

高等学校改革创新教材
医学影像专业系列

供医学影像学、医学影像技术、生物医学工程及放射医学等专业使用

影像核医学 学习与实习指导

主编 | 李芳巍

 人民卫生出版社

高等学校改革创新教材
医学影像专业系列

供医学影像学、医学影像技术、生物医学工程及放射医学等专业使用

影像核医学 学习与实习指导

主 编 李芳巍

副主编 刘 影

编 委 (以姓氏笔画为序)

吕 敏 (长治医学院附属和平医院)

刘 影 (广州医学院附属第二医院)

汤有鹏 (牡丹江医学院红旗医院)

李芳巍 (牡丹江医学院红旗医院)

陈传志 (牡丹江医学院红旗医院)

徐 敏 (牡丹江医学院医学影像学院)

栾 厦 (哈尔滨医科大学附属第四医院)

陶 晶 (牡丹江医学院红旗医院)

富 丹 (牡丹江医学院医学影像学院)

人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

影像核医学学习与实习指导 / 李芳巍主编. —北京: 人民卫生出版社, 2015

ISBN 978-7-117-21215-1

I. ①影… II. ①李… III. ①影象诊断—核医学—高等职业教育—教学参考资料 IV. ①R814.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 189501 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

影像核医学学习与实习指导

主 编: 李芳巍

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: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 三河市博文印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 7

字 数: 175 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-21215-1/R·21216

定 价: 19.00 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市场营销中心联系退换)

- 高等学校改革创新教材
- 医学影像专业系列

编写说明

医学影像专业系列教材以《中国医学教育改革和发展纲要》为指导思想,强调三基、五性,紧扣医学影像专业培养目标,紧密联系专业发展特点和教改要求,由10多所医学院校医学影像专业的教学专家与青年教学翘楚共同参与编写。

本系列教材是在教育部建设特色大学和培养实用型人才背景下编写的,突出了实用性的原则,注重基层医疗单位影像方面基本知识的学习和基本技能的训练。本系列教材可供医学影像学、医学影像技术、生物医学工程及放射医学等专业的学生使用。

本系列教材第一批出版《医学影像设备学实验》、《影像电工学实验》、《医学图像处理实验》、《医学影像诊断学实验指导》、《医学超声影像学实验与学习指导》、《医学影像检查技术实验指导》、《影像核医学学习与实习指导》共7种教材。

本系列教材吸收了各参编院校在医学影像专业教学改革方面的经验,使其更具有广泛性。本系列教材各自成册,又互成系统,希望能满足培养医学影像专业高级实用型人才的要求。

医学影像专业系列编委会

2013年10月

前 言

牡丹江医学院为黑龙江省东南部地区集教学、科研、临床于一体的综合性、具有硕士授予点的医科学院,牡丹江医学院影像学院的影像诊断学与工程学专业为国家重点专业,也是黑龙江省重点影像实习基地。为迎合影像学院特色专业建设的精神,学院成立了领导和专家小组,自主编写影像专业特色教材,针对影像核医学专业特点,编写《影像核医学实习与学习指导》,并对特色教材基本宗旨与要求,教材编写思路、原则与目标、教材特色定位等进行了认真、科学的讨论,并达成共识,并针对牡丹江医学院办学宗旨,以“实用性、为基层服务”的教学理念,迎合基层需要的实用型医学人才,努力打造主旨鲜明、影响力高的特色精品配套教材。

《影像核医学实习与学习指导》可满足医科院校影像专业与临床专业5年制本科教学的基本要求,在坚持教材编写“三基”(理论、知识、技能);“五性”(思想性、科学性、先进性、启发性、实用性);“三特定”(对象、要求和限制)的原则基础上,特别注重学生解决实际问题的能力培养,重视学生主动学习和分析思考问题能力的启发。

本教材由十部分内容组成,内容包括:核医学概论、循环系统、呼吸系统、泌尿生殖系统、内分泌系统、骨与关节系统、神经系统、消化系统、体外免疫分析技术、放射性核素治疗等。各系统内容基本包括:目的和要求、实习学时、实习与学习内容、案例分析、小结五部分;体外免疫分析技术还包括验证性实验内容。其中案例分析是每章节编写重点,内容包括本章重点病例分析,图文并茂,努力展示出教材应有的“宜教宜学、科学严谨”的特点。

我们相信,通过本教材的学习可使学生对核医学基础知识、基本原理与技术、影像学分析、临床诊断与鉴别诊断等方面会有更深刻的认识与提高,并能在今后临床实践中熟练应用核医学相关技术。

限于时间紧、编写作者水平有限,本教材难免存在不足或错误,恳请老师、同学、临床医师和本书读者给予批评指正,在此深表谢意。

李芳巍

2015年2月

目 录

第一章 核医学概论	1
一、目的和要求	1
二、实习学时	1
三、实习与学习内容	1
(一) 核物理基础知识	1
(二) 核医学仪器设备与放射性药物	2
(三) 核医学显像	2
(四) 核医学开放型放射工作场所分区与核辐射卫生防护	5
四、案例分析	7
五、小结	9
第二章 循环系统	10
一、目的和要求	10
二、实习学时	10
三、实习与学习内容	10
(一) 心肌灌注显像	10
(二) 心肌代谢显像	13
(三) 心肌受体显像	14
(四) 心肌显像临床应用	15
(五) 心血池与心脏功能测定	16
四、案例分析	17
五、小结	21
第三章 呼吸系统	22
一、目的和要求	22
二、实习学时	22
三、实习与学习内容	22
(一) 肺灌注显像	22
(二) 肺通气显像	24
(三) 双下肢深静脉显像	25
四、案例分析	26
五、小结	31

第四章 泌尿生殖系统	32
一、目的和要求	32
二、实习学时	32
三、实习与学习内容	32
(一) 放射性核素肾图	32
(二) 肾动态显像	33
(三) 肾静态显像	36
(四) 膀胱输尿管反流(VUR)显像	37
(五) 阴囊血流及血池显像	37
四、案例分析	37
五、小结	40
第五章 内分泌系统	41
一、目的和要求	41
二、实习学时	41
三、实习与学习内容	41
(一) 甲状腺摄 ¹³¹ 碘功能试验	41
(二) 过氯酸钾释放试验	42
(三) 甲状腺激素抑制试验	42
(四) 甲状腺静态显像	42
(五) 甲状腺动态显像	44
(六) 甲状旁腺显像	44
(七) 肾上腺皮质显像	45
(八) 肾上腺髓质显像	45
四、案例分析	45
五、小结	48
第六章 骨与关节系统	50
一、目的和要求	50
二、实习学时	50
三、实习与学习内容	50
(一) 骨显像	50
(二) 关节显像	53
四、案例分析	53
五、小结	57
第七章 神经系统	58
一、目的和要求	58
二、实习学时	58
三、实习与学习内容	58

(一) 脑血流灌注显像	58
(二) 脑PET代谢显像	61
(三) 中枢神经递质与受体显像	65
(四) 脑脊液间隙显像	66
四、案例分析	67
五、小结	70
 第八章 消化系统	72
一、目的和要求	72
二、实习学时	72
三、实习与学习内容	72
(一) 肝胶体显像	72
(二) 肝血流灌注和肝血池显像	73
(三) 肝胆动态显像	74
(四) 唾液腺显像	76
(五) 消化道出血显像	77
(六) 异位胃黏膜显像	78
(七) 胃食管反流显像与功能测定	79
(八) 放射性核素示踪呼气试验	80
四、案例分析	81
五、小结	85
 第九章 体外免疫分析技术	87
一、目的和要求	87
二、实习学时	87
三、实习与学习内容	87
(一) 放射免疫分析	87
(二) 免疫放射分析	87
(三) 非放射标记免疫分析技术	88
(四) 验证性实验	88
四、小结	89
 第十章 放射性核素治疗	90
一、目的和要求	90
二、实习学时	90
三、实习与学习内容	90
(一) 放射性核素治疗的基础知识	90
(二) 内分泌系统疾病放射性核素治疗	91
(三) 骨骼疾病放射性核素治疗	94

（四）真性红细胞增多症的 ^{32}P 治疗	94
（五）放射性核素敷贴治疗	95
四、案例分析	95
五、小结	99
参考文献	100

第一章

核医学概论

一、目的和要求

掌握核物理基础知识；掌握核医学显像的分类与特点；熟悉核医学仪器的探测原理及放射性药物的种类与制备；了解核医学科室构建要求与辐射防护。

通过学习初步认识核辐射探测技术、辐射生物效应及辐射卫生防护相关知识，以便规范临床实践行为；能够合理使用核医学诊断与治疗装置，正规使用放射性药物；对核医学显像机制给予正确的理解，以便提高核医学显像的分析能力以及结合临床解决问题的能力。

二、实习学时

本章实习学时数：2学时。

三、实习与学习内容

（一）核物理基础知识

1. 原子与原子核 物质是由原子组成，不同元素的原子具有不同的性质，但是原子基本结构大致相同。原子由处于原子中心带正电的原子核与核外按一定轨道绕行的带负电荷的核外电子组成。通常情况下，核外电子与原子核电荷数相等，故原子呈中性。

原子核位于原子中心，通过核力将若干个带正电荷的质子和不带电荷的中子聚合在一起而形成。任何一种元素的原子核可用 ${}^A_Z\text{X}$ 表示：其中 X 代表某种元素符号、A 代表原子核质量数、Z 代表原子核质子数即元素周期表中的原子序数。由于每一个元素的原子序数是一定的，因此可用 ${}^A\text{X}$ 表示原子核组成，如 ${}^{18}\text{F}$ 、 ${}^{99}\text{Tc}$ 、 ${}^{131}\text{I}$ 、 ${}^{32}\text{P}$ 等。

原子核分类方法繁多，可分为：①元素、核素、放射性核素；②同质异能素、同质异位素；③放射性核素、稳定核素。放射性核素能自发的发生核结构与能态变化，释放出粒子和（或）光子转化成另一种核素。稳定核素不会或相当长时间内不会自发地发生原子核内结构或能级变化而稳定存在。

核外电子带负电荷，绕原子运行，绕核运动的电子组成许多壳层，每层容纳电子数 $2n^2$ 个，每壳层轨道电子具有一定能量，距核越远，位能越高。

2. 原子核衰变 原子核衰变是指原子核处于不稳定状态，能自发地释放出一种或一种以上的射线而转变成另一种核素的过程。衰变类型包括 α 衰变、 β 衰变（ β^- 、 β^+ 、电子俘获）、 γ 衰变。放射性核素衰变过程是按指数规律衰变，在衰变过程中，初始核数的减少遵循指数

函数规律,即放射性衰变定律。

3. 射线与物质的相互作用 带电粒子与物质相互作用包括:电离与激发、韧致辐射、湮没辐射、散射、吸收作用;光子与物质的相互作用包括:光电效应、康普顿散射效应、电子对生成;中子与物质相互作用包括:弹性散射、核反应等。

(二) 核医学仪器设备与放射性药物

核仪器是把探测到的射线能量转换成可记录和定量的光能、电能,并通过测定这些能量信号的强弱来反映放射性核素的活性、能量及分布的装置。在医学诊疗中常用的各种核仪器统称为核医学仪器。主要包括 γ 闪烁计数器、液体闪烁计数器、放射性活度仪、脏器功能测定仪(甲功测定仪、肾功测定仪等)、脏器显像仪器(如 γ 相机、SPECT、PET、SPECT/CT、PET/CT、PET/MRI等)以及核医学治疗设备(如放射性核素敷贴器、放射性粒子植入计划系统、 ^{90}Sr - ^{90}Y 前列腺增生治疗仪、血细胞辐射仪等)、剂量测定与辐射监测仪器等。广泛应用于核医学的四个方面,即体外放射分析、放射性核素功能测定、放射性核素脏器显像和放射性核素治疗。通过本节学习以及实地接触核医学仪器,熟悉核医学仪器的探测原理。尤其掌握PET结构图像采集的基本过程与计算机操作,并熟悉PET检查的基本过程、方法、临床应用。

放射性药物是指含有放射性核素用于医学诊断和治疗的一类特殊药物。由放射性核素本身及其标记化合物组成,放射性核素显像治疗时利用核射线可探测其辐射作用,同时利用被标记化合物的生物学性能决定其在体内分布而选择性集聚在正常或病变组织。主要分成诊断用和治疗用的放射性药物。医用放射性核素的来源通过以下四个方面获得:①核反应堆照射生产;②核裂变产物分离提取;③放射性核素发生器;④回旋加速器生产。对于放射性药物的使用原则应注意以下五点:①正当性判断;②放射性药品的选择;③内照射剂量及用药剂量的确定;④保护性措施;⑤特殊人群的处理。

(三) 核医学显像

随着分子影像技术和相关学科技术的发展与交叉渗透,许多新型的核医学显像设备,如:SPECT/CT、PET/CT和PET/MRI等显像设备相继诞生,使核医学显像发生了革命性的变化。现代核医学显像已不仅仅是利用放射性核素及其标记化合物获得脏器与病变的功能代谢影像的方法,同时通过与X-CT、MR等的图像融合技术,还是能精确获得脏器与病变的形态、位置、大小及其解剖结构信息的显像方法。

1. 现代核医学显像概念 以放射性核素显像为基础,融合X-CT、MRI等显像技术,可将解剖形态、功能代谢、基因受体和分子结构变化等信息融为一体的复合式分子功能显像方法。

2. 核医学显像原理与机制

(1) 核医学显像原理:核素显像基本原理是指利用放射性核素示踪技术在活体内实现正常和病变组织的显像;核医学融合图像成像的基本原理是指在核医学显像中,应用图像融合技术对SPECT与CT、PET与CT或MRI等两种以上不同的图像信息进行处理,最终将其融合成一帧既能反映靶器官的生理、代谢和功能状态,又能清晰显示其形态位置、解剖结构的融合图像。其中图像融合技术是采用特定的算法,将多源图像信息(在医学影像领域主要有:SPECT、PET、CT、MR等图像)进行一定的变换处理,使其之间的空间位置和空间坐标达到匹配,并合成一帧新的图像的技术。

(2) 显像剂在脏器组织中的定位机制:因核素显像的各靶组织处在不同的生理、病理和

功能状态,故对不同脏器和病变组织的显像需采用不同的显像剂进行显像。

1) 细胞选择性摄取:根据人体组织细胞生理功能的不同,能被组织细胞选择性摄取用于核素显像的物质,可大致归纳为特需物质、特价物质、代谢产物和异物3种。

参与生物体组织细胞完成其生理功能过程不可缺少的物质称为特需物质,它可被该细胞选择性摄取。例如:碘和胆固醇分别是合成甲状腺激素和肾上腺皮质激素的特需物质,因此,将与其化学性质相同的 ^{131}I 和 ^{131}I -胆固醇引入体内,可被甲状腺和肾上腺皮质选择性摄取而使其显像; ^{18}F -FDG与天然葡萄糖一样可被脑细胞和心肌细胞当作能源物质摄取,且聚集量较高,故可使脑组织和心肌显像。

某些具有特定化合价的物质可被组织细胞选择性摄取,此类物质称为特价物质。例如:心肌细胞能摄取正一价金属阳离子和正一价小分子化合物,如类似 K^+ 特性的 ^{201}Tl 和 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -异腈类化合物的正一价部分可被心肌摄取,使心肌显像;又如 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 标记的脂溶性零价小分子物质, $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -六甲基丙二胺胍($^{99\text{Tc}}\text{m}$ -HMPAO)可通过血-脑脊液屏障进入脑细胞使脑组织显影。

特定的脏器组织细胞具有选择性摄取并清除机体代谢产物和入侵异物的功能。例如: ^{131}I -玫瑰红钠、 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -亚氨二乙酸类($^{99\text{Tc}}\text{m}$ -IDA)等放射性药品可被肝细胞摄取并随胆汁排出,故可用于肝胆系统显像;微粒状 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -硫化锑胶体($^{99\text{Tc}}\text{m}$ -SC)可被肝、脾、骨髓和组织内的单核吞噬细胞当作异物吞噬,使肝、脾、骨髓和淋巴系统显像;邻碘(^{131}I)马尿酸钠由肾小管上皮细胞摄取,随尿液排出,故可用于肾脏和尿路显像。

2) 化学吸附和离子交换:是骨骼和心肌梗死灶显像的主要机制。骨骼的主要无机盐成分是羟基磷灰石晶体,它具有优良的生物相容性和生物活性,其表面富含 PO_4^- 、 OH^- 、 Cl^- 、 F^- 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Sr^{2+} 等阴性和阳离子,它们能与血液和组织中相同的离子或化学性质类似的物质进行交换。当静脉注射 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ 标记的膦酸盐类放射性药品,如 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -亚甲基二膦酸盐($^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MDP)等可以和羟基磷灰石晶体表面的离子交换并吸附在骨盐中,使骨骼显像。在急性心肌梗死时,钙离子迅速进入死亡心肌细胞形成羟基磷灰石晶体, $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -焦磷酸钠($^{99\text{Tc}}\text{m}$ -PYP)可进入死亡心肌细胞与羟基磷灰石晶体结合,使心肌梗死灶显像。

3) 特异性结合:核医学分子影像必须依赖于抗原与抗体、配体与受体、多肽类药物与相应靶细胞、反义探针与癌基因、酶与底物等的特异性结合。分子影像显像剂即核分子探针是由放射性核素和特殊的配基组成,它能与靶分子形成特异性结合体,如:放射免疫显像和放射受体显像,以放射性核素标记单克隆抗体或配体作为显像剂,引入机体后可与相应的抗原或受体形成特异性结合物,使含有该抗原或受体的病变显像。此外,利用白细胞和纤维蛋白等能特异性集聚于炎性病灶和血栓部位的机制,采用放射性核素标记此类物质进行显像,是探测深部炎性病灶和血栓的有效方法。

4) 微血管栓塞:大于毛细血管直径($6\sim 9\mu\text{m}$)的可溶性微粒型放射性药品可暂时性栓塞于特定脏器组织的微血管床内,使该脏器组织显像。如肺灌注显像:静脉注射 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -大颗粒聚合白蛋白($^{99\text{Tc}}\text{m}$ -MAA)可随血流进入肺毛细血管床,并暂时性栓塞在肺部,而使肺显影。

5) 生物区通过和积存分布:生物区通过:如放射性核素心血管造影:当采用 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -RBC经肘静脉“弹丸式”注射后,它将依序快速通过上腔静脉→右心房→右心室→肺血管床→左心房→左心室→升主动脉→主动脉弓→降主动脉,使这些管腔陆续显影;当 $^{99\text{Tc}}\text{m}$ -RBC随血流从动脉进入相应脏器的血管床,可获得相应脏器的动脉灌注影像,称之为血池显像,本法

可使某些含血量明显增高的病变如出血部位、血管瘤等显像。积存分布: 将不参与代谢过程, 只作为示踪剂的放射性药品, 如 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -二乙三胺五醋酸($^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -DTPA)引入蛛网膜下腔或侧脑室, 它将随脑脊液流动并均匀地分布在各脑池、脑室和蛛网膜下腔, 从而获得不同部位脑脊液中放射性的分布影像。

3. 核医学显像与核医学图像分析基本方法

(1) 核医学显像基本方法

1) 显像剂的选择: 应选择能快速进入靶器官、靶/非靶比值高、合适而稳定的靶组织滞留时间、适宜的 γ 射线能量、放射性浓度高的显像药品。

2) 显像时间的选择: 根据药物在体内的转归特点和不同的应用目的, 选择最佳显像时间是获得优质影像的重要条件。对于了解靶组织功能状况的动态显像, 最佳显像时间的选择尤为重要。

3) 显像体位的选择: 核医学显像有多种体位, 常用体位有前位、后位、左右侧位和斜位等。针对不同部位脏器和不同的显像目的, 选择正确的体位对图像的质量非常重要。

4) 准直器和设备工作条件的选择: 探测不同能量的 γ 射线应选用相应性能的准直器。根据靶组织的大小、厚度、位置和显像的目的, 选择合适的高灵敏度或高分辨率准直器。如采用 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ 的脏器显像, 通常选用低能高分辨率准直器进行显像; 而 ^{131}I 甲状腺显像则主要采用高能针孔型准直器进行显像; 在显像前必须对设备进行系统的检查, 正确选择每一部件的工作参数, 保证设备的工作条件在最佳状态。其线性、均匀性、灵敏度、旋转中心等参数应定期进行校正。

5) 显像前的准备: 受检者在核医学显像前的准备工作是排除干扰因素, 获得满意的检查结果以及保护受检者免遭额外辐射所必须采取的措施。

(2) 核医学图像分析基本方法: 依据核医学显像是以放射性示踪剂在靶组织的摄取、分布、代谢过程为基础的显像, 因此对核医学影像分析必须在核素显像基本方法正确的前提下, 以放射性示踪剂的生物学特性及其在靶组织的积聚量为基础, 结合受检者的体检或病史等资料进行综合性分析。

1) 掌握受检者基本资料: 受检者基本情况包括性别、年龄、既往史、现病史、检查部位、检查目的、相关检查结果等。全面准确掌握受检者基本情况, 可确保图像分析基本方向的正确性。

2) 掌握显像剂的生物学特征: 不同显像剂的生物学行为差异很大, 对相关显像剂的生物学行为必须有明确的了解, 才能保证核医学影像分析的准确性。

3) 掌握核医学显像质量的影响因素: 显像设备的工作状态、显像剂的制备和使用方法、显像条件的选择, 以及核素的污染、散射和受检者体位移动等因素都可不同程度导致图像质量下降, 影响图像分析的正确性和准确性。

4) 掌握相关医学影像分析技术: 现代核医学显像已与 X-CT、MRI 显像技术相结合, 因此熟练掌握和运用相关医学影像分析技术, 对于核医学图像的正确分析非常重要。

4. 核医学显像的类型和特点

(1) 核医学显像类型: 根据现代核医学显像的基本条件: 显像剂放射线源的物理特性、显像设备、图像信息来源和图像终极处理技术等, 可将核医学显像分为核素显像和复合式显像两大类型。其中核素显像包括单光子与正电子显像、阴性与阳性显像; 复合式显像也称多模式显像, 可分为异机融合图像和同机融合图像两种。复合式显像是近十余年发展起来的新型核医学显像方法, 它是运用计算机图像融合技术将单光子显像和正电子显

像与 X-CT 或 MRI 显像等两种以上不同的影像信息融合成一帧新的复合图像的显像。

(2) 核医学显像信息采集方法分类: 包括静态与动态显像、静息与负荷显像、局部与全身显像、平面与断层显像、早期与延迟显像。

(3) 核医学显像特点: 现代核医学显像可将人体脏器组织、病变组织的生理生化和病理变化等重要信息汇集一体, 以高清影像的形式展现给临床医师, 为其提供准确可靠的诊疗依据, 大致可归纳为如下五个方面:

1) 图像信息多元化: 现代核医学显像已成为是一种集脏器解剖、形态、功能、代谢等信息为一体的多模式分子功能影像。通过对图像的分析, 即可观察到靶器官的形态、位置、大小和放射性的分布状况, 又可通过特殊的图像信息处理技术, 精确计算显像剂在靶组织的分布, 获取反映组织血流灌注、功能代谢、受体分布和分子基因改变等状况的重要参数。

2) 早期诊断价值: 由于核医学显像是反映脏器功能代谢的显像, 因此, 在靶器官病变早期, 仅发生功能代谢异常改变阶段就可清晰显示。尤其对恶性肿瘤病变是否存在早期转移, 具有重要价值。实践证明, 核医学显像对许多疾病的检查有较高的灵敏度, 故对疾病的早期诊断具有重要价值。

3) 定位、定性、定量和定期诊断: 核医学显像的许多方法能对靶组织进行定位、定性、定量分析, 对许多恶性疾病的分期具有重要的临床价值, 明显优于其他检查方法。

4) 细胞和分子水平显像: 由于核医学显像仪器和显像剂的飞速发展, 使核医学影像可以观察和分析脑、心肌、肿瘤等组织细胞的功能代谢, 核医学显像诊断已进入细胞和分子水平, 在活体内以特定分子或生物大分子为靶目标的分子成像技术, 即分子影像学的研究中占有极其重要的地位。

5) 无创性检查方法: 单次核医学显像检查对患者的辐照剂量仅相当于一次 X 线平片的 1/10, 或一次 CT 检查的 1/100 剂量。尤其是短半衰期核素和超短半衰期核素的开发应用后, 对孕妇、幼儿已不作为禁忌对象。此外, 放射性药品的化学量极微, 故无过敏反应和药物毒性反应。核医学显像除极少的特殊造影外无需动脉穿刺或插管。故核医学影像检查是一种无痛苦、无毒副作用的无创性检查方法。

(四) 核医学开放型放射工作场所分区与核辐射卫生防护

1. 核医学开放型放射工作场所分区 为了便于控制污染, 确保操作者的安全, 需要对开放型放射工作场所按操作放射性核素总浓度的多少及污染危险程度的大小, 实行分区布置和管理。

(1) 分区原则: ①将放射工作区与非放射工作区严格区分开, 在两区之间设置卫生通过区, 工作人员进出放射工作区必须经过卫生通过间进行更衣、换鞋、洗消、监测; ②放射工作区内应根据操作放射性水平的高低, 按顺序排列, 高活性区一般设在平面末端, 而且是当地主导风向的下风侧; ③废水排放的流向以及室内人工通风系统的气流方向, 均应由低放射性区流向高放射性区。

(2) 分区方法: ①整体分区: 开放型放射工作场所从整体考虑分为三个区域, 即放射性工作区、非放射性工作区以及设置于两者之间的卫生通过区。而放射性工作区根据操作放射性活度多少及污染危险程度大小分为三区, 即高放射性区、中放射性区、低放射性区。②按照受照剂量分区: 分为控制区、监督区、非限制区三个部分。

2. 核辐射卫生防护

(1) 放射卫生防护基本法规: 我国政府对放射卫生防护高度重视, 国家卫生和计划生育

委员会和有关部门多年来制定了近百项有关放射卫生防护的法规文件,与医疗有关的达数十项。其中有为从事医学放射性工作者制定的 GBZ98—2002《放射工作人员的健康标准》、《放射工作人员职业健康管理暂行办法》、《放射诊疗管理规定》等标准和法规;还特别针对核医学的特殊工作情况,相继制定了 GB16360—1996 和 GBZ120—2002《临床核医学放射卫生防护标准》、GB16361—1996《临床核医学中患者的放射卫生防护标准》、GBZ136—2002《生产和使用放射免疫分析试剂(盒)卫生防护标准》等新法规新标准;并于 2006 年 11 月 03 日发布了最新版的 GBZ120—2006《临床核医学放射卫生防护标准》取代了 GB16360—1996 和 GBZ120—2002 版本,新标准已于 2007 年 04 月 01 日开始实施。

(2) 辐射防护的基本原则:为了确保有效防护,ICRP 制定了如下三项原则,国家标准 GB18871 做了明确规定:

1) 放射实践的正当性:对于一项实践,只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后,其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时,该实践才是正当的。

2) 放射防护最优化:对于来自一项实践中的任一特定源的照射,应使防护与安全最优化,使得在考虑了经济和社会因素之后,个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平;这种最优化应以该放射源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外);防护与安全最优化的过程,可以从直观的定性分析一直到使用辅助决策技术的定量分析,但均应以某种适当的方法将一切有关因素加以考虑,以实现下列目标:第一相对于主导情况确定出最优化的防护与安全措施,确定这些措施时应考虑可供利用的防护与安全选择以及照射的性质、大小和可能性;第二根据最优化的结果制订相应的准则,据以采取预防事故和减轻事故后果的措施,从而限制照射的大小及受照的可能性。

3) 个人剂量限值:即个人所受的照射量不应超过规定的限值。

以上三条中,前两条是放射源的相关防护,第三条是个人相关防护。强调了随机性效应在防护中的重要地位和避免不必要照射的重要意义。

(3) 剂量限值:剂量限值是经过一次照射或在长期积累照射后,对机体损害最小和遗传效应几率最低的剂量。

1) 职业照射人员个人辐射有效剂量限值:连续五年的有效剂量均值应 $<20\text{mSv}$,并且任何一年中不得超过 50mSv ;一年内眼晶状体接受的年剂量当量应 $<150\text{mSv}$;四肢、皮肤和其他单个器官或组织的年剂量当量应 $<500\text{mSv}$ 。应急照射情况下,一次可接受 50mSv 全身照射,但以后所接受的照射应适当减少,以使这次照射前后十年平均有效剂量不超过 20mSv 。对于接受涉及辐射照射培训和学习过程中使用放射源学生的限值,年有效剂量应 $<6\text{mSv}$;一年内眼晶状体接受的年剂量当量应 $<50\text{mSv}$;四肢和皮肤的年剂量当量应 $<150\text{mSv}$ 。

2) 公众成员个人辐射有效剂量限值:各种实验辐照引起公众成员的全身年有效剂量应 $\leq 1\text{mSv}$;特殊情况下最大年有效剂量可达 5mSv ,前提是连续 5 年有效剂量均值 $<1\text{mSv}$;一年内眼晶状体接受的剂量当量 $\leq 15\text{mSv}$;一年内皮肤接受的剂量当量应 $\leq 50\text{mSv}$ 。

(4) 外照射防护措施:外照射卫生防护的主要要求是使工作人员和公众避免一切不必要的照射,并使必要的照射控制在尽可能低的水平。其主要防护方法有以下几点:

1) 用量防护:即尽可能减少放射性药品的用量。因为外照射的照射量与放射性活度成正比,在因素不变时,放射性活度越高,产生的照射量越大。因此,只要能保证符合质量要求的任务完成,应尽可能降低放射性药品的放射性活度。

2) 时间防护: 即尽可能缩短接触放射源的时间。因为工作人员受辐射的剂量与辐射时间成正比, 缩短工作人员与放射性物质的接触时间, 则可减少照射剂量。

3) 屏蔽防护: 即在人员与放射源之间设置辐射屏蔽物。在放射性物质与工作人员之间设置辐射屏蔽物(如铅玻璃、铅屏风、铅防护服等), 达到削弱射线能量, 降低对人员照射量的目的。

4) 距离防护: 即尽可能增大人员与辐射源的距离。因为射线对物质的辐射剂量与它们之间的距离平方成反比。因此, 增大工作人员与放射性物质间的距离, 可以达到事半功倍的外照射卫生防护效果。

(5) 内照射防护措施: 开放型放射性工作中, 使用的放射性物质直接暴露在工作环境中, 会存在放射性物质通过各种途径进入机体内而产生内照射危害。内照射防护主要措施如下:

1) 阻塞通道: 放射性物质有可能通过呼吸道、消化道、伤口、黏膜、皮肤等途径进入体内。因此, 阻塞这些通道, 阻止放射性物质入体, 是内照射卫生防护的根本性措施。保持室内通风, 工作人员戴口罩等措施, 可防止放射性物质从呼吸道进入体内。放射工作人员应有良好的卫生习惯, 如: 离开实验室时应认真用肥皂洗手, 不留长指甲, 不随使用手抓取食物, 不在实验室内吸烟、进食, 不在工作场所存放食具、食品等。可防止放射性物质从消化道进入体内。当手部有伤口时要及时包扎、封口, 戴工作手套以隔绝伤口, 严重时应停止工作。手上沾有放射性物质时应及时用水冲洗, 不得用有机溶剂擦洗等措施, 可防止放射性物质从伤口、黏膜、皮肤渗入机体。

2) 药物预防: 核医学工作场所中经常使用开放型放射性碘, 为阻止放射性碘进入甲状腺, 可采取口服碘剂药物(KI)预防法, 让非放射性碘预先占领甲状腺, 可有效阻止放射性碘进入。经常食用含丰富碘的食物(海带等)也是良策。

3) 加速排出: 当误食放射性物质后应立即催吐, 继而洗胃。对于已进入血液的则通过利尿措施加速从肾脏排出。对于金属性放射性核素可服用络合剂及泻剂, 以促使其尽快排出机体。伤口沾染放射性物质时, 用水冲洗的同时, 应挤压伤口促使多流血, 血流可带出伤口内的污染物, 清洗时应由外向内擦洗伤口, 以免伤口的放射性物质污染伤口周围皮肤而扩大污染范围。

(6) 放射性废物处理: 核医学工作中发生的放射性废物(radioactive waste)有气、液、固态三种, 称为放射性三废。关于“三废”的处理, 在 GBZ133—2002《医用放射性废物管理卫生防护标准》中有明确规定。防护标准中规定的放射性废物综合处理方法主要有三种: 贮存衰变法、稀释排放法、焚烧浓缩法。

四、案例分析

案例 1

1. 临床资料 下图两个核医学设备(图 1-1)是什么? 使用它们的目的是什么? 测量 ^{99m}Tc 与 ^{111}In 的程序是否一样, 如不同有何差别? 多长时间进行一次校正和常规质量控制?

2. 分析讨论 ① A 为盖革计数器, 探头可用于污染探测和区域检测; B 为放射性剂量测量仪, 充满气体的电离箱可测量药物的活度; ②盖革计数器测量两种核素程序是一样的, 但不能鉴别不同能量和不同核素; 放射性剂量测量仪测量两种核素方法不一样, 测量前需要选择不同核素挡, 因为射线能量和射线类型不同产生的电离数也不同; ③盖革计数器应每日检查电池、本底计数率、稳定性、安装时校准, 以后每年校准一次; 放射性剂量测量仪应每日检查稳定性, 每季度检查准确性、线性, 安装时和安装后测量几何-依赖反应。

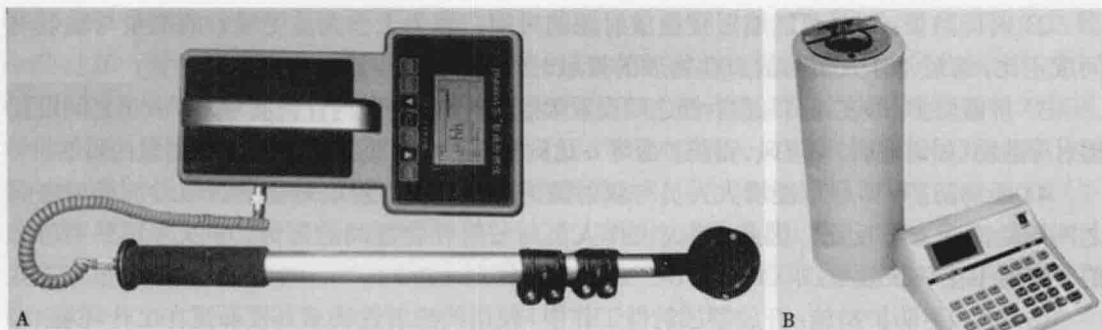


图 1-1 核医学设备

案例 2

1. 临床资料 下图放射防护物品(图 1-2)是什么?使用它们的目的是什么?哪些因素决定屏蔽效果?半价层厚度是什么?什么是韧致辐射,如何防护?

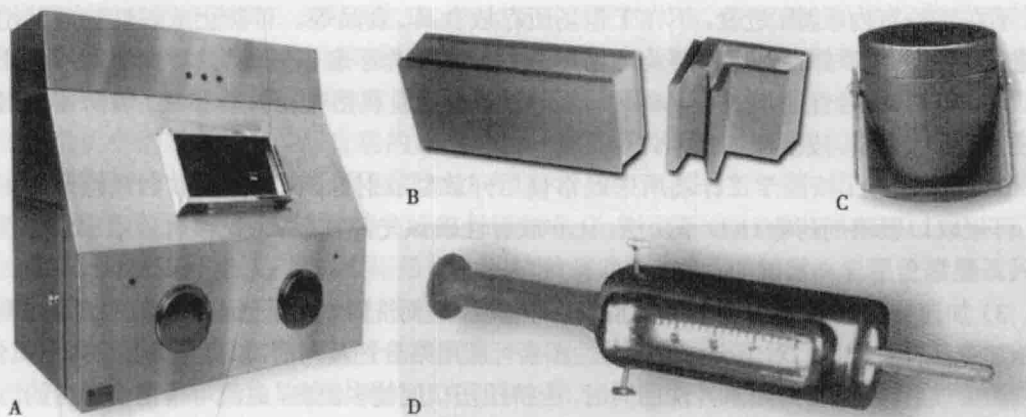


图 1-2 放射防护物品

2. 分析讨论 ① A 为放射性核素分装箱通风橱,具有屏蔽防护功能,主要进行放射性核素分装配制;B 为铅砖、C 为核素运输罐、D 为注射器辐射防护套,主要目的是屏蔽辐射;②屏蔽的有效性决定因素有吸收介质的密度、厚度和射线能量;③半价层是穿过吸收介质后的射线强度为入射强度一半时的穿透厚度,因子是 2;④韧致辐射是粒子在介质中受到阻滞而急剧减速时能将部分能量转化为电离辐射,其发生几率与 β^- 粒子能量及介质的原子序数成正比。在防护上 β^- 粒子的吸收体和屏蔽物质应采用低密度材料,如有机玻璃、铝等。

案例 3

1. 临床资料 下图所示核医学工作场所物品(图 1-3)哪些应每日常规监测污染或随机污染监测?污染如何定义?哪些东西适合擦拭样品,如何进行擦拭试验?

2. 分析讨论 ① A 为门把手,B 为放射性运输箱,C 为桌面。A 和 C 怀疑污染时进行监测。B 在核医学科 3 小时内应行常规污染监测。应随机监测这些物品是否有污染。②污染指不应该有放射性的区域出现可分散放射性。可分散放射性可以是固定的、可移动的(不固定的)或可空气传播的。③用棉签、乙醇棉片、化学滤纸或其他小纸巾可行擦拭试验。为了确保方法准确,擦拭范围应包括约 100cm^2 的 S 形区域。