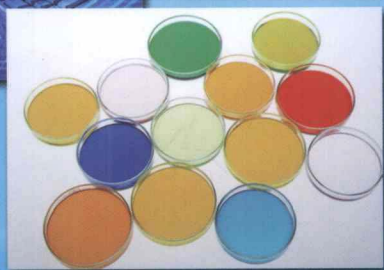


全国高等院校医学实验教学规划教材

核医学实验教程

孟庆勇 黄定德 主编



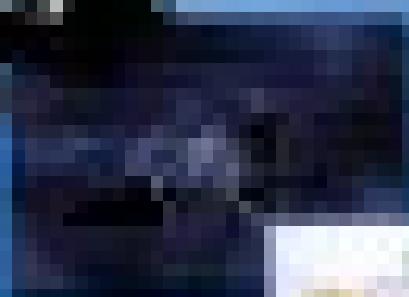
科学出版社

www.sciencep.com

全國高等院校醫學影像學專業教材

核医学实验教程

王松林 潘文强 主编



科学出版社

全国高等院校医学实验教学规划教材

核医学实验教程

主 编 孟庆勇 黄定德
副主编 徐美奕 彭志平 秦永德
编 委 (按姓氏笔画排序)
王明华(贵阳医学院)
牛发良(河北北方学院)
卢汉平(中山大学)
孙俊杰(蚌埠医学院)
李贵平(南方医科大学)
陈 昱(福建医科大学)
孟庆勇(广东医学院)
秦永德(新疆医科大学)
徐美奕(广东医学院)
黄定德(第三军医大学)
彭志平(重庆医科大学)
廖永华(广州医学院)
廖新华(第三军医大学)

科 学 出 版 社

北 京

· 版权所有 侵权必究 ·

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303(打假办)

内 容 简 介

本书以参加编写的高等院校原核医学实验教材为蓝本,结合目前核医学的发展趋势,吸纳先进的理论和技术编写而成。它不仅集中了参加编写的高等院校教师多年从事核医学教学的经验和体会,而且采用核医学先进方法设计出各种实验项目。为了培养学生的综合素质和创新精神,在过去实验教材强调的经典实验基础上,增加了综合性实验和创新性实验。本教材注重将核医学技术应用于医学领域,并力求解决实际问题。在选择核医学方法和技术时,坚持全面和重点相结合的原则。

本书供高等院校医学及相关专业学生作为教材使用,也可供相关人员在研究、工作中参考。

图书在版编目(CIP)数据

核医学实验教程 / 孟庆勇, 黄定德主编. —北京: 科学出版社, 2010. 9

(全国高等院校医学实验教学规划教材)

ISBN 978-7-03-028631-4

I. 核… II. ①孟… ②黄… III. 原子医学-实验-医学院校-教材 IV. R81-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 158642 号

策划编辑:周万颢 李国红 / 责任编辑:秦致中 周万颢 / 责任校对:何艳萍
责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 9 月第一次印刷 印张:8

印数:1—4 000 字数:179 000

定价: 18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《全国高等院校医学实验教学规划教材》

编写指导委员会

主 任	丁元林				
副主任	施建明				
委 员	刘 仿	唐湘涓	吴 斌	李果明	黄培春
	苏汝好	唐焕文	贾振斌	庄海旗	
总策划	刘 仿				
秘 书	徐美奕	林华胜	余海波		

总 序

随着 21 世纪经济与社会的发展,科学技术既向纵深发展、不断分化,又互相渗透、不断融合;同时,新兴学科与边缘学科的兴起、新技术的应用、信息量的剧增,对医学的发展产生了重大而深远的影响,这些必将促进医学教育的全面改革。实验教学作为高等教育的重要组成部分,是学生实践能力和创新能力培养的重要途径,其重要性已受到越来越广泛的关注。

目前,传统实验教学模式仍占主导地位,存在不少弊端和不足:以学科为基础构建的课程体系,忽略了生命科学的整体性、系统性;学科体系繁多,相互孤立,学科间联系不够;实验室分散,功能单一,设备重复购置,资源浪费,效率低下,调配困难;实验教学内容陈旧,手段落后,方式老化,实验内容以验证理论为主,缺少现代医学实验内容;医学生学习的积极性、主动性不强。这些明显滞后于现代医学的发展,影响教学质量,不利于大学生创新意识和实践能力的培养,难以培养出高素质、创新型的医学人才。如何改革传统的实验教学模式,培养具有创新精神、知识面广、动手能力强的新型医学人才,已成为当务之急。教育部、卫生部《关于加强医学教育工作,提高医学教育质量的若干意见》(教高[2009]4 号)明确提出“高等学校要积极探索医学实践教学体系,加强实践能力培养平台的建设。积极推进实验内容和实验模式的改革,提高学生分析问题和解决问题的能力”,进一步明确了医学实验教学的重要性和改革的必要性。根据教育部精神,要对传统医学实验教学模式进行改革,最大限度地整合有限资源,优化重组教学实验室,依托相关学科优势,与学科建设相结合,构建开放共享的实验教学中心,力求突出和贯彻执行教育部提出的“三基”、“五性”和注重实用性的要求,以培养学生的探索精神、科学思维、实践能力和创新能力。构建新型的医学实验教学体系,要求我们从根本上改变实验教学依附于理论教学的理念,理论教学与实验教学要统筹协调,既有机结合又相对独立,建立起以能力培养为主线,分层次、多模块、相互衔接的实验教学体系。

以教学内容和课程体系改革为核心、培养高素质、创新型人才为目标,科学整合实验教学内容,打破既往学科框架,按新构建的科学体系,编写适合创新性实验教学体系的配套实验教材已显非常迫切。在科学出版社的大力支持下,《全国高等院校医学实验教学规划教材》编委会以广东医学院为主体,协同重庆医科大学、中山大学等全国 33 所高等医药院校相关专业的 167 名专家、教授共同编写了这套实验教学系列教材。全系列教材共 26 本,分别是《医学物理学实验》、《医用基础化学实验》、《医用有机化学实验》、《系统解剖学实验》、《医学机能学实验教程》、《病原生物学与医学免疫学实验》、《生物化学与分子生物学实

验指导》、《病理学实习指南》、《计算机应用基础上机与学习指导》、《预防医学实习指导》、《卫生统计学实习指导》、《流行病学实习指导》、《临床营养学实习指导》、《营养与食品卫生学实习指导》、《毒理学基础实验指导》、《环境卫生与职业卫生学实习指导》、《健康评估实验指导》、《护理学基础实验指导》、《内科护理学实验指导》、《外科护理学实验指导》、《妇产科护理学实验指导》、《儿科护理学实验指导》、《药理学实验教程》、《药学实验指导》、《临床免疫学检验实验》、《核医学实验教程》。

本系列实验教学规划教材是按照教育部国家级实验教学示范中心的要求组织策划,根据专业培养要求,结合专家们多年实验教学经验,并在调研当前高校医药实验室建设的实际情况基础上编写而成,充分体现了各学科优势和专业特色,突出创新性。同时借鉴国外同类实验教材的编写模式,力求做到体系创新、理念创新。全套教材贯彻了先进的教育理念和教学指导思想,把握了各学科的总体框架和发展趋势,坚持了理论与实验结合、基础与临床结合、经典与现代结合、教学与科研结合,注重对学生探索精神、科学思维、实践能力的培养,我们深信这套教材必将成为精品。

本系列实验规划教材编写对象以本科、专科临床医学专业为主,兼顾预防、基础、口腔、麻醉、影像、药学、中药学、检验、护理、法医、心理、生物医学工程、卫生管理、医学信息等专业需求,涵盖全部医学生的医学实验教学。各层次学生可按照本专业培养特点和要求,通过对不同板块的必选实验项目和自选实验项目相结合修选实验课程学分。

由于医学实验教学模式尚存在地区和校际间的差异,加上我们的认识深度和编写水平有限,本系列教材在编写过程中难免存在偏颇之处,敬请广大医学教育专家谅解,欢迎同行们提出宝贵意见。

《全国高等院校医学实验教学规划教材》编写指导委员会

2010年6月

前 言

本书以参编院校原自编的核医学实验教材为蓝本,结合目前核医学的发展趋势,吸纳先进的理论和技术编写而成。它不仅集中了参编院校多年从事核医学实验教学的经验和体会,而且采用目前核医学所应用的先进方法,设计出各种实验项目。为了培养学生的综合素质和创新精神,我们在过去实验教材强调基本实验和经典验证性实验的基础上,增加了综合性实验和创新性实验。本书分为三篇,第一篇为经典验证性实验,根据理论教材的章节所涉及的内容分章节地设计经典验证性实验项目,主要是巩固学生学习的理论知识和培养学生的实践动手能力;第二篇为综合性实验,是将理论教材各章节的内容融会贯通,根据内容的相关性设计实验项目,目的是培养学生综合运用所学知识、分析和解决问题的能力;第三篇为创新性实验,是根据学生已经掌握的理论和技能,教师提出问题并引导学生自行设计和完成具有探索性的实验项目,以培养学生的创新能力。为了继承和发扬过去实验教材与理论课讲授联系紧密的特点,我们将第一篇分为六章,分别为核物理基础知识、电离辐射防护基本知识、放射性测量、放射性核素标记化合物、放射性核素示踪技术和体外放射分析。目的是将相关内容的实验分列到相应的章,使实验教程内容与理论教材相互对应,便于学习。通过篇章的这种创新性设计,我们不仅保留了过去实验教材传统模式的优点,而且为综合性实验和创新性实验的设计开辟了新的空间。每个实验项目含有下面几项或全部内容,即实验目的、实验原理、实验器材、实验方法、实验结果、实验计算、注意事项和思考题等。

本教材注重将核医学技术应用于医学领域,并力求解决实际问题。根据临床医学对疾病诊断、治疗、预防和健康评价的需要,我们对教材内容的选择原则不仅坚持三基(基础理论、基本知识、基本技能)和五性(思想性、科学性、先进性、启发性、实用性),而且在选择核医学方法和技术时,实行全面和重点相结合。全面是指将核医学常用的放射性核素示踪技术、放射免疫分析和免疫放射分析等方法编入书中,同时增加了电离辐射防护的实验项目,使学生通过实验项目全面熟悉核医学所应用的技术;重点是指对于核医学所涉及的示踪技术和放射免疫分析等重点内容设计出更多的实验项目,并配备较多的实验类型,使学生通过丰富的实验内容掌握老师讲授的重点内容。

为了突出教材理论联系实际的效果,编写人员均来自教学第一线,他们将教学中亟待解决的问题融入实验教材的编写过程中,根据学科发展和目前核医学的实际情况对过去自编教材的相关内容进行了增加和删除。尤其关注反映本学科的发展和临床常用的技术,使学生掌握这些技术后,将来能在临床诊断

和治疗中发挥重要作用。

在全体编委的共同努力下,我们力求完美、开拓创新、概念准确、语言流畅、保证质量,但是可能仍然有不少缺点和错误,殷切期望读者给予批评指正,我们将不断改进和完善。

本教材得到科学出版社、广东医学院以及其他参编院校领导和老师的大力支持,在此表示衷心的感谢!

孟庆勇 黄定德

2010年5月

目 录

第一篇 经典验证性实验

第一章 核物理基础知识	(1)
实验一 常用的核医学仪器介绍和演示	(1)
实验二 放射性核素半衰期的测定	(3)
第二章 电离辐射防护基本知识	(5)
实验一 开放型放射性实验室安全操作规程	(5)
实验二 外照射的防护方法	(7)
第三章 放射性测量	(10)
实验一 盖革计数器的坪曲线和计数效率测定	(10)
实验二 盖革计数器的分辨时间测定	(12)
实验三 γ 计数器的使用	(16)
实验四 低能 β 射线测量技术	(19)
实验五 液体闪烁测量及淬灭校正	(21)
实验六 样品道比法淬灭校正曲线的绘制	(22)
实验七 利用液体闪烁计数器对 ^{32}P 进行放射性测量	(24)
实验八 放射性试剂的加样和误差计算	(27)
实验九 放射性核素衰变的统计涨落和测量误差控制方法	(29)
第四章 放射性核素标记化合物	(32)
实验一 蛋白质的碘化标记	(32)
实验二 自身取代法检测标记抗原比活度	(35)
实验三 核素稀释法测定放射性核素标记化合物的放化纯度	(36)
实验四 药物的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 螯合标记	(38)
实验五 红细胞的放射性核素标记	(39)
实验六 放射性胶体的制备	(40)
第五章 放射性核素示踪技术	(42)
实验一 ^3H -TdR 掺入的淋巴细胞转化实验	(42)
实验二 体内示踪动力学实验	(43)
实验三 ^{131}I -邻碘马尿酸钠在小鼠体内的分布	(46)
实验四 小鼠心肌营养性血流量的检测	(48)
实验五 放射性化合物体内吸收率的检测	(49)
实验六 放射性药物体内分布实验	(50)
实验七 核素示踪法用于核酸分子杂交技术	(51)
实验八 NK 细胞活性测定	(55)

第六章 体外放射分析	(57)
实验一 抗血清滴度的检测	(57)
实验二 抗血清亲和常数的计算	(59)
实验三 放射性碘标记蛋白质的标记率检测	(60)
实验四 样品回收率的检测	(61)
实验五 放射免疫分析灵敏度的检测	(62)
实验六 放射免疫分析中使用的“零”血清制备	(63)
实验七 抗血清的交叉反应率检测	(64)
实验八 三碘甲状腺原氨酸的检测	(67)
实验九 ^3H -雌二醇胞质受体的检测	(69)
实验十 酶活性的放射分析	(70)
实验十一 甲状腺刺激性抗体活性的放射受体分析	(72)
实验十二 免疫放射分析	(74)

第二篇 综合性实验

第七章 综合性实验	(77)
实验一 标记化合物的纯化	(77)
实验二 宏观放射自显影实验	(81)
实验三 微观放射自显影实验	(84)
实验四 体内红细胞容量测定(核素稀释法)	(88)
实验五 放射性核素标记 DNA 探针	(90)
实验六 与乙型肝炎相关抗原和抗体的检测	(94)
实验七 受体的放射配体结合分析技术	(100)

第三篇 创新性实验

第八章 创新性实验	(103)
实验一 制备检测未知抗原含量的放射免疫分析试剂盒	(103)
实验二 常用去污剂对物件表面放射性沾染的去污效果分析	(105)
实验三 植物和土壤中总 α 和总 β 放射性测定方法	(107)
实验四 抗肿瘤中药活性成分对肿瘤细胞生长的抑制	(109)
实验五 消化道出血治疗药物剂型改良后疗效观察	(110)
实验六 去除废水中的放射性核素	(110)
实验七 ^{131}I -RB 小鼠肝细胞摄取和血滞留率测定	(114)

第一篇 经典验证性实验

第一章 核物理基础知识

实验一 常用的核医学仪器介绍和演示

凡是在医学中用以探测和记录放射性核素释放射线的种类、数量、能量和其随时间变化以及在空间分布的仪器,称为核医学仪器。

【实验目的】

了解核医学常用仪器的基本原理和用途。

【实验原理】

核医学仪器的种类很多,但其基本原理都是以射线与物质相互作用为基础进行设计和制造的。①电离:射线引起物质电离,产生相应的电信号,收集和计量这些电信号即可测出放射性核素的放射量;②激发:射线通过能量传递而激发荧光物质,并在退激过程中发出荧光,再通过光电倍增管产生电信号,从而测得射线的性质或数量;③感光:射线可以使感光材料形成潜影,经显影、定影处理后,在感光材料上形成黑色颗粒沉淀,显示出黑影,根据黑影的有无和灰度,对在组织器官或样本中的放射性做出定位和定量的探测。

【实验器材】

电离室型探测器、塑料闪烁计数器、个人剂量监测仪器、工作场所辐射监测仪器、胶片剂量计、个人剂量笔、热释光监测仪器、全身计数器、乙丙辐射仪、 α 和 β 表面污染监测仪、低能 γ 表面污染测量仪、X和 γ 剂量仪器、 γ 闪烁计数器、液体闪烁计数器、甲状腺功能仪、肾功能测定仪、 γ 照相机、单光子发射型计算机断层仪和正电子发射型计算机断层仪等。

【实验方法】

根据实验室拥有仪器和设备的情况,介绍常用的核医学仪器。按照核医学仪器用途,大致可分为:

1. 计量用核医学仪器 用于放射性活度测量的计量仪器称为活度计。它可用于测量放射性核素的放射性活度。活度计分为电离室型探测器和塑料闪烁计数器两类。它们适用于能量范围在 $25\text{KeV} \sim 1.3\text{MeV}$ 的 γ 射线和大于 0.3MeV 的 β 射线,量程一般为 $3.7\text{KBq} \sim 37\text{GBq}$ 。

2. 计数用核医学仪器 在医学研究和临床检验中,用于对血、尿、组织等被检样品中的放射性进行测量的仪器,称为计数用核医学仪器。

(1) γ 闪烁计数器:为核医学中最常用的放射性测量仪器之一。主要用于测量样品 γ 射线的相对计数。这类测量仪大都配有计算机,具有自动换样、数据记录、打印和数据处理

等功能。例如 γ 免疫计数器,配有专用计算机软件,可以进行放射免疫分析的比值计算、函数拟合、数据处理。

(2) 液体闪烁计数器:主要用于样品 β 射线的测量,特别是低能 β 射线的相对计数测量。

3. 放射性剂量仪器 对个人或工作场所的辐射剂量进行监测的仪器,称为放射性剂量仪器。它分为个人剂量监测仪器和工作场所辐射监测仪器。前者包括胶片剂量计、核乳胶剂量仪、个人剂量笔、热释光监测仪器和全身计数器等;后者包括乙丙辐射仪、 α 和 β 表面污染监测仪、低能 γ 表面污染测量仪、X 和 γ 剂量仪器。

4. 诊断用核医学仪器 在临床核医学工作中,主要用来对被检测者脏器功能或脏器显像的检查。如功能测定仪、 γ 闪烁照相机、SPECT、PET 等。

(1) 脏器功能测定仪:临床常用的核医学诊断仪器之一。它能从体表测量放射性核素在脏器中随时间变化的动态过程,以判断脏器功能和血流量的状况。主要由闪烁探测器连接计数仪和记录器组成。

1) 甲状腺功能仪:用于甲状腺对放射性碘摄取率的测量。

2) 肾功能测定(肾图)仪:使用双探头计数仪,分别测定放射性药物在双侧肾脏的过滤排泄过程,将放射性计数随时间的变化绘制成图,反映肾脏的血供、功能及上尿路的通畅情况。

(2) 核素脏器显像仪:记录并显示放射性核素在体内脏器中的分布,以对该脏器的解剖、生理功能有无异常做出判断的核医学仪器。当前常用的有 γ 照相机、单光子发射型计算机断层仪、正电子发射型计算机断层仪等。

1) γ 照相机:对体内脏器中的放射性核素分布进行一次成像,并可作动态观察的核医学仪器。它主要由闪烁探测器、电子学线路及显示记录装置三部分组成,并配有多种附加设备,如功能测定仪、心电图控制的门电路装置、双放射性核素分析器等。它现已逐步被单光子发射型计算机断层仪(SPECT)取代。

2) 单光子发射型计算机断层仪: γ 照相机只能显示二维图像,SPECT 不仅能显示二维平面图像,更主要的是还能通过图像重建技术给出脏器的断层图像。主要由 γ 照相机和计算机两部分组成, γ 照相机可以在计算机控制下绕人体旋转 360 度,而且它的技术性能和精度要高于普通 γ 照相机;计算机部分的任务是用于核医学数据和图像处理分析。

3) 正电子发射型计算机断层仪(PET):是一种通过示踪原理,以解剖结构方式显示体内生化和代谢信息的影像技术,主要优点如下:①符合探测不需准直器,计数效率明显提高;②由于计数效率和探测方式的进步,空间分辨力明显提高;③高能 γ 线穿透力强,符合探测要求,有助于克服衰减,可以保证定量分析的准确;④容积探测是真正 3D 探测技术;⑤多种参数、多方式、多种放射性药物的灵活性,具有永无止境的发展潜力;⑥用生理性核素示踪,是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术。目前较成熟的 PET 临床检查主要集中于肿瘤、心脏和脑 3 个领域。

【注意事项】

(1) 通过实际操作或者演示等形式讲解核医学仪器的功能和用途。

(2) 高级精密仪器以教师演示为主,学生实际操作为辅。

(3) 在实际介绍仪器的性能和作用时,也可以播放事先准备好的仪器正常检测样品的录像片,提高学生对仪器的感性认识。

实验二 放射性核素半衰期的测定

【实验目的】

掌握盖革计数器测定放射性核素半衰期的原理和方法。

【实验原理】

不稳定的原子核会通过多种衰变方式,不断减少原来母核(father nuclei)的数量逐渐增大核的稳定性。即含放射性核素物质的放射性活度随时间增长而减弱。因此,由探测器测得样品的计数率与时间呈指数衰减的规律。

$$n(t) = n_0 e^{-\lambda t} \quad (1-1-1)$$

式中, n_0 是 t 为 0 时的放射性活度; λ 为放射性核素的衰变常数,它是放射性核素的一个重要特征常数,可以作为核素的“指模”而对其进行识别。与衰变常数相关的另一个重要参数是半衰期,即使放射性物质的放射性活度减小一半所需要的时间,常用 $T_{1/2}$ 表示。

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

由探测器测得的计数率随时间变化的数学关系式又可简单地表示为:

$$n(t) = n_0 \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} \quad (1-1-2)$$

【实验器材】

圆柱型盖革计数管 1~2 支、测量架、FH463B 定标器(带高压电源)1 台、未标明核素名称的标准放射源溶液 1 瓶、托盘 1 只、滤纸、镊子、移液管等。

【实验方法】

1. 放射源的制作 在托盘上,向贴在有机玻璃板上的滤纸中央滴数滴放射性溶液。稍放置,待溶液完全被滤纸吸牢并基本干燥后,用镊子将吸有放射性物质的滤纸放到准备好的干净滤纸上。

2. 样品测量 在测量仪器的本底计数率之后,将自制的放射源放在计数管的正下方,每隔 10 分钟测量一次样品的计数率。

3. 半衰期计算 利用半对数坐标纸或者计算机的 Excel 整理数据,画出曲线,代入公式(1-1-2)计算半衰期。

4. 对样品中的放射性核素的判定 根据半衰期的测量结果,通过查阅相关资料,判定放射性溶液中所含的放射性核素。

【实验结果】

下面给出实验数据记录表格的基本式样,可根据需要自行添加或改变(表 1-1-1)。

【实验记录】

实验日期:_____年_____月_____日_____室温:_____

工作电压 $U =$ _____ V; 本底计数率 = _____ cpm

表 1-1-1 放射性核素半衰期的测定数据记录表

测量次数	1	2	3	4
总计数 N				
计数时间 $t(\text{min})$				
计数率				
净计数率				

【注意事项】

- (1) 计数管避免工作在接近放电区的高电压下,而且不能将高压的极性接反。
- (2) 在制备放射性样品的过程中,应该严格按照放射性物质操作要求,用镊子挟持,并戴手套操作。特别要注意不能让放射性溶液溅射在托盘之外。
- (3) 测量完毕后,要把样品放入塑料袋内。
- (4) 在测量自制放射源的半衰期实验中,更要注意不能让开放性的放射性物质溅落在测量架上或者托盘以外。
- (5) 无论发生什么问题都要及时报告教师,不得自行处理。
- (6) 在所有测量过程中,要尽量保证除变动的条件外,其他的测量条件要尽量保证不变。

【思考题】

通过本实验,你认为要通过半衰期的测定比较准确地判定未知放射性核素,应该注意些什么问题?

实验一 开放型放射性实验室安全操作规程

无论是实验核医学、检验核医学,还是临床核医学均要使用开放型放射性核素及其标记化合物。因此,核医学实验室属于开放型放射性工作场所,除遵守普通实验室的规则之外,还需要遵守如下操作规程。

【实验目的】

- (1) 熟悉国家颁布的相关放射防护规定。
- (2) 掌握放射性污染和废弃物的处理方法。

【实验原理】

1. 实验操作初

(1) 认真学习并熟悉国家颁布的“放射防护规定”或工作单位根据“放射防护规定”制定的“实验室安全操作规程”。

(2) 实验室内应通风 5~10 分钟,并穿戴好与操作放射性核素剂量及方式相适应的个人防护用品(如实验服、鞋、帽、口罩、手套等),才能进入实验室。

(3) 与实验无关的物品,如书籍、纸张和书包等应放在办公室或卫生通过间的衣柜中,严禁携入实验室。

(4) 对操作的放射性核素及其标记化合物(药物)的性质、化学状态、毒性、放射性活度、比活度、放射性浓度等参数应有确切的了解,并熟悉实验操作性质、流程及相应的防护措施。

2. 实验操作中

(1) 操作活性较高的放射性物质必须戴好手套,并在铺有吸水纸的搪瓷盘内进行。严禁戴手套任意触摸非放射性的仪器、设备、物品等。

(2) 将放射性液体物质从一个容器转移至另一容器时,通常应采用吸管、注射器、加样器等工具,只有在放射性物质的比活度很低时,才允许使用倾倒法。用吸管、移液管转移液体时,分别用乳胶头、洗耳吸球产生管内负压再吸取,严禁用口吸取;当需要精确转移一定量的放射性物质,且用刻度移液管作工具时,应采用减量法。用倾倒法时,操作要谨慎,严防溶液溅洒。

(3) 凡是对放射性溶液进行加热、蒸发、烘干和研磨时,必须注意以下问题:

- 1) 应在通风柜内进行。
- 2) 溶液体积不得超过容器体积的 $1/3 \sim 1/2$ 。
- 3) 热源可用红外灯、电炉、煤气灯等,但容器不可与热源直接接触,热源与容器之间应使用石棉网隔开。
- 4) 加热应缓慢进行,以防止加热过程中溶液飞溅和容器爆裂。
- 5) 对高比活度的放射性溶液进行上述操作时,只能在红外灯、水浴、电热器中进行,并

在盛有放射性溶液的器皿外加上保护装置。

(6) 研磨操作应在具有盖子的研磨器内进行。操作人员必须戴口罩,通风柜暂停抽风。

(4) 进行放射性物质的固液分离操作时,对于沉淀量少且不需对沉淀进行转移时,通常使用离心法;对于体积大、沉淀量多或需要转移沉淀时,应采用过滤法。用过滤法时,应注意防止滤纸及容器表面对微量放射性物质的吸附而引入误差。使用抽滤泵抽滤时,必须使用具有缓冲瓶和气体吸收的装置,以防止放射性物质被直接抽入泵内。

(5) 工作人员皮肤暴露部位有伤口时,原则上应停止放射性操作,如有急需应做好防护措施后才可进行。

(6) 操作中产生的放射性废物应按指定的容器存放,严禁乱扔、乱弃。

(7) 实验中发生放射性事故(器皿破碎,放射性液体泼、洒、漏,人员或台面、仪器设备被污染,放射性物质丢失等),应立即报告并及时做出相应处置。

3. 实验操作后

(1) 收拾整理好实验用品,按放射性和非放射性物品分类收集,不得混放以免交叉污染。

(2) 放射性污染的物品(手套、器皿、器械等)应彻底清洗至接近本底水平。

(3) 实验室内的放射性废物应指定地点集中存放,不得与非放射性杂物、垃圾混杂,严禁乱丢、乱放、乱倒、乱埋。

(4) 实验场所应做好清洁卫生工作;个人防护用品按指定位置放置;关好水、电、门窗。

(5) 工作人员离开实验室前必须用清洁用品(肥皂等)彻底洗手,并经放射性监测达到本底水平后方可离开实验室。

【实验方法】

1. 放射性污染的去除

(1) 污染发生:核医学实验室发生放射性污染通常有两种情况,一是在操作过程中使用的容器、器皿、器械、器材等被放射性物质污染;二是发生放射性物质飞溅、泼洒、滴漏、容器爆裂等放射性事故造成台面、地面、人体表面、仪器设备等污染。

(2) 污染性质:污染物与物体表面接触后,视物体表面与污染物本身的性质不同,分别有三种结合方式:化学结合、物理吸附和机械附着。三种结合方式的结合牢度除了与结合性质、物体表面光洁程度有关外,还与接触时间密切相关。通常是化学结合>物理吸附>机械附着;物体表面光洁的材料被污染的程度<表面粗糙材料;接触时间越长被污染越重,也较难彻底去污。

(3) 去污方法

1) 实验室内常用的去污剂

酸类:2~3mol/L HCl、HNO₃、H₃PO₄。

碱类:10%NaOH、肥皂、洗衣粉、Na₃PO₄。

氧化-还原剂类:1%KMnO₄-H₂C₂O₄(饱和)溶液,H₂O₂-草酸溶液。

络合剂类:EDTA-Na 盐溶液、柠檬酸钠溶液、草酸溶液及 NaAc-HAc 溶液等。

2) 常规方法:根据被污染物的类型选用去污方法。

A. 手套、皮肤的去污:手套受到污染时,用镊子挟住棉球蘸取 2~3mol/L HNO₃(或 HCl)或 10%柠檬酸溶液擦洗污染处,再用水冲洗,并用肥皂水再洗 3 次。若仍未将污染清除干净,可将手套浸入上述溶液中浸洗。当手、皮肤受到污染,可用温水、肥皂清洗 5 分钟。