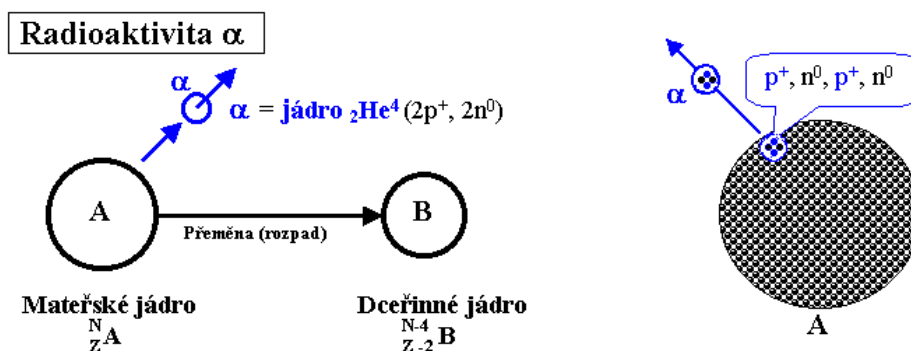
PŘÍLOHY

Obrázek č. 14 Schéma přeměny γ



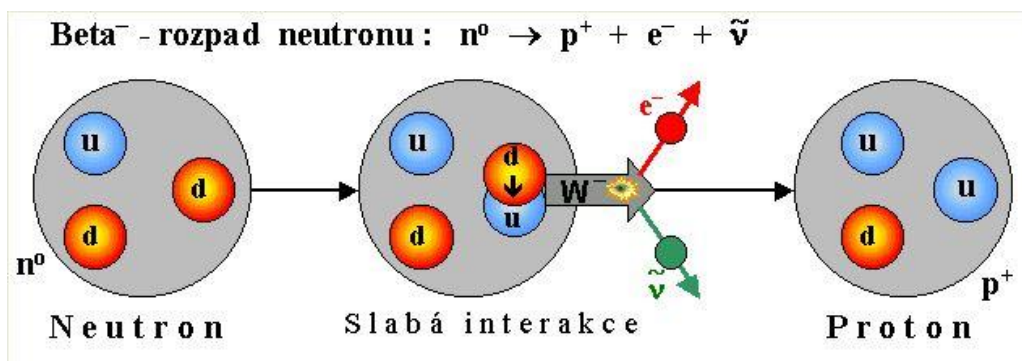
Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>

Obrázek č. 15 Radioaktivita α



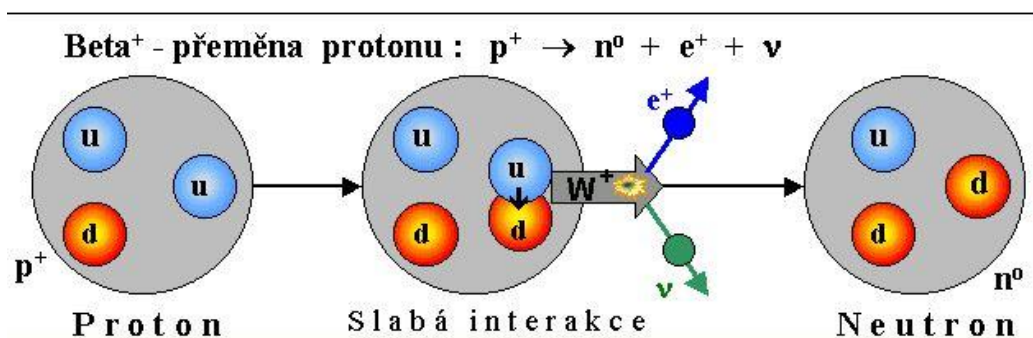
Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>

Obrázek č. 16 Přeměna β^-



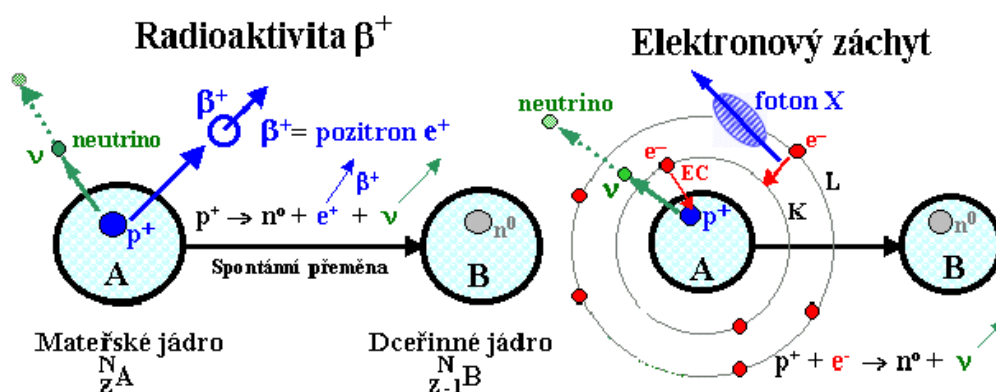
Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>

Obrázek č. 17 Přeměna β^+



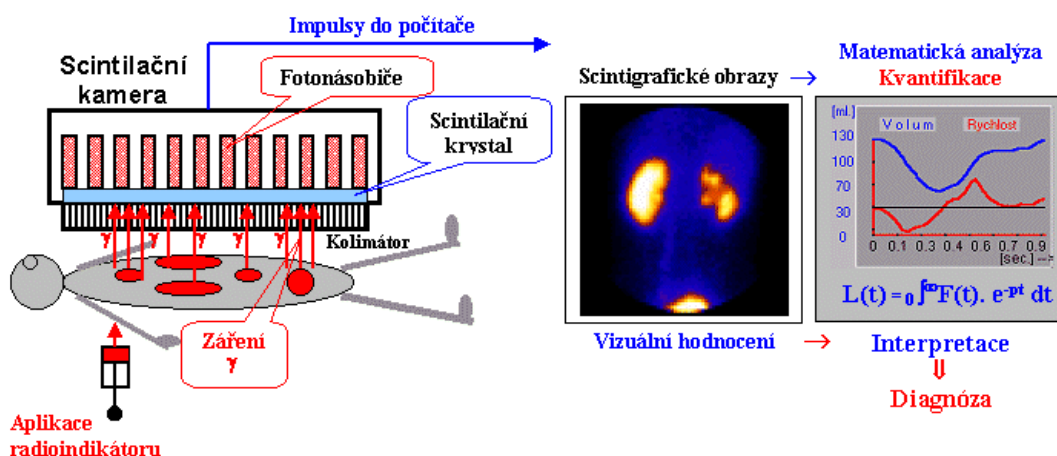
Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>

Obrázek č. 18 Radioaktivita β^+ a EZ



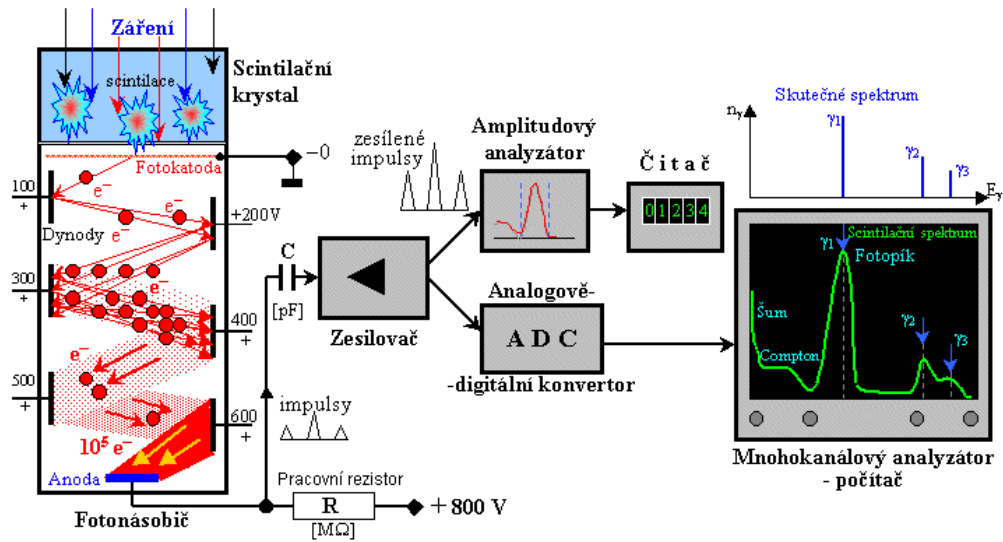
Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika2.htm>

Obrázek č. 19 Popis scintigrafie



Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/CoJeNuklMed.htm>

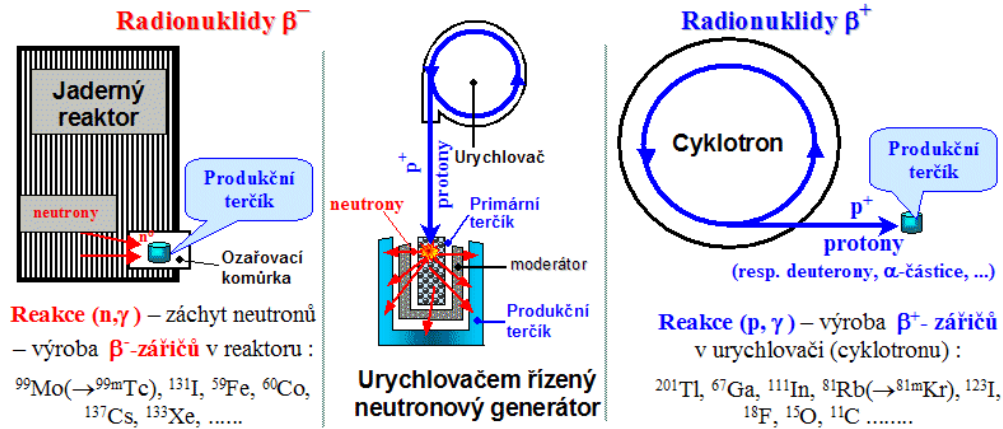
Obrázek č. 20 Scintilační detektor



Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/DetekceSpektrometrie.htm#4>

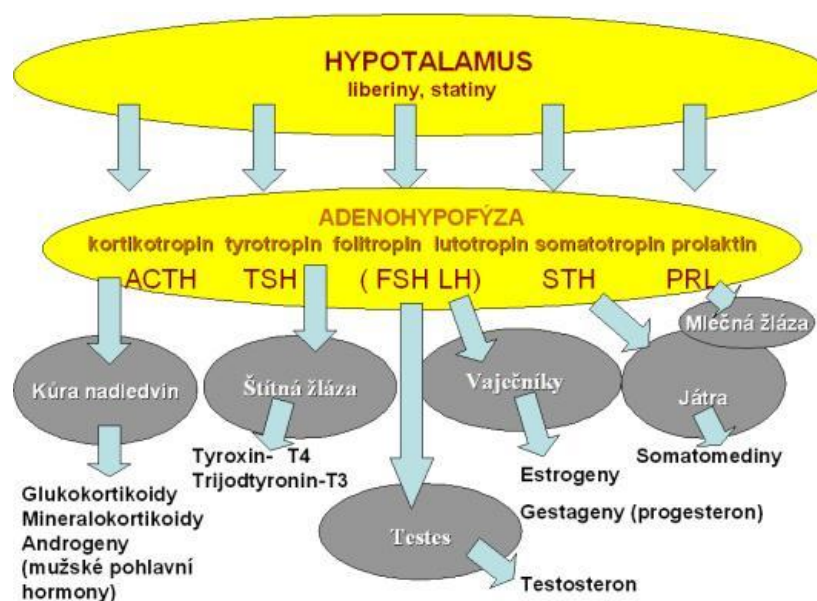
Obrázek č. 21 Výroba umělých radioisotopů

VÝROBA UMĚLÝCH RADIOISOTOPŮ



Zdroj: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika4.htm>

Obrázek č. 22 Schéma endokrinních žláz a jejich hormonů



Zdroj: <http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fspjs/js07/fyziio/texty/ch07.html>


Obrázek č. 23 Vybrané hodnoty radiálních dávek

Zdroj	Dávka (mSv)
Průměrná roční dávka v bydlíšti blízko jaderné elektrárny	0,002
RTG plic	0,02
Transatlantický let	0,025
Průměrná roční dávka v bydlíšti blízko uhelné elektrárny	0,04
Mamografie (screening)	0,1
Kouření 20 cigaret denně/1 rok	0,36
Průměrná roční dávka pracovníka JE Dukovany	0,4
Průměrná roční dávka pracovníka v nukleární medicíně	0,9
Scintigrafie ledvin SPECT (99mTc-DMSA)	2,1
Přirodní ozáření na osobu za rok v ČR (z vesmíru, vzduchu, radonu, země a potravin)	3,2
Scintigrafie mozku SPECT (99mTc-ECD)	5,9
CT hrudníku	8
PET vyšetření FDG (část těla)	9
PET vyšetření FDG (celé tělo)	15
Průměrná roční dávka obyvatele v oblasti Ramsar v Iránu (oblast s nejvyšším přirodním pozadím na světě)	250
Dávka způsobující zdravotní obtíže (jednorázová)	500
Smrtelná dávka pro člověka	10 000
Dávka pro sterilizaci zdravotnických materiálů	25 000 000
Legislativní roční limit pro obyvatele mimo lékařské ozáření a ozáření z přirodních zdrojů	1
Legislativní roční limit pro radiační pracovníky	50
Legislativní limit za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků	100

radiopharm@ujv.cz
www.ujv.cz

Zdroj: <http://www.ujv.cz/cz/pro-verejnost/vedet-vic/167-edukace>


Obrázek č. 24 Tabulka s poločasy rozpadu prvků používaných v medicíně



**Tabulka s poločasy rozpadu
prvků používaných v medicíně**

Radionuklid	Název	Poločas rozpadu T1/2	Jednotka
¹⁶ O	Kyslík	2,03	minuta
¹³ N	Dusík	9,96	minuta
¹¹ C	Uhlík	20,39	minuta
²¹² Bi	Bismut	60,55	minuta
⁶⁷ Ga	Gallium	67,61	minuta
¹⁸ F	Fluor	109,77	minuta
^{99m} Tc	Technecium	6,02	hodina
²¹¹ At	Astat	7,21	hodina
¹²⁵ I	Jod	13,27	hodina
¹⁵² Sm	Samarium	46,28	hodina
⁹⁰ Y	Yttrium	64,00	hodina
¹¹¹ In	Indium	67,20	hodina
²⁰¹ Tl	Thallium	72,91	hodina
⁶⁷ Ga	Gallium	78,27	hodina
¹⁸⁶ Re	Rhenium	89,30	hodina
¹²⁴ I	Jod	4,18	den
¹³³ Xe	Xenon	5,25	den
¹⁷⁷ Lu	Lutecium	6,73	den
¹³¹ I	Jod	8,02	den
²²⁶ Ra	Radium	11,44	den
³² P	Fosfor	14,30	den
⁵¹ Cr	Chrom	27,70	den
⁸⁹ Sr	Stroncium	50,53	den
⁶⁰ Co	Kobalt	70,80	den
¹⁹² Ir	Iridium	73,83	den

radiopharm@ujv.cz
www.ujv.cz



Zdroj: <http://www.ujv.cz/cz/pro-verejnost/vedet-vic/180-polocas-rozpadu-prvku>

Obrázek č. 25 Povolení sběru informací ve FN Plzeň



Vážená paní
Anna Šedivá
Studentka oboru Radiologický asistent, Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta zdravotnických studií,
Katedra záchranářství a technických oborů

Povolení sběru informací ve FN Plzeň

Na základě Vaší žádosti Vám jménem Útvaru náměstkyně pro ošetrovatelskou péči FN Plzeň **uděluji souhlas** se sběrem informací ve FN Plzeň, na *Klinice zobrazovacích metod (KZM)*, v souvislosti s vypracováním Vaší bakalářské práce s názvem *„Radionuklidová vyšetření v současné endokrinologii“*, za níže uvedených podmínek.

Podmínky, za kterých Vám bude umožněna realizace Vašeho šetření ve FN Plzeň:

- Vrchní radiologický asistent KZM souhlasí s Vaším postupem.
- Osobně povedete svoje šetření.
- Vaše šetření nenaruší chod pracoviště ve smyslu provozního zajištění dle platných směrnic FN Plzeň, ochrany dat pacientů a dodržování Hygienického řádu FN Plzeň. **Vaše šetření bude provedeno za dodržení všech legislativních norem, zejména s ohledem na platnost zákona č. 372 / 2011 Sb.**, v platném znění.
- Sběr informací o diagnostických / léčebných metodách, užívaných při vyšetření pacientů, budete provádět v době Vašich, školou schválených, praktik, pod přímým vedením oprávněného zdravotnického pracovníka FN Plzeň, kterým je MUDr. Alexander Malán, lékař KZM.
- Údaje ze zdravotnické dokumentace pacientů, pokud budou uvedeny ve Vaší bakalářské práci, musí být anonymizovány.
 - Po zpracování Vámi zjištěných údajů poskytnete Zdravotnickému oddělení / klinice či Organizačnímu celku FN Plzeň závěry Vašeho výzkumu, pokud o ně projeví oprávněný pracovník ZOK / OC zájem a budete se aktivně podílet na případné prezentaci výsledků Vašeho šetření na vzdělávacích akcích pořádaných FN Plzeň.

Toto povolení nezakládá povinnost zdravotnických pracovníků s Vámi spolupracovat, pokud by spolupráce s Vámi narušovala plnění pracovních povinností zaměstnanců. Spolupráce zaměstnanců FN Plzeň na Vašem šetření je dobrovolná a je vyjádřením ochoty ke spolupráci oslovených zaměstnanců FN Plzeň s Vámi.

Přeji Vám hodně úspěchů při studiu.

Mgr., Bc. Světluše Chabrová,
manažerka pro vzdělávání a výuku NELZP
zástupkyně náměstkyně pro oš. péči

Útvar náměstkyně pro oš. péči FN Plzeň
tel.: 377 103 204, 377 402 207
e-mail: chabrovas@fnplzen.cz

Zdroj: vlastní