Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Rozvoj oboru nukleární medicína (didaktický program)

Bakalářská práce

Vypracoval: František Buček
Vedoucí práce: Prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc.
Datum odevzdání práce: 3. 5. 2010

Annotation

Development of the Nuclear Medicine Field of Study (Didactic Programme)

The bachelor thesis explores the development of nuclear medicine in Czechoslovakia. The thesis recalls its present well-known specialists as well as founders of the field including the contemporaries Doc. MUDr. Bohuslav Vavrejn, Csc. and Prof. MUDr. Zdeněk Dienstbier, DrSc. whose memories were also used as resources by the author.

The thesis describes the beginings of nuclear medicine in Czechoslovakia – the first application of radiopharmaceutical agents, creation of specialized centres, and becoming independent of the field upon approval of its first concept in 1964. This work also mentions problems initially dealt with by the field in terms of apparatus-based technical equipment, radiopharmaceutical agents and education. The foundation of the Czech Society for Nuclear Medicine is described, as well as cooperation with foreign institutions. Information on apparatus-based technical equipment import from abroad is included, particularly of the companies Nuclear Chicago and Picker, and also domestic production ranging from prototypes to serial production at research institutes or enterprises that included, for example, the Research Institute of Nuclear Technical Apparatuses Přemyšlení, TESLA Vráble, TESLA Brno and METRA Blansko.

The bachelor thesis furthermore provides brief characteristics of radiopharmaceutical agents and a summary of present as well as no more used examination methods in nuclear medicine. Problems related to their initial use are described. Radiopharmaceutical agents were imported as early as in 1949 for the first time from France. Domestic production of radioisotopes began in Czechoslovakia at the end of the 50ies of the past century, located at Řež u Prahy.

The thesis moreover outlines the concept of the field and legislation it is governed by. Individual types of centres are described, as well as educational requirements for the personnel.

In conclusion, advantages of the field are assessed, its close relationship with new technical knowledge and development of apparatuses, such as the hybrid imaging devices PET/CT, SPECT/CT and molecular imaging.

The thesis has also been adapted to an e-learning version where information contained in its written form are presented closer schematically and expanded upon for those interested.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Rozvoj oboru nukleární medicína (didaktický program) vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Přílohou této práce je CD s výukovým programem, které je k dispozici na katedře radiologie a toxikologie.

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

V Českých Budějovicích 3. 5. 2010

Poděkování

Děkuji prof. MUDr. Leoši Navrátilovi, CSc. za odborné vedení práce a cenné připomínky v průběhu jejího zpracování.

Děkuji doc. MUDr. Bohuslavu Vavrejnovi, CSc.; prof. MUDr. Zdeňku Dienstbierovi, DrSc.; emeritnímu primáři MUDr. Jiřímu Broži; RNDr. Olze Novákové, CSc.; primáři MUDr. Jozefu Kubinyi, Ph.D.; MUDr. Karlu Kupkovi, CSc. za osobní konzultaci a všem ostatním za poskytnutí materiálů nutných pro vytvoření této práce i jiným způsobem.

OBSAH

ÚVOD **9**

1. SOUČASNÝ STAV **10**

1.1 Osobnosti československé nukleární medicíny **10**

1.1.1 Doc. MUDr. Karel Šilink, DrSc. 10

1.1.2 Doc. MUDr. Bohuslav Vavrejn, CSc. 10

1.1.3 Prof. MUDr. Zdeněk Dienstbier, DrSc. 11

1.1.4 Doc. MUDr. Štefan Hupka, DrSc. 11

1.1.5 Doc. MUDr. Karel Bakos, CSc. 11

1.1.6 Doc. MUDr. PhMr. Josef Dohnálek, CSc. 12

1.1.7 Doc. MUDr. Miloš Wiedermann, CSc. 12

1.1.8 Doc. MUDr. Josef Kuba, CSc. 12

1.1.9 Prof. MUDr. Jozef Holan, DrSc. 12

1.1.10 Prof. MUDr. Jaroslav Prokopec, CSc. 13

1.1.11 Prof. RNDr. Ferdinand Herčík, DrSc. 13

1.1.12 Další odborníci 13

1.2 Nukleární medicína jako rozvíjející se obor **15**

1.2.1 Vznik oboru 15

1.2.2 Počátky oboru v Československu 16

1.2.3 Počáteční problémy oboru 18

1.2.4 Výuka personálu 18

1.2.5 Od Biofyzikální sekce k ČSLS JEP k ČSNM ČLS JEP 19

1.2.6 Spolupráce se zahraničím 20

1.3 Přístroje v nukleární medicíně **22**

1.3.1 Historie 22

1.3.2 Přístroje pro měření in vitro 24

1.3.2.1 Detektory 24

1.3.2.2 Měřiče aktivit 26

1.3.3 Přístroje pro měření in vivo 27

1.3.3.1 Scintilační sondy 28
1.3.3.2 Scintilační kamery 28
1.4 Radiofarmaka **32**
1.4.1 Charakteristika radiofarmak 32
1.4.2 První radiofarmaka v Československu 32
1.4.3 Změny u aplikace radiofarmak 34
1.5 Vyšetřovací metody v nukleární medicíně **35**
1.5.1 Vyšetřovací metody v minulosti 35
1.5.2 Nejčastější vyšetřovací metody v současnosti 36
1.5.2.1 Vyšetření CNS 36
1.5.2.2 Vyšetření srdce 37
1.5.2.3 Vyšetření cév 38
1.5.2.4 Vyšetření v hematologii 38
1.5.2.5 Vyšetření endokrinního systému 39
1.5.2.6 Vyšetření plic 40
1.5.2.7 Vyšetření trávicího traktu 40
1.5.2.8 Vyšetření ledvin a vylučovacího systému 42
1.5.2.9 Vyšetření skeletu 43
1.5.2.10 Scintigrafická diagnostika zánětů a nádorů 43
1.6 Koncepce nukleární medicíny **45**
1.6.1 Vývoj koncepce 45
1.6.2 Legislativa 45
1.6.3 Pracoviště 46
1.6.3.1 I. typ pracovišť 46
1.6.3.2 II. typ pracovišť 47
1.6.3.3 PET centrum 47
1.6.3.4 Další typy pracovišť 48
1.6.4 Personál a jeho vzdělávání v ČR 48
1.6.5 Vedení oboru 49
2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY **50**

3. METODIKA **51**
4. VÝSLEDKY **52**
5. DISKUSE **53**
6. ZÁVĚR **54**
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY **56**
8. KLÍČOVÁ SLOVA **59**
9. SEZNAM ZKRATEK **60**
10. SEZNAM PŘÍLOH **61**

ÚVOD

Téma, které zpracovávám ve své bakalářské práci jsem si zvolil pro jeho komplexní pohled na jeden z oborů lékařství. Doba, kdy vznikal obor nukleární medicíny v českých zemích je relativně nedávná. Relativně proto, že dosud aktivně žije v paměti průkopníků, kteří byli u jeho zrodu. Bylo mi ctí, že jsem mohl zachytit část těchto vzpomínek při osobních rozhovorech se zakladateli tohoto oboru nebo jejich přímými následovníky a předložit je v této práci.

V minulém století zažila medicína rozmach a změny v mnoha svých oborech na několika polích: v přístrojovém vybavení, vyšetřovacích metodách, vzdělávání personálu, legislativě, organizaci pracovišť apod. Jedním z oborů, jehož zrod a obrovský rozvoj je možno sledovat právě v tomto období je obor nukleární medicíny.

Brzy se bude připomínat již století, kdy byl objeven indikátorový princip, na kterém jsou metody tohoto oboru založeny. Počáteční experimenty z třicátých let minulého století se rozvinuly ve standardizovaná rutinní vyšetření. Počáteční "kutilství" a výroba prototypů v přístrojové technice byly nahrazeny sériovou výrobou přesných přístrojů.

Cílem této práce je pohled do minulosti tohoto oboru, na faktory, které spoluurčovaly místo, které si v rámci medicíny získal. Čerpal jsem, jak uvádím výše, především ze vzpomínek osobností oboru předaných při osobních setkáních, ale i pamětí a faktů zaznamenaných v písemných pramenech. Podněty jsem rovněž získával prostřednictvím telefonu, emailu a internetu.

Nukleární medicínu v naší zemi jsem se snažil zevrubně zmapovat v několika oblastech tak, aby byl zájemci nejen nabídnut komplexní přehled o jejím rozvoji, ale abych mu jej i přiblížil pohledem studenta nelékařského oboru v medicíně.

1. SOUČASNÝ STAV

1.1 Osobnosti československé nukleární medicíny

1.1.1 Doc. MUDr. Karel Šilink, DrSc.

Doc. MUDr. Karel Šilink, DrSc. se narodil 24. 8. 1908 a byl v Československu prvním člověkem, který začal pracovat s radioizotopy. Založil Výzkumný ústav endokrinologický a oddělení nukleární medicíny v Motole. Specializoval se na nemoci štítné žlázy, k diagnostice využíval především ^{131}I. Patří k průkopníkům mapování výskytu strumy v Československu, podílel se na zavádění profylaxe strumy jodidací kuchyňské soli. Vypracoval zásady terapie karcinomu štítné žlázy, jež se s drobnými modifikacemi používají dodnes. Byl to člověk širokých zájmů, který se orientoval na perspektivní nové metodické přístupy. K jeho pokračovatelům patří prof. MUDr. RNDr. Luboslav Stárka, DrSc.; MUDr. Jan Němec a jiní. Zemřel 25. 6. 1973.

1.1.2 Doc. MUDr. Bohuslav Vavrejn, CSc.

Doc. MUDr. Bohuslav Vavrejn, CSc. se narodil 6. 1. 1925. Byl spoluzakladatelem Ústavu klinické a experimentální chirurgie v Praze (dnes IKEM), kde byl jeden z prvních, kdo se začal zabývat prací s radioizotopy. Později se stal ředitelem Výzkumného ústavu pro využití radioizotopů v medicíně tamtéž, který byl zřízen v roce 1965 a byl přímo podřízen ministerstvu zdravotnictví. Vedl vypracování první koncepce oboru nukleární medicíny v Československu. Jako hostující profesor působil v USA, Chile, Mexiku, Kubě, Panamě a dalších zemích. V letech 1966 až 1991 vedl subkatedru nukleární medicíny Institutu pro další vzdělávání lékařů a farmaceutů. Byl vedoucím pracovníkem oddělení výzkumu lékařské aplikace mezinárodní agentury pro atomovou energii OSN ve Vídni v letech 1980 až 1984. Byl čestným členem České lékařské společnosti a obdržel za svou práci řadu vyznamenání.[(6)]

1.1.3 Prof. MUDr. Zdeněk Dienstbier, DrSc.

Prof. MUDr. Zdeněk Dienstbier, DrSc. se narodil 30. 5. 1926. Zabýval se studiem biologického účinku ionizujícího záření. Od roku 1957 byl přednostou Ústavu biofyziky a později i nukleární medicíny až do roku 1990 a je zakladatelem oboru nukleární medicíny na Univerzitě Karlově v Praze. V letech 1965 až 1991 byl předsedou Československé společnosti nukleární medicíny a radiační hygieny, v letech 1969 až 1970 prezidentem Evropské společnosti radiační biologie a v roce 1975 viceprezidentem Evropské společnosti nukleární medicíny. Byl prezidentem řady sympózií a kongresů nukleární medicíny, především v Karlových Varech. Je spoluzakladatelem Ligy proti rakovině.

1.1.4 Doc. MUDr. Štefan Hupka, DrSc.

Narodil se 22. 5. 1920. Byl zakladatelem nukleární medicíny na Slovensku. Vedl Onkologický ústav v Bratislavě, který byl druhým radioizotopovým pracovištěm v Československu a byl téměř 40 let přednostou jeho Kliniky a oddelenia nukleárnej medicíny a prvním vedoucím Katedry nukleárnej medicíny postgraduálneho vzdelávania nukleárnej medicíny. Rovněž zakládal Spoločnosť nukleárnej medicíny a radiačnej hygieny Slovenskej lekárskej spoločnosti a byl jeden ze zakládajících členů Evropské společnosti a Světové federace nukleární medicíny. Sestrojil první scintigrafický přístroj s pisátkem registrujícím impulsy na začazený válec. Zemřel 11. 6. 2008.[4]

1.1.5 Doc. MUDr. Karel Bakos, CSc.

Byl rovněž spoluzakladatelem nukleární medicíny v Československu. Od roku 1967 řídil společně s prof. Z. Dienstbierem nově vzniklé oddělení nukleární medicíny FN I. Od roku 1991 byl přednostou kliniky nukleární medicíny 1. LF UK. Byl také dlouholetým pedagogem, který napsal řadu učebních textů. Kromě scintilačních kamer věnoval velký zájem RIA a příbuzným metodám. Snažil se o realizaci centra pozitronové emisní tomografie v České republice. Zemřel 24. 7. 1997.

1.1.6 Doc. MUDr. PhMr. Josef Dohnálek, CSc.

Byl zakladatelem nukleární medicíny v Brně a přednostou Ústavu nukleární medicíny na lékařské fakultě Univerzity J. E. Purkyně (nyní Masarykova univerzita). V tomto ústavu se zabývali především laboratorní prací. V roce 1952 vydal první publikaci o využití radionuklidů v medicíně v Československu. Zemřel 5. 12. 2003.

1.1.7 Doc. MUDr. Miloš Wiedermann, CSc.

Narodil se v roce 1922 a zakládal jedno ze tří prvních československých pracovišť nukleární medicíny - v Olomouci, kde byla založena 1. samostatná klinika nukleární medicíny v Československu. Radioaktivní látky se zde aplikovaly již od roku 1951 na I. interní klinice. Jednalo se o aplikaci radioaktivního fosforu ^{32}P k léčbě hematoonkologických onemocnění. Samostatné pracoviště nukleární medicíny vzniklo v roce 1960, kde se kvůli skrovným podmínkám prováděly jen základní diagnostické testy. Pod jeho vedením byla zahájena pregraduální výuka tohoto oboru na Lékařské fakultě Univerzity Palackého již v roce 1963. Časem se podmínky zlepšovaly a pracoviště bylo rozčleněno na několik úseků - ambulanci, lůžkovou část, úsek přípravy radiofarmak, úsek fyzikálně elektronický a imunoanalytickou laboratoř. V tomto členění zůstalo zachováno dodnes.(16)

1.1.8 Doc. MUDr. Josef Kuba, CSc.

Narodil se 10. 5. 1934. Stál při vzniku Oddělení nukleární medicíny v tehdejší Krajské nemocnici s poliklinikou v Ostravě-Porubě. Za jeho působení se stalo pracoviště klinikou i centrem postgraduálního vzdělávání v oboru nukleární medicíny pro celou Českou republiku. Kromě toho, že zde byl přednostou, byl i vedoucím subkatedry nukleární medicíny při IPVZ Praha. V té době klinika získala věhlas i v rámci Evropy.(17)

1.1.9 Prof. MUDr. Jozef Holan, DrSc.

Narodil se v roce 1920. Byl u vzniku nukleární medicíny na Slovensku jako samostatného oboru. Působil hlavně ve městě Martin, a to nejen v nemocnici, kde

zavedl léčbu rádiem, ale i na zdejší lékařské fakultě. Některá vyšetření pomocí radionuklidů se zde prováděly již od roku 1960. Zemřel 21. 6. 2005.[26]

1.1.10 Prof. MUDr. Jaroslav Prokopec, CSc.

Narodil se 16. 4. 1923. Pod jeho vedením v roce 1964 zahájila činnost radioizotopová laboratoř na chirurgické klinice Fakultní nemocnice Královské Vinohrady. V roce 1969 již bylo oddělení nukleární medicíny v plném provozu včetně lůžkové části. V letech 1971 až 1989 byl ministrem zdravotnictví ČSSR.[28]

1.1.11 Prof. RNDr. Ferdinand Herčík, DrSc.

Narodil se 7. 5. 1905. Biofyzik, jež inicioval založení biofyzikální vědecké společnosti v Československu a předseda biofyzikální sekce Československé lékařské společnosti J. E. Purkyně od roku 1956. Prosadil výstavbu Biofyzikálního ústavu ČSAV. Své znalosti biofyziky si rozšířil studijními pobyty ve Francii a USA. Pracoval i v Zemském radioléčebném ústavu (nyní Masarykův onkologický ústav). Získal řadu ocenění. Byl jmenován do mnoha funkcí včetně zahraničních společností jako např. od r. 1958 byl postupně expertem a místopředsedou Rady guvernérů Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni; v letech 1961 až 1962 - předsedou Vědeckého výboru OSN pro účinky atomového záření v New Yorku; expertem UNESCO v Paříži i Světové zdravotnické organizace v Ženevě pro radiobiologii, atd. Zemřel 20. 1. 1966.

1.1.12 Další odborníci

Známí odborníci počátků nukleární medicíny z dalších regionů země jsou ještě MUDr. Jiří Brož (České Budějovice) a MUDr. Antonín Fikrle, CSc. (Plzeň).

V současnosti je z české nukleární medicíny v zahraničí nejznámější prof. MUDr. Martin Šámal, DrSc., přednosta Ústavu nukleární medicíny 1. LF UK a VFN v Praze, zabývá se aplikovanou biofyzikou, faktorovou analýzou, molekulárním zobrazením aj. Ve stejném ústavu působí RNDr. Olga Nováková, CSc., radiologický fyzik, vyučoval ji Ing. Josef Šilar, průkopník počátků vývoje přístrojů nukleární medicíny v Československu, které dále rozvíjela; dále MUDr. Jozef Kubinyi, Ph.D.,

primář, přispěl k zapojení ústavu do systému postgraduálního a celoživotního vzdělávání, byl spolunavrhovatel aktuální koncepce oboru. V Praze působí i doc. MUDr. Otakar Bělohlávek, CSc., primář PET centra Nemocnice Na Homolce, podílel se na zavádění pozitronové emisní tomografie do klinické praxe, je předsedou ČSNM.

Student se ještě setká v nukleární medicíně i s dalšími autory odborných publikací, kterými jsou například doc. MUDr. Miroslav Mysliveček, Ph.D.; a prof. Ing. Václav Hušák, CSc. z Kliniky nukleární medicíny, FN UP, Olomouc; a MUDr. Otto Lang, Ph.D. z FNKV Praha.

Dále v textu jsou jejich jména a tituly uváděny zkráceně.

1.2 Nukleární medicína jako rozvíjející se obor

1.2.1 Vznik oboru

Nukleární medicína je obor, který se zabývá diagnostikou a léčbou prostřednictvím otevřených radioaktivních zářičů aplikovaných do organismu. Diagnostické metody se v nukleární medicíně dělí na in vivo (95% všech vyšetření) a in vitro. Nukleární medicína je samostatný lékařský obor, který navazuje na další klinické obory. V oblasti diagnostiky to jsou např. kardiologie, neurologie, onkologie, endokrinologie, gastroenterologie a urologie a u terapie především onkologie, ortopedie a revmatologie. Je to obor, který se rychle mění z hlediska přístrojového vybavení i metodiky.

Metody nukleární medicíny jsou založeny na indikátorovém principu, který objevil maďarský chemik György Hevesy v roce 1913. V lékařské diagnostice počátky využití radioaktivních indikátorů sahají do třicátých let dvacátého století. Začínalo se tehdy s experimenty s ^{32}P a ^{128}I a ^{131}I. Ve druhé polovině čtyřicátých let byl vyvinut směrově citlivý detektor, který byl zdokonalen použitím scintilačního detektoru s mnohaděrovým konvergentním kolimátorem, jež se od padesátých let začal využívat pro rutinní vyšetření štítné žlázy.[(23)]

U vyšetření in vivo se do organismu aplikuje radiofarmakum a neinvazivním způsobem sledují fyziologické procesy, lokalizují a diferencují patologické změny.[(25)] Aplikovaná látka (roztok nebo plyn) je specifická pro jednotlivé orgány a druhy vyšetření, po jejím vstupu do metabolismu organismu se distribuuje podle svého chemického složení – fyziologicky či patologicky se hromadí v určitých orgánech. Z míst depozice vychází záření gama, které se měří pomocí citlivých scintilačních detektorů. Prostorovou distribuci radiofarmaka sledujeme při scintigrafickém vyšetřování, a pokud sledujeme časový průběh jeho rozložení, jedná se o časový histogram.

U vyšetření in vitro pacient nepřijde do kontaktu s radioaktivní látkou, jedná se o metodu, která využívá radioaktivních látek ke stanovení hormonů nebo protilátek v krvi (radioimunoanalýza). K měření se používají rovněž scintilační detektory.

Při terapii, ať maligních nebo benigních onemocnění se v nukleární medicíně používají zářiče beta, jež mají v organismu dosah jen několik milimetrů, tak, aby byla veškerá jejich energie absorbována v cílovém ložisku.

Metody nukleární medicíny poskytují vynikajícím způsobem informace o funkci orgánů, charakteru tkání, o průběhu fyziologických a patologických dějů v organismu. Ve srovnání s radiodiagnostikou neposkytují detailní anatomické informace, je možno ale využít hybridních přístrojů, např. ve formě SPECT/CT a PET/CT.

1.2.2 Počátky oboru v Československu

Vznik nukleární medicíny v Československu je možno pojmout třemi způsoby:

a) Jako první aplikaci radioaktivní látky člověku – in vivo ve Výzkumném ústavu endokrinologickém v Praze. Jednalo se o vyšetření štítné žlázy – akumulační test – v roce 1951, poté, co ČSAV svolala zástupce československé vědy a techniky na poradu o možnostech mírového využití atomové energie v Československu. První dávku radiojódu přinesl v tomto roce pracovník ČSAV v kapse a pracovat se začínalo s holýma rukama, bez zkušeností a bez ochranných prostředků. Přístrojové zařízení tvořil binární počítač s GM trubicí a jeden monitor domácí výroby, jak vzpomíná doc. J. Dohnálek[(10)];
b) Vznik prvních specializovaných pracovišť. Mezi první pracoviště patří: Výzkumný ústav endokrinologický v Praze, vedený doc. K. Šilinkem, kde v roce 1951 byl aplikován radiojód. Ve stejném roce zahájil práci v oboru nukleární medicíny doc. M. Wiedermann ve Fakultní nemocnici v Olomouci. Dalším pracovištěm byl Onkologický ústav v Bratislavě, který vedl doc. Š. Hupka, a od roku 1954 pak vznikla Izotopová laboratoř v Ústavu klinické a experimentální chirurgie v Praze, kterou vedl doc. B. Vavrejn. Dalším pracovištěm s radionuklidy byl Fyzikální ústav (později Biofyzikální ústav) v Praze, který vedl prof. Z. Dienstbier.[(11)] Jak se vyjádřil akademik František Běhounek na 2. celostátní konferenci o nukleární fyzice bylo v roce 1955 v Československu trvale 6 pracovišť v rámci působnosti ministerstva

zdravotnictví a do působnosti ministerstva školství spadalo 11 ústavů nebo klinik.[18]

c) Schválení první koncepce jakožto samostatného lékařského oboru v roce 1964 ministerstvem zdravotnictví ČSSR. Koncepce byla vytvořena doc. B. Vavrejnem. Určovala kádrové obsazení a přístrojové vybavení dle jednotlivých typů pracovišť. V ČSSR pak byla nukleární medicína uznána jako odborná specializace od roku 1971.[10] V roce 1973 byla vydána novela první koncepce, jež umožňovala vznik klinik nukleární medicíny. Byla dotvořena řada legislativních podkladů týkajících se radiohygieny a legalizace radioaktivních látek jako farmak.

Náplň pracovišť, která se v počátcích zabývala aplikací otevřených radionuklidových zářičů se lišila od nynější náplně práce oddělení nukleární medicíny. Tato pracoviště byla původně začleněna do jiných lékařských pracovišť. Byli jimi např. Endokrinologický ústav, Ústav klinické a experimentální chirurgie, Biofyzikální ústav atd.

V nemocnicích se tehdy vedly diskuse, kdo má provádět vyšetření v oblasti nukleární medicíny, první koncepce říkala, že internista. FVL UK pořádala vědecké konference, v jejímž programu byly přednášky a aplikace radiofarmak. Jak jsem již zmínil, první aplikace radioaktivních látek se uskutečnila v roce 1951. Sice to představovalo asi desetiletý odstup ve srovnání se světem, nicméně rozvoj oboru byl rychlý, brzy byla zavedena výuka nukleární medicíny nejen na lékařských fakultách i na školách pro střední zdravotnický personál, což obdivovali i odborníci z okolních zemí. S vyspělými zeměmi si udržela československá nukleární medicína úzký kontakt skoro až do poloviny sedmdesátých let.

K první generaci odborníků, kteří v Československu položili základy nukleární medicíny patří doc. K. Šilink, doc. B. Vavrejn a prof. Z. Dienstbier v Praze, doc. J. Dohnálek v Brně a doc. M. Wiedermann v Olomouci a doc. Š. Hupka v Bratislavě. Dalšími odborníky jejích počátků byli prof. V. Bláha, doc. J. Kuba, prof. J. Němec, doc. K. Bakos, prof. F. Herčík, prof. J. Prokopec. Tito odborníci pak

byli dlouhá léta přednosty klinik nukleární medicíny a své poznatky předali dalším generacím. Zakladatelem oboru na Univerzitě Karlově v Praze byl prof. Z. Dienstbier.

1.2.3 Počáteční problémy oboru

Nukleární medicína se ve svých prvopočátcích v Československu potýkala především s těmito těžkostmi:

a) v tomto oboru nebyl vzdělaný personál a dostatek odborné literatury. Vytvářely se skupinky prvních zájemců o obor, jednalo se ale o pracovníky různých specializací (chirurg, pediatr, gynekolog). Dohromady je pomohl dát prof. MUDr. Teofil Rudolf Niederland, DrSc. z Bratislavy z pověření Vědecké rady MZ ČSSR, který ještě asi dalších patnáct let zaštiťoval obor nukleární medicíny před jinými obory;
b) nebyly patřičné přístroje – neexistovala tuzemská výroba a bylo málo devizových prostředků na dovoz takových přístrojů ze zahraničí;
c) nebyla radiofarmaka – ze zemí RVHP bylo možné získat jen úzký sortiment, tudíž dovoz z kapitalistických zemí byl nutný, avšak devizové prostředky byly omezeny.

1.2.4 Výuka personálu

Nukleární medicína jako předmět byla celostátně zavedena do výuky v roce 1960. První učebnice vyšla v roce 1963.[7]

„V sedmsesátých letech byly při zachování samostatných přednášek, ovšem v omezeném rozsahu, vytvořeny zkušební komise pro ověřování znalostí ze tří samostatných oborů – nukleární medicíny, radiodiagnostiky a radioterapie, respektive někde i onkologie.“[9]

Kromě lékařských fakult velkou roli při výuce specializovaných pracovníků sehrála subkatedra nukleární medicíny Institutu pro další vzdělávání lékařů a farmaceutů v Praze (dříve Ústav pro doškolování lékařů a nyní Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví), kterou vedl doc. B. Vavrejn a klinická pracoviště IKEMu. Tato katedra pořádala školící místa.

Částečně se na vzdělávání podílel i slovenský Ústav pre doškolovanie lekarov, který vedl doc. Š. Hupka na Onkologickém ústavu v Bratislavě, na Slovensku se jednalo o dvoutýdenní kurz, jehož obsahem byly přednášky i praktika.

Pro středoškolské pracovníky byl podobný vzdělávací ústav v Brně, kde v oboru nukleární medicíny mezi rtg laboranty hrál významnou roli Josef Svoboda.

1.2.5 Od Biofyzikální sekce ČSLS JEP k ČSNM ČLS JEP

Iniciátorem založení biofyzikální vědecké společnosti a prvním předsedou biofyzikální sekce Československé lékařské společnosti J. E. Purkyně, jež byla řádně ustavena 23. února 1956 v Brně za přítomnosti 45 zakládajících členů byl prof. F. Herčík.[13] Místopředsedy byl zvoleni MUDr. Milan Praslička a prof. Z. Diensbier, sekretářem MUDr. Vladimír Slouka a členy výboru doc. Š. Hupka a MUDr. Ludvík Novák. Ustavení předcházela I. radiobiologická konference, jež se konala v Brně 3. a 4. listopadu 1955. II. radiobiologická konference se konala v Hradci Králové 21. a 22. března 1957. Na této konferenci bylo již 150 účastníků. První mezinárodní sympozium o užití radioizotopů v biologii a medicíně, jehož hlavním pořadatelem byla ČSAV se v Československu konalo 16. až 18. října 1958. Od roku 1960 probíhaly radiobiologické konference každoročně, místa konání se měnila.[13]

Přerod od biofyzikální sekce ve společnost nukleární medicíny probíhal postupně. Za možný milník na této cestě lze považovat Dny nukleární medicíny v Olomouci. Tradice Dnů nukleární medicíny byla zahájena v roce 1961 v Olomouci a udržela se dodnes.

V roce 1965 z důvodu diferenciace zaměření členské báze v souvislosti s rozvojem nového oboru nukleární medicíny a přibývajícího počtu nelékařských pracovníků, došlo k založení Společnosti nukleární medicíny a radiační hygieny Československé lékařské společnosti J. E. Purkyně místo biofyzikální sekce (radiační hygiena se pak oddělila).

V roce 1968 vznikly dvě rovnoprávné společnosti: Česká a Slovenská. Od tohoto roku měla Česká společnost nukleární medicíny a radiační hygieny tři

samostatně pracující sekce: nukleárně medicínskou, radiobiologickou a radiačně hygienickou. Organizovaly si ročně svá vědecká shromáždění. Později, s nárůstem dalších profesí, vznikly sekce fyzikální, radiofarmaceutická, radioimunologických metod a středních pracovníků.

„Od r. 1969 vznikla rovněž tradice mezinárodních symposií nukleární medicíny v Karlových Varech. Mezinárodního ocenění se dostalo československé nukleární medicíně pověřením uspořádat III. kongres Evropské společnosti nukleární medicíny v Karlových Varech (1979).“[10]

Odborná společnost nukleární medicíny udržovala kontakt i s Evropskou společností nukleární medicíny, jejímiž členy bylo i několik desítek českých lékařů, později v 80. letech se na její evropské sjezdy pořádaly hromadné zájezdy.[14] Členství v Evropské společnosti nukleární medicíny přinášelo zasílání odborného časopisu „European Journal of Nuclear Medicine“ a lékař-člen měl redukovaný poplatek na její sjezdy. Nejširší kontakty byly navázány v SSSR, NDR, Polsku, Maďarsku, z nichž nejvyvinutějšími přístroji disponovala NDR. Rovněž zahraniční představitelé oboru byli Československou společností nukleární medicíny zváni do ČSSR.

Už na počátku osmdesátých let dvacátého století měla Československá společnost nukleární medicíny trvalé zastoupení v orgánech ESRB, ENMS, IRPA, WFNMB a její lékaři byli v redakčních radách odborných časopisů v Evropě i zámoří.[5]

V roce 1990 došlo k zániku Československé společnosti nukleární medicíny a radiační hygieny a členy bývalé sekce nukleární medicíny byla založena Česká společnost nukleární medicíny České lékařské společnosti J. E. Purkyně. V současnosti se dělí na tyto sekce: klinická; radiofarmaceutická; fyziky, elektroniky a výpočetní techniky; imunoanalytická; středně zdravotnická.

1.2.6 Spolupráce se zahraničím

První studijní cesta se konala v roce 1957, bylo na ni vysláno 16 pracovníků ministerstva zdravotnictví a školství a probíhala v Botkinově nemocnici v Moskvě, kde vedoucím katedry byl profesor Vasil Karnilovič Modestov.[10] Mezi tyto pracovníky například patřili doc. J. Venta, který skupinu vedl, doc. J. Dohnálek, doc. B. Vavrejn,

prof. Z. Dienstbier, doc. Š. Hupka. Cílem této cesty bylo získat teoretický a praktický základ pro další práci s radionuklidy.

Po této první studijní cestě následovaly individuální pobyty československých lékařů v SSSR, nebo na zahraničních odborných akcích na Západě.

Někteří pracovníci z ČSSR se účastnili sympózií, která byla pořádána každý druhý rok v Rakousku v Bad Gastein.

Existovala i spolupráce mezi československými ústavy nukleární medicíny a obdobnými ústavy v zahraničí. Například Ústav biofyziky a nukleární medicíny FVL UK měl v roce 1982 bilaterální smlouvy a spolupráci se třemi ústavy v SSSR a jedním v NDR.[12]

1.3 Přístroje v nukleární medicíně

1.3.1 Historie

Vývoj přístrojů pro nukleární medicínu byl v Československu spjat s rozvojem pracovišť a činností jejich osobností, které se zabývaly využitím radionuklidů v medicíně. Vliv měl i vývoj přístrojů, jejich součástek a radiofarmak v zahraničí.

„První radioizotopy pro vědecké účely byly dodány Ústavu pro nukleární fyziku ČAV francouzským Komisariátem pro atomovou energii. Dodávku dojednal při studijním pobytu ve Francii prof. Ing. Čestmír Šimáně s prof. F. Joliotem. V letech 1949 a 1950 se údajně uskutečnily tři dodávky z Francie, v první dodávce byl ^{32}P a v dalších ^{24}Na… Přístroje k měření (Geiger-Müllerova trubice s vyhodnocením) zapůjčili Kuhn, Bradna a Kment (Tesla VÚPEF).“[18]

Na druhé celostátní konferenci o nukleární fyzice v roce 1955 byla vypracována rezoluce, která požadovala urychlenou výrobu přístrojů, GM trubic, vývoj přístrojů pro absolutní dozimetrii, speciálních emulzi pro autoradiografii a sepsání metodické příručky o radioizotopech.

Přístroje užívané v počátcích nukleární medicíny v Československu (pominemeli dovoz, který byl v šedesátých a sedmdesátých letech omezený) byly vyrobeny fyziky, lékaři, elektroniky nebo jinými zaměstnanci určitých oddělení nukleární medicíny „na koleně“ a známy podle svých tvůrců, např. “cahagrafy“ (Ing. Josef Caha, Brno), “boučkostroje“ (Ing. Jiří Bouček, Praha). Zkonstruovali fungující kvalitní přístroje z u nás dostupných součástek a materiálů. Určit přesné datum jejich vzniku tedy nelze, neboť se jednalo o funkční vzory, které našly uplatnění až po odzkoušení. Pokud jsou tedy spojeny s nějakým datumem, jedná se spíše o datum prvního použití daného přístroje pro určité vyšetření. Časem byly vyráběny i firemně.

Firemně byly tyto přístroje vyráběny ve Výzkumném ústavu pro elektrotechnickou fyziku (Tesla VÚPEF) v Praze, který byl později přejmenován na Výzkumný ústav přístrojů jaderné techniky (Tesla VÚPJT) se sídlem v Přemyšlení u Prahy.

„S rostoucími požadavky zákazníků neměl VÚPJT na výrobu přístrojů dostatečnou kapacitu a výroba přístrojů jaderné techniky byla předávána do Tesly Liberec a později i do Tesly Vráble. Ve VÚPJT se vyvíjely a vyráběly i různé typy plynových detektorů (ionizační komory, proporcionální detektory, GM detektory) a velký sortiment scintilačních detektorů (anorganické i organické). Výroba standardních typů NaI(Tl) detektorů byla předána do Monokrystalů Turnov. Fotonásobiče pro scintilační detektory vyráběla Tesla Výzkumný ústav vakuové elektrotechniky (VÚVET). Po roce 1980 začal vyrábět některé přístroje i Ústav radioekologie a využitia jadrovej techniky (ÚRVJT) v Košicích.“[18]

Firemní výroba přístrojů pro nukleární medicínu probíhala zpočátku v několika krocích. Nejprve pracovníci VÚPJT konzultovali potřeby týkající se přístrojů s vedoucími pracovišť nukleární medicíny a fyziky.[3] Vyrobili funkční vzory, které proměřili v laboratořích VÚPJT. Pak vyrobili prototyp, se kterým provedli interní i externí zkoušky. Následně jej předali na pracoviště nukleární medicíny, aby byl přezkoušen v praxi. Teprve pak byl vyráběn sériově. Celková doba všech těchto kroků představovala 2 až 4 roky v závislosti na typu přístroje. Pracovníci VÚPJT získávali podněty na Dnech nukleární medicíny a při spolupráci s odbornými pracovníky, pracujícími u doc. B. Vavrejna a prof. Z. Dienstbiera v Praze, doc. M. Wiedermanna v Olomouci a doc. Kuby v Ostravě.

„Typické využití těchto přístrojů je při měření akumulace ^{131}I ve štítné žláze, při renografických vyšetřeních dospělých osob a dětí s použitím nových typů kolimátorů nebo při měření aktivity zářičů gama v odebraných vzorcích krve, stolice, orgánů pokusných zvířat aj.“[48]

Postupně docházelo i k většímu využití přístrojové kapacity kooperací s ostatními ústavy fakultních nemocnic a odbouráváním sériové duplicity obvodů, pokud se měřící souprava skládala z přístrojů vyrobených v několika podnicích (VZ Přemýšlení, Metra Blansko, Tesla Brno). V roce 1960 byl koeficient využití přístrojů na radioizotopovém pracovišti Fakulty všeobecného lékařství UK 45% a o tři roky již činil 72%.[24]

K pracovníkům, kteří se podíleli na vývoji přístrojů pro nukleární medicínu ve VÚPJT patřili: RNDr. Josef Šilar, CSc., RNDr. Olga Nováková, CSc., Ing. Karel Broj, CSc. a Ing. Viktor Dvořák, CSc.

1.3.2 Přístroje pro měření in vitro

Těmito přístroji proměřujeme vzorky tělních tekutin, které obsahují radiofarmakum. Vzorek emitující fotony se vkládá do studnového detektoru, který se skládá ze studnového scintilačního krystalu, stínění z olova, a vyhodnocovacího zařízení. Pokud vzorek emituje záření beta, užívá se z důvodu krátkého doletu kapalných scintilátorů, do kterých se vzorek přimíchá. S pomocí těchto zařízení se provádí např. radiosaturační analýza. Kromě studnového detektoru mezi přístroje in vitro patří plynové detektory - Geiger-Müllerova trubice a ionizační komora jako měřič aktivity.

1.3.2.1 Detektory

„Jako detektoru se nejdříve užívaly ionizační komory a GM detektory. Ty byly postupně doplněny proporcionálními a scintilačními detektory. Nové součástky v elektronické části umožnily snížení hmotnosti z původních cca 7 kg na dnešních cca 0,5 kg. Integrální ručkové ukazatele byly postupně nahrazeny nebo doplněny digitálním vyhodnocením.“[18]

Původně dozimetr informoval o dávkovém příkonu nebo blízkosti zdroje aktivity větším nebo menším počtem impulsů. Nyní jsou dozimetry malých rozměrů a jsou energeticky kompenzovány, ukazují hodnoty v jednotkách dávkového ekvivalentu a tím kvantitativně vyjadřují vliv záření na lidský organismus. Mají větší počet funkcí, snadnou obsluhu, měří a signalizují dávku a dávkový příkon. Od množství funkcí se odvíjí i cena přístroje.

Pro užívané radionuklidy nebyly měřiče dávkového příkonu dostatečně citlivé, začaly se tedy navrhovat stacionární a přenosné měřiče plošného zamoření osazené několika GM detektory nebo většími scintilačními detektory. Výrobou a hlavním dodavatelem Geiger-Müllerových počítačů se průmyslově zabýval Výzkumný ústav

pro elektrotechnickou fyziku (VÚPEF n. p. Tesla) na Karlově náměstí v Praze. Pracovali zde inženýři J. Kun, V. Kment a Z. Bradna, spolupracovali s ústavem akademie a později se jejich kolektiv stal základem VÚPJT v Přemyšlení. Podíleli se na vývoji čítačů impulsů a jiné jaderné techniky.[29]

Významným rokem v oblasti měření kontaminace byl rok 1975, kdy byl konstruován na klinice nukleární medicíny v Olomouci citlivý scintilační NaI(Tl) detektor, kterým bylo možno zjistit přesnou míru kontaminace rukou ^{125}I a ^{99m}Tc. Z důvodu nedostatečné citlivosti detekce nízkoenergetického záření gama se začaly před dvaceti lety nahrazovat tyto přístroji citlivějšími pocházejícími ze zahraničí, které vyráběla například firma Berthold. Tyto přístroje měly velkoplošný proporcionální detektor s titanovým okénkem. Původní proporcionální detektory byly nahrazeny scintilačními u stacionárního přístroje NA6202 (VÚPJT).

Rozvoj přístrojů pro měření in vitro a in vivo probíhal současně. Do roku 1970 převažoval vývoj přístrojů in vitro, později in vivo. Pro měření in vitro byly hojně využívány zářiče beta (^{3}H, ^{32}P) i gama (^{125}I, ^{51}Cr), obsluha musela být zkušená, nastavovala různé hodnoty jako např. zesílení, diskriminační hladiny apod., stanovení aktivit některých radionuklidů předpokládalo práci v temnici a při prvních měřeních byly užívány detekční sestavy s jednou sondou. Jednosondový přístroj vznikl ve VÚPJT už v roce 1966. Změny začaly v osmdesátých letech 20. století, kdy vznikají beta automaty s koincidenčním vyhodnocením. V roce 1986 se začal dodávat beta automat NA 2601, který měl kapacitu zásobníku 300 vzorků. Ve VÚPJT byly vyvinuty i přístroje pro měření vzorků záření gama se studnovými scintilačními detektory s různým měřitelným objemem vzorku. Byly to typy NKG 312, NKG 314 a NKG 315. Detekční jednotka NE 3505 umožnila průtokové měření aktivity. Fotonásobiče pro tyto přístroje vyráběl VÚVET. U většiny vyhodnocovacích souprav vyráběných VÚPJT bylo možné nastavení amplitudového analyzátoru dvěma způsoby: integrální a diferenciální vyhodnocení. Byly to typy NZQ 713 T, NZQ 717 T apod. Dokázaly detekovat i vzorky o nízké aktivitě. Vznikaly i nefiremní sestavy, které byly sestaveny na míru jednotlivým pracovištím.[18]

Při měření většího počtu vzorků se nejprve užívalo miskových automatů s věžovými zásobníky. Ty byly nahrazeny řetězovými a kazetovými měniči vzorků. Příkladem automatu s řetězovým nosičem byl Gama automat NRG 603 dodávaný od roku 1976 VÚPJT. Obsahoval nejen elektroniku pro vyhodnocení, ale i elektronické obvody pro opakované měření téhož vzorku, výběr skupiny vzorků dle aktivity a automatickou kalibraci přístroje. Později pro měření záření gama sloužil Gama automat NA 3603 a nizkoenergetického RIA automat NA 3602. K dováženým gama automatům patřil maďarský typ NZ-322. S narůstajícím množstvím vyšetření rostla potřeba vícedetektorového zařízení. V ČSR je začal dodávat ÚJVRT Košice.

„První vícedetektorové přístroje dodávala do ČSR kolem roku 1980 firma LKB WALLAC – typ Multigama 1260.“[18]

Vícedetektorové sestavy se používají dodnes, protože převažují vyšetření in vivo. Jedná se např. o přístroje firmy Berthold, typ LB2104. Scintilační detektory NaI(Tl) těchto přístrojů byly československé výroby, dodával je od roku 1985 VÚPJT.

1.3.2.2 Měřiče aktivit

„První měřiče aktivit byly dovezeny v r. 1971 od firmy Nuclear Chicago a později od firmy Picker. Tyto měřiče aktivit ve srovnání se současným provedením např. Bqmetru 4 české výroby měly poměrně malé rozměry ionizační komory.“[18]

Byly tedy objemově závislé a dodavatelé poskytovali k přístrojům soubor kartiček k výpočtu aktivity, kde byl uveden koeficient, objem vzorku a použitý typ nádobky. V Československu byl vývoj přístrojů v této oblasti opožděn asi o 5 let. Ve VÚPJT byl vyvinut Měřič aplikované aktivity NNG 601, později inovovaný na NRG 709. Od roku 1985 již byly vyráběny přístroje, u kterých stačilo tlačítkem zvolit typ měřeného radionuklidu v případě, že šlo o malý objem (5 ml). Toto provedení vyvinula česká firma BQM pod označením Bqmetr 3; od roku 2000 Bqmetr 4 - je možno jej propojit s počítačem, minitiskárnou nebo externím zobrazovacím displejem.

1.3.3 Přístroje pro měření in vivo

Tyto přístroje detekují záření gama vycházející z těla pacienta. Může se jednat o nezobrazovací systémy s použitím jedné nebo několika scintilačních sond, jež umožňují sledovat časový průběh četnosti impulsů. Sondy jsou opatřeny kolimátory a propojeny s počítačem. Mají vysokou citlivost a jsou schopny dobře detekovat rychlé změny radioaktivity v čase, ale je u nich nižší reprodukovatelnost vyšetření. Mohou se používat pro sledování plicní ventilace, změn objemu krve v srdečních komorách, při radioizotopové nefrografii. Dále se jedná o zobrazovací systémy – scintilační kameru či gamakameru, která může být jednofotonová (planární a SPECT) nebo dvoufotonová (PET).

SPECT rozšířil možnosti planární scintigrafie. Přestože používá stejná radiofarmaka a podobé vyšetřovací postupy, poskytuje SPECT ve srovnání s planární scitigrafií vyšší kontrast snímků, který souvisí s překonáním projekční superpozice a možností kvantifikace množství radiofarmaka ve tkáni.[23] Detektor gamakamery se skládá ze scintilačního krystalu, světlovodiče, fotonásobič a kolimátoru podle druhu vyšetření. Scintilační krystal má obvykle obdélníkový tvar. Nad ním jsou uloženy fotonásobiče, které jsou spojeny s krystalem světlovodičem. Foton gama záření způsobí v krystalu scintilaci. Většina světelných fotonů dopadne do nejbližších fotonásobičů od místa scintilace. Počítačem se vyhodnotí výstupní signály ze všech fotonásobičů a stanoví se souřadnice místa, v němž došlo v krystalu ke scintilaci. Signály byly u kamer vyráběných v šedesátých letech 20. století přiváděny na osciloskop. Stopy po záblescích byly fotografovány polaroidní kamerou, čímž se vytvořila mapa distribuce radioaktivní látky ve vyšetřované části těla. Moderní scintilační kamery jsou již zcela digitalizovány, protože analogově-digitální převodník je umístěn za každým fotonásobičem.

PET představuje kvalitativně jiný přístup ke sledování fyziologických funkcí než SPECT, liší se používanými radiofarmaky i způsobem detekce. Radiofarmaka pro PET mají krátký poločas přeměny a je nutno je většinou připravovat v místě vyšetření. Emitují pozitrony, které mají dolet obvykle menší než 1 mm a zanikají v hmotě za vzniku anihilačních fotonů. Anihilační fotony nelze optimálně na standardních

scintilačních krystalech detekovat pro jejich vysokou energii, takže je nutno u PET používat scintilátorů s větší hustotou a vyšším atomovým číslem. Na rozdíl od SPECT či klasické scintilační kamery není nutno u PET používat olověné kolimátory, jelikož je směr fotonů určen koincidenční detekcí. PET je citlivější než SPECT a poskytuje lepší prostorovou rozlišovací schopnost. Pro svou technickou náročnost a nutnost blízkého cyklotronu jsou však náklady na pořízení PET daleko vyšší než SPECT.

Pokud je SPECT nebo PET doplněn CT, jde o hybridní systémy. Umožňují současný záznam anatomického a funkčního zobrazení, kdy odpadá nutnost geometrických úprav obrazů.

1.3.3.1 Scintilační sondy

První scintilační sonda, která umožnila sledovat kumulaci radiojódu ve štítné žláze byla v Československu vyrobena v roce 1957 ve VÚPJT pod označením Směrový detektor. Sonda byla bez stojanu, umístila se na stůl a pacient se posadil tak, aby mu otvor v olověném stínění sondy směřoval na štítnou žlázu. Vyhodnocovací souprava umožňovala vyhodnocení pouze s jednou diskriminační hladinou. Změna aktivity ve štítné žláze se vypočítala tak, že obsluhující personál odečítal v pravidelných intervalech podle mechanických stopek počet impulsů.

Asi po roce 1980 vznikly ještě další typy jednoúčelových sestav. Některé byly určené pro kontrolu vzniku trombů po operaci (fibrinogen značený ^{125}I) – malá sonda, jiné například pro zjištění celkové aktivity u myší - velká sonda.

1.3.3.2 Scintilační kamery

Výroba jedno a dvouramenných stojanů se sestavami pro funkční vyšetření začala po roce 1960. Pocházely od západních firem (Nuclear Enterprises), z tuzemské produkce VÚPJT a iniciativy pracovníků oddělení nukleární medicíny a Maďarska. Scintilační detektor a fotonásobič byli v olověném stínění kapkového tvaru. Mechanismus na výměnu kolimátorů byl v přední části sondy. V závislosti na typu vyšetření se jednalo o kolimátory pro renografická vyšetření u dětí; u dospělých;

vyšetření štítné žlázy, válcové kolimátory pro ostatní vyšetření a fantom používaný při vyšetření akumulace radiojodu ve štítné žláze.

Velký vliv na získání dobrého záznamu měly zkušenosti personálu. Pisátko muselo být dobře vyčištěné, a pokud bylo správně nastavené, netrhalo papír. Pokud papír nebyl hladký, zkresloval křivky. Pracovníci nastavovali časové konstanty na měřiči četnosti impulsů a energetický rozsah analyzátoru. Jelikož byl záznam na registrační papír pro rychlé děje nevyhovující, byla sestava vyráběná VÚPJT doplněna zařízením pro magnetofonový záznam. Stalo se tak z iniciativy pracovníků IKEMu, kteří si to sami nejdříve vyzkoušeli. Dalším zlepšením bylo zavedení nožního ovládání, které umožnilo zahájit měření současně se vpichem radiofarmaka.

„Zařízení pro nukleární medicínu bylo ve VÚPJT dodáváno od r. 1971 s jednoramenným stojanem. V roce 1981 byla inovována zejména elektronická část a vznikl soubor zařízení obsahující jednokanálové zařízení pro dynamické vyšetření štítné žlázy, dvoukanálové zařízení užívané např. pro renografická vyšetření. Třetí díl soupravy byl určen pro spektrometrická měření aktivity odebraných vzorků. Sestava pro měření in vivo měla typové označení NA 3701 a skládala se z dvouramenného stojanu NED 902, na kterém byly připevněny dvě směrové detekční jednotky s volitelnými typy kolimátorů, dále ze spektrometrické soupravy NV 7701 a zapisovače NZ 7701 s dálkovým ovládáním.“[18]

Dvouramenný stojan NED 902 se vyznačoval snadnou nastavitelností směrových scintilačních detekčních jednotek a jednoduchou výměnou kolimátorů. Aretace byla elektromagnetická a bylo ji možno kombinovat s manuálním jištěním.[2]

Stojan byl doplněn akustickou indikací. Takových souprav bylo na oddělení nukleární medicíny v Československu do roku 1990 dodáno 150 kusů a na některých pracovištích jsou s drobnými úpravami používána i dnes.

Na nabídku byly i jednoúčelové soupravy, v roce 1963 firmou ACEC a z roku 1973 pochází popis sestavy vzniklé v IKEMu se čtyřmi páry scintilačních sond určené na vyšetření plic.

Dalším stupněm ve vývoji přístrojů pro měření in vivo byly pohybové scintigrafy. K realizaci pohybové scintigrafie došlo ve světě již v roce 1951, kdy se

kolimovaná sonda posouvala automaticky mechanickým zařízením nad vyšetřovanou oblastí. Záznam probíhal ve formě čárek, z nichž každá představovala určitý počet impulzů. Později byla hustota čárek nahrazena barevnou stupnicí, a dále pak i vlastními způsoby podle pracovišť: v IKEMu volili podle četnosti impulzů různé značky a v Ostravě čísla. Záznam probíhal na papír a volitelně i na film, kdy na druhém rameni byla paralelně s pisátkem umístěna výbojka, která osvítila film. Časem bylo možné zaznamenat scintigram i do magnetické paměti s možností opakovaného zobrazení.V Československu se takové přístroje nevyráběly, ale dovážené přístroje byly v tuzemsku pracovníky oddělení nukleární medicíny vylepšeny nebo se podíleli na konstrukci unikátních přístrojů. Například doc. Š. Hupka sestrojil pohybový scintigraf, jehož pisátko registrovalo impulzy na začouzené sklo a Ing. J. Bouček tzv. gamagraf, podle jehož vzoru vznikly gamagrafy i na jiných pracovištích. Dovoz pohybových scintigrafů probíhal po roce 1970, především firmami Siemens, Nuclear Chicago (typ Pho-Dot) a Picker (Magnascanner). Pro firmu Picker vyráběl scintilátory i VÚPJT.

Později byly vyráběny i pozitronové scintigrafy s koincidenčním zapojením protilehlých sond.

V době vzniku pohybových scintigrafů vznikaly i profilografy. Byly to přístroje, které umožnily proměřit rozložení aktivity podél lidského těla v jednom až třech profilech a měření celkové aktivity v těle pacienta. Vznikaly ale jen jako unikátní zařízení, problém u těchto přístrojů představovalo nastavení správné rychlosti posuvu a otvor kolimátoru.

Celotělový detektor byl navržen a užíván v Ústavu biofyziky a nukleární medicíny FVL UK v Praze od roku 1969. Přístroj obsahoval čtyři detekční jednotky s krystaly NaI(Tl), jejich odezvy vedly do sumačního obvodu, který měl výstup na vyhodnocovací soupravu s amplitudovým analyzátorem. Před sedmi lety byla provedena jeho nová instalace a jeho vyhodnocovací část nahrazena jinou. Sestava umožňuje vyšetření retence vitaminu B12.

Za zmínku rovněž stojí přístroj, který do této skupiny sice nepatří, ale jedná se o diagnostický přístroj, který obsahoval zdroj ^{241}Am. Byl vytvořen na návrh

doc. MUDr. et PhMr. Cyrila Šimečka, DrSc. z FN Plzeň ve VÚPJT pod označením Regiopulmotest NA 3703. Zdroj byl umístěný za zády vyšetřovaného a před ním bylo šest scintilačních sond. Porovnávaly se odezvy z levé a pravé strany a dolních a horních sond. Podle provozovatelů měl přístroj menší radiační zátěž než v té době užívaná xenonová metoda, vyšetření mohlo být opakováno krátce po sobě a pomáhal tak vybrat vhodný lék na různá plicní onemocnění. O prodeji patentu tohoto přístroje dokonce jednal VÚPJT s firmou z USA. Státní podnik TESLA VÚPJT existoval až do roku 1994.[18]

V současnosti se používají scintilační kamery podle Angera. Došlo k tomu s rozvojem technologií výroby scintilátorů NaI(Tl) o velkém průměru. Zvýšil se tak i počet fotonásobičů.

„První jednohlavé kamery byly do ČSR dovezeny v letech 1973-1975. Vyhodnocovalo se fotografickým přístrojem – kamerou Polaroid.“[18]

Pak se přešlo k analogově digitálnímu převodníku a získávání scintigrafického obrazu v digitální formě. Od devadesátých let minulého století začaly převažovat na odděleních nukleární medicíny scintilační kamery vyráběné zahraničními firmami. Firmy i jednotlivá oddělení mají své technické pracovníky, kteří se zabývají instalací sestav a jejich programů, porovnávající různé metodiky měření, sledující radiační zátěž pacientů a radiační ochranu. Hybridní kamery SPECT/CT nebo PET/CT jsou v České republice instalovány od roku 2003.

1.4 Radiofarmaka

1.4.1 Charakteristika radiofarmak

Radiofarmaka jsou látky, které obsahují radionuklid. Skládají se z léčivého přípravku, který zajistí požadovanou tkáňovou distribuci a radionuklidu, který má diagnostický nebo terapeutický účel. Pokud se týká chemické formy, jde o anorganické nebo organické sloučeniny, které se aplikují jako injekce, tobolky, plyn, roztok nebo aerodisperze. Většina radiofarmak podávaných v současnosti má krátký poločas přeměny. Vyrábějí se hromadně v cyklotronech (^{111}In, ^{67}Ga, ^{123}I, ^{11}C) a jaderných reaktorech (^{99}Mo, ^{131}I, ^{51}Cr) nebo se získávají z radionuklidových generátorů jako dceřinné produkty (molybden-techneciový generátor). Radiofarmaka musí splňovat řadu požadavků, ke kterým z biologického hlediska patří sterilita, apyrogenita a netoxicita. Musí být dodrženy skladovací podmínky a doba expirace. A z hlediska fyzikálního, aby nedošlo ke zkreslení výsledků, nemělo by radiofarmakum obsahovat jiné radionuklidy (radionuklidová čistota), jiné sloučeniny téhož radionuklidu (radiochemická čistota), jiné neradioaktivní sloučeniny (chemická čistota).

1.4.2 První radiofarmaka v Československu

První umělé radioizotopy byly dovezeny z Francie. Na jejich převoz a obtíže při jejich prvotním použití vzpomíná prof. Č. Šimáně takto:

„Na mou prosbu zařídil profesor Joliot v roce 1949, kdy byl ještě vrchním komisařem francouzského Komisariátu pro atomovou energii, že byla do Prahy odeslána zdarma menší množství radiosodíku ^{24}Na a radiofosforu ^{32}P, která byla připravena v reaktoru ZOE v Chatillonu u Paříže. Protože radiosodík má poločas rozpadu 14,9 hodin, bylo nutno jej do Prahy přepravit rychle a bez zdržení leteckou cestou. ... S radioizotopy se začaly dělat pokusy… ve Fakultní nemocnici University Karlovy na Karlově náměstí. Fyziologický roztok obsahující radiosodík byl podáván pacientům intravenosně do horní končetiny a počítačem u dolní končetiny byla zjišťována doba, za kterou se aktivita na jejím konci objeví. K disposici byly sice mé G. M. počítače, ale ostatní technika nebyla valná, takže výsledky byly dosti rozporné.

Kromě toho výsledky u dalších pacientů byly postupně horší a horší. příčinu jsem rychle objevil. Pacienti se silně potili a s potem odcházel i radiosodík, který zamořil lůžko, na které byli pokládání. Pozadí od sodíku z jejich potu stále rostlo, takže brzy zamaskovalo vlastní měřený efekt.“[29]

A dále:

„Při všech těchto aplikacích jsme si předem odhadovali dávky záření, kterému byli pacienti i my vystavováni, aby zdravotní riziko bylo minimální (tenkráte neplatily ještě žádné normy pro tento druh prací). Touto cestou se získávaly první zkušenosti z práce s radioaktivními látkami a s jejich možnými aplikacemi.“[29]

Dodávka z Francie se opakovala ještě jednou - v roce 1950, ale pak byl z důvodu změny politického klimatu další přísun radioizotopů odtud přerušen.[29]

Radioizotopy byly do Československa dodávány od roku 1951 z SSSR prostřednictvím podniku Chemapol, kdy se této československé dovozní společnosti podařilo získat dodávku asi 300 mCi (11,1 GBq) radiosodíku, 50 mCi (1,85 GBq) radiofosforu a 50 mCi radiosíry. Pro nedostatek odborného personálu byl zorganizován i rychlokurs určený budoucím uživatelům radioizotopů, který se týkal seznámení se základy měření radioaktivity, čítači impulsů a detektory. Časem se našla celá řada pracovišť, kde se pracovalo na studiích týkajících se radiosodíku a radiofosforu včetně Státního radiologického ústavu, který měl zpočátku zamítavý postoj, ale pak se práce s dodávkami, distribucí a evidencí radioizotopů stala jeho hlavní náplní.[29]

K první terapeutické aplikaci radiofosforu došlo ve fakultních nemocnicích v Olomouci a Plzni.[21]

S vlastní výrobou radioizotopů (zpočátku především ^{131}I, ^{32}P, ^{128}Au, ^{35}S a ^{76}As) se v Československu započalo v Ústavu jaderné fyziky v Řeži, pravděpodobně v roce 1958, kde byl již roku 1957 zkušebně zprovozněn výzkumný jaderný reaktor.[18]

Obtíže s přesností prvotních vyšetření s pomocí radiofarmak způsobovali i pacienti. Prof. Šimáně zmiňuje např. tuto příhodu:

„Jiná byla příčina neúspěchu v motolské nemocnici, kde byla pacientovi podána sloučenina fosforu označená radiofosforem a měla se sledovat rychlost jeho vylučování močí. Pacient musel v desetiminutových intervalech dodávat „vzorky“ do připravených

a očíslovaných zkumavek. Ve zkumavkách však naměřená aktivita nevysvětlitelně fluktuovala. V některých byl radiofosfor naměřen, v jiných nikoliv. Teprve inspekce na pokoji, kde byl uložen pacient po dobu, kdy měl plnit zkumavky, přinesla vysvětlení. Zjistilo se, že mu spolupacienti při plnění „vypomáhali“.“[29]

Zpočátku se přípravou radiofarmak zabývali různě vysokoškolsky vzdělaní pracovníci bez farmaceutické erudice. Ke změně došlo až metodickým opatřením Ministerstva zdravotnictví ČSR z roku 1971, kdy byla odpovědnost za jejich přípravu předána farmaceutům.[27]

1.4.3 Změny u aplikace radiofarmak

Pokud porovnáme aplikaci radiofarmak v osmdesátých letech minulého století v ČSSR a přelomu tisíciletí v ČR, došlo k řadě změn v několika oblastech. Změnilo se spektrum používaných radiofarmak i aplikovaná aktivita.

V tomto období se upustilo od používání ^{75}Se-selenomethioninu pro scintigrafii pankreatu, ^{133}Xe-plynu pro ventilační scintigrafii plic a ^{198}Au-koloidu pro scintigrafii jater. Byly omezeny aplikace ^{99m}Tc-pertechnetátu pro statickou scintigrafii mozku, ^{131}I-jodidu pro vyšetření funkce štítné žlázy, ^{131}I-hippuranu pro prostou renografii a ^{99m}Tc-koloidu pro statickou scintigrafii jater.

Zvýšil se však počet aplikací ^{99m}Tc-fosfonátů pro scintigrafii kostí a ^{99m}Tc-MAA pro perfuzní scintigrafii plic. Byla zavedena například tato radiofarmaka: ^{99m}Tc-HMPAO pro mozkouvou perfuzi, ^{99m}Tc-MAG3 pro dynamickou scintigrafii ledvin, ^{99m}Tc-MIBI pro perfuzní scintigrafii myokardu po zátěži, ^{81m}Kr plyn pro ventilační scintigrafii plic.[19]

V této době došlo ke zvýšení aplikované aktivity většiny radiofarmak z důvodu růstu počtu vyšetření obecně a výraznému rozšíření vyšetřovacích postupů pomocí SPECT, kdy bylo nutno optimálně zkrátit dobu vyšetření. Ve srovnání s ostatními zeměmi však toto zvýšení průměrné aplikované aktivity nebylo příliš významné.[20]

1.5 Vyšetřovací metody v nukleární medicíně

1.5.1 Vyšetřovací metody v minulosti[15]

Nejstarším písemným zdrojem, který se týká využití radioaktivních izotopů v lékařství, jež se mi podařilo osobně získat, byla publikace z archívu prof. Z. Dienstbiera „Základy nukleární medicíny“ napsaná ve spolupráci s prom. lékařem O. Andryskem z roku 1963. Je to první učebnice oboru nukleární medicíny v Československu.[23] Většina vyšetření prováděných v současnosti byla popsána již v té době a s určitými obměnami se zachovaly dodnes. Do ústraní se dostalo užívání některých radioizotopů, např. ^{82}Br (resorpce tuků), ^{74}As (průkaz nádorů mozku), ^{203}Hg (scintigrafie ledvin), ^{3}H (stanovení tělesné vody).

V kardiologii probíhalo měření parametrů srdečního výkonu po injekci lidského sérového albuminu (RIHSA). Izotopové vyšetření srdeční činnosti se označovalo jako kardiocirkulografie.

V hematologii se při měření objemu cirkulující plasmy používal lidský sérový albumin značený ^{131}I. Erytrocyty byly značeny ^{32}P a ^{51}Cr, kdy nejlepších výsledků bylo dosaženo právě s ^{51}Cr. Tímto radioizotopem se rovněž měřil objem cirkulujících erytrocytů, jejich přežívání a místo jejich destrukce. Metabolismus železa se sledoval pomocí plasmy smísené s $^{59}FeCl_3$ reinjekované nemocnému a poruchy resorpce vitaminu B_{12} $^{57 \text{ nebo } 58}$ Co. Vyšetřovala se resorpce tuků a bílkovin.

V endokrinologii bylo nejrozšířenějším vyšetřením diagnostika funkce štítné žlázy radiojodem ^{131}I. Probíhalo formou 24hodinového akumulačního testu, většinou po perorálním podání radiojodu. Alternativou u většiny chorobných stavů štítné žlázy byl dvouhodinový akumulační test.

Při funkčním vyšetření jater a žlučového systému se jako látka k tomuto vyšetření užívala bengálská červeň značená ^{131}I.

V nefrologii se nejlépe osvědčoval ^{131}I-OIH, jelikož byl vylučován pouze ledvinami na rozdíl od ^{131}I-diotrastu, který se vylučoval rovněž játry, čímž docházelo ke zkreslování průběhu aktivity nad pravou ledvinou.

Diagnostika nádorů probíhala pomocí beta i gama zářičů. Beta zářiče zastupoval především ^{32}P, který se uplatňoval při detekci nehluboko uložených malignit - melanom, spinocelulární karcionom, karcinom prsu, v očním lékařství a peroperačně u mozkových nádorů. Gama zářiče u nádorových procesů mozků zastupoval dijodfluorescein značený ^{131}I, častěji však RIHSA, kdy docházelo ke zvýšení koncentrace dvoufázově. Již tehdy byla známá detekce mozkových nádorů s použitím pozitronových zářičů (^{64}Cu a ^{74}As) a registrace impulzů pomocí koincidenčního zařízení. RIHSA se užívala k diagnostice nádorů jater. Nádory kostí se detekovaly izotopy ^{47}Ca a ^{85}Sr.

1.5.2 Nejčastější vyšetřovací metody v současnosti[23],[30]

1.5.2.1 Vyšetření CNS

Regionální průtok krve mozkem

Indikace: součást standardního vyšetřovacího algoritmu při ischemické cévní příhodě mozkové; ověření traumatické léze mozku; sledování psychiatricky nemocných; rozlišení demencí

Příprava: den před vyšetřením večer 400 mg Chlorigen, v den vyšetření ráno opět

Radiofarmakum: 500-740 MBq ^{99m}Tc-HMPAO, 500-740 MBq ^{99m}Tc-ECD

Scintigrafické zobrazení dopaminových transportérů

Indikace: rozlišení Parkinsonovy nemoci od esenciálního třesu

Příprava: 400 mg Chlorigen 24 h. a 1 h. před vyšetřením, vysazení amfetaminu, derivátů kokainu a některých jiných léků

Radiofarmakum: 185 MBq ^{123}I-Ioflupane

Scintigrafie cirkulace mozkomíšního moku

Indikace: zjištění komunikujícího hydrocefalu; zjištění průchodnosti shuntů; suspektní nasální likvorea nebo otolikvorea

Příprava: ORL a oční vyšetření

Radiofarmakum: 40 MBq ^{111}In-DTPA

Scintigrafické stanovení mozkové smrti

Indikace: stanovení mozkové smrti

Příprava: bez přípravy

Radiofarmakum: 740 MBq ^{99m}Tc-HMPAO

1.5.2.2 Vyšetření srdce

Primocirkulační radioizotopová angiokardiografie

Indikace: ověření levopravého zkratu a jeho kvantifikace; posouzení funkce levé komory srdeční

Příprava: Chlorigen 400 mg 0,5-1 hod před vyšetřením

Radiofarmakum: 800 MBq ^{99m}Tc-technecistan

Hradlovaná radioizotopová ventrikulografie

Indikace: indikátor dlouhodobé prognózy po infarktu myokardu a účelnosti kardiochirurgické intervence; posouzení systolických a diastolických ukazatelů mechanické práce levé komory

Příprava: před vyšetřením vysadit kardiotonika a diuretika 7 dní, 2 dny nitráty a betablokátory, 4 až 24 hodin podat Chlorigen; lačnění 4 hodiny před vyšetřením

Radiofarmakum: 500-800 MBq autologní erytrocyty značené ^{99m}Tc-technecistanem

Perfuzní scintigrafie myokardu

Indikace: diagnostika ICHS, bolesti na hrudníku, průkaz infarktové jizvy, hodnocení fibrinolýzy, objektivizace periferního prokrvení myokardu před revaskularizačním zákrokem

Příprava: 2 dny před vyšetřením vysadit betablokátory, nitráty, čaj, kolu, kávu, 4 hodiny nalačno, s sebou ručník a oděv vhodný na cvičení

Radiofarmakum: 1000 MBq pro jednodenní protokol (200 MBq "stress" a 800 MBq "rest") nebo 400 MBq pro každou část u dvoudenního protokolu ^{99m}Tc-MIBI (podle původní vyhlášky, novela vyhlášky z r. 2007 sice uvádí vyšší dávky, avšak současný trend je naopak ke snižování dávek k aplikaci).; 110 MBq ^{201}Tl-chlorid

Vyšetření viability myokardu

Indikace: rozlišení jizvy a hibernovaného myokardu před revaskularizačním zákrokem, doplňující postup k perfuzní scintigrafii myokardu

Příprava: nalačno, následně zátěž glukózou

Radiofarmakum: 370–555 MBq ^{18}F-FDG

1.5.2.3 Vyšetření cév

Radioizotopová flebografie a perfuzní plicní scan

Indikace: komplexní diagnostika tromboembolické nemoci, ověření poměrů odtoku z žil dolní končetiny

Příprava: bez přípravy

Radiofarmakum: 100 MBq ^{99m}Tc-MAA

Radionuklidová splenoportografie

Indikace: zjištění průchodnosti portálního systému a přítomnosti portosystémových zkratů

Příprava: 12 hodin nejíst, 6 hodin nepít, před vyšetřením označit místo aplikace a po výkonu 24 hodin na lůžku

Radiofarmakum: 40 MBq ^{99m}Tc-technecistan

1.5.2.4 Vyšetření v hematologii

Resorpce vitaminu B_{12} - Schillingův test

Indikace: odlišení perniciózní anémie od ostatních megaloblastových anémií

Příprava: odstup 7 dní od poslední aplikace B_{12} nebo kortikoidů, 8 hod. nalačno, sběr moči 24 hodin

Radiofarmakum: 1 MBq ^{57}Co a ^{58}Co-vitamin B_{12}

Přežívání a lokalizace destrukce erytrocytů

Indikace: podezření na hemolytickou anémii

Příprava: po 3 týdny odběry krve nalačno a měření aktivity na povrchu těla

Radiofarmakum: 6 MBq erytrocyty značené ^{51}Cr (značení celé populace erytrocytů) nebo erytrocyty značené ^{59}Fe, ^{52}Fe, ^{14}C a další (jednorázové označení jedné populace erytrocytů)

Objem erytrocytů

Indikace: základní diagnostika polycythemia vera, určení velikosti krevní ztráty

Příprava: bez přípravy, je třeba s sebou mít výsledek aktuálního hematokritu max. 24 hodin starý

Radiofarmakum: 6 MBq ^{51}Cr-autologní erytrocyty

Selektivní scintigrafie sleziny

Indikace: rozlišení nejasných rezistencí v břiše, určení velikosti sleziny, průkaz traumatických lézí, akcesorní slezina, pooperační kontrola

Příprava: bez přípravy

Radiofarmakum: 100 MBq ^{99m}Tc-erytrocyty

1.5.2.5 Vyšetření endokrinního systému

Scintigrafie štítné žlázy

Indikace: diagnostika autonomních adenomů a ektopických strum, výběrové vyšetření štítné žlázy pro posouzení jejího tvaru, velikosti a úrovně akumulace

Příprava: bez přípravy, vyšetření je neproveditelné pokud je blokována léky obsahujícími jód a není vhodná při léčbě tyreoidálními hormony

Radiofarmakum: 200 MBq $^{99m}TcO_4$

Scintigrafie příštítných tělísek

Indikace: adenom, hyperplázie příštítných tělísek

Příprava: bez přípravy

Radiofarmakum: 100-200 MBq ^{99m}Tc technecistan a 80 MBq ^{201}Tl-chlorid nebo 400 MBq ^{99m}Tc-MIBI

1.5.2.6 Vyšetření plic

Perfuzní scintigrafie plic

Indikace: vyloučit pulmonální embolizaci; kvantifikovat podíl jednotlivé plíce na celkové plicní perfuzi

Příprava: bez přípravy

Radiofarmakum: 200 MBq ^{99m}Tc-MAA

Ventilační scintigrafie plic (plynová, aerosolová)

Indikace: porovnáním ventilační a perfuzní scintigrafie plic zvyšuje specificitu perfuzní plicní scintigrafie pro dg. embolizace pulmonální

Příprava: bez přípravy; aerosolovou ventilační scintigrafii provést v odstupu až 30 hodin po perfuzní scintigrafii

Radiofarmakum: 6000 MBq ^{81m}Kr (aktivita v generátoru); 1000 MBq ^{99m}Tc-aerosoly (aktivita v nebulizátoru)

Alveolokapilární clearance

Indikace: sledovní vývoje procesu při onemocněních plic a efektu jejich léčby

Příprava: bez přípravy

1.5.2.7 Vyšetření trávicího traktu

Vyšetření motility jícnu

Indikace: gastroezofageální reflux, poruchy motility jícnu

Příprava: nalačno, chléb a máslo, opakované vyšetření po standardní přesnídávce

Radiofarmakum: 70 MBq ^{99m}Tc-koloid

Vyšetření evakuace žaludku

Indikace: poruchy evakuace žaludku; poruchy motility jícnu a žaludku; po operaci žaludku

Příprava: viz motilita jícnu, na kterou navazuje

Radiofarmakum: 60 MBq ^{99m}Tc-koloid

Scintigrafie slinných žláz

Indikace: poruchy funkce slinných žláz

Příprava: nalačno, před vyšetřením si nečistit zuby

Radiofarmakum: 100 MBq ^{99m}Tc-pertechnetát

Průkaz ektopické žaludeční sliznice

Indikace: prokázání Meckelova divertiklu, zjištění zdroje krvácení do střevního traktu

Příprava: nalačno, podle hmotnosti až 1 ampule cimetidin i.v. před vyšetřením

Radiofarmakum: 370 MBq ^{99m}Tc-koloid

Statická scintigrafie jater

Indikace: nejasné rezistence v břiše, určení velikosti a struktury jater u difuzních jaterních onemocnění

Příprava: bez přípravy

Radiofarmakum: 150-250 MBq ^{99m}Tc-koloid síry

Statická scintigrafie jater k průkazu hemangiomu

Indikace: odlišení jaterního hemangiomu od jiných ložiskových lézí jater

Příprava: bez přípravy (při in vitro značení)

Radiofarmakum: 400 MBq ^{99m}Tc-erytrocyty

Cholescintigrafie

Indikace: funkční a organické poruchy žlučníku a žlučových cest, akutní cholecystitida, informace o chromoexkreční funkci jater u hepatopatií

Příprava: nalačno od 18. hodiny dne předcházejícímu vyšetření, s sebou 5 dkg mléčné čokolády, v den vyšetření vynechat opiáty a anticholinergika

Radiofarmakum: 150 –200 MBq ^{99m}Tc-IDA

1.5.2.8 Vyšetření ledvin a močových cest

Dynamická scintigrafie ledin

Indikace: získání informací o morfologii a poloze ledvin; určení podílu ledviny na celkové funkci ledvin; diagnostika stavu ledviny po transplantaci; orientační posouzení glomerulární filtrace (^{99m}Tc-DTPA) nebo tubulární funkce (^{99m}Tc-MAG3)

Příprava: bez přípravy, dostatečná hydratace

Radiofarmakum: 250 MBq ^{99m}Tc-DTPA, 180 MBq ^{99m}Tc-MAG3

Furosemidový test

Indikace: rozlišení obstrukční dilatace pánvičky od neobstrukční, zjištění významnosti odtokové poruchy

Příprava: dostatečná hydratace

Captoprilový test

Indikace: suspektní renovaskulární hypertenze

Příprava: nalačno, dostatečná hydratace; pokud lze, pak vysazení diuretik 3 dny předem, antagonistů Ca 24 hodin, a antihypertenziv v den vyšetření; provedení bazální a kaptoprilové studie v závislosti na případné předchozí léčbě ACE inhibitory

Statická scintigrafie ledvin

Indikace: získání informací o morfologii a poloze ledvin; při nejasné rezistenci v břišní dutině; trauma ledviny a sledování funkční úpravy; určení podílu jednotlivé ledviny na celkové funkční tubulární mase; polohové a tvarové anomálie ledvin

Příprava: bez přípravy, mei podáním radiofarmaka a snímáním musí uplynout min. 2 hod.

Radiofarmakum: 200 MBq ^{99m}Tc-DMSA

Stanovení glomerulární filtrace

Indikace: základní a přesný ukazatel renální funkce; navazuje na dynamickou scintigrafii ledvin: separovaná glomerulární filtrace

Příprava: odběry krevních vzorků ve 30. a 180. minutě po aplikaci
Radiofarmakum: 250 MBq ^{99m}Tc-DTPA

Mikční radioizotopová cystografie (ne/přímá)
Indikace: ověření stupně vezikoureterálního refluxu
Příprava: bez přípravy
Radiofarmakum: dle dynamické scintigrafie (nepřímá), 50 MBq $^{99m}TcO_4$, DTPA (přímá)

1.5.2.9 Vyšetření skeletu
Statická scintigrafie kostí
Indikace: kostní nádory, časná detekce metastáz a Perthesovy choroby, únavové fraktury, algické syndromy páteře, kontrola při podezření na mechanické uvolňování endoprotéz po operaci
Příprava: bez přípravy, mezi podáním radiofarmaka a snímáním je interval min. 2 hodiny - kdy je vhodná zvýšená hydratace
Radiofarmakum: 800 MBq ^{99m}Tc-MDP, event. ^{99m}Tc-HDP

Třífázová kostní scintigrafie
Indikace: průkaz osteomyelitidy a entezopatií
Příprava: bez přípravy; první fáze snímání začíná současně s podáním radiofarmaka (dynamická studie), navazuje statický snímek za 2-10 minut (tkáňová fáze nebo fáze krevního poolu) a za 2-3 hod jsou snímány pozdní snímky
Radiofarmakum: 800 MBq ^{99m}Tc-MDP, event. ^{99m}Tc-HDP

1.5.2.10 Scintigrafická diagnostika zánětů a nádorů
Scintigrafie po aplikaci ^{67}Ga
Indikace: staging a sledování efektu léčby u nehodgkinských lymfomů, Hodgkinovy nemoci; melanom; chronické záněty - abscesy, osteomyelitidy, sarkoidosa
Příprava: bez přípravy

Radiofarmakum: 150 MBq (záněty) nebo 300 MBq (nádory) ^{67}Ga-citrát

Scintigrafie pomocí ^{123}I-MIBG

Indikace: sledování efektu léčby u neuroblastomů; diagnostika neuroendokrinních nádorů, feochromocytomu

Příprava: blokace štítné žlázy 24 hod. a 3 dny po vyšetření; vysadit léky obsahující deriváty kokainu, reserpin, blokátory Ca kanálů

Radiofarmakum: 80-200 MBq ^{123}I-MIBG

1.6 Koncepce nukleární medicíny

1.6.1 Vývoj koncepce

První koncepce rozvoje nukleární medicíny byla vypracována na Ministerstvu zdravotnictví v roce 1964. Vedoucím kolektivu, který tvořil tuto koncepci byl doc. B. Vavrejn. Určovala rozsah, personální obsazení a přístrojové vybavení na jednotlivých odděleních pro krajská a okresní pracoviště. V šedesátých letech byla zřízena Subkatedra nukleární medicíny v Institutu pro další vzdělávání lékařů a farmaceutů v Praze. Jejím vedoucím byl doc. B. Vavrejn. Od školního roku 1970/71 byly zařazeny izotopové metody jako nový předmět na středních zdravotnických školách oboru radiologický laborant. Postupně byla vydávána skripta nebo učebnice o detekční technice, vyšetřovacích postupech a bezpečnosti práce. První koncepce byla novelizována v roce 1973, čímž byl umožněn vznik klinik nukleární medicíny. První atestace lékařů v nukleární medicíně proběhly v tomtéž roce.

V současné době platí koncepce odborné společnosti nukleární medicíny zpracovaná Výborem společnosti v roce 1999. Tato koncepce není závazná – je to koncepce pouze odborné společnosti.

1.6.2 Legislativa

Práci v oboru nukleární medicíny upravuje Zákon č. 18/1997 Sb., O mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření spolu s příslušnými prováděcími vyhláškami a Zákon č. 79/1997 Sb., O léčivech a o změnách a doplnění některých souvisejících zákonů s příslušnými prováděcími vyhláškami. Další podmínky upravují tyto vyhlášky: č. 307/2002 Sb. O radiační ochraně, č. 214/1997 Sb. O zabezpečení jakosti, č. 146/1997 Sb. O radiačních činnostech. Podrobnější úpravy jsou uvedeny v příslušných směrnicích, pokynech a metodických listech vydávaných Ministerstvem zdravotnictví České republiky. Ze zákonů a vyhlášek vyplývá vedení dokumentace o provozu jednotlivých pracovišť nukleární medicíny, zaměstnancích a pacientech. Kromě Ministerstva zdravotnicví ČR ovlivňuje chod oboru i Státní uřad pro jadernou

bezpečnost České republiky, který vydává např. doporučení pro léčbu štítné žlázy nebo Systém zabezpečení jakosti.

1.6.3 Pracoviště

Každé pracoviště nukleární medicíny je tvořeno ambulantní částí pro in vivo klinickou diagnostiku a ambulantní terapii, úsekem přípravy radiofarmak a fyzikálně-technickým úsekem. Imunoanalytická laboratoř a lůžková jednotka pro terapeutické aplikace otevřených zářičů nejsou povinné, aby musely být přítomny na každém pracovišti NM. Koncepce rozlišuje podle významu a působnosti několik typů pracovišť.

1.6.3.1 I. typ pracovišť

Zahrnuje velkou spádovou oblast (až 1 milion obyvatel), má nadregionální až celostátní působnost, pro nejbližší okolí (asi 200 000 obyvatel) má působnost jako pracoviště II. typu. Obvykle se jedná o kliniku ve fakultních nemocnicích nebo nemocnicích vyššího typu, jejich celkový počet v ČR je asi 15. Poskytuje komplexní spektrum vyšetřovacích metod nukleární medicíny, většinou včetně laboratorních imunoanalytických vyšetření. Doporučovaná doba provozu je 12 hodin denně, pohotovostní služba nebo příslužba nepřetržitě. Lůžkové oddělení je fakultativní, může být samostatná nebo jako součást jiného oddělení, mívá 10 - 20 lůžek v jedno a dvoulůžkových pokojích s vlastním WC a koupelnou, kanalizační rozvod napojený na samostatné záchytné nádrže pro tekutý radioaktivní odpad je samostatný; pracují zde min. 1 lékař a 6 pracovníků středního zdravotnického personálu. Pracoviště I. typu musí být vybaveno minimálně těmito přístroji: 4 scintilační kamery, z toho jedna s možností PET zobrazování a většina vícehlavých s možností tomografické scintigrafie SPECT. Personál tvoří minimálně: 5 lékařů; 2 fyzikové (VŠ - přírodovědecká fakulta, nebo inženýrský směr); 1 farmaceut; 15 zaměstnanců středního zdravotnického personálu - z toho minimálně 2 farmaceutičtí laboranti, dále radiologičtí laboranti a zdravotní sestry; 2 zaměstnanci jako pomocný zdravotnický personál. Fakultativně inženýr elektronik, programátor, správce sítě. U pracovišť s imunoanalytickou laboratoří musí být minimálně: 1 VŠ - chemik-analytik, 8-10 SZP - zdravotní (radiologický, chemický,

farmaceutický) laborant. I. typ pracoviště má tyto místnosti: samostatné místnosti pro jednotlivé diagnostické přístroje, administrativní a vyhodocovací místnosti, minimálně 4 místnosti pro úsek přípravy radiofarmak a 2 místnosti pro úsek fyzikálně technický, zázemí pro personál a čekárny pacientů; fakultativní imunoanalytická laboratoř je umístěna rovněž samostatně a jsou na ni kladeny další požadavky ohledně členění a rozsahu poskytovaných vyšetření. [22]

1.6.3.2 II. typ pracovišť

Zahrnuje spádovou oblast pro asi 200 000 obyvatel - obvykle jeden nebo více okresů. Jedná se většinou o pracoviště v okresních nemocnicích, jejich celkový počet v ČR je asi 40. Poskytuje optimálně komplexní spektrum vyšetřovacích metod. Pracoviště II. typu musí být vybaveno minimálně těmito přístroji: 2 scintilační kamery z toho 1 SPECT. Personál tvoří minimálně: 3 lékaři; 1 VŠ fyzik nebo elektronik, 1 farmaceut, 1 chemik-analytik, 6 SZP, 1 PZP a 2 laboranti. II. typ pracoviště má tyto místnosti: místnosti pro jednotlivé diagnostické přístroje, administrativní a vyhodocovací místnosti, minimálně 3 místnosti pro úsek přípravy radiofarmak a 2 místnosti pro úsek fyzikálně technický, zázemí pro personál a čekárny pacientů; fakultativní imunoanalytická laboratoř je samostatná není v tomto případě stanoven minimální rozsah poskytovaných vyšetření. Doporučovaná doba provozu je 12 hodin denně, pohotovostní služba nebo příslužba nepřetržitě.[22]

1.6.3.3 PET centrum

PET centrum představuje zvláštní typ diagnostického pracoviště, které je vybaveno PET kamerou (nebo více kamerami) a cyklotronem pro výrobu pozitronových radiofarmak.

V ČR jsou 2 centra, které vyhovují takové charakteristice. Jedná se o Nemocnici Na Homolce v Praze a Masarykův onkologický ústav v Brně. V každém z nich je po 2 PET skenery. Kromě těchto center jsou ještě PET skenery po jednom v Olomouci, Plzni a Hradci Králové, a do konce roku bude i ve VFN v Praze. Takže celkový počet skenerů bude letos 8.

Lze předpokládat zvýšení jejich počtu, protože v zemích EU by měl být cílový stav 1-1,5 jednoúčelového PET skeneru na 1 milion obyvatel. Ve světě se prosazují ekonomicky výhodná satelitní uspořádání, kdy na jeden farmaceutický provoz je napojena síť pracovišť vybavených jen PET skenery.[1]

1.6.3.4 Další typy pracovišť

"Koncepce nevylučuje vznik soukromých nebo úzce specializovaných oddělení nukleární medicíny, případně samostatných imunoanalytických laboratoří a samostatných pracovišť pro přípravu radiofarmak - tyto však nejsou její součástí. Koncepce nepočítá ve sféře veřejného zdravotnictví s malými odděleními nukleární medicíny - tyto se jeví jako neefektivní."[22]

1.6.4 Personál a jeho vzdělávání v ČR

Koncepce nukleární medicíny z roku 1999 udává i minimální počty kvalifikovaných odborníků: 120 lékařů s atestací v oboru (každý lékař by měl mít I. atestaci v základním oboru a do stanoveného termínu i nástavbovou atestaci v nukleární medicíně), 50 fyziků, 50 farmaceutů, 10 chemiků-analytiků, 400 SZP (pro in vivo diagnostiku a terapeutické jednotky), 90 laborantů (pro in vitro diagnostiku). Toto jsou pouze minimální počty, doporučené jsou vyšší a je nutno rovněž brát ohled na organizaci pracovišť II. typu. V lůžkové péči je stanoven minimální počet kvalifikovaných odborníků na 10 lékařů a 40 SZP.

Současná legislativní úprava zavedla jednostupňovou atestaci. Náplň specializační přípravy je dnes určována vzdělávacím programem, který rozlišuje tzv. základní společný kmen trvající 2 roky (od letošního roku po novele zákonů je pro nukleární medicínu přípustný kmen radiologický nebo interní). Po něm je příprava 3 roky na akreditovaném pracovišti nukleární medicíny. Na konci lékař může absolvovat atestační (specializační) zkoušku a po jejím úspěšném složení je oprávněn vykonávat samostatně činnost lékaře nukleární medicíny - získá specializovanou způsobilost k výkonu povolání lékaře.

Farmaceuti mají podle koncepce z roku 1999 speciální průpravu v oboru „Farmaceutické technologické postupy" se zaměřením na přípravu radiofarmak a pak nástavbovou specializaci v oboru „Radioaktivní přípravky"; technici apod. - absolventi příslušných vysokých škol přírodovědného nebo technického zaměření a mít po třech letech praxe atestaci včetně absolvování dlouhodobé stáže na pracovišti akreditovaném ke specializačnímu vzdělávání; střední zdravotničtí pracovníci - absolventi bakalářského studia, vyšších odborných škol, středních zdravotnických škol, jiných středních odborných škol a nástavbového studia na střední školy, kteří prošli postgraduální specializační studium příslušného typu, zakončené specializační atestací po min. 3 letech praxe ve zdravotnictví, z toho min. 2 roky na pracovišti nukleární medicíny, včetně stáže na akreditovaném pracovišti nukleární medicíny. Laboranti imunoanalytické laboratoře mají specializaci pro obor „Diagnostické laboratorní metody v nukleární medicíně".[22]

1.6.5 Vedení oboru

Odborným vedením oboru na nejvyšší úrovni se zabývá Česká společnost nukleární medicíny. Historii Společnosti do roku 1990 popisuje III. část této práce v části "Od Biofyzikální sekce ČSLS JEP k České společnosti nukleární medicíny ČLS JEP". Česká společnost nukleární medicíny České lékařské společnosti J. E. Purkyně se dělí na tyto sekce: klinická; radiofarmaceutická; fyziky, elektroniky a výpočetní techniky; imunoanalytická; středně zdravotnická. Cílem klinické sekce je umožnit lékařům oboru nukleární medicíny pravidelná setkání, při kterých si budou předávat zkušenosti a řešit klinické problémy spojené s radionuklidovými metodami. Klinické dny v Lékařském domě v Praze byly pořádány 2x ročně a byl zde prostor i pro prezentaci firem nabízejících radiofarmaka a přístrojovou techniku. V současné době jsou však pořádány 1x ročně bez prezentace firem. Sekce středně zdravotnická pořádá vzdělávací programy pro střední zdravotní personál. Předsedou společnosti je doc. O. Bělohlávek. Volby do Výboru jsou v květnu 2010.

2. CÍL PRÁCE A HYPOTÉZY

Cílem práce bylo zpracovat dostupné informace z oboru nukleární medicíny z různorodých zdrojů do ucelené podoby. Data, která byla zpracována se týkají osobností, které výrazně přispěly k rozvoji nukleární medicíny v Československu a zakladatelů nejvýznamnějších pracovišť. Práce dále sleduje vznik nukleární medicíny jako samostatného oboru, její spolupráci se zahraničními institucemi a problémy, které bylo nutno řešit. Charakterizuje jednotlivé typy přístrojů podle typu jejich použití a podává přehled vyšetřovacích technik oboru a jejich využití v diagnostice.

Ve výše uvedených oblastech sleduje hypotézu, zda a jak je rozvoj oboru spojen s novými technickými poznatky a jeho důležitou úlohu v diagnostice onemocnění a procesů v organismu člověka.

3. METODIKA

Hlavním zdrojem informací použitých v této práci byli emeritní a současní pracovníci zdravotnických zařízení vyšetřujícími metodami nukleární medicíny a to pracovníci lékařského a technického zaměření. Dalšími zdroji byly sborníky lékařského a technického směru, články v odborných časopisech, skripta a učebnice vydávané v průběhu let od vzniku samostatného oboru. Informace o vývoji oboru jsem čerpal i z autobiografických publikací, internetu a firemní literatury. Kromě osobního kontaktu probíhal průzkum telefonickou a elektronickou formou komunikace podle možností respondentů.

4. VÝSLEDKY

Vzhledem k charakteru této bakalářské práce, kdy se zabývá rozvojem oboru v naší zemi z hlediska času a historie, jsou data hodnocena průběžně v rámci jednotlivých kapitol. V práci jsou kapitoly uspořádány tak, že nejprve seznamují se stavem, který byl v Československu v rámci oboru v popisované oblasti na počátku a dále sledují jeho vývoj až do současnosti.

5. DISKUSE

Informace, které bylo nutno získat pro zpracování tématu této práce pocházely z mnoha rozdílných zdrojů. Je tomu tak proto, že se jedná o široké téma, které zahrnuje několik oblastí nukleární medicíny. Monografie z oboru obvykle pojednávají o jedné konkrétní oblasti - např. vyšetřovací metody nebo přístrojová technika. V současné době jsou jednotlivé oblasti nukleární medicíny dobře zpracovány. Avšak v počátečním období tomu tak nebylo. První poznatky se předávaly osobně, organizovaly se studijní cesty a kurzy. Proto bylo nutno získat dílčí informace od pamětníků a z odborných periodik té doby, které bylo potřeba uspořádat. Data, která jsem získal se většinou shodovala. V několika případech, které však nebyly stěžejní, jsem se setkal např. s různou datací.

Při řešení dané problematiky jsem tedy narazil především na nedostatek písemných zdrojů, které by mapovaly samotné začátky oboru v Československu z komplexního hlediska. U respondentů jsem se přes jejich zaneprázdněnost spojenou s aktivní prací v oboru nebo mimo něj, setkal se vstřícností a snažil jsem se podle jejich možností získat informace i od nich. Vzhledem k tomu, že od začátků oboru v naší zemi uplynulo již přibližně šedesát let, zúžil se i počet pamětníků, kteří mohli podat informace osobně. Potěšilo mne, že jsem se mohl setkat alespoň s některými z nich a že svými informacemi přispěli do této práce.

6. ZÁVĚR

Metody nukleární medicíny se v českých zemích uplatňují již šest desetiletí. Pokud se ohlédneme do minulosti, uvidíme, že cesta, kterou obor za tu dobu urazil, je vskutku velká. Na tento růst mělo v tuzemsku vliv několik faktorů. Mezi ně patří nadšení a vynalézavost lékařů, techniků a jiných pracovníků ve zdravotnictví především době počátků oboru[8], v současnosti pak flexibilita a spolupráce s tuzemskými a zahraničními ústavy nukleární medicíny, pokrok v oblasti vědy a techniky a systematické změny ve zdravotnictví, kdy obor získal svou samostatnost a tím mu byl umožněn i rychlejší a širší rozvoj.

Nukleární medicína již nepatří pod vnitřní lékařství, endokrinologii, biofyziku nebo fyziologii. Přes svou samostatnost je v úzké vazbě s těmito i jinými disciplínami. Obor je úzce spojen i s novými technickými poznatky. Při záznamu a zpracování obrazových informací bylo v nukleární medicíně využito výpočetní techniky dříve než např. v radiodiagnostice. Dokonalejší radiofarmaka a přístroje znamenaly další snížení i tak nízké radiační zátěže. Prostředky moderní výpočetní techniky urychlují zpracování informací, usnadňují práci se získanými daty, umožňují jejich export na datová média nebo do počítačové sítě tak, aby byla přístupná jinému zdravotnickému zařízení v případě péče o pacienta v zahraničí nebo pro případ prezentace dat na konferencích či pro statistické účely. Počítačové vyhodnocování snižuje rovněž možnost chyb při interpretaci dat. Nízká radiační zátěž a neinvazivita umožnila použití i v pediatrii. Metody nukleární medicíny se staly součástí vyšetřovacích algoritmů – scintigrafie skeletu je rutinním vyšetřením u určitých onkologických onemocnění. Spolupráce s imunologií a biochemií dala vznik radioimunoanalytickým metodám. Hybridní zobrazovací přístroje umožňily využít přednosti jednotlivých metod (PET/CT, SPECT/CT). Je možný současný záznam funkce i anatomických detailů. Rozvoj hybridních zobrazovacích metod zpřesnil diagnostiku onemocnění.

V diagnostice má obor důležitou úlohu z několika hledisek. Nukleární medicína se zaměřuje především na získávání informací o funkci jednotlivých orgánů a kinetice radiofarmak v nich, čímž rozšiřuje možnosti ostatních disciplín v lékařství. Dokáže tak

odhalit některá onemocnění dříve než klasické rentgenové vyšetření. Specificitou svých nálezů tedy pomáhá zdokonalit a urychlit vyšetřovací postupy. Kromě diagnostiky in vivo získává informace i formou vyšetřovacích metod in vitro. Ty mohou být dále použity nejen interdisciplinárně, ale přímo i v oboru nukleární medicíny – zajištění terapie pomocí otevřených zářičů. Metodický přístup nukleární medicíny využívá i molekulární zobrazování, to se však uplatňuje především v biomedicíně (ČVUT).

Záměr, který jsem měl na počátku, kdy jsem přistupoval ke zpracování tohoto tématu, se z mého úhlu pohledu z větší části splnil. Nepodařilo se mi ale úplně vše, co jsem si představoval. Přál bych si bohatší fotodokumentaci, event. audio či videonahrávky. Ne vždy jsem ale získal k těmto souhlas či by byla taková „medializace“ nevhodná. S respektem vůči odborníkům, jejichž vzpomínky a pohledy jsem zachytil, bude tedy základním stavebním kamenem této práce písemná forma.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

(1) BĚLOHLÁVEK, O. *Koncepce oboru nukleární medicína – PET*. [online]. c2009. [citováno 21. února 2010]. URL <http://www.csnm.cz/17/Koncepce-oboru-nuklearni-medicina---PET_38.aspx>.

(2) BROJ, K. Radiokardiograf NRG 724. *Časopis lékařů českých,* 30. června 1978, roč. 117, č. 26, s. 814. ISSN 0008-7335.

(3) BROJ, K., et al. Vybavení pracovišť nulární medicíny přístroji vyrábněými v n. p. TESLA, VÚPJT Přemyšlení. *Časopis lékařů českých,* 21. dubna 1972, roč. 111, č. 16, s. 364-369. ISSN 0008-7335.

(4) Česká společnost nukleární medicíny. *Doc. MUDr. Štefan Hupka, DrSc*. [online]. c2009. [citováno 30. prosince 2009]. URL <http://www.csnm.cz/49/Dne-11-6-2008-zemrel--Doc-MUDr-Stefan-Hupka-DrSc-_107.aspx>.

(5) DIENSTBIER, Z. 25 let Československé společnosti nukleární medicíny a radiační hygieny. *Časopis lékařů českých,* 13. srpna 1981, roč. 120, č. 31-32, s. 967. ISSN 0008-7335.

(6) DIENSTBIER, Z., et al. K padesátinám MUDr. B. Vavrejna, CSc. *Časopis lékařů českých,* 24. ledna 1975, roč. 114, č. 4, s. 128. ISSN 0008-7335.

(7) DIENSTBIER, Z. Vítek, F. Lékařská biofyzika a nukleární medicína na Fakultě všeobecného lékařství University Karlovy v Praze. *Časopis lékařů českých,* 25. března 1983, roč. 122, č. 12, s. 354. ISSN 0008-7335.

(8) DIENSTBIER, Z. Rozvoj a poslání nukleární medicíny. *Časopis lékařů českých,* 13. února 1970, roč. 109, č. 8, s. 169. ISSN 0008-7335.

(9) DIENSTBIER, Z. Výuka nukleární medicíny na lékařských fakultách. *Časopis lékařů českých,* 12. června 1987, roč. 126, č. 24, s. 738. ISSN 0008-7335.

(10) DIENSTBIER, Z., et al. *Diagnostika metodami nukleární medicíny*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1989. 388 s. ISBN 08-039-89.

(11) DIENSTBIER, Z. *Původním povoláním lékař.* 1. vyd. Praha: Radix 2007. 288 s. ISBN 978-80-86031-74-3.

(12) DIENSTBIER, Z. Třicet let Ústavu biofyziky a nukleární medicíny FVL KU. *Sborník lékařský,* březen 1983, roč. 85, č. 3, s. 67. ISSN 0036-5327.

(13) DIENSTBIER, Z. *Stálo za to žít.* 1. vyd. Praha: Radix 2001. 164 s. ISBN 80-86031-33-0

(14) DIENSTBIER, Z. Nuclear Medicine in Czechoslovakia. *Review of Czechoslovak Medicine,* 1971, roč. 17, č. 3, s. 171. ISSN 0034-6497.

(15) DIENSTBIER, Z., ANDRYSEK, O. *Základy nukleární medicíny.* Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, n. p., 1963. 216 s. 08-108-63

(16) Fakultní nemocnice Olomouc. Historie. [online]. c2009. [citováno 9. ledna 2010]. URL <http://www.fnol.cz/main.jsp?id=391>.

(17) Fakultní nemocnice Ostrava. *Nemocniční listy.* 2004, roč. VI., č. 5, s. 3. Fakultní nemocnice Ostrava: květen 2004.

(18) FOLTA, J., JANOVSKÝ, I. *Technická zařízení vědy v druhé polovině 20. století.* Svazek 14. Praha: Společnost pro dějiny věd a techniky: Národní technické muzeum Praha, 2006. 300 s. ISBN 80-7037-158-7

(19) HUŠÁK, V., et al. Aplikované aktivity radiofarmak, radiační zátěž a radiační riziko vyšetřovacích postupů v nukleární medicíně. *Časopis lékařů českých,* 24. května 1999, roč. 137, č. 11, s. 325. ISSN 0008-7335.

(20) HUŠÁK, V. ŘÍČKOVÁ, H. Aktivity aplikovaných radiofarmak a radiační zátěž obyvatelstva ČSFR z nukleární medicíny. *Československá radiologie,* září 1990, roč. 44, č. 5, s. 333. ISSN 0069-2344.

(21) HUPKA, Š. Czechoslovak Nuclear Medicine, Development and Present State. *Czechoslovak Medicine,* 1981, roč. 4, č. 3, s. 107. ISSN 0034-6497.

(22) KUBINYI, J. *Koncepce oboru nukleární medicína.* [online]. c2009. [citováno 21. února2010]. URL <http://www.csnm.cz/17/Koncepce-oboru-nuklearni-medicina_16.aspx>.

(23) KUPKA, K., KUBINYI, J., ŠÁMAL, M., et al. *Nukleární medicína*. 1. vyd. Příbram: P3K, 2007. 185, xiv s. ISBN 978-80-903584-9-2

(24) MAŠTALÍŘ, N. BOUČEK, J. Přístroje pro nukleární medicínu a jejich ekonomické vyhodnocení. *Časopis lékařů českých,* 6. prosince 1963, roč. 102, č. 49, s. 1354-1355. ISSN 0008-7335.

(25) MÍKOVÁ, V., et al., *Nukleární medicína (Průřez vyšetřovacími metodami v oboru*

nukleární medicína). Praha: Galén 2008, 118 s. ISBN 8072625338

(26) Mesto Martin. *Kronika mesta Martin - rok 2005*. [online]. c2008. [citováno 7. dubna 2010]. URL <http://www.kulturnecentrum.sk/e_kronika_2005.php>.

(27) PEKÁREK, J. KUKAČKA, R. Radiohygienická problematika přípravy radiofarmak na oddělení nukleární medicíny. *Československá farmacie,* březen 1977, roč. 26, č. 2, s. 69. ISSN 0009-0530.

(28) SLOUKA, V. Padesát let doc. MUDr. Jaroslava Prokopce, CSc. *Časopis lékařů českých,* 13. dubna 1973, roč. 112, č. 15, s. 449. ISSN 0008-7335.

(29) ŠIMÁNĚ, Č. *Život mezi atomy, aneb jak to vše u nás i jinde začínalo*. 1. vyd. Řež: Ústav jaderného výzkumu Řež a.s., 2005. 294 s. ISBN 80-239-4345-6

(30) Vyhláška č. 307/2002 Sb. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 13. června 2002 *O radiační ochraně.*

8. KLÍČOVÁ SLOVA

historie
medicína
nukleární
přístroje
radiofarmaka
radionuklid
rozvoj
scintigrafie

9. SEZNAM ZKRATEK

CNS – centrální nervový systém

CT – počítačová tomografie

ČLS JEP – Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně

ČSAV - Československá akademie věd

ČSLS JEP – Československá lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně

ČSNM JEP - Česká společnost nukleární medicíny

ENMS - Evropská společnost nukleární medicíny

ESRB – Evropská společnost radiační biologie

FNKV – Fakultní nemocnice Královské Vinohrady

FN UP – Fakultní nemocnice Univerzity Palackého

FVL UK – Fakulta všeobecného lékařství University Karlovy

ICHS - ischemická choroba srdeční

IRPA – Mezinárodní asociace radiační ochrany

LF – lékařská fakulta

MZ ČSSR – Ministerstvo zdravotnictví Československé socialistické republiky

NM – nukleární medicína

ONM – oddělení nukleární medicíny

PET – pozitronová emisní tomografie

RIHSA – lidský sérový albumin

RVHP - Rada vzájemné hospodářské pomoci

SPECT – jednofotonová emisní výpočetní tomografie

SZP – střední zdravotničtí pracovníci

ÚRVJT - Ústav radioekologie a využitia jadrovej techniky

VFN – Všeobecná fakultní nemocnice

VÚPEF - Výzkumný ústav pro elektrotechnickou fyziku

VÚPJT - Výzkumný ústav přístrojů jaderné techniky

VÚVET - Výzkumný ústav vakuové elektrotechniky

WFNMB – Světová federace nukleární medicíny a biologie

10. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Doc. MUDr. Bohuslav Vavrejn, CSc.

Příloha 2 Prof. MUDr. Zdeněk Dienstbier, DrSc.

Příloha 3 První učebnice nukleární medicíny

Příloha 4 Dvouramenný stativ

Příloha 5 Dvouramenný stativ (detail)

Příloha 6 Celotělový detektor

Příloha 7 Dvoukanálový scintilační spektrometr NV 7701

Příloha 8 Scintilační detekční jednotka NKG 315

Příloha 1

Doc. MUDr. Bohuslav Vavrejn, CSc.

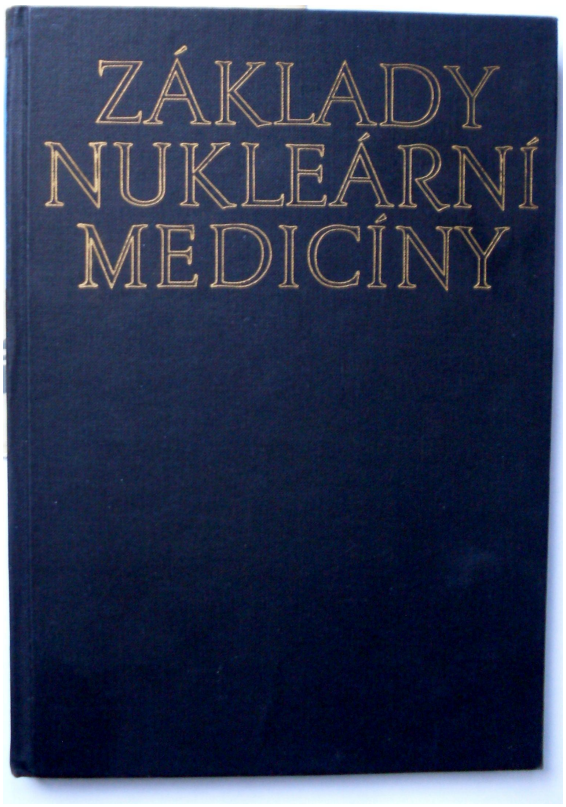
Zakladatel oboru nukleární medicíny v Československu. Spoluzakladatel Ústavu klinické a experimentální chirurgie v Praze (dnes IKEM). Vedl vypracování první koncepce oboru nukleární medicíny v Československu. V letech 1966 až 1991 vedl subkatedru nukleární medicíny Institutu pro další vzdělávání lékařů a farmaceutů. Byl vedoucím pracovníkem oddělení výzkumu lékařské aplikace mezinárodní agentury pro atomovou energii OSN ve Vídni v letech 1980 až 1984.

Příloha 2

Prof. MUDr. Zdeněk Dienstbier, DrSc.

Zakladatel oboru nukleární medicíny v Československu. Studoval biologický účinek ionizujícího záření. Byl prezidentem řady sympózií a kongresů nukleární medicíny, především v Karlových Varech. Je spoluzakladatelem Ligy proti rakovině.

Příloha 3



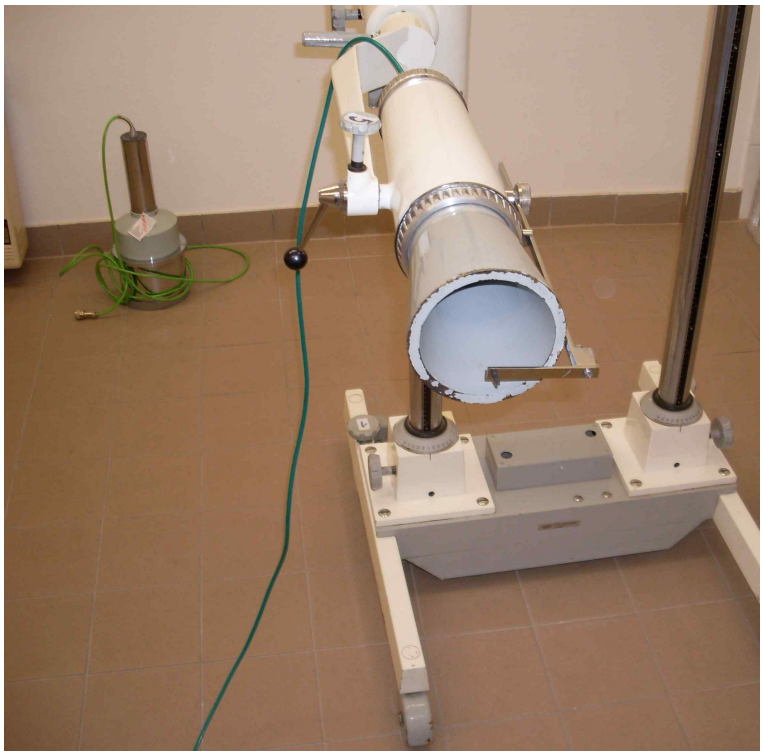
První učebnice nukleární medicíny z roku 1963

Příloha 4

Dvouramenný stativ

Umožňoval vyšetření např. ledvin a jater. Měřila se rychlost průtoku radifarmaka ledvinami a podle časového průběhu křivek a polohy maxima se porovnávala funkce ledvin. Kolimátory byly různé - pro děti a pro dospělé. Zařízení bylo nahrazeno scintilačními kamerami. S jednou detekční jednotkou a příslušným kolimátorem se používalo rovněž k vyšetření akumulace ^{131}I ve štítné žláze. Podobná zařízení se vyrábějí i dnes - s jednou sondou - pro vyšetření štítné žlázy.

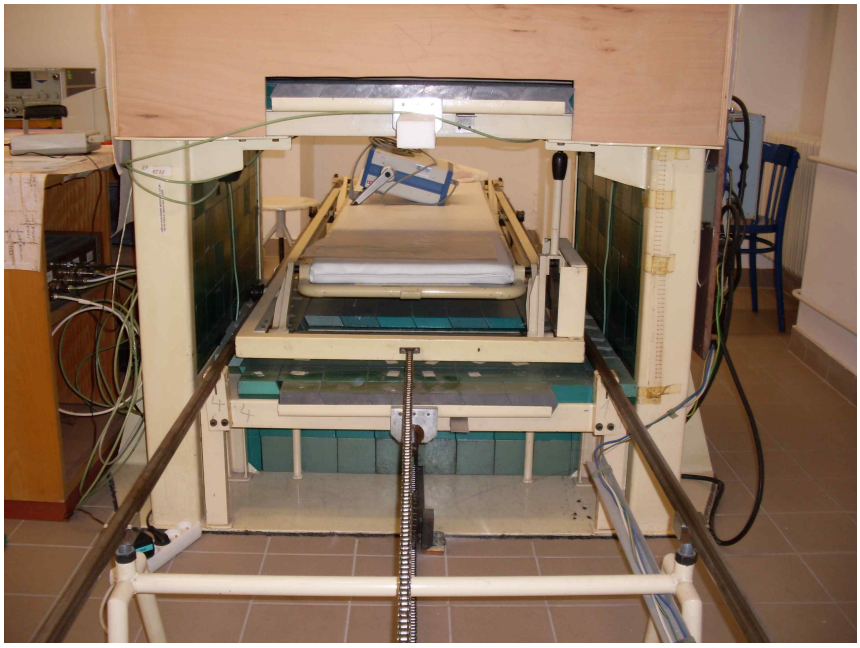
Příloha 5



Dvouramenný stativ (detail)

Pohled z předu. Je dobře viditelné olověné stínění - kolimátor a měřítko, které se dotýká štítné žlázy. Ve vzdálenosti asi 25 cm je citlivost málo závislá na poloze zdroje.

Příloha 6



Celotělový detektor

Pohled dovnitř. Zařízení umožňuje stanovení rozložení aktivity v těle. Stínění - 9 cm olova.

Příloha 7

Dvoukanálový scintilační spektrometr NV 7701

Vyhodnocovací zařízení k přístroji NKG 315. Původně toto zařízení bylo určeno pro oddělení nukleární medicíny k vyhodnocení stativů se dvěma scintilačními sondami. V tomto případě je zařízení použito jako jednokanálový spektrometr.

Příloha 8

Scintilační detekční jednotka NKG 315

Pohled shora. Jednotka byla určena pro měření nízkých aktivit gama s objemem vzorku do 250 ml. Obsahuje studnový scintilační detektor. Stínění - 9 cm olova. Používala se pro měření exkretů, potravin, mléka apod.