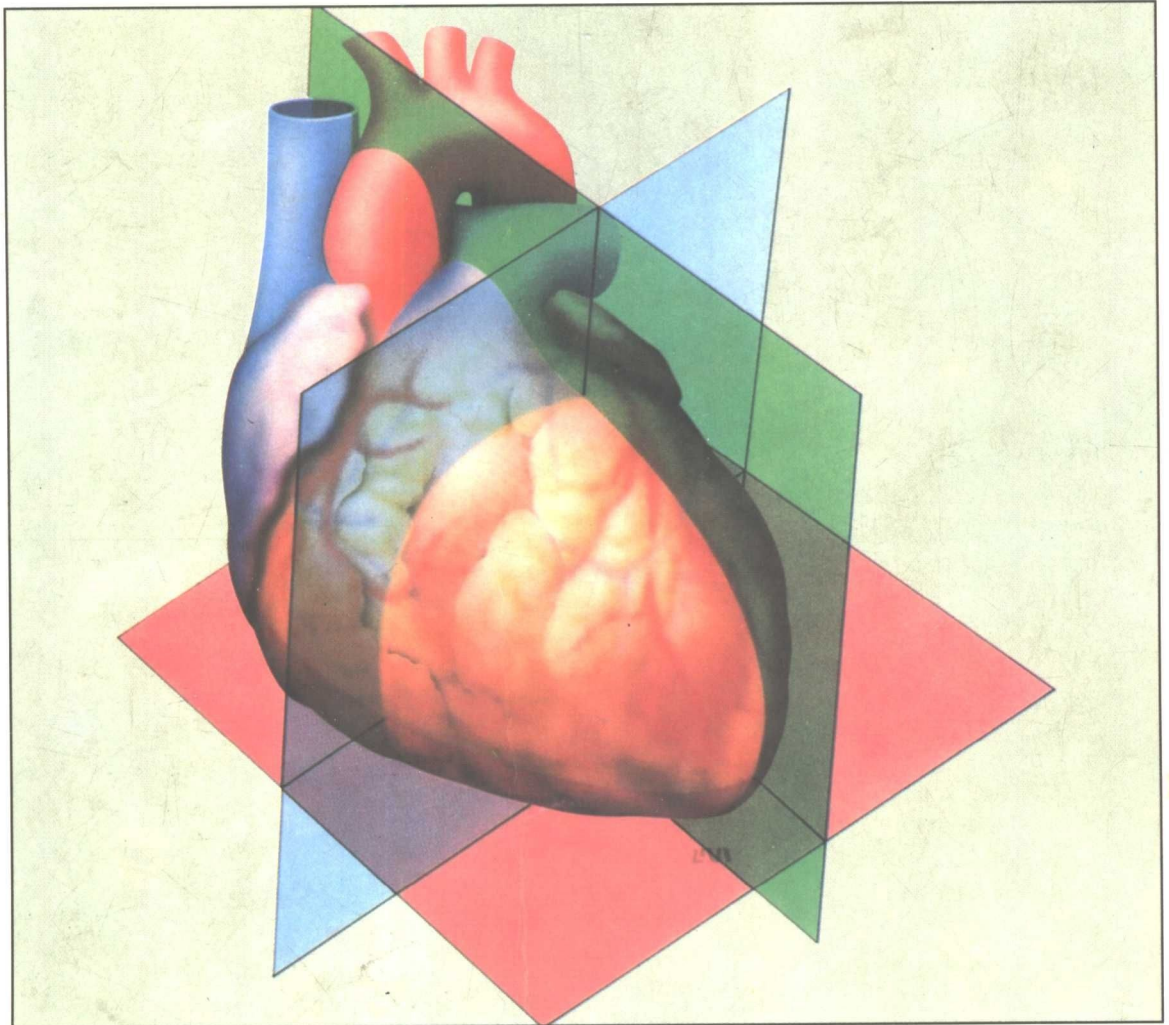


Shiyong Linchuang Heyixue

实用临床核医学



- 马寄晓 刘秀杰 主编
- 王世真 周 前 主审
- 原子能出版社 出版



Yuanzineng Chubanshe

实用临床核医学

马寄晓 刘秀杰 主编
王世真 周 前 主审

原子能出版社

内 容 简 介

本书由国内多位知名核医学专家本着求新求实的原则共同撰写而成的。它反映了80年代国内外（国内为主）临床核医学的先进水平：全面、系统地介绍了核医学在心血管、神经、肿瘤、骨骼、呼吸、消化、内分泌、泌尿、造血等方面的应用；计算机在核医学中的应用；SPECT、PET、新的放射性药物、放免显象、受体显象、代谢显象在当前核医学中的发展水平，同时还介绍了一些实用的核素治疗内容。

本书是广大核医学工作者、核医学研究生、临床工作者以及医学大专院校师生难得的参考书。

实用临床核医学

马寄晓 刘秀杰 主编

王世真 周 前 主审

原子能出版社出版

（北京2108信箱）

北京印刷一厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经售

☆

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张23.875 字数592千字

1990年5月北京第一版·1990年5月北京第一次印刷

印数1—3000

ISBN7-5022-0273-0

R·18 定价:15.80元

编 者 的 话

近年来,临床核医学在我国已逐步从普及阶段走向提高阶段。国内医疗、科研单位核医学仪器设备不断得到更新,装备有 γ 照相机和SPECT的单位日益增加,新的放射性药物也日渐增多,核医学的诊断和治疗工作也有新的发展。原子能出版社先后出版过反映70年代我国核医学水平的《临床核医学手册》和《放射性核素诊断学》,用以介绍当时国内核医学工作的经验和国外较成熟的核医学技术,受到了广大核医学工作者及有关同志的欢迎。但近十年来,无论国内国外,核医学工作又有了长足的发展,对它进一步总结和提高,介绍有关情况又已为有关同志所企盼。为此,我们组织编写了这本以临床为重点的《实用临床核医学》,希望它能对核医学工作者有参考价值,对临床医务人员了解核医学的诊治意义,熟悉核医学的应用范围及临床指征,正确评价核医学的检查结果等有所帮助。

本书的作者们对承担本书的写作任务都是极其认真负责的。我们本着求新求实的精神,力求将国内成熟了的先进经验和国外的最新进展,全面地向读者介绍,特别着眼于实用。但由于水平有限,书中不够详尽、完善、甚或错误之处,在所难免,我们敬请读者给以批评指正。

本书承王世真教授、周前教授进行了审订,承董柳灿、刁国平副研究员提出了许多宝贵的修改意见。本书是集体智慧的结晶,在编写出版过程中,得到了国家科委新技术局的关怀,得到了中国医学科学院阜外医院和上海市第六人民医院领导和同志们的大力支持。何作祥博士为本书的出版做了大量工作。在此,我们谨致以诚挚的感谢。

马寄晓 刘秀杰

《实用临床核医学》编写委员会

主 编

马寄晓 教 授 上海第六人民医院
刘秀杰 研 究 员 中国医学科学院阜外医院

编 委

(按姓氏笔划为序)

朱承谟 教 授 上海第二医科大学瑞金医院
林祥通 教 授 上海医科大学华山医院
郑惠黎 教 授 上海医科大学肿瘤医院
张满达 副研究员 江苏省原子医学研究所
赵惠扬 教 授 上海医科大学中山医院
唐 谨 教 授 中国医学科学院肿瘤医院
常国钧 副 教 授 南京医学院第一附属医院
蒋茂松 主任医师 上海华东医院
潘中允 教 授 北京医科大学第一医院

主 审

王世真 教 授 中国医学科学院首都核医学中心
周 前 教 授 中国医学科学院协和医院

序

临床核医学初创于本世纪的30至40年代。随着人类对核科学技术的开发、掌握,逐步获得了多种放射性药物及核医学仪器,至50年代,核医学得到了较快的发展。在50年代后期,我国也开始有了自己的临床核医学。至70年代,临床核医学工作已在全国的许多医院普遍展开。在总结我国临床核医学经验和适当介绍国外较成熟经验的基础上,原子能出版社先后出版了《临床核医学手册》、《放射性核素诊断学》。两书的出版,适应了核科学技术在医学领域发展的需要,受到了我国广大核医学工作者的欢迎。近10年来,国内外核医学又有了蓬勃的发展,特别是发射型计算机断层显象技术大大提高了核医学的诊断水平。在国内,单光子断层(SPECT)已广泛应用于临床。在国外,除了SPECT外,正电子断层(PET)在神经系统、心血管疾病及肿瘤的代谢显象、受体显象及灌注显象等方面显示了广阔的应用前景而这本《实用临床核医学》正是在前两本书的基础上,进一步总结了国内核医学80年代的丰富实践经验,吸收了国外有关的最新成就,增加了较新的检测仪器、方法和药物知识,由国内当今核医学界部分知名专家重新精心编写而成的。它将再次适应我国核医学发展的需要,必将又一次受到广大核医学工作者的欢迎。

这本书突出了80年代国内核医学的新水平,内容先进实用。特别是国内外新发展的SPECT等新技术,也分方法学及临床应用两部分加以阐述。本书新增的内容有电子计算机在核医学中的应用,SPECT、PET及磁共振成像(MRI)等;在放射性药物方面,列入了最近发展的新的脑血流显象剂、心肌灌注显象剂及采用单克隆抗体的放射免疫显象剂等。这就使本书充实了临床核医学的主要内容,也反映了我国核医学的新水平。因此,可以说,本书具有科学、新颖、先进、实用等特点,是值得向大家推荐的。

这本书可以作为临床核医学工作者的一部常用参考书。其大部分内容都能够在具有一定条件的临床单位推广应用;另一部分内容也有助于读者了解国际最新动态,掌握核医学当前的文献资料。本书也可以作为核医学研究生(包括准备出国进修者)及医院其它各科临床工作者的参考资料。

核医学在迅速发展,不可能要求本书把这一新兴的学科介绍得那么周全、细致,如果说,在谈到本书某些方面还有缺如之感时,那正是需要我们在今后工作中加以弥补、完善和提高的内容。

核医学的前景是十分广阔的。我相信,这本书的出版,必将对我国临床核医学及医学科学研究起到良好的促进作用。

王世真

1989.8.

目 录

第一章 核医学仪器	(1)
第一节 γ 照相机	(1)
一、基本结构及成象原理.....	(1)
二、 γ 照相机的分类.....	(3)
三、 γ 照相机性能及质量控制.....	(4)
四、 γ 照相机使用须知.....	(6)
第二节 发射型计算机断层 (ECT)	(8)
一、概况和发展简史.....	(8)
二、发射型计算机断层分类.....	(9)
三、单光子发射型计算机断层 (SPECT)	(11)
第三节 正电子发射型计算机断层 (PET)	(17)
一、正电子和正电子放射性核素.....	(18)
二、电子准直和符合探测技术.....	(18)
三、PET的结构	(19)
四、飞行时间技术 (TOF) 在PET中的应用.....	(20)
第四节 磁共振成象 (MRI) 仪	(20)
一、磁共振成象的原理.....	(21)
二、磁共振成象仪.....	(24)
第五节 放射免疫测定仪	(25)
一、基本结构原理.....	(25)
二、仪器在使用中要考虑的几个问题.....	(27)
第二章 电子计算机在核医学中的应用	(29)
第一节 计算机的基本知识	(29)
一、电子计算机的结构和工作原理.....	(29)
二、指令、程序与软件.....	(29)
三、计算机中的数和编码.....	(30)
四、计算机的运行速度.....	(31)
第二节 核医学对计算机硬件的要求.....	(31)
一、内存容量.....	(32)
二、运算速度.....	(32)
三、外存储器.....	(32)
四、输入、输出设备.....	(34)
五、怎样选择计算机硬件.....	(34)
六、计算机的正确使用、维护和保养.....	(35)
第三节 计算机的软件系统.....	(35)
一、软件的分类.....	(36)
二、操作系统和监控管理程序.....	(36)
三、文件系统.....	(37)
四、磁盘的格式化.....	(38)

五、计算机的语言	(38)
第四节 核医学仪器计算机系统	(39)
一、核医学仪器计算机系统的构成	(39)
二、图象显示系统	(40)
三、图象数据的采集方式	(40)
四、图象处理和分析技术	(42)
五、核医学软件的结构、使用与开发	(45)
第三章 放射性药物	(48)
第一节 放射性药物简介	(48)
第二节 适用于放射性药物的核素	(48)
一、理化性质方面的要求	(48)
二、常用医用放射性核素的制备	(49)
第三节 常用放射性药物的制备	(50)
一、放射性碘标记药物	(50)
二、放射性锝标记药物	(54)
三、放射性钪标记药物	(57)
四、加速器生产核素的放射性药物	(57)
第四节 放射性药物的质量控制	(58)
一、物理和化学鉴定	(58)
二、生物鉴定	(59)
第五节 放射性新药的评价与管理	(59)
一、放射性新药的定义和评价	(59)
二、放射性新药的质量标准	(59)
三、放射性新药的药学评价 (临床前研究)	(60)
四、放射性新药的临床研究	(61)
五、放射性新药的管理	(62)
第四章 体外配体结合分析	(65)
第一节 放射免疫分析	(65)
一、原理	(65)
二、测量条件方法和命名	(66)
三、抗原的提取和纯化	(67)
四、抗原的标记	(69)
五、抗体的制备和鉴定	(71)
六、分离剂	(73)
七、质量控制和数据处理	(74)
第二节 放射受体分析 (RRA)	(80)
一、原理	(80)
二、优缺点	(81)
三、应用	(81)
第三节 免疫放射分析 (IRMA)	(81)
一、原理	(82)
二、分类	(82)
三、应用	(83)

第四节 酶免疫分析	(83)
一、原理	(83)
二、分类	(84)
三、应用	(84)
第五节 化学发光免疫分析 (CIA)	(84)
一、原理	(84)
二、应用	(84)
第六节 时间分辨荧光免疫分析	(85)
一、原理	(85)
二、条件	(85)
三、应用	(85)
第五章 淋巴细胞杂交瘤技术和单克隆抗体的制备及其在核医学中的应用	(87)
第一节 淋巴细胞杂交瘤技术	(88)
一、原理	(88)
二、杂交瘤技术的基本条件	(88)
三、基本操作步骤	(89)
四、杂交瘤细胞的选择性培养	(91)
五、杂交瘤细胞的筛选	(92)
六、杂交瘤细胞的克隆化	(92)
七、杂交瘤细胞株的保存与复苏	(93)
第二节 单克隆抗体	(94)
一、McAb 的理化性质	(94)
二、单克隆抗体的鉴定	(95)
三、McAb 的检测	(95)
四、McAb 的扩大培养	(96)
五、McAb 的纯化	(96)
第三节 单克隆抗体对核医学的影响及其在核医学中的应用	(97)
一、对放射免疫分析的影响	(97)
二、免疫放射分析的应用	(98)
三、放射免疫显象中的应用	(99)
四、放射免疫治疗中的应用	(99)
第六章 神经系统	(101)
第一节 解剖与生理	(101)
一、脑血管解剖学	(101)
二、脑断层解剖	(103)
三、脑脊液的生成、吸收和循环	(105)
四、血脑屏障 (Blood-Brain Barrier, 简称 BBB)	(105)
第二节 脑显象	(106)
一、适应症 (包括平面和断层显象)	(106)
二、原理	(106)
三、方法与步骤	(109)
四、正常脑平面显象图形	(110)
五、各种颅内病变的图形表现	(110)

六、脑显象的临床应用评价	(114)
第三节 脑ECT显象	(116)
一、脑SPECT显象	(117)
二、脑PET显象	(120)
第四节 脑脊液显象	(123)
一、适应症	(123)
二、原理	(124)
三、方法	(124)
四、正常图形	(124)
五、各种疾病的图形表现	(125)
第七章 心血管系统	(128)
第一节 解剖与生理	(128)
一、心脏的解剖	(128)
二、心脏的生理	(129)
第二节 心脏功能检查	(130)
一、Y照相机及数据处理系统的应用	(130)
二、非显象法核素心室造影(Y心功能仪法)	(140)
第三节 心肌显象	(141)
一、心肌灌注显象	(141)
二、亲心肌梗塞显象	(146)
第四节 心肌发射型断层显象	(148)
一、心肌单光子发射型计算机断层显象(SPECT)	(148)
二、心肌正电子发射型计算机断层显象(PET)	(158)
第五节 放射性核素在先天性心脏病的应用	(160)
一、原理及方法	(160)
二、先心病放射性核素检查定性诊断	(160)
三、先天性心脏病分流量测定	(161)
第六节 周围循环检查	(162)
一、放射性核素静脉造影(RDV)	(162)
二、纤维蛋白原显象	(164)
第七节 介入性核心脏病学	(165)
一、运动试验	(165)
二、药物试验	(167)
第八节 体外试验	(168)
一、地高辛的放射免疫测定	(168)
二、前列环素、血栓素	(169)
三、心房利钠激素(atrial natriuretic hormones, ANH)	(170)
四、肾素-血管紧张素	(170)
五、血清肌红蛋白	(171)
第八章 呼吸系统	(174)
第一节 解剖生理	(174)
第二节 肺灌注显象	(176)
一、肺灌注显象的基础知识	(176)

二、肺灌注显象剂·····	(177)
三、适应症和禁忌症·····	(178)
四、检查方法·····	(178)
五、正常与异常图形·····	(179)
六、临床应用·····	(181)
第三节 肺通气显象·····	(182)
一、原理及分类·····	(182)
二、检查方法·····	(184)
三、正常图形·····	(186)
四、临床应用·····	(188)
第四节 肺断层显象·····	(190)
一、原理·····	(190)
二、检查方法·····	(190)
三、正常与异常肺灌注断层图象分析·····	(191)
第九章 消化系统·····	(194)
第一节 解剖与生理·····	(194)
第二节 胃、食管和肠胃返流测定·····	(195)
一、胃、食管返流测定·····	(195)
二、Barrett's 食管·····	(195)
三、食管通过功能测定·····	(196)
四、胃排空时间测定·····	(196)
五、肠胃返流测定·····	(198)
第三节 肠·····	(198)
一、美克氏憩室 (Meckel's diverticulum)·····	(198)
二、胃肠出血量测定及肠道出血部位定位·····	(199)
第四节 肝胆·····	(200)
一、放射性药物·····	(200)
二、肝显象·····	(201)
三、胆系显象·····	(207)
第五节 体外检查·····	(209)
一、甲胎蛋白 (AFP)·····	(209)
二、铁蛋白·····	(210)
三、癌胚抗原 (CEA)·····	(210)
四、 β_2 -微球蛋白(β_2 -MG)·····	(210)
五、胰岛素·····	(210)
六、胰高糖素(Glucagon)·····	(211)
七、缓激肽(Bradykinin BK 九肽)·····	(211)
八、胃泌素·····	(211)
九、甲型肝炎抗原固相放射免疫测定·····	(211)
十、乙型肝炎表面抗原放射对流免疫测定·····	(211)
十一、乙型肝炎表面抗原放射免疫(双抗体法)测定·····	(211)
十二、乙型肝炎表面抗体放射免疫(双抗体法)测定·····	(211)
十三、乙型肝炎表面抗体固相放射免疫测定·····	(212)

十四、乙型肝炎核心抗原及抗体固相放射免疫测定	(212)
十五、血清胆酸放射免疫(PEG)测定	(212)
十六、CA 19-9 (癌胚抗原19-9)	(212)
十七、促胰液素	(212)
十八、人血清Ⅲ型前胶原肽(PⅢP)	(212)
第十章 泌尿生殖系统	(214)
第一节 解剖与生理	(214)
第二节 放射性药物	(215)
一、显示集尿系统显象剂	(215)
二、与肾皮质结合	(215)
三、性能居间的显象剂	(215)
第三节 放射性核素肾图	(216)
一、 ^{131}I -邻碘马尿酸肾图	(216)
二、 ^{131}I -邻碘马尿酸利尿肾图	(217)
三、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA肾图	(218)
四、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAG ₃ 的应用	(219)
第四节 肾动态显象	(219)
一、原理	(219)
二、放射性药物	(220)
三、适应症	(220)
四、检查方法	(220)
五、正常图形	(220)
六、异常图形及临床意义	(221)
第五节 肾静态显象	(222)
一、原理	(222)
二、放射性药物	(223)
三、适应症	(223)
四、检查方法	(223)
五、正常显象图	(223)
六、异常显象图及临床意义	(224)
七、肾SPECT显象	(224)
第六节 肾有效血浆流量(ERPF)测定	(225)
一、原理	(225)
二、放射性药物	(225)
三、方法	(225)
第七节 肾小球滤过率(GFR)测定	(226)
一、原理	(226)
二、放射性药物	(226)
三、方法	(226)
四、临床意义	(227)
第八节 膀胱尿逆流测定	(227)
第九节 放射性核素检查在肾移植术后监护方面的应用	(228)
一、肾移植术后常见并发症及病理生理	(228)

二、B/K比值测定	(229)
三、肾动态显象在肾移植术中的应用	(230)
第十节 阴囊血流及血池显象	(230)
一、原理	(230)
二、方法	(230)
三、正常和异常图象	(231)
四、临床价值	(232)
第十一节 体外检查	(232)
一、 β_2 -微球蛋白 (β_2 -MG) 放射免疫分析	(232)
二、前列腺酸性磷酸酶 (PAP) 放射免疫分析	(233)
第十一章 骨骼系统	(234)
第一节 解剖与生理	(234)
第二节 骨显象	(234)
一、原理	(234)
二、放射性药物	(235)
三、适应症	(236)
四、显象技术	(236)
五、骨动态显象正常和异常表现	(237)
六、骨静态显象正常和异常表现	(237)
七、临床应用	(238)
八、SPECT 在骨骼疾病诊断中的应用	(249)
第三节 骨矿物质含量测定	(249)
一、骨质疏松的定义	(250)
二、测定原理	(250)
三、检查方法	(250)
四、结果的解释	(251)
第十二章 内分泌系统	(253)
第一节 甲状腺	(253)
一、甲状腺生理	(253)
二、甲状腺功能的检查	(255)
三、甲状腺显象	(256)
四、体外检查	(260)
五、下丘脑-垂体-甲状腺轴调节关系的检查	(267)
六、甲状腺疾病核医学诊断程序	(269)
七、非甲状腺疾病的甲状腺功能异常及其临床意义	(272)
第二节 肾上腺	(274)
一、解剖与生理	(274)
二、肾上腺皮质显象	(274)
三、肾上腺髓质显象	(280)
四、肾上腺功能体外检查	(284)
第三节 其它内分泌腺体外检查	(285)
一、胰岛素放射免疫分析	(285)
二、血浆胰高血糖素放射免疫分析	(286)

三、促黄体生成素放射免疫分析·····	(286)
四、人血清促滤泡成熟素 (FSH) 放射免疫分析·····	(286)
五、垂体泌乳素 (PRL) 放射免疫分析·····	(287)
六、人胎盘催乳素 (HPL) 放射免疫分析·····	(287)
七、人绒毛膜促性腺激素 β 亚单位 (HCG- β) 放射免疫分析·····	(287)
八、人生长激素 (HGH) 放射免疫分析·····	(288)
九、血清雌二醇 (E_2) 放射免疫分析·····	(288)
十、血清孕酮放射免疫分析·····	(288)
第十三章 造血、脾与淋巴系统 ·····	(291)
第一节 白细胞标记及其应用·····	(291)
一、原理·····	(291)
二、放射性药物·····	(291)
三、检查方法·····	(293)
四、正常图形·····	(293)
五、临床应用·····	(293)
第二节 血小板标记及其应用·····	(294)
一、原理·····	(294)
二、放射性药物·····	(294)
三、检查方法·····	(295)
四、临床应用·····	(296)
第三节 红细胞标记及其应用·····	(297)
一、血容量测定·····	(297)
二、红细胞寿命测定·····	(300)
三、红细胞破坏部位测定·····	(301)
四、铁动力学检查·····	(303)
五、输血匹配试验·····	(303)
第四节 骨髓显象·····	(304)
一、解剖与生理·····	(304)
二、原理·····	(304)
三、放射性药物·····	(305)
四、检查方法·····	(305)
五、正常图形·····	(306)
六、异常图形·····	(306)
七、临床应用·····	(306)
第五节 脾显象·····	(307)
一、解剖与生理·····	(307)
二、原理·····	(308)
三、放射性药物·····	(308)
四、适应症·····	(309)
五、检查方法·····	(309)
六、正常图象·····	(310)
七、临床意义·····	(311)
第六节 淋巴系统·····	(313)

一、解剖与生理·····	(313)
二、原理·····	(314)
三、适应症·····	(314)
四、放射性药物·····	(314)
五、检查步骤·····	(314)
六、结果分析·····	(315)
七、临床价值·····	(317)
八、与其它检查方法的比较·····	(318)
第七节 体外测定·····	(318)
一、维生素B ₁₂ 测定·····	(318)
二、叶酸测定·····	(320)
第十四章 肿瘤核医学·····	(322)
第一节 肿瘤阴性及阳性显象·····	(322)
一、原理·····	(322)
二、肿瘤显象剂的给药途径·····	(322)
三、放射性药物及临床应用·····	(323)
第二节 放射免疫显象(RII)·····	(330)
一、原理·····	(330)
二、放射性药物·····	(331)
三、检查方法·····	(331)
四、改进和提高图象质量的方法·····	(332)
五、临床应用·····	(333)
六、T ₁₀₁ ·····	(335)
七、其它·····	(335)
第三节 体外检查·····	(336)
一、AFP·····	(336)
二、CEA·····	(336)
三、OC-125·····	(337)
四、Ca19-9·····	(337)
五、其它·····	(337)
第四节 标记抗体与导向治疗·····	(338)
第十五章 甲状腺疾病的放射性核素治疗·····	(340)
第一节 ¹³¹ I治疗甲状腺功能亢进症·····	(340)
一、原理·····	(340)
二、适应症和禁忌症·····	(340)
三、治疗方法及注意事项·····	(341)
四、疗效评价·····	(342)
五、副反应·····	(342)
六、 ¹³¹ I治疗对甲亢常见合并症的影响·····	(343)
第二节 ¹³¹ I治疗甲状腺癌转移·····	(344)
一、甲状腺癌的病理分类和特点·····	(344)
二、 ¹³¹ I治疗甲状腺癌转移的原理·····	(344)
三、 ¹³¹ I治疗甲状腺癌的适应症·····	(345)

四、 ^{131}I 治疗前的准备	(345)
五、 ^{131}I 治疗甲状腺癌转移灶	(346)
第三节 ^{131}I 治疗功能自主性甲状腺结节	(350)
一、功能自主性甲状腺结节的诊断标准	(350)
二、治疗指征及方案	(350)
三、治疗效果	(351)
四、副反应	(351)
第十六章 血液病的放射性核素治疗	(352)
第一节 治疗原理	(352)
第二节 真性红细胞增多症	(352)
一、概述	(352)
二、诊断	(352)
三、治疗	(353)
四、治疗效果	(354)
五、 ^{32}P 治疗与白血病的关系	(354)
第三节 原发性血小板增多症	(355)
一、诊断	(355)
二、治疗	(355)
第十七章 ^{131}I -MIBG治疗恶性嗜铬细胞瘤	(357)
第一节 概述	(357)
第二节 原理	(357)
第三节 适应症	(357)
第四节 治疗方法	(358)
第五节 治疗效果及影响因素	(358)
第六节 神经母细胞瘤的治疗与其他	(359)
附录一	(360)
表1.1核医学中常用的放射性药物	(360)
附录二	(364)
表2.1常用电离辐射量和单位	(364)
表2.2SI词头	(364)
附录三 ^{99}Mo - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器及洗脱液随时间变化活度值	(364)
表3.1 ^{99}Mo 的衰变表 ($T_{1/2}=66.02\text{h}$)	(364)
表3.2 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生器洗脱后柱内 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 随时间变化活度值	(365)
表3.3a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 洗脱液活度 (GBq)	(365)
表3.3b $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 洗脱液活度 (mCi)	(365)
表3.4 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的衰变表 ($T_{1/2}=6.02\text{h}$)	(366)

第一章 核医学仪器

第一节 γ 照相机

γ 照相机是一种采用大型晶体,一次成像显示人体内放射性核素分布的影象设备。自1958年H. Anger发明 γ 照相机以来, γ 照相机在性能和结构上都有了许多改进,但其基本原理和结构仍与Anger型 γ 照相机类同。本节将从 γ 照相机总体结构出发,阐述其成像原理、主要性能及使用须知。

一、基本结构及成像原理

(一) 探头

探头是 γ 照相机成像的核心,如同普通照相机的镜头一样。探头的作用是把人体内分布的放射性核素射出的 γ 射线进行限束、定位和探测。探头产生的位置信号和能量信号可供后面的电子学线路分析、处理和显示。

探头由铅屏蔽组装成一体,包括准直器、晶体、光导、光电倍增管及定位线路。晶体是探头的重要部件。晶体作为一种光的波长转换器把高能 γ 光子转换成低能可见光。NaI(Tl)晶体具有高的光转换效率。在 γ 照相机中被广泛采用。晶体有不同规格的尺寸和厚度。圆形晶体的大小用直径表示,范围为28~41cm。方形和矩形大视野晶体在现代 γ 照相机中也广为使用,它为大脏器及全身显象提供了极大方便。晶体厚度不仅影响 γ 照相机的灵敏度和空间分辨率,同时也限定了它所接受的射线的能量范围。 γ 照相机常用的晶体厚度为6.4~12.5mm。一般薄晶体接受的射线能量偏低,而厚晶体接受的能量偏高。

薄晶体在现代 γ 照相机中使用愈来愈普遍。薄晶体可提高 γ 照相机的固有分辨率。最理想的情况是 γ 射线进入晶体后经过一次相互作用就以闪烁光形式发射出来,这样产生的闪烁点定位准确、分辨率好。但实际情况并非如此, γ 射线进入晶体后经过多次相互作用才被光电倍增管(PMT)探测。这种情况产生的闪烁点定位不精确,空间分辨率模糊。对 ^{99m}Tc 和 ^{201}Tl 等低能放射性核素,大部分 γ 射线与晶体相互作用发生在晶体前端2~5mm内。对这种能量范围的放射性核素,应用厚晶体不仅对灵敏度没有明显改善,对空间分辨率却有明显降低。例如,把晶体厚度从12.5mm降到6.5mm,空间分辨率可提高70%,相应的灵敏度仅损失15%。对大视野、通用型 γ 照相机,9.4mm厚度的晶体已足够了。使用 ^{131}I 放射性核素做脏器显象时,9.4mm晶体厚度也够了,空间分辨率可达3.3mm(FWHM),灵敏度比12.5mm厚度晶体仅下降23%。造成图象模糊的主要原因是准直器的壁被穿透,特别是 ^{131}I 中的610keV($\sim 7\%$) γ 射线。此时应使用特殊设计的高能准直器。

薄晶体制造困难,成本高,价格昂贵,易潮、易碎,使用时应特别小心,不用时一定要加准直器保护。

PMT在 γ 照相机中用来转换光信号为电信号,使光电子成 2^n 数倍增,最后在阳极上形