

Obsah

Předmluva	5
1. Úvod do studia nukleární medicíny (Martin Šámal)	13
1.1 Scintigrafické vyšetření	13
1.2 Diagnostická přesnost zobrazovacích vyšetření	14
1.3 Analýza vztahů mezi náklady a užitekem	18
2. Základní fyzikální pojmy (Olga Nováková)	19
2.1 Uspořádání atomu	19
2.2 Radioaktivita	19
2.3 Interakce ionizujícího záření s hmotou	21
2.4 Statistika radioaktivních přeměn	21
3. Biologické účinky ionizujícího záření a radiační ochrana (Václav Hušák, Jaroslav Ptáček)	23
3.1 Mechanismus biologického účinku	23
3.2 Deterministické účinky	24
3.3 Stochastické účinky	25
3.4 Biologické účinky po aplikaci radiofarmak a po radiodiagnostických výkonech	26
3.5 Obecné zásady v radiační ochraně	26
3.5.1 Radiační limity, kategorizace a uspořádání pracovišť	27
3.5.2 Monitorování pracovníků, pracovního prostředí a okolí pracoviště	27
3.5.3 Radiační ochrana pracovníků	28
3.5.4 Radiační ochrana pacientů	28
3.6 Volba aplikované aktivity a diagnostické referenční úrovně (DRÚ)	29
4. Radiofarmaka (Pavel Komárek)	31
4.1 Definice, charakteristika radiofarmak	31
4.2 Výroba a příprava radiofarmak	31
4.3 Výroba a získávání radionuklidů	31
4.3.1 Výroba radionuklidů v cyklotronu	31
4.3.2 Výroba radionuklidů v jaderném reaktoru	32
4.3.3 Získávání radionuklidů z generátorů	32
4.4 Příprava značených sloučenin	33
4.5 Lékové formy radiofarmak	33
4.6 Zásady výroby a přípravy radiofarmak	34
4.7 Hodnocení jakosti radiofarmak	34
4.8 Mechanizmy lokalizace radiofarmak	34
5. Detekce záření a planární scintigrafie (Václav Hušák, Jaroslav Ptáček)	36
5.1 Princip scintilačního detektoru	36
5.2 Přístroje pro měření in vitro	37
5.3 Přístroje pro měření in vivo	37
5.4 Rozdíly mezi radiodiagnostickým a nukleárním medicínským vyšetřením	40
5.4 Kontrola kvality přístrojové techniky (Martin Šámal)	41
5.4.1 Kvalita detekce a chyba měření	41
5.4.2 Kontrola kvality zobrazovacích přístrojů	41

6. Záznam a zpracování obrazů (Martin Šámal)	43
6.1 Analogový a digitální obraz	43
6.2 Způsoby záznamu obrazových dat	44
6.3 Zobrazovací metody nukleární medicíny	45
6.4 Výpočetní zpracování scintigrafických obrazů	45
6.4.1 Jednoduché úpravy obrazu	45
6.4.2 Oblast zájmu	46
6.4.3 Obrazová aritmetika	47
6.4.4 Funkční (parametrické) zobrazení	47
6.4.5 Hybridní zobrazení	47
6.4.6 Archivace a přenos obrazů	48
7. Emisní tomografie (Martin Šámal)	49
7.1 Principy tomografického zobrazení	49
7.1.1 Filtrovaná zpětná projekce	50
7.1.2 Iterativní algebraické rekonstrukční techniky	51
7.2 Jednofotonová emisní výpočetní tomografie	51
7.3 Pozitronová emisní tomografie	53
7.4 Hybridní systémy	55
8. PET – stručný klinický přehled (Otakar Bělohávek)	56
8.1 Princip zobrazení pomocí FDG	56
8.2 Fúze obrazů a hybridní zobrazování	56
8.3 Základní klinické aplikace PET a PET/CT	57
8.4 Další směry vývoje PET	57
9. Nukleární medicína a molekulární zobrazení (Martin Šámal)	58
10. Nukleární kardiologie (Antonín Fikrle)	62
10.1 Perfuzní scintigrafie myokardu	62
10.1.1 Princip	62
10.1.2 Radiofarmaka	62
10.1.3 Vyšetřovací protokoly	63
10.1.4 Způsob provedení zátěže	63
10.1.5 Příprava nemocného na vyšetření	64
10.1.6 Scintigrafický záznam	64
10.1.7 Interpretace scintigrafického záznamu	64
10.1.8 Klinická aplikace perfuzní scintigrafie myokardu	66
10.1.9 Závěr	68
10.2 Metabolismus myokardu	69
10.2.1 Princip	69
10.2.2 Viabilita myokardu	69
10.2.3 Mastné kyseliny	70
10.2.4 Závěr	70
10.3 Inervace myokardu	70
10.3.1 Princip	70
10.3.2 Radiofarmaka	70
10.3.3 Klinická aplikace neurotransmisního zobrazení	70
10.3.4 Závěr	71
10.4 Nekróza myokardu	71
10.4.1 Princip	71
10.4.2 Radiofarmaka	71
10.4.3 Závěr	72
10.5 Posouzení funkce srdce jako pumpy	72
10.5.1 Rovnovážná hradlovaná ventrikulografie	72
10.5.2 Prvoprůtoková angiokardiografie	73
10.6 Nové směry rozvoje nukleární kardiologie	73
10.6.1 Klasický patofyziologický princip	73
10.6.2 Molekulární zobrazení	73

11. Vyšetření cévního řečiště (<i>Antonín Fikrle</i>)	74
11.1 Diagnostika žilní trombózy	74
11.1.1 Radionuklidová flebografie	74
11.1.2 „Blood-pool“ scintigrafie žilního systému	74
11.1.3 Metody využívající přímé detekce trombu	74
11.2 Vyšetření arteriálního systému	75
11.2.1 Radiofarmaka s radioaktivními částicemi	75
11.2.2 Radiofarmaka bez radioaktivních částic	75
12. Radionuklidová diagnostika v pneumologii (<i>Karel Kupka, Jozef Kubinyi</i>)	77
12.1 Ventilační plicní scintigrafie	77
12.1.1 Radiofarmaka	77
12.1.2 Dynamická ventilační plicní scintigrafie	78
12.1.3 Statická ventilační scintigrafie plic – ^{81m} Kr	78
12.1.4 Statická ventilační scintigrafie plic aerosolová	78
12.1.5 Hlavní indikace	79
12.2 Perfuzní plicní scintigrafie	79
12.2.1 Radiofarmaka	79
12.2.2 Provedení	79
12.2.3 Interpretace	79
12.2.4 Hlavní indikace	80
12.3 Klinické aspekty	80
12.3.1 Vaskulární plicní nemoci	80
12.3.2 Plicní konsolidace	81
12.3.3 Obstruktivní onemocnění	81
12.3.4 Restriktivní procesy	82
12.3.5 Pleurální výpotek	82
12.3.6 Bronchogenní karcinom	82
12.4 Vyšetření plicní permeability	82
12.5 Vyšetření mukociliární clearance	82
12.6 Diagnostika nitrohruďní infekce	83
12.7 Diagnostika nitrohruďní malignity	83
13. Nukleární neurologie (<i>Karel Kupka</i>)	84
13.1 Průtok krve mozkem	84
13.1.1 Fyziologické a patofyziologické poznámky	84
13.1.2 Kvantifikace parametrů průtoku krve mozkem (CBF, rCBF)	84
13.1.3 Vyšetření mozkového krevního objemu (CBV)	85
13.1.4 Vyšetření regionálního průtoku krve mozkem (rCBF) pomocí SPECT	85
13.2 Metabolické studie	88
13.2.1 Vyšetření regionální utilizace kyslíku v mozku pomocí PET	88
13.2.2 Vyšetření regionálního metabolismu glukózy pomocí PET	88
13.2.3 Vyšetření regionálních změn distribuce aminokyselin pomocí PET	89
13.2.4 Vyšetření regionálních změn distribuce aminokyselin metodou SPECT	89
13.3 Metody nukleární medicíny v diagnostice mozkových nádorů	89
13.4 Průkaz ložiskového narušení hematoencefalické bariéry	89
13.5 Receptorová diagnostika	90
13.5.1 Fyziologie, patofyziologie	90
13.5.2 Nejdůležitější receptorové systémy CNS	90
13.6 Scintigrafie likvorových prostorů (<i>Jozef Kubinyi</i>)	93
13.6.1 Fyziologie	93
13.6.2 Radionuklidová cisternografie	94
14. Diagnostika chorob zažívacího ústrojí (<i>Petr Dvořák, Jiří Prášek</i>)	96
14.1 Vyšetření slinných žláz	96
14.2 Vyšetření transportu potravy jícnem	96
14.3 Vyšetření evakuace žaludku	98
14.4 Detekce přítomnosti <i>Helicobacter pylori</i> v žaludeční sliznici	98
14.5 Diagnostika tenkého střeva	98
14.5.1 Scintigrafie tenkého střeva	98

14.5.2	Vyšetření permeability tenkého střeva	99
14.5.3	Vyšetření resorpce látek v tenkém střevě	99
14.6	Diagnostika tlustého střeva	100
14.6.1	Scintigrafie tlustého střeva	100
14.7	Lokalizace místa krvácení v GIT	100
14.8	Průkaz ektopické žaludeční sliznice Meckelova divertiklu	100
14.9	Stanovení ztrát bílkovin stěvnou	101
14.10	Diagnostika zánětů břišní dutiny	101
14.11	Diagnostika onemocnění jater a žlučových cest	101
14.11.1	Statická scintigrafie jater	102
14.11.2	Cholescintigrafie (dynamická scintigrafie jater a žlučových cest)	102
14.12	Diagnostika gastroenteropancreatických nádorů a karcinoidu pomocí pentetreotidové scintigrafie	105
15.	Nukleární nefrologie (Pavel Koranda)	106
15.1	Patofyziologie	106
15.2	Radiofarmaka	106
15.3	Měření celkové funkce ledvin stanovením clearance radiofarmak s odběry krevních vzorků	107
15.4	Scintigrafická vyšetření ledvin	107
15.4.1	Příprava pacientů ke scintigrafickým vyšetřením	107
15.4.2	Dynamická scintigrafie ledvina její modifikace	108
15.4.3	Statická scintigrafie ledvin	111
15.4.4	Přímá radionuklidová cystografie	112
15.4.5	Nepřímá radionuklidová cystografie	113
15.5	Přehled nejvýznamnějších klinických aplikací nukleárně medicínských nefrourologických vyšetření	113
16.	Scintigrafie varlat a skrota (Eva Hoffmannová)	114
17.	Scintigrafie skeletu (Isabela Makaiová)	116
17.1	Fyziologické a patofyziologické poznámky	116
17.2	Princip metody	116
17.3	Radiofarmaka	116
17.4	Technika vyšetření	117
17.4.1	Příprava pacienta	117
17.4.2	Vlastní vyšetření	117
17.5	Interpretace scintigrafie skeletu	117
17.5.2	Extraosseální záchyt radiofarmak	119
17.5.3	Zdroje chyb při scintigrafii skeletu	119
17.5.4	Indikace scintigrafie skeletu	119
17.6	Scintigrafické obrazy u některých chorobných stavů	119
17.6.1	Nádorové postižení skeletu	119
17.6.2	Nenádorová onemocnění kostního systému	121
17.7	Vztah scintigrafie skeletu k jiným vyšetřovacím metodám	123
18.	Scintigrafie sleziny a kostní dřevě (Otakar Kraft, Jarmila Pradáčová)	125
18.1	Scintigrafie sleziny	125
18.2	Vyšetření distribuce kostní dřevě	126
18.2.1	Hlavní indikace a klinická interpretace	128
19.	Zobrazení lymfatického systému (Hana Křížová)	129
19.1	Fyziologické a patofyziologické poznámky	129
19.2	Lymfoscintigrafie	129
19.3.1	Indikace lymfoscintigrafie	130
20.	Radionuklidová diagnostika v hematologii (Otakar Kraft)	131
20.1	Měření objemu erytrocytární masy a plazmy	131
20.2	Stanovení přežívání erytrocytů a místa jejich zvýšené destrukce	132
20.3	Stanovení místa zvýšené destrukce erytrocytů	133
20.4	Přežívání trombocytů a určení místa jejich destrukce	133
20.5	Vyšetření kinetiky železa	134
20.6	Vyšetření stěvné resorpce vitamínu B ₁₂	135

21. Lokalizační diagnostika zánětu (<i>Otto Lang</i>)	136
21.1 Patofyziologické poznámky	136
21.2 Radiofarmaka	136
21.3 Možnosti zobrazení	136
21.4 Nejčastěji užívané metody	137
21.4.1 Scintigrafie značenými leukocyty	137
21.4.2 Galliová scintigrafie	137
21.4.3 FDG-PET	138
21.4.4 Antigranulocytární protilátky značené pomocí radionuklidů	138
21.4.5 ^{99m} Tc značené nanokoloidy	139
21.4.6 Lidský nespecifický imunoglobulin značený pomocí radionuklidů	139
21.4.7 Značená chemoterapeutika	139
21.4.8 Radiofarmaka používaná v experimentech	139
21.5 Základní klinické pohledy	139
21.5.1 Lokalizační známky přítomny	139
21.5.2 Lokalizační známky nepřítomny	139
21.6 Závěr	139
22. Nukleární medicína a endokrinologie (<i>Petr Vlček</i>)	140
22.1 Vyšetření hypotalamo-hypofyzárního systému	140
22.2 Vyšetření štítné žlázy	140
22.2.1 Fyziologie	140
22.2.2 Diagnostika	141
22.2.3 Morfologické hodnocení štítné žlázy	142
22.3 Vyšetření přštítných tělísek	144
22.3.1 Fyziologie a patofyziologie	144
22.3.2 Vyšetření	145
22.4 Vyšetření nadledvin	146
22.4.1 Kúra nadledvin	146
22.4.2 Dřeň nadledvin	146
22.5 Neuroendokrinní nádory	147
22.5.1 Fyziologie a patofyziologie	147
22.5.2 Lokalizační diagnostika	147
22.6 Diabetes mellitus	147
23. Onkologická diagnostika (<i>Jaroslav Vižda, Otakar Bělohávek</i>)	149
23.1 Zobrazovací diagnostika	149
23.1.1 Zobrazení nádoru jako defektu funkční tkáně	149
23.1.2 Scintigrafie metabolické aktivity nádorů	150
23.1.3 Scintigrafie radiofarmaky s nespecifickou vazbou na nádory	152
23.1.4 Zobrazení peptidových receptorů nádorů	153
23.1.5 Imunoscintigrafie	154
23.1.6 Monitorování funkce orgánů během a po onkologické léčbě	154
23.1.7 Perspektivy onkologické diagnostiky metodami nukleární medicíny	155
23.2 Nádorové markery (<i>Karel Kupka</i>)	155
23.2.1 Humorální nádorové markery	155
23.2.2 Celulární nádorové markery	157
24. Imunoanalytické metody (<i>Václav Vrána</i>)	158
24.1 Rozdělení imunoanalytických metod	158
24.1.1 Kompetitivní metody	158
24.1.2 Nekompetitivní metody	158
24.1.3 Rozdělení metod podle způsobů značení antigenů nebo protilátek	159
24.1.4 Porovnání jednotlivých imunoanalytických metod	159
24.1.5 Příklady běžně stanovovaných látek imunoanalytickými metodami	160
25. Úloha nukleární medicíny v diagnostice náhlých život ohrožujících stavů (<i>Jan Záhlava</i>)	161
25.1 Kardiovaskulární systém	161
25.1.1 Diagnostika plicní embolizace	161
25.1.2 Diagnostika akutního infarktu myokardu	162

25.2	Urogenitální systém	162
25.2.1	Diagnostika akutních cévních chorob ledvin	162
25.2.2	Diagnostika torze varlete	162
25.3	Gastrointestinální systém	163
25.3.1	Diagnostika akutního krvácení do zažívacího traktu	163
25.3.2	Diagnostika akutní apendicitidy	163
25.4	Hepatobiliární systém	164
25.4.1	Diagnostika úniku žluče	164
25.4.2	Diagnostika akutní cholecystitidy	164
25.4.3	Diagnostika atrézie žlučových cest	165
25.5	Centrální nervový systém	165
25.5.1	Diagnostika akutních cévních onemocnění mozku	165
25.5.2	Diagnostika poranění mozku	165
25.6	Muskuloskeletální systém	166
25.6.1	Diagnostika akutní hematogenní osteomyelitidy	166
25.6.2	Diagnostika fraktur	166
25.6.3	Diagnostika syndromu týraného dítěte	166
25.7	Transplantační medicína	166
25.7.1	Diagnostika mozkové smrti	166
25.8	Závěr	167
26.	Radionuklidová vyšetření v dětství a ve stáří (Petr Dvořák, Hana Jiskrová)	168
26.1	Zvláštnosti při vyšetření dítěte	168
26.2	Zvláštnosti při vyšetření nemocných pokročilého věku	170
27.	Terapie otevřenými zářiči (Hana Křížová)	171
27.1	Léčba onemocnění štítné žlázy	171
27.1.1	Léčba maligních nádorů štítné žlázy	171
27.1.2	Léčba benigních onemocnění štítné žlázy pomocí ¹³¹ I	172
27.2	Paliativní léčba kostních metastáz	173
27.3	Radionuklidová synovectomie – synoviortéza	174
27.4	¹³¹ I-MIBG terapie	175
27.5	Radioimunoterapie	175
27.6	Terapie pomocí ¹¹¹ In-pentetreotidu a ⁹⁰ Y-pentetreotidu	175
27.7	Intraarteriální aplikace	175
	Slovníček základních pojmů (Daniela Kotalová, Marek Moša, Olga Nováková, Martin Šámal, Václav Vrána)	176
	Doporučená a použitá literatura	184
	Internetové odkazy	186

PŘÍLOHY (Jan Urbánek, Karel Kupka, Jozef Kubinyi, Václav Hušák)

Tabulka A:	Nejdůležitější rutinně dostupná nukleární medicínská vyšetření (mimo PET)	II–VIII
Tabulka B:	Optimální kombinace jednotlivých humorálních nádorových markerů	IX
Tabulka C:	Referenční hodnoty a indikace některých in vitro vyšetření	X–XI
Tabulka D:	Referenční hodnoty in vivo vyšetření	XII
Tabulka E:	Vyšetření rozdělená podle typické efektivní dávky do tříd	XIII
Tabulka F:	Tkáňové váhové faktory, vliv ionizujícího záření, limity ozáření	XIV