

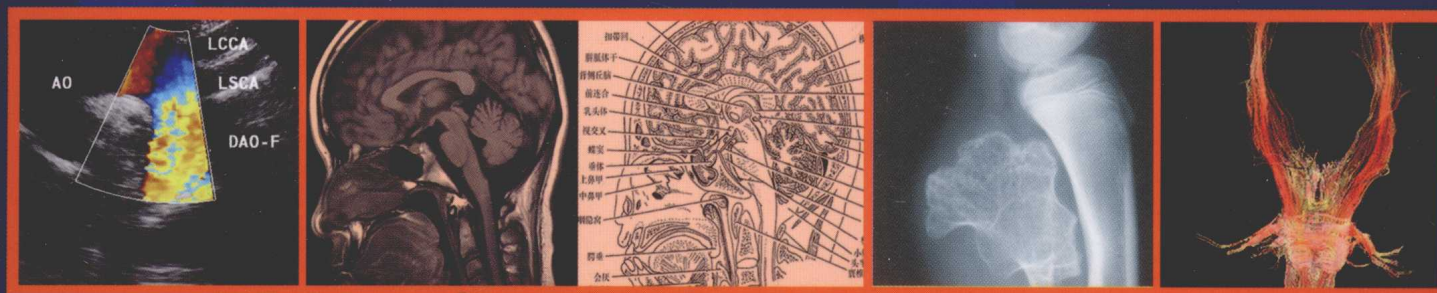


卫生部“十一五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等学校教材 | 供医学影像学专业用

影像核医学

第2版



主 编 黄 钢
副主编 左书耀 陈 跃



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

卫生部“十一五”规划教材
全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等学校教材
供医学影像学专业用

影 像 核 医 学

第 2 版

主 编 黄 钢

副主编 左书耀 陈 跃

编 委 (以姓氏笔画为序)

王全师 (广东南方医科大学)	陈 跃 (重庆泸州医学院)
左书耀 (青岛大学医学院)	金龙云 (牡丹江医学院)
刘建军 (上海交通大学医学院)	胡 平 (中山大学医学院)
孙俊杰 (安徽蚌埠医学院)	袁耿彪 (重庆医科大学)
李 龙 (江苏大学医学院)	高 硕 (天津医科大学)
李亚明 (中国医科大学)	黄 钢 (上海交通大学医学院)
李殿富 (南京医科大学)	崔亚利 (哈尔滨医科大学)
张延军 (大连医科大学)	游金辉 (四川川北医学院)

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

影像核医学/黄钢主编. —2 版. —北京: 人民卫生出版社, 2010. 8

ISBN 978-7-117-13112-4

I. ①影… II. ①黄… III. ①影像科-原子医学-医学院校-教材 IV. ①R814.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 105794 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

本书本印次封底贴有防伪标。请注意识别。

影像核医学

第 2 版

主 编: 黄 钢

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京汇林印务有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 889 × 1194 1/16 印张: 18

字 数: 558 千字

版 次: 2005 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 2 版第 5 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-13112-4/R · 13113

定价 (含光盘): 58.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

全国高等学校医学影像学专业规划教材

第三轮修订说明

随着医学影像学的飞速发展,对医学影像学高等教育教学内容和体系的改革提出了更高的要求,为了满足学科发展和教学需要,我们在进行多次调查研究、分析论证的基础上,并经全国高等医药教材建设研究会和卫生部教材办公室审议同意,决定从2009年开始启动医学影像学专业规划教材第三轮的修订工作。此次修订仍以《中国医学教育改革和发展纲要》为指导思想,强调三基(基础理论、基本知识和基本技能)、五性(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性)原则,紧扣医学影像学专业培养目标,密切结合专业发展特点,按照医学影像学教学改革的要求,重新修订了原有的9种教材,同时新增《医学超声影像学》教材。本套教材共10种,各自成册又互成系统。修订后的教材将满足培养医学影像学专业高级人才的要求。

第三轮教材目录

- | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|
| 1. 人体断面与影像解剖学(第3版) | 主 编 | 王振宇 | 徐文坚 |
| | 副主编 | 段菊如 | 付升旗 |
| 2. 医学影像物理学(第3版) | 主 编 | 吉 强 | 洪 洋 |
| | 副主编 | 周志尊 | 甘 平 |
| 3. 医学电子学基础(第3版) | 主 编 | 陈仲本 | |
| | 副主编 | 鲁 雯 | 柴 英 |
| 4. 医学影像设备学(第3版) | 主 编 | 徐 跃 | 梁碧玲 |
| | 副主编 | 赵 强 | 李 彪 |
| 5. 医学影像检查技术学(第3版) | 主 编 | 张云亭 | 于兹喜 |
| | 副主编 | 郑可国 | 余建明 |
| 6. 医学影像诊断学(第3版) | 主 编 | 白人驹 | 张雪林 |
| | 副主编 | 孟俊非 | 李健丁 |
| | | 徐 克 | 龚洪翰 |
| 7. 介入放射学(第3版) | 主 编 | 郭启勇 | |
| | 副主编 | 申宝忠 | 滕皋军 |
| 8. 影像核医学(第2版) | 主 编 | 黄 钢 | |
| | 副主编 | 左书耀 | 陈 跃 |
| 9. 肿瘤放射治疗学(第2版) | 主 编 | 徐向英 | 曲雅勤 |
| | 副主编 | 李国文 | 伍 钢 |
| 10. 医学超声影像学 | 主 编 | 姜玉新 | 王志刚 |
| | 副主编 | 胡 兵 | 周晓东 |

前 言

《影像核医学》一书是为了适应 21 世纪影像医学专业教学建设的需要,根据卫生部全国高等医学院校规划教材编写指导思想和基本要求,以高等医学院校影像专业本科五年制学生为主要教学对象,在坚持“三基”(理论、知识、技能);“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性和适用性),“三特定”(对象、要求和限制)原则的基础上,力求淡化学科界限,强化大影像概念,做到系统、完整、先进、科学的统一,以满足 21 世纪医学影像教学及临床需要,力求培养具有适应现代医学发展与影像医学快速进步的影像学医师。

全书内容共分为十三章,主要内容包括影像核医学基础和临床应用两部分。临床应用部分根据需要尽可能体现循证医学及大影像的理念。前三章主要介绍了与影像核医学相关的物理概念、仪器设备、示踪剂和辐射防护、未来影像核医学在分子医学时代的应用发展前景与价值等。通过简要介绍,使学生初步了解和领会影像核医学所涉及的成像原理及基本技术,对影像核医学所涉及的基础内容和进展性工作有一定的认识;后十章主要是影像核医学临床部分,包括神经、内分泌、心脏、肿瘤等各个脏器显像及主要的核素治疗,重点强调基本原理和图像分析要点,通过对各种典型影像的特征与规律的分析,使学生能较为明确地掌握影像核医学在疾病诊断中的作用、特点及适用范围,并通过与各种影像学的比较,客观理解核医学的优势与价值。根据近年来核医学的发展需要及征求第一版使用的反馈意见,本书修订的内容较多,并将试图在以下几方面做出探索:①按照卫生部统编教材编写原则与要求,突出影像医学专业特点,并系统引入分子影像、大影像及循证影像的概念。②编写内容力求图文并茂,图表直观,图表约占全书内容的 35%,体现影像核医学的特点,提高可读性。③编写时在保持整个影像医学整体风格的延续性与关联性中,适时彰显核医学在功能、代谢、受体与基因显像中的独特优势及其与其他影像技术的互补互融,力求推动学科间相互认识并合作提升,培养学生综合掌握影像医学知识、客观理解各种影像的优势,将循证医学理论灵活运用于临床提升影像医学各项技术在临床中的价值。④在突出分子影像等先进性的同时,强调教科书的完整性与系统性。对影像核医学的重要发展独立成章,便于学生重点掌握影像核医学的发展趋势。⑤补充了核素治疗章,力求体现核医学的完整性,并体现核医学影像与治疗的有机联系与密不可分的价值。

虽然影像核医学发展历程较短,但发展速度很快,其优势是通过高灵敏显像实时动态监测活体的生理与生化过程及分子生物学表现,并引入了分子医学及分子生物学的最新研究成果,有效揭示机体从微观基因结构与功能改变到宏观疾病的发生发展过程与相互关系。在设备进展中,PET/CT、SPECT/CT 等影像融合设备相继问世,使核医学影像进入一个新的发展阶段,为现代分子医学研究提供了最为先进可靠的手段和方法,对临床医学的发展具有不可替代的贡献。因此本书在修订时,力求通过体现现代科技与分子医学最新成果及其在临床医学中的应用,使学生在掌握影像核医学基础知识、基础理论及基本技能基础上,对现代分子医学的发展前沿亦有一定的了解,期望能启迪学生思维与吸引学生对新科技的关注。虽然本书的主要使用对象是医学影像专业五年制本科学生,但因本书所具有的特点与内容的先进性,因此也可以作为核医学研究生入学考试和职业医师考试的重要参考书。

为集思广益并体现 21 世纪影像核医学的新进展,同时兼顾我国影像核医学发展的现状与水平,卫生

部教材办公室根据参编人遴选标准及专家推荐意见,组织了由国内 10 余所医学院校具有较丰富临床教学和实践经验的专家教授参与本书编写。在编写过程中,参编专家严谨务实辛勤编著,彼此支持,相互合作。在完成初稿后又进行了集体互审,再返回编者修改完善,随后由主编及几位编者全面统筹调整并再次修改补充。参加本书编写的所有人员有一个共同心愿,就是齐心协力精诚合作、严肃认真群策群力,力求做到系统、完整、先进、科学的统一,以满足 21 世纪医学影像教学及临床需要。编写过程中,还得到各参编单位的大力支持和帮助。在此,我们谨向所有直接或间接支持、关心、指导本书编写与出版的领导、专家和同仁们致以最衷心的感谢。

限于作者的水平及时间,本书难免存在一些不足之处,恳请各医学院校的教师、同学、临床医师和读者给予斧正,在此先致谢意。

编 者

2010 年 3 月

目 录

绪论	1
一、影像核医学的定义	1
二、影像核医学的特点	1
三、影像核医学的组成和发展	2
四、我国影像核医学的发展现状	3
第一章 核医学影像基础与设备	4
第一节 核物理基础	4
一、基本概念	4
二、核衰变	5
三、辐射剂量及其单位	6
第二节 核医学仪器基础	7
一、射线与物质的相互作用	7
二、 γ 闪烁探测器	9
三、常用核医学仪器	11
第三节 单光子发射型计算机断层显像	12
一、SPECT 成像的基本原理	12
二、SPECT 的基本结构	12
三、SPECT 的图像采集	14
四、图像重建	15
第四节 正电子发射计算机断层显像	16
一、PET 的成像原理	16
二、PET 的结构	17
三、PET 图像采集	17
四、图像重建	18
五、图像融合	19
第五节 质量控制原理与方法	19
一、SPECT(SPECT/CT)的质量控制	19
二、PET(PET/CT)的质量控制	20
第二章 放射性药品及显像原理	22
第一节 放射性药品及质量控制	22
一、放射性药品的定义	22
二、放射性药品的分类	22
三、放射性核素的来源	23

四、放射性药品的制备	25
五、放射性药品的质量控制和质量检验	26
六、放射性药品的使用原则	28
第二节 核医学显像的基本原理	28
一、核医学显像的基本原理	28
二、核医学显像的特点	30
三、核医学显像的类型	30
四、核医学显像的基本方法	32
第三节 核医学显像诊断效能评价	33
一、核医学显像诊断效能评价的概念	33
二、评价核医学显像诊断效能的常用统计学方法	33
三、核医学显像诊断结果可靠性评价	36
第四节 放射性药物的研究进展	36
一、放射性核素显像剂	36
二、放射性核素治疗药物	37
第三章 现代核医学成像技术进展	39
第一节 基因显像	39
一、酶报告基因显像	40
二、受体报告基因显像	40
三、转运体报告基因显像	40
第二节 受体显像	41
一、多肽介导的受体显像	41
二、类固醇激素介导的受体显像	44
三、小分子受体显像	45
第三节 其他显像	46
一、凋亡显像	46
二、乏氧显像	47
三、血管生成显像	48
第四章 肿瘤和炎症显像	50
第一节 概述	50
一、肿瘤阴性显像	50
二、肿瘤阳性显像	50
三、炎症显像	50
第二节 肿瘤正电子显像	50
一、显像剂及显像原理	51
二、操作方法	53
三、图像分析	56
四、PET/CT 显像在肿瘤诊断中的应用	58
第三节 亲肿瘤显像	90
一、 ^{67}Ga 显像	90
二、 ^{201}Tl 显像	91
三、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -吡哆醛-5-甲基色氨酸显像	92

四、 ^{99m}Tc (V)-DMSA 显像	92
五、 ^{99m}Tc -MIBI 显像	93
第四节 特异性肿瘤显像	93
一、肿瘤放射免疫显像	93
二、肿瘤受体显像	94
第五节 炎症显像	95
一、 ^{67}Ga 炎症显像	95
二、标记白细胞显像	96
第五章 骨与关节系统显像	98
第一节 概述	98
第二节 骨、关节显像原理和方法	98
一、骨显像	98
二、关节显像	100
第三节 影像分析	100
一、正常影像	100
二、异常图像	101
第四节 临床应用	104
一、转移性骨肿瘤	104
二、原发性骨肿瘤	106
三、骨显像在良性骨病方面的应用	108
四、骨关节显像在骨关节疾病中的应用	111
第六章 心血管系统显像	113
第一节 概述	113
第二节 核素心肌灌注显像	113
一、基本原理	113
二、显像剂	114
三、负荷试验	115
四、显像方法	117
五、图像分析	120
六、临床应用	127
七、核素心肌灌注显像与冠脉造影的比较	130
第三节 存活心肌检测	132
一、原理	132
二、检查方法与结果判断	133
第四节 核素心室造影	136
一、首次通过法	136
二、平衡法	137
三、临床应用	140
第七章 内分泌系统显像	142
第一节 概述	142
一、甲状腺	142

二、甲状旁腺	142
三、肾上腺	142
第二节 甲状腺功能测定	143
一、甲状腺 ¹³¹ I摄取试验	143
二、甲状腺激素抑制试验	143
三、过氯酸钾释放试验	144
四、临床应用	144
第三节 甲状腺显像	145
一、甲状腺显像	145
二、临床应用	147
三、与其他影像比较	153
第四节 甲状旁腺显像	153
一、原理及显像剂	153
二、操作方法	153
三、影像分析	154
四、临床应用	155
第五节 肾上腺显像	156
一、肾上腺皮质显像	156
二、临床应用	158
三、肾上腺髓质显像	158
第八章 神经系统显像	163
第一节 概述	163
一、脑解剖与生理功能	163
二、核素脑显像简介	164
第二节 脑血流灌注显像	164
一、原理和方法	164
二、操作方法	165
三、图像分析判断	166
四、临床应用	166
第三节 脑代谢显像	168
一、原理和方法	168
二、图像分析判断	169
三、临床应用	170
第四节 脑受体显像	175
一、多巴胺显像	176
二、 γ 氨基丁酸/苯二氮草受体显像	178
三、生长抑素受体显像	179
四、乙酰胆碱受体显像	179
第九章 呼吸系统显像	180
第一节 概述	180
第二节 肺灌注显像	180
一、显像原理及显像剂	180

二、操作方法	181
三、影像分析	181
四、临床应用	183
第三节 肺通气和吸入显像	186
一、显像原理及显像剂	186
二、操作方法	187
三、影像分析	188
四、临床应用	188
第四节 下肢深静脉显像	191
一、显像原理及显像剂	191
二、操作方法	191
三、影像分析	191
四、临床应用	191
五、与相关影像学比较	191
第十章 消化系统显像	193
第一节 概述	193
第二节 肝胆显像	193
一、肝胆动态显像	193
二、肝动脉灌注与肝血池显像	199
三、肝胶体显像	204
第三节 消化道出血显像	206
一、胃肠道出血显像	206
二、异位胃黏膜显像	207
第四节 消化道动力显像	208
一、食管通过显像	209
二、胃排空功能测定	210
三、胃食管反流显像	212
四、十二指肠胃反流显像	213
五、小肠通过功能测定	214
第五节 唾液腺显像与 $^{14}/^{13}\text{C}$ -尿素呼气试验	214
一、唾液腺显像	214
二、 $^{14}/^{13}\text{C}$ -尿素呼气试验	217
第十一章 泌尿生殖系统显像	218
第一节 概述	218
第二节 肾图检查	219
一、原理	219
二、操作方法	219
三、图型分析	220
四、肾图检查的优缺点	221
第三节 肾动态显像	222
一、显像原理与显像剂	222
二、操作方法	222

三、正常图像	224
四、异常图像	225
五、临床应用	226
第四节 肾静态显像	232
一、原理与显像剂	232
二、操作方法	232
三、正常图像	232
四、异常图像	233
五、临床应用	233
第五节 膀胱反流显像	234
一、原理	234
二、操作方法	234
三、结果分析	235
四、临床应用	235
第六节 阴囊显像	235
一、原理	235
二、操作方法	235
三、影像分析及临床应用	236
第十二章 血液和淋巴系统显像	237
第一节 概述	237
第二节 骨髓显像	237
一、显像原理	237
二、显像剂	237
三、显像方法	238
四、图像分析	238
五、临床应用	240
第三节 淋巴系统显像	241
一、显像原理	241
二、显像剂	242
三、显像方法	242
四、图像分析	243
五、临床应用	244
第四节 前哨淋巴结显像	245
一、原理	245
二、显像剂	245
三、显像方法	245
四、临床应用	246
第十三章 放射性核素治疗	247
第一节 概述	247
一、利用器官或组织的特异性摄取机制治疗	247
二、组织种植治疗	247
三、靶向治疗	248

四、敷贴治疗	248
五、其他	248
第二节 甲状腺疾病的放射性 ¹³¹ I治疗	248
一、放射性核素 ¹³¹ I治疗甲状腺功能亢进症	248
二、放射性核素 ¹³¹ I治疗分化型甲状腺癌	251
第三节 转移性骨肿瘤的放射性核素治疗	252
第四节 放射性粒子组织间近距离治疗肿瘤	254
第五节 ¹³¹ I-MIBG治疗肾上腺素能肿瘤	258
第六节 β 射线敷贴治疗	259
参考文献	262
中英文名词索引	264
英中文名词索引	268

绪 论

近 30 年来,随着电子学与计算机技术的迅猛发展,医学影像学已形成了以 X-CT、MRI、影像核医学和超声影像等先进影像技术为主干的综合性临床学科。而影像核医学作为其中极为重要的组成部分,能够灵敏而准确地显示和分析机体脏器的功能、代谢、血流、受体密度和基因的分布和动态过程,在机体病理生理变化的检测中具有独特的作用,为全面揭示机体从分子结构与功能的改变到临床疾病的早期诊断、病程与疗效的客观评价及预后与转归的准确判断,提供了准确量化的科学依据。

一、影像核医学的定义

影像核医学是一门研究利用放射性核素示踪技术进行医学成像诊断疾病,并探索其机制与相关技术理论的医学学科,是现代分子医学研究的一个重要的可视化工具,是临床核医学的一个重要组成部分。

二、影像核医学的特点

影像核医学又称为放射性核素显像,其基本原理是将具有放射性核素标记的示踪剂引入体内,通过成像设备在体外对放射性核素发射的 γ 射线进行采集和处理后获得图像。由于可选择不同作用机制的放射性核素示踪剂,不仅能显示脏器和病变的位置、形态、大小,更重要的是同时提供有关脏器和病变部位的血流、功能、代谢和受体等方面的信息,可达到分子水平的诊断。其主要特点包括以下四方面。

(一) 功能性显像

与 CT、MR 及超声成像主要反映组织密度的差别不同,核素显像主要反映放射性核素示踪剂在体内脏器组织的分布与浓度的变化及异常,器官或组织及病灶的放射性浓集状况不仅与细胞的功能有关,也与血流量、细胞数量、代谢率及排泄状况有关。因此,核素显像不仅显示器官的形态、位置、大小及放射性分布,更重要的是提供有关脏器和病灶的功能、血流和代谢情况,故有功能显像之称。

(二) 分子显像

放射性核素示踪剂不仅可以标记一般化合物,也可以通过对正常机体所具有的分子物质如葡萄糖、蛋白质、多肽等进行标记,不仅反映局部血流、细胞功能和放射性浓集的改变,而且反映组织细胞内分子与基因水平的改变,从分子水平的角度解释图像和诊断病变。如受体显像、基因显像等,这些在其他影像技术中目前仍难以实现。

(三) 动态显像

核医学影像可通过连续采集获得显像剂在体内随时间动态变化的图像。这些图像可以提供不同时间的信息,还能以电影形式显示靶器官的活动情况。由于引入了时间-放射活性曲线的概念,非常适用于脏器功能的判断。

(四) 定量分析

核医学显像可通过计算机处理获得一些局部定量或半定量参数。这些参数能客观地评价病灶部位的放射性变化,并获得病灶组织的量化信息,更为精确的分析病变性质。如脑葡萄糖摄取率、标准化摄取值

(standardized uptake value, SUV)、放射性受体密度等等。这也是核医学显像的独特优势。

三、影像核医学的组成和发展

影像核医学是研究利用放射性核素示踪技术进行医学成像诊断疾病并探索其机制与相关技术理论的医学学科,是现代分子医学研究的一个重要的可视化工具,是临床核医学的一个重要组成部分。影像核医学主要包括核医学显像设备、放射性显像剂及临床应用等几个部分,随着影像核医学技术及影像融合技术、计算机技术等相关技术的发展,融合影像技术已经逐步成为影像核医学必不可少的部分。

1951年 Benedict Cassen 等应用闪烁探测器获得人体第一张甲状腺扫描图,象征着影像核医学的开始。1952年 Newell 等人发明了聚焦准直器,与此同时,碘化钠晶体开始应用于扫描机,单道脉冲分析器等电子学线路也被采用,扫描机在临床被逐渐推广应用。1958年 Hal Anger γ 照相机问世,推动了影像核医学技术出现革命性进步,使简单的静态显像进入到动态影像研究与诊断中。1979年 Kuhl 等在长期研究基础上研制出世界上第一台发射型计算机断层显像仪(SPECT),利用该技术可将扫描图像进行三维重建;随后 Tamaki 首次进行了三维门控心血池显像。目前 SPECT 已成为影像核医学最主要的影像设备之一。而随着 2004 年第一台商业化的 SPECT/CT 出现,CT 增加的解剖信息提高了扫描结果的灵敏度和特异性,融合 SPECT/CT 对于单模式显像的增容价值,表明了这个有前途的技术将会在临床实践中担当越来越重要的角色。

20 世纪 70 年代,美国华盛顿大学的几位核技术科学家经过不断设计与改进,研制出第一台用于临床人体正电子成像设备(PET),用于检测正电子核素标记的化合物显像。然而,由于 PET 造价极为昂贵,90 年代前其作为少有的研究设备主要安装在几所大学或研究所,用于神经和精神疾病、心脏疾病与肿瘤等的研究。90 年代以后,随着正电子检测技术与设备不断改进,特别是随着 2001 年 PET/CT 进入商业化以来,正电子影像进入了一个跳跃式的发展阶段。据不完全统计数据,目前全世界 PET/CT 装机数量已达到 2000 余台,2006 年美国的显像人次达到 150 万人次,较 2001 年增加了将近 10 倍。而随着 PET 探测器的进一步改进、TOF 技术对信噪比的进一步改善和快速 CT 技术的进一步融合,PET/CT 探测的灵敏度和分辨率也将得到进一步增强,在分子医学的实践中发挥更大的作用。核医学 PET/CT 的临床应用也从一个临床科学研究的发展阶段进入到一个规范化、循证的发展阶段。而这些应用实践思维的变化也将促进 PET/CT 的进一步可持续、健康发展。

1946 年 12 月 7 日,纽约的 Seidlin, Marinelli 以及 Qshry 在美国医学会杂志上发表了题为“放射性碘治疗:在功能性转移性甲状腺腺瘤中的作用”的经典文章,被认为是核医学诞生的标志。60 年代初随着 ^{99m}Tc 发生器系统首次被研制成功及商品化应用,以及 70 年代初 ^{99m}Tc 标记技术的开发应用,影像核医学在临床广泛应用开始了革命性的变化。80 年代开始应用的 ^{18}F -FDG 更是被誉为“世纪分子”,对心脑血管疾病及肿瘤疾病的临床诊断具有重要价值。目前,这三种核素标记的放射性化合物几乎占领着核医学临床的全部。 ^{99m}Tc -植酸盐、 ^{99m}Tc -DMSA、 ^{99m}Tc -EHIDA、 ^{99m}Tc -MAA、 ^{99m}Tc -MDP 等 ^{99m}Tc 标记的放射性药物至今仍是核医学临床的常规显像剂, ^{99m}Tc 或 ^{111}In 标记的奥曲肽目前已经进入临床,并被认为在内分泌肿瘤的诊断和应用中具有重要价值。 ^{18}F 在正电子药物的标记和应用中更是一枝独秀,除应用最为广泛的 ^{18}F -FDG 外, ^{18}F -FLT、 ^{18}F -DOPA 等均已经进入临床使用。而其他短半衰期核素如 ^{11}C 、 ^{15}N 等正电子核素,由于其衰变时间短,临床推广也一直受到限制。应用 ^{131}I 标记的单克隆抗体治疗在目前也得到迅速发展,Bexxar、Zevalin 两个目前已经通过 FDA 论证并应用于治疗 NHL 的放射性药物已经在临床显示其独特的价值。而随着基因重组技术、纳米技术以及脂质体技术的进展,放射性药物的发展更是日新月异,不断得到发展。利用高通量技术进行靶向药物的筛选,标记放射性核素后进行动物显像、药物分布和动力学实验,验证后再进行临床推广,已经成为放射性药物发展的一个常规途径。

影像核医学的临床应用也随着显像设备及放射性显像剂的开发应用而迅速发展,目前已经涉及全身各大系统,成为全身疾病诊断与鉴别诊断的关键工具,有些都已经成为一个独立的边缘学科,如心脏核医学、肿瘤核医学等。20 世纪 60 年代,核医学影像突出表现在甲状腺扫描,用于评价甲状腺形态与功能状况;70 年代的临床应用已扩展到肝扫描和脑扫描,反映肝脏与脑的功能、肝胆与脑脊液通道与分布等;80

年代骨显像、心功能显像和心肌显像等成为临床核医学的主要项目,90年代随着仪器的发展和显像剂的进步,肿瘤核医学又成为目前临床应用的主要项目之一。而随着 ^{18}F -FDG PET/CT显像研究的深入,美国SNM、ACR也分别出版了 ^{18}F -FDG PET/CT的临床应用指南,联合开展PET/CT医师和技术人员进行的专业培训计划,意在进一步推广和规范PET/CT的临床实践;NCCN以及美国学术研究机构还通过大力促进临床多中心研究、循证研究等方式对PET/CT(主要是 ^{18}F -FDG PET/CT)在核医学肿瘤的临床实践中进行进一步规范和优化。而随着当今现代医学逐步进入分子医学时代,影像核医学以其独特显示功能、代谢、血流、受体分布和基因定位的优势,也逐步向分子影像学方向迅速发展和应用,如心脏核医学中的动脉粥样硬化斑块显像、血栓栓塞显像、神经分布显像及乏氧心肌显像等;肿瘤核医学中的小分子肽类显像、肿瘤药物显像、信号转导通路显像及报告基因与寡核苷酸显像等;神经精神核医学中的脑代谢显像、脑受体显像等等,均处于从基础研究到临床应用当中,有些已在早期诊断、病程与病理机制、疗效与预后转归等方面成功应用于临床,并显示出明确的价值。

四、我国影像核医学的发展现状

我国核医学起源于1956年,近50年来经历了从无到有和从落后到在世界上占有一席之地的历程。目前,我国拥有SPECT 700台,PET/CT约150台,年检查人次约80万。SPECT已经基本装备到县、市一级医院,PET/CT已经分布到除青海、海南外全国各个省市。SPECT/CT、PET/CT已经成为中国核医学临床应用的主流设备。然而,我们也要看到,我国仍属发展中国家,核医学与国外相比有较大的差距,核素显像的临床应用价值还没有被广大的临床医师所接受,从事核医学技术人员的水平更是参差不齐。因此,如何不断提高我国核医学各领域临床工作的水平,努力做到进一步利用我国现有的核医学资源,充分发挥核医学的优势和潜力,提高常规检查项目特别是那些优势项目的诊断水平;主动适应新世纪相关影像设备、技术发展带来的机遇和挑战,使核素显像能够与其他影像诊断技术形成优势互补之势,是核医学新世纪发展所必需面临的重大挑战。

(黄 钢)

第一章

核医学影像基础与设备

核医学影像是通过对引入机体内放射性核素衰变所发射的 γ 射线进行探测和成像的一种影像技术。自1958年Anger首先发明伽马相机(γ camera)并获得核医学图像以来,核医学影像技术和设备已经得到巨大发展。单光子发射断层显像/X线投射断层显像(SPECT/CT)和正电子发射断层显像/X线投射断层显像(PET/CT)等融合影像技术与设备均已经成为临床常规设备,在临床医学实践中具有不可替代的作用。

第一节 核物理基础

一、基本概念

原子是物质结构的基本组成单位。原子主要由位于中心的原子核(nucleus, n)及核外带负电荷的高速旋转电子(electron, e)组成。原子核由带正电荷的质子(proton, p)和不带电荷的中子(neutron, n)组成。按国际统一规定,一般用X代表元素,用A代表原子质量数,用Z代表原子核质子数,用N代表中子数, $A = Z + N$,这一元素可写成 ${}_Z^AX$,通常Z可以省略不写。

1. 元素(element) 凡质子数相同的同一类原子称为一种元素,是组成不同物质的基本单位。同一种元素原子序数相同,具有相同的化学特性;但原子核内的中子数可以不同,因而物理特性可有某些差异。

2. 核素(nuclide) 凡质子数相同,中子数也相同,并处于同一能级状态的原子,称为一种核素。例如, ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$ 分别为三种不同的核素。每种元素可以包括若干种核素,目前已知的核素有2300多种,分别属于100多种元素。核素可分为稳定性核素和放射性核素。

(1) 放射性核素(radionuclide):又称为不稳定性核素。它能够自发地发生核内结构或能级的变化,同时可释放出某种射线而转变为另一种核素。释放的射线又称为放射性(radioactivity)。放射性核素释放的射线主要包括 α 、 β 、 γ 射线等。这些射线与物质的相互作用是核医学技术应用的基础,也是核医学影像设备成像的基础。

(2) 稳定性核素(stable nuclide):它能稳定地存在,不会自发地发生核内结构或能级的变化。在已经发现的2300余种核素中稳定性核素只有297种。

3. 同位素(isotope) 凡属同一种元素的不同核素,它们在元素周期表中处于相同的位置而中子数不同,互称为元素的同位素。例如 ${}^3\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 和 ${}^1\text{H}$ 互为氢的同位素。它们均具有相同的化学性质,但物理学性质各有不同。核医学影像技术即是利用同位素间具有相同化学性质的特性,相互替代后功能特征不受影响,达到示踪作用。

4. 同质异能素(isomer) 原子核内质子数和中子数都相同但能级不同的核素,互称为同质异能素。如 ${}^{99}\text{Tc}$ 和处于激发状态的 ${}^{99\text{m}}\text{Tc}$ 。