

防原医学



主 编 郭力生
副主编 鲁华玉



原子能出版社

防 原 医 学

主 编 郭 力 生
副主编 鲁 华 玉

原 子 能 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

防原医学/郭力生主编. —北京:原子能出版社,2006.10

ISBN 7-5022-3751-8

I. 防… II. ①郭… III. 原子医学 IV. R81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 120884 号

内 容 简 介

本书系防原医学专著,内容有:核武器杀伤效应及其防护,辐射剂量学概论,急性放射病,中子损伤,光辐射烧伤,冲击伤,放射性污染的危害与防护,核爆炸复合伤,辐射损伤的分子生物学基础,辐射损伤的病理生理学,辐射损伤病理学,小剂量电离辐射的效应与辐射的远后效应,放射毒理学概论,辐射防护剂,辐射防护概论。本书为防原医学和放射医学专业教材,供研究生用,也可作为相关专业研究、教学、培训和实际工作的参考。

防原医学

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100037)

责任编辑 鲍世宽 李 宁

责任校对 冯莲凤

责任印制 丁怀兰

印 刷 保定市中华美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 24.875

字 数 620 千

版 次 2006 年 12 月第 1 版 2006 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5022-3751-8

印 数 1~3 000 定 价 80.00 元

版权所有 侵权必究

网址: <http://www.aep.com.cn>

防 原 医 学

(研究生教材)

主 编 郭力生

副主编 鲁华玉

编 者 (按姓氏笔画排序)

王宝勤 王德文 毛秉智 刘国廉

陈家佩 金瑾珍 赵青玉 夏寿萱

高家峰 郭 勇 郭力生 阎效珊

葛忠良 鲁华玉

军事医学科学院 科 技 部
放射医学研究所

前 言

防原医学是军事医学的重要组成部分,对做好我军战时及平时医疗卫生保障具有重要的理论和实际意义。防原医学的任务范围是,核武器杀伤因素及其它来源的电离辐射损伤规律及医学防治的研究。防原医学是军事医学科学院(特别是防原医学及放射医学专业)研究生的必修课程之一。编写本教材的目的,是为从事防原医学和放射医学研究工作的研究生及新参加工作的人员对防原医学有较全面、系统的了解,以利在今后的科研和实际工作中开阔视野、树立全局观念,为从事军事医学科学研究的专业技术人员进行培训提供重要内容。本教材内容较全面、系统,是军事医学科学院第一本供研究生用的防原医学教材(1992年)的修订本。它吸收了防原医学相关领域的新进展、新成果和新内容。由于主要是供研究生用的教材,因此相关的基础理论部分论述较全面、具体,其内容基本反映了该领域国内外当前的发展水平和动向,并概括了以往多年工作的一些成果和经验,能满足防原医学教学任务的需要,既能作为培养研究生的专用教材,也可作为相关专业研究、教学 and 实际工作的参考书,有较好的理论和实用价值。

本书由郭力生研究员任主编,鲁华玉研究员任副主编并具体主持本书的出版工作。参加编写的有(按章序):鲁华玉研究员(第一章),郭勇研究员(第二章),毛秉智研究员(第三章),王宝勤副研究员(第四章),赵青玉副研究员(第五、六章),刘国廉研究员(第七章),高家峰副研究员(第八章),夏寿萱研究员(第九章),陈家佩研究员(第十章第一节),王德文研究员(第十一章),金瑾珍研究员(第十二章),阎效珊研究员(第十三章),葛忠良研究员(第十四章),郭力生研究员(第十五章)。

以下人员也参加了部分内容的编写(按章序):谢向东副研究员(第二章),王珏研究员(第四章),杨志祥主任医师(第七章第四节),罗庆良研究员、袁丽珍研究员(第十章第二节、第三节),崔玉芳研究员(第十章第四节),从玉文副研究员(第十章第五节)。在编写和出版过程中,军事医学科学院放射医学研究所机关、领导及科技部研究生处给予了具体指导和大力支持。

由于防原医学涉及学科和专业面广,我们的知识和经验有限,本书错误和不妥之处在所难免,切望批评指正。

编 者

2006 年 10 月

目 录

第一章 核武器杀伤效应及其防护	(1)
第一节 核武器概述	(1)
一、核武器构造及爆炸原理	(1)
二、核武器威力	(3)
三、核武器的使用方法	(3)
四、核武器的爆炸方式和爆炸景象	(4)
第二节 核武器的四种杀伤因素	(6)
一、光辐射	(7)
二、冲击波	(8)
三、早期核辐射	(11)
四、放射性沾染	(14)
第三节 核武器损伤的伤类伤情及杀伤范围	(15)
一、核武器损伤的伤类伤情	(15)
二、核武器的杀伤范围	(16)
第四节 城市核爆炸对人员的杀伤特点	(18)
一、杀伤范围大	(18)
二、伤亡数量大	(19)
三、死亡比例高	(19)
四、间接损伤多	(20)
五、开放性损伤多	(21)
六、多发伤多	(21)
七、复合伤多	(21)
八、早期核辐射损伤相对较轻	(22)
第五节 对核武器的防护	(22)
一、对瞬时杀伤因素的防护	(22)
二、对放射性沾染防护的一般措施	(25)
第二章 辐射剂量学概论	(28)
第一节 辐射剂量学的物理基础	(28)
一、辐射剂量学的含意和范围	(28)
二、重要的术语和概念	(28)

三、电离辐射与物质的相互作用	(30)
第二节 辐射剂量学的量和单位	(37)
一、辐射剂量学量和单位的发展概况	(37)
二、主要的辐射量和单位	(38)
第三节 辐射剂量学当前研究的主要问题	(50)
一、辐射剂量学当前主要活动的领域	(50)
二、量和单位	(51)
三、辐射剂量学国家基、标准	(51)
四、放疗剂量学	(52)
五、其它电离辐射有关领域中的剂量学	(53)
第三章 急性放射病	(55)
第一节 急性放射病病因学	(55)
一、急性放射病的病因及发病条件	(55)
二、急性放射病发病学特点	(56)
第二节 急性放射病的分型和临床表现	(57)
一、急性放射病的分型	(57)
二、急性放射病的临床表现	(59)
三、事故性急性放射病的发病和临床特点	(67)
第三节 急性放射病的诊断	(70)
一、急性放射病的早期病情分类诊断	(70)
二、急性放射病的临床诊断	(75)
第四节 急性放射病的治疗	(79)
一、急性放射病的治疗原则	(79)
二、各型急性放射病的治疗	(80)
第四章 中子损伤	(86)
第一节 中子的相对生物效应	(86)
一、物理学因素	(86)
二、生物学因素	(91)
第二节 中子所致 DNA 损伤和修复的特点	(92)
第三节 中子引起的哺乳动物细胞的损伤和修复	(93)
一、细胞剂量—活存曲线	(93)
二、氧效应和氧增强比	(94)
三、照后损伤的修复	(94)
四、细胞周期	(95)
五、中子诱发染色体畸变	(95)
第四节 中子对实验动物主要组织的损伤特点	(96)
一、组织的修复与中子 RBE	(97)

二、各种正常组织的中子 RBE	(97)
三、中子对主要组织的损伤特点	(97)
第五节 中子所致急性放射病的特点	(100)
一、三种类型中子急性放射病的 RBE 值	(100)
二、中子骨髓型急性放射病的特点	(101)
第六节 中子损伤的防治及中子的简易防护	(102)
一、中子急性放射病的预防和治疗展望	(102)
二、对中子的简易防护	(104)
第七节 中子引起的远期效应和随机性效应	(105)
一、致晶体混浊或白内障效应	(105)
二、致肿瘤效应	(106)
三、寿命缩短	(107)
四、遗传效应	(107)
第五章 光辐射烧伤	(109)
第一节 光辐射烧伤的特点和分类	(109)
一、光辐射烧伤的发生情况	(109)
二、光辐射烧伤的特点	(109)
三、烧伤程度的分类	(110)
第二节 光辐射烧伤的临床表现	(110)
一、休克期	(110)
二、感染期	(111)
三、恢复期	(111)
第三节 光辐射烧伤的急救和治疗	(111)
一、急救	(111)
二、治疗	(112)
第四节 特殊部位烧伤	(115)
一、头面部烧伤	(115)
二、手烧伤	(116)
三、呼吸道烧伤	(117)
四、眼部烧伤	(118)
五、闪光盲	(121)
第六章 冲击伤	(122)
第一节 冲击伤的发生情况和致伤机理	(122)
一、冲击伤的发生情况	(122)
二、冲击伤的致伤机理	(123)
第二节 冲击伤的特点和临床表现	(125)
一、冲击伤的特点	(125)

二、冲击伤的临床表现·····	(126)
第三节 冲击伤的诊断和救治·····	(126)
一、冲击伤的诊断·····	(126)
二、冲击伤的急救和治疗·····	(129)
第七章 放射性沾染的危害与防护·····	(131)
第一节 放射性沾染的来源及组成·····	(131)
一、放射性沾染的形成及沾染区的划分·····	(131)
二、放射性沾染的特点·····	(132)
第二节 放射性沾染对人体的危害·····	(132)
一、放射性沾染的作用特点·····	(132)
二、放射性沾染对人体的危害·····	(133)
三、落下灰内照射危害·····	(134)
第三节 对放射性沾染的防护·····	(136)
一、一般防护措施·····	(136)
二、对放射性沾染的监测·····	(136)
三、战时核辐射控制量·····	(141)
四、医学防护措施·····	(143)
第四节 皮肤放射损伤的特点及医学处理·····	(144)
一、皮肤放射损伤的致伤因素及分类·····	(144)
二、病理及病理生理特征·····	(145)
三、临床特点·····	(146)
四、诊断要点·····	(148)
五、医学处理原则·····	(148)
第八章 核爆炸复合伤·····	(151)
第一节 复合伤的分类·····	(151)
一、复合伤的分类·····	(151)
二、复合伤伤情分度·····	(152)
第二节 复合伤的特点·····	(152)
一、放射复合伤的基本特点·····	(152)
二、非放射复合伤的基本特点·····	(158)
第三节 复合伤的诊断与治疗·····	(160)
一、复合伤的诊断·····	(160)
二、复合伤的治疗·····	(163)
三、非放射复合伤的治疗·····	(165)
第九章 辐射损伤的分子生物学基础·····	(167)
第一节 电离辐射的原初作用·····	(167)

一、电离和激发	(167)
二、自由基与水分子的辐射分解	(168)
三、活性氧和自由基	(169)
四、自由基的理化性质	(169)
五、自由基与生物分子的反应	(170)
六、辐射的直接作用与间接作用	(170)
七、电离辐射的作用时间表	(171)
第二节 几个常用的放射生物学术语及含义	(172)
一、氧效应与氧增强比(OER)	(172)
二、传能线密度(LET)	(172)
三、相对生物效能(RBE)	(173)
四、LET, RBE 和 OER 的相互关系	(173)
五、靶分子和靶结构	(174)
第三节 基因组 DNA 的辐射损伤	(175)
一、碱基的破坏或脱落	(175)
二、糖基的破坏	(175)
三、DNA 链上不定位点的形成	(175)
四、DNA 链断裂	(175)
五、DNA 交联	(176)
六、DNA 损伤的非随机性	(176)
七、DNA 损伤的复杂性	(177)
八、DNA 的降解	(178)
第四节 辐射对 DNA 复制、转录和翻译的影响	(178)
一、辐射对 DNA 复制过程的影响	(178)
二、辐射对转录过程的影响	(179)
三、辐射对翻译过程的影响	(179)
第五节 DNA 损伤的修复	(180)
一、DNA 修复的重要性	(180)
二、DNA 各类损伤的修复特点	(180)
三、回复修复、切除修复、错配修复和重组修复	(181)
四、DNA 修复基因	(182)
五、DNA 修复的不均一性和选择性	(184)
六、DNA 修复的忠实性	(185)
第六节 辐射对膜结构的损伤及其理化性质的影响	(186)
一、辐射对膜组分的损伤	(186)
二、辐射对膜的物理化学性质的影响	(187)
第七节 辐射对膜生物功能的影响	(187)
一、膜转运功能的变化	(187)
二、膜结合酶活性的变化	(188)

三、膜受体功能的变化	(188)
四、膜能量转换功能的变化	(188)
五、DNA 膜复合物的辐射效应	(189)
六、膜与辐射损伤信号转导	(189)
第八节 辐射的细胞生物学效应	(189)
一、细胞活存曲线及参数	(189)
二、细胞活存曲线的数学模型	(191)
三、不同 LET 辐射的细胞活存曲线	(192)
四、细胞亚致死性损伤和潜在致死性损伤的修复	(193)
五、辐射所致细胞周期紊乱	(193)
六、细胞的间期死亡、增殖死亡、凋亡和坏死	(194)
七、细胞受照射后的几种不同死亡方式	(196)
第九节 细胞的辐射敏感性	(196)
一、细胞周期各阶段的辐射敏感性	(197)
二、细胞群体的辐射敏感性	(197)
三、生物个体的辐射敏感性	(197)
四、细胞的辐射敏感性修饰	(198)
第十章 辐射损伤的病理生理学	(200)
第一节 辐射对造血系统的影响	(200)
一、血液系统辐射损伤的特点	(200)
二、辐射损伤时外周血象的变化	(202)
三、辐射损伤时骨髓象的变化	(204)
四、辐射损伤时造血干细胞的变化	(205)
五、辐射损伤时造血祖细胞的变化	(207)
六、辐射损伤时造血调控的变化	(209)
七、辐射后外周血全血细胞减少的机理	(211)
八、辐射后造血系统的近期后果及远后效应	(212)
九、小结	(213)
第二节 辐射对消化系统的影响	(213)
一、辐射损伤时肠上皮的变化	(214)
二、辐射对唾液腺分泌的影响	(216)
三、辐射对胃功能的影响	(217)
四、辐射对肠功能的影响	(218)
五、辐射对胰腺功能的影响	(219)
六、辐射对肝脏功能的影响	(220)
七、消化系统在放射损伤的意义	(220)
第三节 辐射对神经内分泌系统的影响	(221)
一、照后神经系统机能的变化	(221)

二、照后内分泌系统功能的变化	(223)
第四节 辐射对免疫系统的影响	(225)
一、辐射对固有性和适应性免疫功能的影响	(225)
二、急性放射病免疫组织辐射损伤的分子机制	(230)
四、电离辐射对免疫细胞作用的剂量一效应关系	(234)
五、辐射免疫效应的神经内分泌调节	(234)
六、低剂量照射诱发机体的免疫刺激效应	(235)
七、免疫组织损伤的实验和临床研究进展	(235)
八、展望	(238)
第五节 放射病的出血机制	(239)
一、照后血小板数量和质的变化	(240)
二、照后血管壁的变化	(241)
三、照后凝血和纤溶系统的变化	(243)
四、影响及加重因素	(244)
五、放射病的两期出血	(245)
第十一章 辐射损伤病理学	(246)
第一节 急性放射病的基本病理变化	(246)
一、组织细胞的辐射敏感性	(246)
二、辐射损伤的基本病变	(247)
第二节 各器官系统的病理变化	(249)
一、造血组织的病理变化	(249)
二、淋巴组织的病理变化	(253)
三、消化道的病理变化	(255)
四、消化腺的病理变化	(258)
五、中枢神经系统的病理变化	(261)
六、呼吸系统的病理变化	(264)
七、心血管系统的病理变化	(269)
八、泌尿系统的病理变化	(271)
九、内分泌系统的病理变化	(273)
十、生殖系统的病理变化	(275)
十一、眼的病理变化	(275)
十二、皮肤的病理变化	(277)
第三节 中子损伤的病理变化及其特点	(279)
一、加重造血系统损伤	(279)
二、加重胃肠系统损伤	(280)
三、加重性腺的损伤	(280)
四、感染病变提早并加重	(280)
五、远后效应较重	(280)

第四节 辐射远期效应的病理变化	(280)
一、血液和造血器官的变化	(281)
二、辐射致癌效应	(281)
三、辐射对胎儿的损伤效应	(282)
四、加速老化	(282)
五、缩短寿命	(282)
第十二章 小剂量电离辐射的效应与辐射的远后效应	(283)
第一节 小剂量一次照射效应	(283)
一、近期效应	(283)
二、远期随访观察	(286)
第二节 辐射的远后效应和随机性效应	(286)
一、辐射生物效应的分类	(286)
二、远后效应的资料来源	(287)
三、影响分析、评价辐射远后效应的因素	(287)
第三节 辐射的确定性效应	(288)
一、对生殖系统的影响	(288)
二、对眼晶体的影响	(289)
第四节 辐射的随机性效应	(289)
一、辐射的致癌效应	(290)
二、影响分析、评价辐射致癌作用的因素	(292)
三、辐射致癌危险	(294)
第五节 辐射的遗传效应	(294)
一、动物实验研究	(295)
二、人的遗传效应研究	(295)
第十三章 放射毒理学概论	(297)
第一节 放射毒理学研究的内容、方法和意义	(297)
一、研究内容	(297)
二、研究方法	(297)
三、研究的意义	(297)
第二节 放射性核素在体内的代谢	(298)
一、机体对放射性核素的吸收	(298)
二、核素在体内的分布、滞留和排出	(302)
三、研究放射性核素在体内代谢的意义	(304)
第三节 放射性核素内照射的生物效应	(305)
一、作用特点及影响因素	(305)
二、确定性效应	(309)
三、随机性效应	(311)

第四节 体内放射性核素的监测与危害评价	(315)
一、体内放射性核素的监测	(315)
二、内照射剂量估算	(316)
三、对放射性核素内照射危害程度的判断	(317)
第五节 体内放射性核素污染的医学处理	(318)
一、阻止放射性物质的吸收并加速其排出	(318)
二、促使已吸收的放射性核素排出体外	(318)
三、常用的阻吸收剂和促排剂用法举例	(323)
第十四章 辐射防护剂	(326)
第一节 辐射防护剂的研究方法	(327)
一、辐射防护剂的评价	(327)
二、临床前药理学研究	(330)
三、临床研究	(330)
第二节 辐射防护剂的分类及其作用特性	(330)
一、辐射防护剂的分类	(330)
二、辐射防护剂的作用特点	(331)
第三节 辐射防护剂的作用机理	(349)
一、混合双硫键学说	(350)
二、减弱“氧效应”学说	(350)
三、俘获或钝化自由基学说	(350)
四、内源性辐射防护剂的释放学说	(350)
五、生化休克学说	(350)
六、生物膜受体学说	(350)
七、辐射防护剂与 DNA 相结合学说	(351)
八、辐射能量转移学说	(351)
九、调节和增强非特异性免疫功能的作用学说	(351)
第四节 辐射防护剂应用及存在的问题	(351)
一、辐射防护剂作用于人体可能产生的抗放效力	(352)
二、辐射防护剂人体效价的推测	(354)
三、辐射防护剂在人体应用中存在的问题	(355)
四、小结	(355)
第十五章 辐射防护概论	(358)
第一节 辐射来源及辐射防护的目的和范围	(358)
一、辐射的来源及照射途径	(358)
二、辐射防护的目的和意义	(358)
三、辐射防护的发展概况	(359)
四、辐射防护的范围	(360)

第二节 辐射防护的生物学基础.....	(362)
一、辐射效应的分类	(362)
二、辐射的确定性效应	(362)
三、辐射的随机性效应	(363)
四、子宫内受照射的效应	(364)
五、影响辐射生物效应的基本因素	(364)
第三节 辐射防护的原则、措施和标准	(366)
一、辐射防护的基本原则	(366)
二、辐射防护法规及标准	(369)
三、防护的措施和方法	(369)
第四节 核和辐射突发事件与应对措施.....	(370)
一、核和辐射突发事件的类型与后果	(370)
二、核与辐射突发事件的特点	(373)
三、核与辐射突发事件的应对措施	(375)
主要参考文献.....	(381)

第一章 核武器杀伤效应及其防护

第一节 核武器概述

核武器是 20 世纪 40 年代出现的产物。第二次世界大战接近尾声时,美国首先研制出了一批原子弹,共 3 枚。其中一枚于 1945 年 7 月 16 日在新墨西哥州阿拉莫戈多空军基地成功地进行了首次核试验,另两枚于 1945 年 8 月 6 日和 8 月 9 日分别投于日本的广岛市和长崎市。这是第一次将核武器用于战争。爆后,两座城市几乎被夷为平地,造成 20 余万人伤亡。

核武器的巨大杀伤破坏作用,引起了世界各国严重关注。此后,苏联、英国、法国、中国、印度和巴基斯坦,分别于 1949 年 8 月 29 日、1952 年 10 月 3 日、1960 年 2 月 13 日、1964 年 10 月 16 日、1974 年 5 月 18 日和 1998 年 5 月 18 日进行了首次核试验。在原子弹研制成功的基础上,美国、苏联、英国、中国和法国,分别于 1952 年 10 月 31 日、1953 年 8 月 12 日、1957 年 5 月 15 日、1967 年 6 月 17 日和 1968 年 8 月 24 日成功地进行了氢弹试验。目前,美国、俄罗斯等国已掌握制造中子弹的技术。截止到 1998 年 5 月,世界上进行核试验已达 2 000 多次,其中 85% 是由美国和苏联进行的。现在世界上拥有核武器的核大国有美国、俄罗斯、英国、法国和中国。印度和巴基斯坦已跃过了核门槛。全球现有核弹头约 5 万枚,总当量约 160 亿吨单位,其中 95% 以上掌握在美国和俄罗斯手中。目前,美国、俄罗斯等国仍在研制和发展新型核武器。

美国的核武器使用原则,主张先发制人、突然袭击,全面攻击、重点摧毁,集中猛烈、多次反复,与其它(如化、生、常规)武器相配合。俄罗斯也主张突然袭击、先发制人。中国政府一再声明:“我国有限地发展核武器,完全是为了防御”,“在任何时候,任何情况下,我国决不首先使用核武器”。

一、核武器构造及爆炸原理

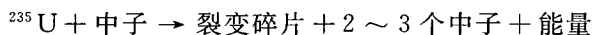
核武器(nuclear weapon)是利用能自持进行核裂变或聚变反应,瞬时释放出巨大能量实现爆炸的大规模杀伤破坏性武器,例如原子弹、氢弹和中子弹。核武器是一个武器系统,包括战斗部、控制系统和运载系统。

(一) 原子弹

原子弹(atomic bomb)指爆炸能量是来自核裂变反应的武器。

1. 核裂变链式反应

一些重元素(如铀、钚)的原子核,在中子轰击下分裂成两个碎片(质量相近、原子量中等的新原子核),同时放出中子和能量的变化过程,称为重核裂变反应。其反应式如下:



重核裂变时产生的 2~3 个中子,可使其它的铀核或钚核发生裂变,产生更多的中子,使更多的核发生裂变,再产生中子……利用核裂变放出的中子使裂变反应自动连续地进行下去的