

HESHIJIAN YIXUE YINGJI YU
GONGZHONG FANGHU

核事件医学应急 与公众防护

主 编 / 程天民 栗永萍



人民軍醫出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

核事件医学应急与公众防护

HESHIJIAN YIXUE YINGJI YU GONGZHONG FANGHU

主 编 程天民 栗永萍

编 者 程天民 栗永萍 罗成基
徐 辉 李 蓉 艾国平
冉新泽 史春梦 王军平
李 敏 王 崧



人民军医出版社

PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

北 京

图书在版编目(CIP)数据

核事件医学应急与公众防护/程天民,栗永萍主编. —北京:人民军医出版社,2011.3

ISBN 978-7-5091-4752-8

I. ①核… II. ①程… ②栗… III. ①核防护②辐射防护
IV. ①TL7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 041138 号

策划编辑:杨磊石 张怡泓 文字编辑:黄维佳 责任审读:杨磊石

出版人:石虹

出版发行:人民军医出版社

经销:新华书店

通信地址:北京市 100036 信箱 188 分箱

邮编:100036

质量反馈电话:(010)51927290;(010)51927283

邮购电话:(010)51927252

策划编辑电话:(010)51927292

网址:[www. pmmp. com. cn](http://www.pmmp.com.cn)

印刷:京南印刷厂 装订:桃园装订有限公司

开本:850mm×1168mm 1/32

印张:3.875 字数:92千字

版、印次:2011年3月第1版第1次印刷

印数:0001~5000

定价:13.00元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

主 编 简 介

程天民,江苏宜兴人,1927年12月生,1951年毕业于第六军医大学。防原医学和病理学家,中国工程院院士。从事医学教育和科学研究61年,主持了多项国家和军队重大项目研究。曾14次参加我国核试验,并进行了大量实验研究,阐明了核武器的杀伤作用与防护原则,提出了复合伤发病创新理论和有效救治措施。创建了“军事预防医学”新学科,主编了奠基性专著《军事预防医学》和我国第一部《核武器损伤及其防护》《防原医学》《创伤战伤病理学》,发表学术论文350多篇。获国家科技进步一等奖2项、二等奖1项和国家教学成果一等奖1项、二等奖2项,获何梁何利基金科技进步奖、光华工程科技奖和重庆市首届科技突出贡献奖。被评为全国优秀共产党员和建军80周年全军英模,由中央军委授记一等功。

栗永萍,医学博士,研究员,博士生导师。现任第三军医大学军事预防医学院防原医学教研室主任、全军复合伤研究所所长、创伤烧伤复合伤国家重点实验室副主任。现任中华放射医学与防护学会副主任委员、全军辐射医学专业委员会副主任委员。主要从事防原医学、复合伤、成体干细胞研究及相关新药研发。主持国家、军队多项研究项目,发表论文380多篇,迄今培养博士后和博士、硕士研究生59名。获国家科技进步一等奖、二等奖各1项,省部级一等奖2项、二等奖3项。先后被评为“全国首届医学百名科技之星”、总后勤部“科技金星”、首批国家“百千万人才工程”人选、“全国优秀科技工作者”,并获“求是杰出青年奖”。曾当选为党的“十五大”代表、十一届全国人大代表。

前 言

核能的发现和利用是人类的一项伟大成就。核能是一把“双刃剑”，对人类既能造福，又能为害。各种核事件，特别是严重核事故，如几次核电站事故，导致人员伤亡，设施破坏，环境污染，影响久远。2011年3月11日由地震、海啸引发的日本福岛核电站事故，更为我国政府和公众所关切。在这重要的时刻，由第三军医大学军事预防医学院防原医学教研室、全军复合伤研究所编写的《核事件医学应急与公众防护》与读者见面了。为便于参阅，本书采用“条目式”编写，既可阅览全书，也可按需求选读有关条目。全书共分基本知识、核事件、核伤害、医学应急、辐射防护和心理防护六个部分共100个条目，希望能为发展核事业、普及核知识、防控核事件、加强核防护、医治核损伤、消缓核恐慌、确保核安全等方面有所帮助。在编写中，我们力求内容切合实际需要，叙述科学易懂，但由于这是在短时间内“突击”完成的，来不及“精雕细刻”，如有错漏不当之处，恳请读者指正。

程天民

2011年3月20日

目 录

一、基本知识	(1)
1. 辐射	(1)
2. 电离辐射	(1)
3. 电磁辐射	(2)
4. 核辐射	(2)
5. 放射性	(3)
6. 放射线	(3)
7. 核素与放射性核素	(3)
8. 辐射源	(4)
9. 放射源	(4)
10. 天然辐射源	(4)
11. 人工辐射源	(5)
12. 原子核和核能	(5)
13. 核能和平利用	(6)
14. 核反应	(8)
15. 核反应堆	(8)
16. 核电站	(8)
17. 核燃料与乏燃料	(9)
18. 核武器	(10)
19. 核爆炸	(11)
20. 几种射线(α 射线、 β 射线、 γ 射线、中子).....	(11)
21. 钍-235	(12)
22. 钚-239	(13)
23. 碘-131	(13)

24. 铯-137	(14)
25. 核衰变	(14)
26. 半衰期	(15)
27. 放射性活度	(15)
28. 照射剂量	(15)
29. 吸收剂量	(16)
30. 剂量当量	(16)
31. 有效剂量	(17)
32. 医学诊治中的射线受照射状况	(18)
二、核事件	(20)
33. 核事件概念	(20)
34. 核事故的种类	(20)
35. 核事故的分级	(24)
36. 国外核事故简介	(26)
37. 国内核事故简介	(37)
38. 核恐怖(脏弹)	(41)
39. 放射性物质在大气层中的迁移	(43)
40. 放射性物质在地表水中的迁移	(43)
41. 放射性物质在土壤、地下水中的迁移	(44)
42. 放射性物质通过食物链向人体的迁移	(44)
三、核伤害	(46)
43. 核爆炸伤害	(46)
44. 核事故伤害	(46)
45. 核恐怖伤害	(46)
46. 核次生伤害	(46)
47. 外照射	(47)
48. 内照射	(47)
49. 放射性沾染	(47)
50. 放射性沾染区	(49)

51. 下风向沾染区	(49)
52. 辐射确定性效应	(49)
53. 辐射随机性效应	(50)
54. 躯体效应	(50)
55. 遗传效应	(50)
56. 放射反应	(50)
57. 小剂量电离辐射效应	(51)
58. 放射病	(52)
59. 骨髓型放射病	(53)
60. 肠型放射病	(54)
61. 脑型放射病	(54)
62. 慢性放射病	(54)
63. 几种放射性核素所致的主要危害	(55)
64. 放射复合伤	(62)
四、医学应急	(63)
65. 核辐射检测	(63)
66. 核事故现场处理	(69)
67. 对受辐射人员的早期诊断和医学处理	(71)
68. 放射损伤合并烧伤、创伤伤员的医学处理	(74)
69. 地区医院和专科医院治疗	(76)
70. 抗辐射药	(78)
71. 外照射伤害的医学处理	(79)
72. 内照射伤害的医学处理	(83)
五、辐射防护	(87)
73. 国际原子能机构	(87)
74. 国际放射防护委员会	(87)
75. 我国核事故应急体系	(87)
76. 国家放射防护基本标准	(88)
77. 外照射防护原则和措施	(90)

78. 内照射防护原则和措施	(90)
79. 防止伤口、创面对放射性物质的吸收	(91)
80. 孕妇、儿童需要的特殊防护	(92)
81. 个人受照剂量监测	(92)
82. 核事故现场救治人员的自我防护	(93)
83. 核应急处置人员的应急照射剂量限值	(95)
84. 半削弱层	(95)
85. 隐蔽	(95)
86. 服用稳定性碘	(96)
87. 撤离与搬迁	(96)
88. 个人防护措施	(97)
89. 对重要物资、食物和水的防护	(97)
90. 人员洗消和对人体不同污染部位的洗消	(98)
91. 对污染地面、土壤、建筑的处理	(99)
92. 对污染食物的处理	(99)
93. 对污染水的处理	(100)
94. 对污染空气的处理	(100)
95. 对物体表面污染的处理	(100)
96. 对放射性废物、废水的处理	(101)
六、心理防护	(105)
97. 普及相关科学知识	(105)
98. 提高心理承受能力	(106)
99. 进行心理疏导干预	(108)
100. 媒体正确的信息导向	(110)
参考文献	(112)

一、基本知识

1. 辐射

辐射有实意和虚意两种理解。实意可以指热、光、声、电磁波等物质向四周传播的一种状态。虚意可以指从中心向各个方向沿直线延伸的特性。辐射本身是中性词,但是某些物质的辐射可能会带来危害。

自然界中的一切物体,只要温度在绝对温度零度以上,都以电磁波的形式时刻不停地向外传送热量,这种传送能量的方式称为辐射。物体通过辐射所放出的能量,称为辐射能。辐射(R)按伦琴/小时计算。

2. 电离辐射

电离辐射是一切能引起物质电离的辐射总称,其种类很多,高速带电粒子有 α 粒子、 β 粒子、质子,不带电粒子有中子及X射线、 γ 射线。

电离辐射存在于自然界,但目前人工辐射已遍及各个领域,专门从事生产、使用及研究电离辐射工作的人员,称为放射工作人员。与放射有关的职业有:核工业系统的核原料勘探、开采、冶炼与精加工,核燃料及反应堆的生产、使用及研究;农业的照射培育新品种,蔬菜水果保险,粮食储存;医药的X线透视、照像诊断、放射性核素对人体脏器测定,对肿瘤的照射治疗等;工业部门生产各种加速器、射线发生器及电子显微镜、电子速焊机、彩电显像管、高压电子管等。

3. 电磁辐射

电磁辐射又称电子烟雾,是由空间共同移送的电能量和磁能量组成,该能量是由电荷移动产生的。例如,正在发射讯号的射频天线所发出的移动电荷,便会产生电磁能量。电磁“频谱”包括形形色色的电磁辐射,从极低频的电磁辐射至极高频的电磁辐射。两者之间还有无线电波、微波、红外线、可见光和紫外光等。射频装置的电磁能量属于频谱中频率较低的那一端,不能打破把分子紧扣在一起的化学键,故被列为“非电离”辐射。

电磁辐射有多种来源。人体内外均布满由天然辐射源和人造辐射源所发出的电能量和磁能量,闪电便是天然辐射源之一。至于人造辐射源,包括微波炉、收音机、电视广播发射机和卫星通讯装置等。

人体生命活动包含一系列的生物电活动,这些生物电对环境的电磁波非常敏感,因此,电磁辐射可以对人体造成影响和损害。电磁辐射对人体的危害表现为热效应和非热效应两大方面。热效应就是当人体接受电磁辐射时,体内分子会随着电磁场的转换快速运动,使人体升温,热效应会引起中枢神经和自主神经系统的功能障碍,主要为头晕、失眠、健忘等亚健康表现。非热效应即吸收辐射不足以引起体温增高,但也会引起生理变化和反应。生活和工作在这种环境中过久,会出现头晕、疲乏无力、记忆力衰退、食欲减退等临床症状。

4. 核辐射

核辐射存在于所有的物质中,这是亿万年来存在的客观事实,是正常现象。核辐射是原子核从一种结构或一种能量状态转变为另一种结构或另一种能量状态过程中释放出来的微观粒子流。核辐射可以引起物质的电离或激发,故称电离辐射。电离辐射又分直接致电离辐射和间接致电离辐射。直接致电离辐射包括质子等

带电粒子；间接致电离辐射包括光子、中子等不带电粒子。

5. 放射性

某些物质的原子核能自发衰变，放出我们肉眼看不见也感觉不到而只能用专门的仪器才能探测到的射线。这些元素的原子通过核衰变自发地放出 α 射线或 β 射线，有时还放出 γ 射线，这种性质，称为放射性。按原子核是否稳定，可把核素分为稳定性核素和放射性核素两类。

6. 放射线

居里夫妇发现了镭，并且用磁场来研究镭的射线。结果发现，在磁场的作用下，射线被分开成三股。一股略有弯曲的称为 α 射线；另一股弯曲得很厉害的称为 β 射线；不被磁场弯曲的一股称为 γ 射线。不稳定元素衰变时，从原子核中放射出来的粒子束，也分为 α 射线、 β 射线和 γ 射线。

7. 核素与放射性核素

核素是指具有一定数目质子和一定数目中子的一种原子。例如，原子核里有 6 个质子和 6 个中子的碳原子，质量数是 12，称为碳-12 核素或 ^{12}C 核素。原子核里有 6 个质子和 7 个中子的碳原子，质量数为 13，称为 ^{13}C 核素。具有多种核素的元素称为多核素元素。自然界仅有 1 种核素存在的元素称为单核素元素，如氦、氟、铝、钠等 20 种元素。质子数为偶数的元素，可有较多的稳定性核素，一般不少于 3 种，而质子数为奇数的元素，通常只有 1 种稳定核素，从不会多于 2 种，这是由核子的结合能决定的。多核素元素中各核素互称同位素，因为它们处于周期表中同一位置上，化学性质基本相同，但核性质不同；单核素元素没有同位素。现已知的核素分为稳定性核素和放射性核素两类，放射性核素就是能自发释出放射线的核素。

8. 辐射源

凡能释放各种电离辐射的物质或装置均可视为辐射源。辐射源大致可分为以下三类。

(1)放射源:包括天然和人工生产的放射源。按源有无包壳分为密封源和非密封源。按释放辐射的类型分 α 、 β 、 γ 三类放射性核素源。常用的放射性核素源有钴-60和铯-137等辐射源。

(2)辐照装置:包括X射线源和粒子加速器。从辐照装置可以获得X射线、电子、质子、氘核、氦核等高能粒子。

(3)反应堆和中子源:反应堆作为辐射源时,通常将液体钠-24或铟-116m合金循环通过堆芯,生成的钠-24或铟-116m在堆外照射物质。

9. 放射源

用天然或人工放射性核素制成的、以发射某种辐射为特征的制品称为放射源。放射源按所释放射线的类型可分为 α 放射源、 β 放射源、 γ 放射源和中子源等;按照放射源的封装方式可分为密封放射源(放射性物质密封在符合一定要求的包壳中)和非密封放射源。绝大多数工用、农用和医用放射源是密封放射源。某些供实验室用的、强度较低的放射源是非密封放射源。

10. 天然辐射源

天然辐射源包括来自太空的宇宙射线,以及在我们生活环境中存在于土壤、岩石、建材、煤灰、人体和食物中的天然放射性物质。它们产生的辐射称为天然本底辐射。人类始终受到天然辐射源产生的电离辐射的照射。它们对全世界居民所造成的集体剂量也比所有人工辐射源都大。

11. 人工辐射源

人工辐射源是自然界不存在而通过人工产生放射性的放射源。人工辐射源主要来源于核试验、核反应堆、核泄漏、放射性物质的开采和冶炼、放射性核素的应用等方面。

12. 原子核和核能

原子是组成单质和化合物分子的最小微粒,由带正电的原子核和绕核运动并与核电荷数相等的电子组成。各种元素的原子具有不同的平均质量和原子结构。一般化学反应,只是电子发生变化,而不发生原子核的改变。

原子核位于原子的核心部分,由质子和中子两种微粒构成。原子核极小,体积只占原子体积的几千亿分之一,在这极小的原子核里却集中了几乎原子的全部质量。原子核的密度和能量极大。构成原子核的质子和中子之间存在着巨大的吸引力,能克服质子之间所带正电荷的斥力而结合成原子核,使原子在化学反应中不发生原子核分裂,形成稳定性核素。但在某些重原子核中,由于核力的控制能力弱,元素难以稳定,比如铀就是这样。铀核是自然界中最大的核家族,核内质子数多,自身不稳定,倾向于分裂并释放出巨大能量。

核能是原子核能的简称,又称原子能。核能是核结构发生变化时放出的能量。原子核以重核裂变和轻核聚变两种方式释放出核能。用中子轰击重原子核(如铀核),能使其分裂成两块具有中等质量数的碎片,同时释放大量能量和两三个中子;这些中子又能引起其他铀核分裂,形成的自持链式反应,直到把铀核全部分裂,释放出巨大能量。1 千克铀完全裂变释放的能量相当于 2 500 吨标准煤燃烧释放的能量。由两个轻原子核(如氢的同位素氘)聚合成一个较重的核而释放出巨大的能量称为轻核聚变。轻核聚变时放出的能量要比同质量的重核裂变大几倍,如 1 千克氘聚变产

生的能量相当于 1 万吨标准煤燃烧释放的能量。以相同质量反应物的释放能量大小做比较,核裂变能和核聚变能分别是化学能的 250 万倍和 1 000 万倍。

13. 核能和平利用

核能的发现和利用是人类伟大的成就。核能可用于军事目的,但更多地用于和平目的,在工业、农业及医药等领域已得到广泛应用。

(1)工业领域中,核能主要用于发电。传统能源构成中,火力发电和水力发电都有其局限性。例如,煤炭和石油发电时,在消耗了大量宝贵资源的同时,放出的废气更是严重地污染了环境,使人们的生存空间越来越恶劣,另外,大量的燃料需求又给交通运输部门增添了沉重的负担。水力发电方面,会受到江河地形等限制。而核能作为一种新型能源,可利用蕴藏丰富的放射性核素铀裂变反应产生巨大的能量来发电,既效率高又不污染环境。理论上说,1 千克的铀全部裂变释放出的裂变能,大约相当于 2 500 吨煤或 2 000 吨的石油燃烧释放出的能量。核电事业的发展已成为必然趋势。

(2)农业领域中,核能和平利用已经有 40 多年历史。核能技术用于农作物育种和基因研究、利用辐射来激发种子基因的变异,辐射可激发种子基因的变异提高农业生产。核能的另一个作用是帮助改善土壤的肥沃,利用同位素技术确切了解作物对不同化肥的吸收。原子能技术还可以应用于畜牧业,利用核技术建立一些检验测试方法,以发现家畜身上的疾病或是了解它们的生殖效率。核技术还被用于消灭害虫或使其绝育,从而减少农作物和家畜遭受的虫害,有效消除害虫,还能帮助推动国际贸易,为需要进口的国家免去把害虫也引进来的担心。

(3)医药领域中,所谓核医学(又称原子医学),就是指放射性核素产生的核辐射在医学上的应用。放射性核素可用于诊断、治

疗和医学科学研究;在药学上,可以用于药物作用原理的研究、药物活性的测定、药物分析和药物的辐射消毒等方面。

①实验核医学:利用核技术探索生命现象的本质和物质变化规律,已广泛应用于医学基础理论研究,其内容主要包括核衰变测量、标记、示踪、体外放射分析、活化分析和放射自显影等。

②临床核医学:由诊断和治疗两部分组成,是利用开放型放射性核素诊断和治疗疾病的临床医学学科。诊断核医学包括以脏器显像和功能测定为主要内容的体内诊断法和以体外放射分析为主要内容的体外诊断法。治疗核医学是利用放射性核素发射的核射线对病变进行高度集中照射治疗。

③药物活性:常用放射性试剂在体内的转移、转变情况作为某种生理、生化功能的指标,观察药物对该指标的影响,以评价药物的药理活性。例如,可用放射性核素磷在患佝偻病大鼠骨骼中的沉积量,测定维生素 D 的强度;用放射性核素铷被心肌摄取的程度反映冠状动脉血流量,并初步筛选可用于治疗冠心病药物等。

④药物分析:竞争放射分析是定量监测血中药物浓度的可靠方法,既可发现患者有否服用毒性药物,又可保证治疗中安全有效地用药。也可用同位素稀释法测定杀虫药、抗生素或其他药物在某批产品中的准确含量。

⑤辐射消毒:利用大钴源的高剂量丙种射线杀死微生物以达到消毒的作用。辐射消毒无须加热,故又称“冷消毒”。主要用于不适于高温高压消毒的医疗器具,大量使用的一次性医疗用具(如一次性注射器等),以及特殊药物;食品消毒,如方便面调料等;药材,特别是中药材的消毒;衣物,特别是毛皮、毛料的消毒。在国内外商品贸易中,常将是否经过高效辐射消毒作为基本品质的必要要求。许多不耐热的药品,如抗生素、激素、酶制剂、抗凝剂、血浆、维生素、固醇类、咖啡因、吗啡、一些眼药膏等,最好用辐射消毒。另一种方法是将短半衰期的放射性核素加到针剂中,进行内部照射,以达到消毒目的。

14. 核反应

核反应是宇宙中早已普遍存在的极为重要的自然现象。现今存在的化学元素除氢以外都是通过天然核反应合成的。核反应是指入射粒子与原子核碰撞,导致原子核的状态发生变化或形成新核的过程。反应前后的核子数、电荷数、能量和动量都是永恒不变的。核能就是通过核反应产生的。

15. 核反应堆

核反应堆,又称为原子反应堆或反应堆,是装配了核燃料以实现大规模可控制裂变链式反应的装置。在无需补加中子源的条件下,核反应堆能在其中发生自持链式核裂变过程。更广泛的意义上讲,反应堆这一术语应覆盖裂变堆、聚变堆、裂变聚变堆,但一般情况下仅指裂变堆。

根据用途,核反应堆可以分为以下几种类型:①将中子束用于实验或利用中子束的核反应堆,包括研究堆、材料实验堆;②生产放射性核素的核反应堆;③生产核裂变物质的核反应堆,称为生产堆;④提供取暖、海水淡化、化工等用的热量的核反应堆,比如多目的堆;⑤为发电而发生热量的核反应堆,称为发电堆;⑥用于推进船舶、飞机、火箭等的核反应堆,称为推进堆。

16. 核电站

核电站是以核反应堆来代替火电站的锅炉,以核燃料在核反应堆中发生特殊形式的“燃烧”产生热量,来加热水使之变成蒸汽,使核能转变成热能。蒸汽通过管路进入汽轮机,推动汽轮发电机发电,使机械能转变成电能。一般说来,核电站的汽轮发电机及电器设备与普通火电站大同小异,其奥妙主要在于核反应堆。

核电站可分为压水堆核电站、沸水堆核电站、重水堆核电站、快堆核电站。