

简明核医学
(第二版)

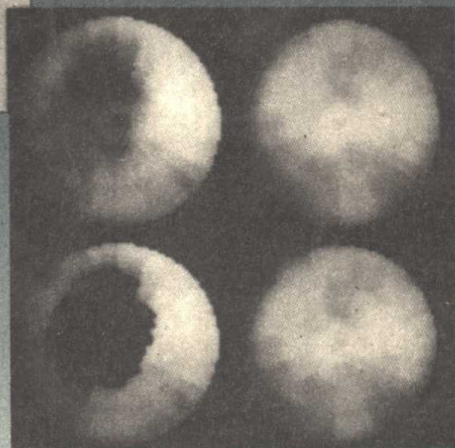
高等医学院校教材

简明核医学

CONCISE NUCLEAR MEDICINE

(第二版)

潘中允 主编



北京医科大学
R81/P7.Y1=2
学联合出版社

北京医科大学 联合出版社
中国协和医科大学

高等医学院校教材
(供基础、临床、预防、口腔、儿科医学类专业用)

简明核医学

(第二版)

主编 潘中允

主编小组 潘中允 林景辉 陈涤明
朱 玫 聂 骏

北京医科大学
中国协和医科大学联合出版社

(京)新登字 147 号

图书在版编目 (CIP) 数据

简明核医学/潘中允主编. —第2版. —北京: 北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1994. 4

ISBN 7-81034-310-6

I. 简…

II. 潘…

III. 原子医学

IV. R81

北京医科大学 联合出版社出版发行
中国协和医科大学

(100083 北京学院路 38 号北京医科大学院内)

怀柔东晓印刷厂印刷 新华书店经销

787×1092 1/16 印张: 12 字数: 285 千字

1994 年 4 月第 2 版 1994 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1—20000 册

定价: 9.70 元

编审委员会名单

(第二版)

北京医科大学	潘中允	河北医学院	高友恭
	林景辉	青岛医学院	罗杏生
	陈涤明	锦州医学院	陈耀华
	朱 玫	浙江医科大学	郁金声
	陈冠英	南京铁道医学院	吴复平
	汪有蕃		刘 璐
	龚曼丽	贵阳医学院	王光先
	聂 骏	新疆医学院	张际隆
上海医科大学	赵惠扬	第四军医大学	邓敬兰
山西医学院	范光灿	昆明医学院	吴光瑛
苏州医学院	何广仁	佳木斯医学院	王殿羽
南京医学院	常国钧	内蒙古医学院	夏玉岭
西安医科大学	孟宪文	吉林医学院	王玉玺

编写审订人员名单

(第一版)

(以编审人员所属院校笔划为序, 注有*号者为编审委员会委员)

山西医学院	范光灿*	北京医科大学	龚曼丽
大连医学院	闵长庚*		杨永珍
上海医科大学	赵惠扬*		赖颖强
上海第二医科大学	朱承谟*		潘中允*
川北医学院	吴成秀		薛彦军
中山医科大学	石 锐*	江西医学院	蔡锡麟*
中国医科大学	罗锡圭*	西安医科大学	刘元庆
	栗维国		孟宪文
	裴著果*	吉林医学院	王玉玺
天津医学院	郑妙蓉*	安徽医科大学	王齐富
石河子医学院	阎保功	苏州医学院	何广仁*
内蒙古医学院	夏玉岭*	青岛医学院	罗杏生*
北京医科大学	王又兰	佳木斯医学院	王殿羽
	王文学	河北医学院	高友恭*
	孔宪胜	延边医学院	金茂雄
	芦春林	昆明医学院	吴光瑛*
	朱 玫*	哈尔滨医科大学	李洪胜
	朱绍莉		高登霄
	汪有蕃*	贵阳医学院	王光先
	陈 刚	南京医学院	常国钧*
	陈 曼	南京铁道医学院	吴复平
	陈冠英*		刘 璐
	陈涤明*	南通医学院	费佳祺
	林景辉*	第四军医大学	邓敬兰*
	饶用清*	浙江医科大学	郁金声*
	贾少微*	锦州医学院	陈耀华
	袁 颖	新疆医学院	张际隆
	符绍莲	潍坊医学院	李广宙

再版前言

本书自 1990 年出版以来被 38 所高等医学院校采用，普遍反映它目标明确、简明扼要、而内容又系统先进，是一本适合于非核医学专业医学生的教材。现根据三年来核医学的发展和试用中教员和学生提出的一些建议，进行修订再版，希望质量能有进一步的提高。

再版的编写指导思想未变，除将放射性核素显像单独成章外，格局无何变动，仅在内容上进行了以下几方面的修订：①增加了核医学发展简史，进一步强调核医学的特点，指出现在已迈入分子核医学 (molecular nuclear medicine) 阶段，对当今和今后医学研究和诊断治疗疾病的重要意义。②增加了局部脑血流断层影像和肺灌注影像解剖定位图示，(也增加了各种体位平面影像和断层影像的方位图示) 以有助于读者阅片。在实习中强调掌握阅片和结果分析的能力。③近几年放射性核素治疗进展较快，尽管一些新方法尚不十分成熟，本版作了简明介绍。④增加了甲状旁腺显像、放射性核素下肢静脉显像、食道和胃的功能显像、放射免疫导向手术、脾显像、膀胱尿返流显像、残留尿量测定、阴囊显像和标记血小板的应用等。这些方法在我国不很常用，但也确有特点。这些增加使本书在反映核医学内容方面更加全面，至于是否讲课，可以灵活安排。⑤在电离辐射生物学效应、放射病和放射防护的名词术语、概念和标准等方面，尽量与 ICRP 第 60 号、61 号出版物和 UNSCEAR 1993 年报告相衔接。⑥改正了原有在表述和文字上的一些失误。

本版编审委员会由 16 个学校的 22 名教员组成，由潘中允、林景辉、陈涤明、朱玫和聂骏组成主编小组，在第一版的基础上进行修订。总论和临床部分，除第三、四、五、十二章主要由林景辉主笔外，全部由潘中允主笔。电离辐射的生物学效应 (第十三章)、放射病的诊断与治疗 (第十四章) 和放射防护 (第十五章) 分别由龚曼丽、汪有蕃和陈冠英主笔。核物理基础也由陈冠英修订。全部图表由陈涤明整理补充，聂骏完成了繁重的抄写工作。

再版工作得到了北京医科大学领导和第一医院核医学科同志们的大力支持。第一医院照相室宋志才和徐健协助摄制图片，新疆医学院茹仙古丽也进行了部分抄写。第一版编审委员会的部分委员因各种原因未进入本版编审委员会工作，但修订工作是在原版良好的基础上进行的，因此也包括着他们的辛勤劳动，在此一并致以衷心的感谢。

限于水平，定有不妥之处，敬请读者批评指正。

潘中允

1993 年 10 月于北京医科大学

第一版 前 言

本书是联合 31 所高等医学院校 56 位多年从事核医学教学的老师，专门为非核医学专业的基础、临床、预防、口腔、儿科等医学生编写的一本简明核医学教材，也可作为非核医学专业的各科医生继续教育和实际工作中的教材和参考书。

核医学是一门独立的临床学科，有其自身的理论、方法和应用范围。对于非核医学专业的医学生和一般医生来说，主要是要在一般了解核医学的原理和特点的基础上，具体掌握其主要方法的诊治要点，以便在临床实际工作中加以正确利用。故本书只用两章简要地开门见山地介绍核医学的原理和特点，而用第 3 至 11 章的主要篇幅系统而简明地介绍诊治方法的适应症、诊治要点和应用价值。对一般医生来讲，不需要亲自去实施核医学的各种诊断治疗技术，因此本书未包括核医学的基础方法学、各种诊治方法的具体技术细节和详尽的诊治知识，与核医学专业书有所不同。

以有实用价值为标准，选择了 54 种诊断方法和 6 种治疗方法加以介绍，既有普及的也有高精的，其中大多数具有独特和重要的临床价值。有少数几种方法与 XCT、MRI 或超声相比已有逊色，但对尚无 XCT 等设备的单位仍有相当价值，故也加以适当介绍。总的来看，本书梗概地反映了当代核医学应用方面的全貌和水平，包括了编审者们几十年工作的经验和对各种诊治方法实事求是的评价，预期能够有助于读者查阅和正确应用核医学各种诊疗方法，以提高诊治水平和临床医学研究水平。

第 12、13、14 章是根据卫生部规定的教学大纲编写的，属于放射医学和放射防护的内容，适合于预防医学专业学生学习。对其它专业的学生，授课老师可根据学时，选择其重点讲授。对预防医学专业学生，则可适当压缩第 3—11 章。

本书也可供核医学仪器、放射性药物、影像处理等相关专业的学生和工作人员学习参考。

核物理基础是理解核医学所必需的知识，特别是一些名词在开始讲授核医学之前，多需复习和讲授。有关内容见附录一。附录二、三是北京医科大学第一临床医学院对基础和临床医学专业学生讲课和实习的安排，仅供参考。

编写过程中，得到 31 所院校领导的大力支持和各位编审者的通力合作，在此一并致以衷心的感谢。北京医科大学第一临床医学院核医学科除 11 位编审人员进行了大量繁重的组织、文字和图表工作外，余建一、张春丽、赵罡、赵文锐、刘桂英等同志配合了抄写等工作，也在此表示谢意。

限于水平和时间，有不妥之处，敬请读者批评指正。

潘中允

1990 年 3 月于北京医科大学

目 录

第一章 核医学总论	(1)
第一节 核医学的定义和内容.....	(1)
第二节 核医学的诊疗原理和特点.....	(2)
第三节 核医学的必备物质条件.....	(3)
第四节 核医学发展简史.....	(9)
第五节 我国核医学现状	(11)
第二章 放射性核素显像和非显像检查法	(12)
第一节 放射性核素显像的基本原理	(12)
第二节 显像剂选择性聚集的机理	(12)
第三节 显像的方式和种类	(15)
第四节 放射性核素显像的特点	(18)
第五节 非显像检查法	(18)
第三章 体外放射配体结合分析	(20)
第一节 放射免疫分析的基本原理	(20)
第二节 放射免疫分析的必备条件	(21)
第三节 放射免疫分析的质量控制	(24)
第四节 常用检测项目	(26)
第五节 放射免疫分析以外的配体结合分析法	(27)
第四章 内分泌系统核医学检查法	(29)
第一节 甲状腺功能测定	(29)
第二节 甲状腺显像	(36)
第三节 肾上腺皮质显像	(40)
第四节 肾上腺髓质显像	(42)
第五节 甲状旁腺显像	(43)
第五章 神经系统显像	(44)
第一节 局部脑血流断层显像和定量测定	(44)
第二节 放射性核素脑血管造影	(48)
第三节 脑显像	(49)
第四节 局部脑葡萄糖代谢和神经受体断层显像	(51)
第五节 脑池显像	(54)
第六章 心血管显像和心室功能测定	(56)
第一节 放射性核素心血管造影	(56)
第二节 心血池动态显像和心室功能测定	(59)
第三节 心肌灌注显像	(65)

第四节	急性心肌梗塞灶显像	(71)
第五节	心肌代谢断层显像	(72)
第六节	放射性核素下肢静脉造影	(74)
第七章	消化系统显像	(76)
第一节	肝显像	(76)
第二节	肝动脉灌注和血池显像	(79)
第三节	肝胆显像	(80)
第四节	唾液腺显像	(82)
第五节	食道通过功能显像	(83)
第六节	胃排空显像	(83)
第七节	胃食道返流显像	(84)
第八节	十二指肠胃返流显像	(84)
第九节	异位胃粘膜显像	(85)
第十节	胃肠道出血显像	(86)
第十一节	消化道肿瘤显像和探测	(86)
第八章	泌尿系统显像和功能测定	(88)
第一节	肾静态显像	(88)
第二节	肾动态显像	(89)
第三节	肾图检查	(90)
第四节	介入试验	(93)
第五节	肾动脉灌注和血池显像	(94)
第六节	肾有效血浆流量和肾小球滤过率测定	(95)
第七节	放射性核素膀胱造影	(96)
第八节	临床应用	(96)
第九节	阴囊显像	(100)
第九章	骨骼显像	(102)
第一节	骨骼显像	(102)
第二节	骨骼三相显像	(104)
第三节	临床应用	(105)
第十章	肺显像	(109)
第一节	肺灌注显像	(109)
第二节	肺通气显像	(111)
第三节	肺肿瘤显像	(111)
第四节	临床应用	(112)
第十一章	血液与淋巴系统核医学检查法	(116)
第一节	血容量测定	(116)
第二节	红细胞寿命测定	(117)
第三节	红细胞破坏部位测定	(118)
第四节	标记血小板的应用	(119)

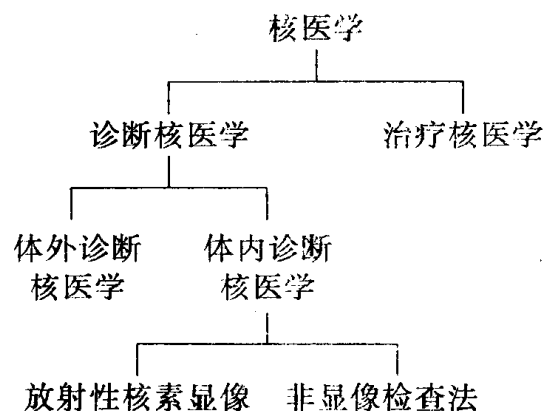
第五节	骨髓显像·····	(119)
第六节	脾显像·····	(121)
第七节	淋巴显像·····	(122)
第八节	淋巴瘤显像·····	(124)
第九节	炎性灶显像·····	(124)
第十二章	放射性核素治疗·····	(126)
第一节	^{131}I 治疗甲状腺机能亢进症·····	(126)
第二节	^{131}I 治疗功能自主性甲状腺腺瘤·····	(128)
第三节	^{131}I 治疗功能性甲状腺癌转移灶·····	(128)
第四节	^{32}P 治疗真性红细胞增多症和原发性血小板增多症·····	(129)
第五节	放射性胶体腔内治疗·····	(130)
第六节	^{131}I -MIBG 治疗恶性嗜铬细胞瘤和交感神经母细胞瘤·····	(131)
第七节	放射性核素治疗恶性骨转移性肿瘤·····	(131)
第八节	放射性微球选择性动脉灌注疗法·····	(132)
第九节	放射免疫治疗·····	(132)
第十节	β^- 粒子敷贴治疗·····	(133)
第十三章	电离辐射的生物学效应·····	(135)
第一节	辐射生物学效应及射线作用原理·····	(135)
第二节	辐射生物学效应的分类·····	(138)
第三节	辐射生物学效应的影响因素·····	(138)
第十四章	放射病的诊断与治疗·····	(142)
第一节	外照射急性放射病·····	(142)
第二节	外照射慢性放射病·····	(147)
第三节	内照射放射病·····	(151)
第十五章	放射防护·····	(156)
第一节	作用于人体的电离辐射源·····	(156)
第二节	放射防护的目的和基本原则·····	(158)
第三节	放射防护的标准·····	(159)
第四节	放射防护措施·····	(161)
第五节	医疗照射的防护·····	(165)
附录一	核物理基础·····	(167)
第一节	原子核·····	(167)
第二节	元素、核素、同位素和同质异能素·····	(167)
第三节	稳定性核素和放射性核素·····	(168)
第四节	核衰变·····	(168)
第五节	核射线与物质的相互作用·····	(171)
第六节	核医学常用的电离辐射量·····	(172)
附录二	基础和临床医学专业核医学课时安排·····	(176)
附录三	基础和临床医学专业核医学实习提纲·····	(177)

一、放射性核素显像实习.....	(177)
二、放射免疫分析和非显像脏器功能测定实习.....	(180)
附录四 进一步阅读书刊目录.....	(182)

第一章 核医学总论

第一节 核医学的定义和内容

核医学 (nuclear medicine) 是一门利用开放型放射性核素诊断和治疗疾病的学科。诊断方法按放射性核素是否引入受检者体内分为两类。凡不引入体内者称体外检查法或体外核医学 (in vitro nuclear medicine), 最有代表性的是放射免疫分析 (radioimmunoassay)。它是一项超微量生物活性物质测量技术, 对医学的发展有巨大影响, 其发明者之一 Yalow 博士因此而荣获 1977 年诺贝尔医学奖。凡要将放射性核素引入体内者则称为体内检查法或体内核医学 (in vivo nuclear medicine), 根据最后是否成像又分为显像和非显像两种。利用放射性核素实现脏器和病变显像的方法称作放射性核素显像 (radionuclide imaging), 这种显像有别于单纯形态结构的显像, 是一种独特的功能显像, 为核医学的重要特征之一。



核医学有时也被用作为核素和核射线在医学上的应用及其理论研究的总称, 但现在多专指上述特定范围的临床应用部分。各种核技术, 包括实验放射性示踪技术、体外放射性配体结合分析、放射自显影、活化分析和稳定性核素示踪技术等, 广泛地应用于医学基础理论的研究, 这部分内容在我国称为实验核医学。按照卫生部规定的在高等医学院校为非核医学专业本科生开设的核医学课程教学大纲, 未将它包括在本书的内容中。

核医学的相关学科有以下几种:

放射诊断学 (diagnostic radiology) 是利用 X 射线投射对疾病进行诊断的学科。

放射治疗学 (therapeutic radiology) 是利用核射线 (包括 X 射线、 γ 光子、 β^- 粒子和中子流等) 对疾病进行辐射治疗的学科。所用 γ 光子和 β^- 粒子只限于发射自封闭型放射源 (如 ^{60}Co 源等) 者, 这是因为它们无论在治疗原理、治疗方法和治疗病种等方面都与 X 射线和中子流治疗类似。开放型放射性核素发射的核射线也可以对疾病进行内照射治疗, 在应用原理、方法、条件设备和防护管理等方面与诊断核医学有很多相同之处, 故二者结合形成了核医学。

放射医学 (radiation medicine) 是研究和应用核射线对生物的辐射效应、放射损伤的诊断治疗和放射卫生防护的学科。这部分知识对实施和应用核医学的人们来讲,当然是十分重要的。

医学影像学 (medical imageolog) 近来有人设想把四大医学显像——X 线摄像、超声显像、磁共振显像和放射性核素显像组成为医学影像学。从理论上讲,这种设想是合理的,但在实践上存在着很多困难,至少在最近的将来难以真正地实现。目前应强调的是为了有效而不浪费地诊断和研究疾病,需加强各种医学影像方法的正确使用,发挥它们的互补作用。核医学除了显像以外,还有很多其它内容,是医学影像学所不能包括的。

第二节 核医学的诊疗原理和特点

一、体内检查法的诊断原理和特点

放射性核素或其标记物与一般天然元素或其化合物一样,在被引入人体之后,根据其化学及生物学特性有其一定的生物学行为:或是被某一脏器的某种细胞摄取和聚集、或是经由某一脏器的某种细胞清除和排出、或是参与某一代谢过程、或是简单地在某一生物区通过和积存等等。由于它们发射能穿透组织的核射线,用放射性探测器可以很容易地在体表定量探测到它们的所在,从而把上述种种过程定位定量地用显像方式或非显像方式显示出来。经过大量试验,用统计学方法求出正常规律、正常值、变异范围和某些疾病的异常特点,便可根据这些规律和特点对某些疾病进行诊断,对某些脏器的功能状态,甚至代谢状态,作出判断。因此,核医学体内检查法实为一种脏器功能和代谢检查法,与以显示形态结构为主的其它医学影像有很大的不同,彼此有很好的互补性。

二、体外检查法的诊断原理

体外检查方法主要是体外放射配体结合分析,是一种利用放射性标记的配体为示踪剂,以竞争结合反应为基础,在试管内完成的微量生物活性物质检测技术。最有代表性且应用最广泛的是放射免疫分析。它的原理是:利用放射性标记的被测物和血液、尿液或其它体液内的被测物共同与限量的被测物抗体竞争结合,用放射性探测器测得标记被测物被结合的量,根据结合量与已知被测物量的函数关系,乃可计算出样品内被测物的量。本法有很高的灵敏度和特异性,已广泛用于临床诊断和医学研究。这一基本原理近年来已被应用于建立许多非放射性配体结合分析法,如酶标法等,发展也甚为迅速。

三、放射性核素治疗原理

放射性核素治疗属于内照射治疗,其治疗原理是通过高度选择性聚集在病变部位的放射性核素或其标记物所发射出的射程很短的 β^- 粒子或 α 粒子,对病变进行集中照射,在局部产生足够的电离辐射生物学效应,达到抑制或破坏病变组织的目的,而邻近的正常组织和全身辐射吸收剂量很低。放射性核素治疗的疾病不多,但疗效较好,有方法简便、副反应小等优点,有较高的实用价值。

第三节 核医学的必备物质条件

核医学的必备条件是放射性药物、放射性试剂、核医学仪器和工作场所。后者将在第十五章中介绍。

一、放射性药物

凡需引入体内的放射性核素和放射性标记物称作放射性药物 (radiopharmaceuticals), 须符合药用要求, 即安全、有效而性能稳定。按不同用途分为诊断用放射性药物和治疗用放射性药物两种。

1. 诊断用放射性药物

诊断用放射性药物用于显像者, 称显像剂 (imaging agent), 用于非显像检查的称示踪剂 (tracer)。这一类药物种类繁多, 除各自应具有特殊的化学性质、纯度、生物学行为并符合无菌、无热源、化学毒性小等安全要求外, 其发射的射线种类、能量和半衰期还必须适当。

核射线中只有 γ 光子适用于体内检查法, 因其穿透力较强, 引入体内后能在体表探测到; 同时它在体内的电离密度较低, 引起的电离辐射损伤较小。对于最常用的 γ 相机来说, γ 光子的能量以 100~300keV 为宜。能量太低, 组织吸收过多, 影响体表测量; 能量过高, 在放射性探测器中的电离密度太低, 影响测量效率。由正电子湮没形成的 γ 射线的能量为 511keV, 需用特殊的仪器探测。 γ 光子的物理半衰期 ($T_{1/2}$) 以能满足检查所需的时间为度, 一般以 10 小时左右为宜。超短 $T_{1/2}$ 的放射性核素不便应用, 只能用于少数瞬间即可完成的检查, 如 ^{81m}Kr ($T_{1/2}$ 为 13 秒) 用于肺通气显像; 或别无他择, 如人体最重要的天然组成元素碳、氮、氧的可用放射性同位素只有 $T_{1/2}$ 很短的 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O (表 1-1)。 $T_{1/2}$ 太长使受检者接受不必要的辐射剂量, 废物和污染也较难处理, 故应尽量不用。但当别无选择时也只能用之, 如有的放射性药物只能由放射性碘标记, 理想的放射性碘是 ^{123}I , 但因价格和供应问题, 现在多只能用 ^{131}I , 而它的 $T_{1/2}$ 为 8.04 天, 并不理想。自 1964 年 ^{99m}Tc 问世, 由于它是纯 γ 光子发射体, 能量为 141keV, $T_{1/2}$ 为 6.02 小时, 且能标记多种化合物, 几乎可用于所有脏器显像, 因此成为目前最理想和最常用的放射性核素。 ^{99m}Tc 是由 ^{99}Mo 衰变而来, ^{99}Mo 组装成便于使用的 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器 (^{99}Mo - ^{99m}Tc generator) 或称 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 母牛, 只要用生理盐水淋洗即可得到 ^{99m}Tc (图 1-1)。 ^{99}Mo 的 $T_{1/2}$ 为 2.76 天, 只要购得含有足够量 ^{99}Mo 的 ^{99}Mo - ^{99m}Tc 发生器, 就可以在一周内每天淋洗出足够量的 ^{99m}Tc 供临床应用, 十分方便。

^{113m}In 的 $T_{1/2}$ 为 100 分钟, 只发射 γ 光子, 可标记多种化合物, 亦由发生器获得, 便于应用。但其 γ 光子能量为 393keV, 不适用于一般的 γ 照相机, 可与扫描机配合进行脏器显像。

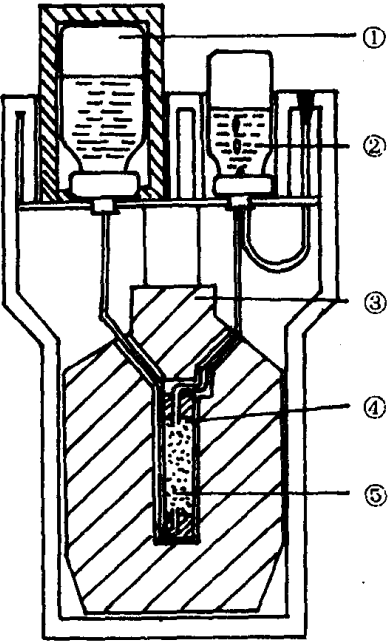
由于短半衰期放射性核素的应用, 受检查一次接受的辐射吸收剂量一般皆远低于一次 X 线照相或造影, 放射性废物的处理也大大简化, 污染环境的可能性大为减小。

2. 治疗用放射性药物

利用放射性药物治疗疾病主要依赖于其发射的射线在病变组织中产生的电离辐射生

表 1-1 用于临床诊疗的放射性核素表

用途	元素名称	核素符号	半衰期	主要 γ 光子能量 (keV)	主要带电粒子及其能量 (keV)
诊断 (体内法)	碳 Carbon	^{11}C	20.38min	β^+ 湮没辐射	β^+ : 916
	氮 Nitrogen	^{13}N	9.96min	β^+ 湮没辐射	β^+ : 1190
	氧 Oxygen	^{15}O	122s	β^+ 湮没辐射	β^+ : 1723
	氟 Fluorine	^{18}F	109.8min	β^+ 湮没辐射	β^+ : 635
	铬 Chromium	^{51}Cr	27.7d	320	
	镓 Gallium	^{67}Ga	78.3h	93, 185, 300	
	氪 Krypton	$^{81\text{m}}\text{Kr}$	13s	190	
	锝 Technetium	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	141	
	铟 Indium	^{111}In	2.83d	171, 245	
		$^{113\text{m}}\text{In}$	100min	393	
	碘 Iodine	^{123}I	13.0h	159	
		^{131}I	8.04d	364, 637	β^- : 336, 607
	氙 Xenon	^{133}Xe	5.25d	81	β^- : 346
	铊 Thallium	^{201}Tl	74h	167 X 线 69~83	
诊断 (体外法)	氢 Hydrogen	^3H	12.33y		β^- : 18.6
	碘 Iodine	^{125}I	60.2d	35.5	
治疗	磷 Phosphorus	^{32}P	14.28d		β^- : 1711
	碘 Iodine	^{131}I	8.04d	364, 637	β^- : 336, 607
	钐 Samarium	^{153}Sm	46.7h	103	β^- : 805, 702, 632
	铼 Rhenium	^{186}Re	90h	137	β^- : 1070, 930
	钇 Yttrium	^{90}Y	64.2h	1.75	β^- : 930, 2270



①淋洗液接收器②生理盐水瓶③铅防护套
④玻璃柱管⑤吸附剂

图 1-1 ^{99}Tc - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器示意图

物学效应。以半衰期较长的 β^- 粒子为宜。 β^- 粒子在组织中的电离密度大，在局部组织中所产生的生物学效应一般比相同物理当量的 X 线和 γ 光子大得多；同时由于它在组织内具有一定的射程，能保证有一定的作用范围，而对稍远的正常组织不造成明显损伤。 ^{32}P 和 ^{131}I 是多年来最常用于治疗的放射性核素。 ^{32}P 是纯 β^- 粒子发射体， β^- 粒子的能量为 1711keV，在组织中的平均射程为 3mm， $T_{1/2}$ 为 14.28 天。 ^{131}I 发射两种 β^- 粒子，能量分别为 336 和 607keV， $T_{1/2}$ 为 8.04 天，但同时发射能量为 364keV 的 γ 光子，此 γ 光子既无明显治疗作用，又增加防护上的困难，故总的来看， ^{131}I 并不是内照射治疗的理想核素，但目前它还是唯一能够有效治疗甲状腺有关疾病的放射性核素，近年来 ^{153}Sm 、 ^{186}Re 、 ^{90}Y ，也逐渐被应用于治疗。

α 粒子和能量太弱的 β^- 粒子的有效照射范围太小，同时难以控制 α 粒子可能造成的局部过度损伤，故一般不宜采用。

二、放射性试剂

放射性试剂 (radioactive reagent) 指不需引入人体的放射性核素和放射性标记物。为便于测量和防护,以发射能量较低的 γ 光子为宜, $T_{1/2}$ 较长,便于一次购货供较长时间使用。目前最常用的是 ^{125}I 碘,其 γ 光子的能量为 35.5keV, $T_{1/2}$ 为 60.2 天。偶尔也有用 ^3H 的,由于其发射的 β^- 粒子能量极低,需特殊的放射性探测仪器测量。

三、核医学仪器

核医学诊疗工作中需用的各种放射性探测仪器,称为核医学仪器。为了不同的目的,需用各种不同类型的核医学仪器,但其基本部件大多是 γ 闪烁探测器 (γ scintillation detector),由它对体内和样品中的放射性进行探测,形成脉冲信号,输送给电子测量装置和/或计算机进行计数和运算处理,最后作出符合需要的显示。

1. γ 闪烁探测器的工作原理

γ 闪烁探测器由碘化钠 [NaI (Tl)] 晶体,光电倍增管和前置放大器组成 (图 1-2)。

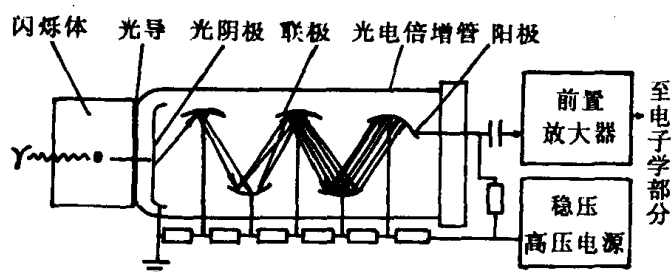


图 1-2 闪烁探头工作原理示意图

一个 γ 光子入射碘化钠晶体,能使一个晶体分子激发而产生闪烁荧光 (scintillation),此荧光射到光电倍增管阴极,通过光电转换产生光电子,所产生的光电子数量与入射荧光光子的数量成正比。由于在光电倍增管中有一个由稳压电源维持着的各联极间及最后一个联极与阳极间的电位差,光电子在电场作用下加速

射达下一个联极时,产生 3~6 倍的次级电子,这种电子倍增过程依次在联极中发展下去,在到达阳极前要通过 8~14 个联极,到最后一个联极时,电子数可增加 $10^5 \sim 10^8$ 倍,这样大量的电子流最后射到阳极立即产生一个电位降,随即阳极电压又恢复到原有水平,这就形成一个瞬间负电压脉冲,脉冲经前置放大器放大即可输送到电子测量仪器和/或计算机进行处理和显示。可见,一个 γ 光子入射晶体发生一个闪烁事件,一个闪烁事件产生一个脉冲,因此记录这些脉冲数就是记录入射探测器的 γ 光子数量。

2. γ 照相机 (γ camera)

γ 照相机是核医学科最基本和很重要的显像仪器。由直径 300~600mm 的 γ 闪烁探测器、探测器支架、计算机操纵运算台和显示器等部件组成 (图 1-3)。体内放射性由 γ 闪烁探测器探测到,形成定位脉冲信号由计算机采集和处理,最后以不同的灰度或颜色和不同的方式显示出脏器和病变的影像。若附有特殊装置可以进行全身显像。

3. 单光子发射计算机断层照相机 (single photon emission computed tomography ; SPECT)

有多种类型,最常用者为旋转型 γ 照相机 (图 1-4a-d),由 γ 闪烁探测器围绕躯体作 180° 或 360° 自动旋转,对体内的 γ 光子进行多角度的探测,众多的信息由计算机采集,

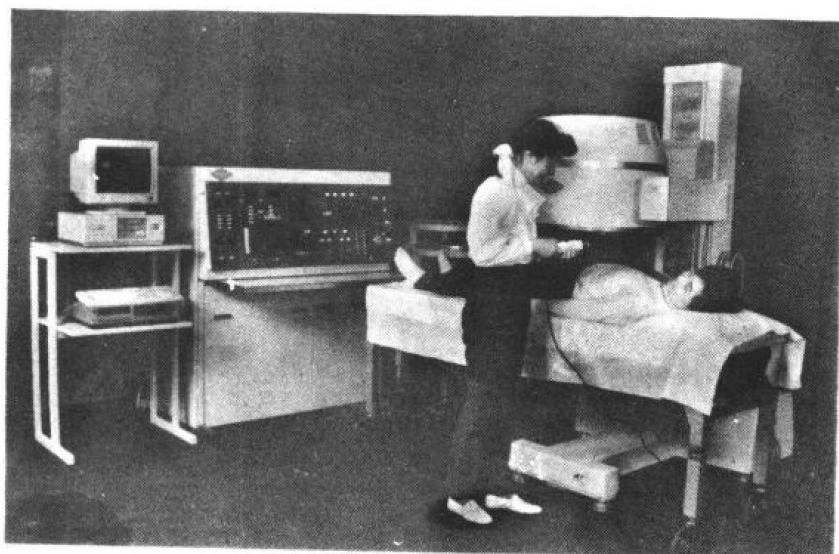


图 1-3 γ 照相机

(中国航空航天部第二总体设计院研制生产)

属发射型 CT (ECT)。

利用特殊软件和快速阵列处理机重建成各种断层影像。当探测器不旋转时, 该机亦可作一般 γ 照相机使用, 也可进行全身显像, 因此是一机三能, 是性能最为全面的核医学显像仪器, 是我国三级甲医院中作为重点科室的核医学科不可缺少的设备。机名中的“单光子”即 γ 光子; “发射”(emission) 指 γ 光子是由体内发射出来, 以区别于 X 线是从体外穿透(transmission) 人体而达接受器, 故 XCT 属穿透型 CT (TCT), 核素 CT

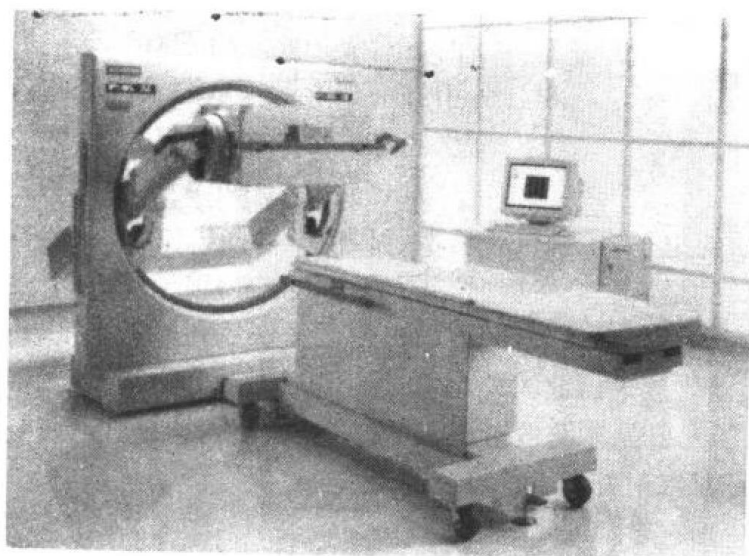


图 1-4a DIACAM 型 SPECT

(西门子公司提供)

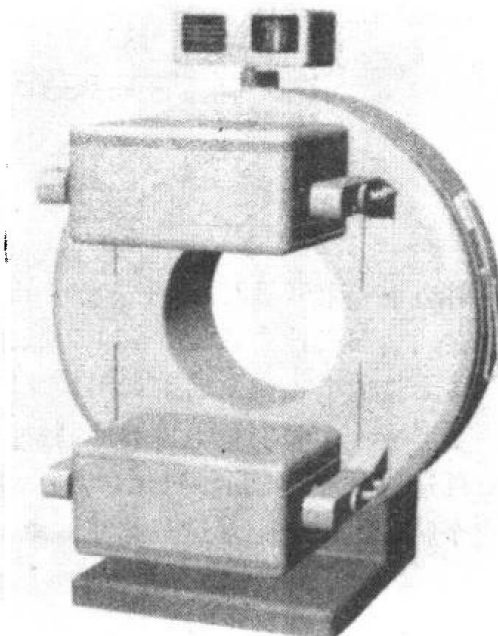


图 1-4b Maxxus 型双探头 SPECT

(GE 公司提供)

4. 正电子发射计算机断层照相机 (positron emission computed tomography; PET)

PET 是专为探测体内正电子发射体湮灭辐射时同时产生的方向相反的两个 γ 光子而设计的显像仪器。数十个直至上百个小 γ 闪烁探测器环形排列, 在躯体四周同时进行探测, 其他部件基本同 SPECT (图 1-5)。PET 是进行心、脑代谢显像不可缺少的设备, 但因价格昂贵, 正电子发射体及其标记物价格也高, 故较难推广应用。