

抗辐射损伤药物的研究现状

丁桂荣 郭国祯

(第四军医大学军事预防系放射医学教研室 西安 710032)

摘要 对巯基类辐射防护剂、细胞因子、激素、中草药等6类抗辐射损伤药物的特性,抗辐射效果、作用机理以及常见毒副作用进行了综述,并对其研究前景作了展望。

关键词 辐射损伤,辐射防护剂,巯基化合物

中图分类号 R818.05, Q691.9

抗辐射损伤药物是指在生物体电离辐射作用前或作用早期应用能减轻辐射损伤的一类化合物(或药物)总称。随着辐射技术应用领域的扩大,尤其是核电站、辐射加工工艺等的出现,核辐射事故的发生呈现增加趋势,同时造成了严重的环境放射性污染,人员伤亡和经济损失。为了预防和减轻核辐射事故对人体健康的危害,研究辐射损伤防治手段,积极寻找有效抗辐射损伤药物已成为一个迫切需要解决的问题。本文就抗辐射损伤药物在核辐射事故中的应用及其研究现状作一综述。

1 巯基类辐射防护剂

巯基类化合物是研究历史较长且效果较好的一类辐射防护剂。国外学者^[1-3]在巯基类辐射防护剂方面做了大量研究工作,陆续合成了多种半胱胺衍生物,但毒性较大,有效作用时间较短。为了降低毒性,延长作用时间,化学家们对半胱胺进行了结构改造。氨基乙基异硫脲(Aminoethylisothiourea, AET)就是半胱胺的巯基被脒基取代的衍生物。AET防护作用时间较半胱胺长,且能口服,预防效果较好。缺点是无论口服或注射给药副作用均较大。随后国外学者又合成了一系列氨基上取代半胱胺的磷酸酯衍生物,其中以WR-2721(氨磷汀)为代表,氨磷汀的抗辐射作用明显高于半胱胺和AET,是目前公认的防护效果最好的化合物。其缺点是氨磷汀发挥疗效时所需剂量接近于出现毒性的剂量。在对氨磷汀进行深入研究时发现,氨磷汀不仅能保护致死剂量照射的小鼠,它还是第一个有选择性的广谱细胞保护剂,对化疗药物及放射治疗产生的细胞

毒性具有广泛的细胞保护作用(肿瘤组织除外)^[4]。目前氨磷汀已在临床放射治疗病人中得到应用。然而,迄今为止尚未找到一种十分理想的抗辐射化合物用于人体,需要继续寻找新化学结构的抗辐射损伤药物。

2 细胞因子

近年来,人们利用基因重组技术已经制备出了包括粒细胞-巨噬细胞集落刺激因子(GM-CSF)、粒细胞集落刺激因子(G-CSF)、白细胞介素(IL)等在内的多种造血细胞生长因子。

IL-1是第1个被证明具有辐射防护作用的细胞因子,早在1986年就有学者发现预先腹腔注射IL-1可以减轻电离辐射对小鼠的致死效应,并且具有剂量依赖性^[5]。与IL-1不同,单独应用重组人白介素3(rhIL-3)对人外周血淋巴细胞损伤无辐射防护作用,而rhIL-3与GM-CSF联用后,能明显抑制照射引起的淋巴细胞百分数的降低以及T和TH细胞的降低,证实以上两种造血生长因子不仅对粒系造血系统辐射损伤具有防护作用,而且对淋巴系统的损伤也有一定的防护作用^[6]。研究还发现,除IL-1和IL-3外,IL-6也具有辐射防护作用,但IL-6对不同组织细胞辐射保护作用不同,可能与机体细胞中IL-6受体的数量,亲和力等存在差异有关^[7]。IL-11是一种具有多种功能的细胞因子,可协同IL-3或IL-4发挥对造血细胞增殖的支持作用。据报道,rhIL-11对猕猴的急性放射病具有明显的治疗作用,接受治疗的动物不但巨核系造血恢复加快,粒系和红系造血的恢复也较对照组好^[8]。

“十一五”军队科技攻关课题(06G098)资助

第一作者:丁桂荣,女,1971年5月出生,2001年于第四军医大学获博士学位,现为第四军医大学硕士研究生导师,从事电离和非电离辐射生物学效应研究,副教授

收稿日期:初稿 2007-03-19,修回 2007-10-10

G-CSF 和 GM-CSF 均为小分子造血生长因子,可刺激早期具有多向潜能的造血祖细胞增殖和分化,在临床上广泛运用于中性粒细胞减少症。研究表明,G-CSF 与支持疗法联合可明显提高受致死剂量照射犬的存活率^[9]。国内罗庆良等亦报道,rhG-CSF 或 rhGM-CSF 可明显促进 6.5 Gy γ 射线不均匀照射的狗的骨髓有核细胞及骨髓 CFU-GM 增殖,加速外周血白细胞、网织红细胞和血小板数的恢复,缩短中性粒细胞和血小板最低值的持续时间^[10]。

SCF(干细胞因子)可作用于多系的造血细胞生长因子,其本身不刺激集落的生成,但与其他生长因子(GM-CSF、G-CSF、EPO 等)有较好的协同作用,能促进多系造血祖细胞的增殖与分化。SCF 对肥大细胞的发育和生存也有重要作用。目前认为,SCF 的辐射防护效应与其抑制细胞凋亡和促进细胞周期进程有关,SCF 抗辐射效应中的另一重要因素可能是肥大细胞的参与^[11]。

PF4 即血小板第 4 因子,照射前 PF4 腹腔注射,能够增加照射小鼠的生存率,增加骨髓细胞内 DNA 的含量及骨髓单个核细胞数,提高 CFU-GM 的形成能力,降低造血细胞的增殖指数,增加照射小鼠的脾体比和胸体比^[12]。

造血生长因子在急性放射病临床上的首次应用是在 1987 年,在巴西 ¹³⁷Cs 辐射事故 8 例急性放射病人中应用了重组的人粒细胞-巨噬细胞集落刺激因子(rh-GM-CSF)。8 例病人除一例无明显反应外,其他病人的白细胞数均有升高。在 1989 年的萨尔瓦多辐射事故中,3 例急性放射病病人在治疗中应用了 rh-GM-CSF,亦收到提升白细胞的效果。在我国,1992 年武汉辐射事故和山西忻州辐射事故、1999 年河南“4.26”辐射事故所致的急性放射病病人的治疗中也应用了 GM-CSF 或 G-CSF,有的病人还用了 EPO。重组的人粒细胞集落刺激因子(rh-G-CSF)用于 1996 年吉林 ¹⁹²Ir 核辐射事故中全身受照 2.9 Gy 的病人 1 例、1998 年哈尔滨 ⁶⁰Co 核辐射事故中全身受照 5 Gy 的病人 1 例、1999 年日本东茨临界事故中 3 例、2000 年成都 ⁶⁰Co 核辐射事故中 3 例。造血生长因子的疗效主要表现在促进造血功能的恢复,加速白细胞的回升,缩短白细胞最低值的持续时间^[8,13,14]。尽管如此,细胞因子是否适合在核事故中大规模应用仍值得怀疑。原因除了价格昂贵,难以常温保存外,还有药物普遍具有严重的副作用。

3 激素类

天然甾体激素(如雌二醇)或人工合成的非甾体

激素(如己烷雌酚、己烯雌酚等),在动物实验中都显示一定程度的辐射防护作用,而且辐照前后给药都有效果。注射雌二醇、雌三醇等,能提高小鼠受照后的存活率,延缓放射病症状的出现时间,减轻症状的严重程度,对骨髓有核细胞、造血干细胞和祖细胞都有明显的辐射防护作用,并能促进它们的恢复。尼尔雌醇(Nilestriol)是雌三醇长效制剂,口服吸收后贮存于脂肪组织,在体内代谢为乙炔雌三醇和雌三醇发挥作用,是作用很弱的雌激素。据报道,尼尔雌醇对照射导致的造血系统损伤有明显的保护作用^[15]。郭朝华等比较研究了 E838(由炔雌醇经系统改造人工合成的一种新的衍生物)、WR-2721、茜草、盐酸胍胺和炔雌醇等 5 种辐射防护药对放射损伤和放烧复合伤防治的协同作用,表明 E838 和 WR-2721 与其它辐射防护药相比具有较理想的辐射防护作用,且 E838 还有一定的治疗作用,两者合理配伍可发挥协同治疗作用^[16]。对比观察 E838、炔雌醇、炔雌三醇、雌三醇对照射小鼠 30d 存活率影响的研究发现,E838 效价最高,能显著提高受照射小鼠 30d 存活率^[17]。

除了报道比较多的雌激素外,研究表明,单独给予胸腺激素或胸腺素与其他抗辐射药物联合应用也具有抗辐射作用,其机理可能与胸腺素减轻骨髓和中枢神经系统辐照后的损伤有关^[18]。胸腺素 a 原还具有免疫调节活性,能促进放射损伤后免疫功能的恢复与重建^[19]。此外,研究还发现,重组人催乳素(rhPRL)也具有较好的防辐射效果,其机理可能是促进造血再生或是增加造血系统对辐射的耐受性^[20]。

目前,一种称为 5-雄甾烯二醇(简称 5-AED)的类固醇药物引起了人们的关注,5-AED 能够明显提高全身辐照小鼠和猕猴的存活率^[21,22],促进辐照后造血功能恢复以及造血生长因子的表达。给予 5-AED 后,能够增加辐照动物外周血中粒细胞、单核细胞、NK 细胞和血小板的数目^[23]。最新的研究表明,5-AED 可以通过诱导、稳定和激活 NF-KappaB,促进造血生长因子 G-CSF 的分泌,从而提高辐照后造血祖细胞的存活率^[24]。5-AED 化学性质稳定,毒性较低,似乎是理想的辐射防护药物。美军放射生物学研究所(AFRRI)已将 5-AED 列入候选辐射防护药物进行重点研究。

4 中草药

经过多年的研究,人们发现具有清热解毒、活血化瘀、补血益气、养阴升白的中药均有不同程度的抗辐射作用,且中药药源广、毒性低,使其在抗

辐射损伤药物的研究中显示出巨大的优势和潜力。中药用于辐射损伤防治的形式多种多样,如有单方应用的,也有组方应用的。从给药途径来看也多种多样,如有注射液,有口服液,还有喷雾剂等。这些中药及其提取物在实验动物及人体中进行的辐射损伤防治研究中均具有良好的效果。

4.1 单味中药的辐射防护作用

研究表明,人参、灵芝、白藜芦醇及其提取物等单味中药具有较好的抗辐射效果。人参能提高放疗后小鼠空肠隐窝细胞的存活率,增加内源性脾克隆形成率,减少细胞凋亡。人参中的脂溶性酸性物质、游离糖和皂甙类可能发挥了主要的辐射防护作用^[25]。灵芝含有多糖、多肽、氨基酸、核苷和碱基类化合物等多种生物活性成分,具有提高辐射后小鼠30d存活率、延长平均存活时间、提高白细胞总数和巨噬细胞吞噬能力等多种功能^[26]。近年来,白藜芦醇的辐射防护作用也引起了人们的关注,白藜芦醇具有清除自由基、抑制脂质过氧化的功能,推测清除辐射诱导产生的自由基和抑制脂质过氧化可能是白藜芦醇抗辐射作用的机制^[27]。

4.2 中药不同组分的辐射防护作用

中药的多糖类,如芦荟多糖、木耳多糖、南沙参多糖等具有明显的抗辐射作用,其机制可能与免疫损伤、保护造血系统、清除自由基等有关^[28]。多糖类中的香菇多糖、猪苓多糖等制剂已应用于临床^[29]。与其他抗辐射药物比较,多糖类物质照前和照后给药都有效,对免疫系统有明显的保护作用,其本身毒性低,无蓄积作用,这些特点使多糖类物质成为有潜在价值的抗辐射活性物质。酚类,如茶多酚(Tea polyphenol, Tp)具有抗辐射、抗癌和抗衰老等多方面的功效。茶多酚能明显提高辐射后小鼠的存活率、外周血白细胞数,外周血SOD活性、降低骨髓嗜多染红细胞微核率^[30]。葡萄多酚(Grape polyphenol, GPP)是从葡萄核中提取的一种天然植物多酚物质,国外称之为原花青素(Procyani-dins)。实验发现,GPP对辐射引发的DNA损伤具有良好的防护作用,且呈明显的剂量反应关系。其机制可能与GPP能抑制体内自由基产生,降低脂质过氧化反应程度有关^[31]。生物碱类,如骆驼蓬碱对造血组织具有保护作用,可以显著促进照射小鼠外周血血小板数和白细胞数的回升,明显提高受照小鼠的存活率^[32]。其他如苦豆子总碱也有一定程度的抗辐射作用^[33]。此外,皂苷类如刺五加皂苷(Acanthopanax senticosus saponins, ASS)对X射线照射小鼠也有一

定的抗辐射损伤的作用,其机制与抗氧化有关^[34]。

4.3 中药复方制剂的辐射防护作用

中药复方如补肾泻肝方能改善辐照小鼠的外周血象,增加骨髓有核细胞数,增加粒系祖细胞集落形成单位数量,对放疗所致的白细胞减少有显著疗效^[35]。护生宝口服液(复方黄芪、灵芝、绿茶提取液)照射前灌胃小鼠能显著提高受致死剂量⁶⁰Co γ 射线照射小鼠的存活率,降低辐射对小鼠外周血白细胞和血小板的损伤作用^[36]。四生汤(当归、川芎、熟地、白芍)对受照小鼠的骨髓造血祖细胞有很好的保护作用^[37]。抗辐射口服液(组方为:枸杞、山药、大枣、山楂、香菇、生姜等)对放疗病人血细胞具有保护作用,当进行放疗时口服抗辐射口服液,患者的体液免疫和细胞免疫的各项指标不但没有降低,反而有所增加^[38]。

中草药抗辐射作用的机制主要为清除自由基、抗氧化作用、保护DNA、保护免疫系统、保护造血系统等。由于中药具有活性成分多,抗辐射效果显著,无毒或低毒等特点,其作为研究与开发抗辐射的药物具有广阔的前景。

5 金属硫蛋白

金属硫蛋白(Metallothioneins, MT)是一类低分子量、富含半胱氨酸、结合有金属的非酶蛋白。由于MT特有的氨基酸组成与分子结构,它在体内担负着重要的生理功能。据报道^[39],口服MT能够延长一次性大剂量电离辐射小鼠的存活时间,降低一次性大剂量和多次小剂量电离辐射对免疫系统的损伤。小鼠辐照后给予含MT的蛋白奶后,小鼠白细胞数、淋巴细胞增殖率和股骨骨髓细胞DNA含量较单纯照射组均明显增高^[40]。MT对DNA碱基的辐射损伤也具有保护作用,其作用机制与MT的抗氧化作用有关^[41]。

6 海洋生物成分

近年来,在抗辐射药物研究方面,人们开始把目光投向海洋生物。王玉贞等^[42]首次就扇贝多肽对⁶⁰Co射线辐射损伤胸腺细胞的保护作用进行了研究,发现扇贝多肽对胸腺细胞具有辐射保护作用。进一步研究还发现,扇贝多肽除对电离辐射外,对紫外线辐射损伤小鼠胸腺淋巴细胞液也具有保护作用^[43]。扇贝多肽抗辐射作用的机理可能与其抗氧化及提高机体免疫力有关^[44]。

7 结束语

近年来,抗辐射损伤药物研究已取得瞩目的成绩,但是仍然存在很多问题,主要问题是药物的毒性、其次是药物的稳定性、有效时间、用药途径等。中药方剂及单味中药有些具有较好的抗辐射作用,但因其成分复杂,对这类药物的化学成分及活性成分的研究还不够深入,药物应用的最佳时机和剂量也需要进一步研究。多数药物的辐射防护机制有待进一步阐明。造血生长因子在作为辐射防护药物应用时其用药剂量、用药时机和合理配伍等问题也尚待解决。相信随着研究的进一步深入,越来越多的高效低毒、防治兼备的辐射损伤防护药物将展现于临床。

参考文献

- Shamakhmudov A. *Med Zh Uzb*, 1963, 39: 23-28
- Livesey J C, Reed D J. *Adv Radiat Res*, 1987, 13: 285-353
- Dorr R T. *Semin Radiat Oncol*, 1998, 8(4 Suppl 1): 10-13
- Kouvaris J R, Kouloulis V E, Vlahos L J. *Oncologist*, 2007, 12(6): 738-747
- Neta R, Douches S, Oppenheim J J. *J Immunol*, 1986, 136(7): 2483-2485
- 崔玉芳, 杨红, 罗庆良, 等. *中国危重病急救医学*, 2004, 16(1): 22-25
CUI Yufang, YANG Hong, LUO Qingliang, *et al. Chin Crit Care Med*, 2004, 16(1): 22-25
- 刘永彪, 梅开, 刘颖, 等. *核技术*, 2004, 27(11): 843-846
LIU Yongbiao, MEI Kai, LIU Ying, *et al. Nucl Tech*, 2004, 27(11): 843-846
- 罗庆良, 从玉文, 郝静, 等. *解放军医学杂志*, 2005, 30(3): 186-190
LUO Qingliang, CONG Yuwen, HAO Jing, *et al. Med J Chin PLA*, 2005, 30(3): 186-190
- MacVittie T J, Farese A M, Jackson W 3rd. *Health Phys*, 2005, 89(5): 546-555
- 罗庆良, 夏贞彪, 董波, 等. *中华放射医学与防护杂志*, 1996, 16(3): 170-172
LUO Qingliang, XIA Zhenbiao, DONG Bo, *et al. Chin J Radiol Med Prot*, 1996, 16(3): 170-172
- 杨军. *医学综述*, 1999, 5(12): 533-534
YANG Jun. *Med Recapitulate*, 1999, 5(12): 533-534
- YANG Lan, ZHU Baigui, TIAN Qiong, *et al. J Fourth Mil Med Univ*, 2003, 24(16): 1444-1447(in China)
- 毛秉智. *中国医师杂志*, 2003, 5(8): 1009-1011, 1017
- MAO Bingzhi. *J Chin Physician*, 2003, 5(8): 1009-1011, 1017
- 叶根耀. *国外医学·放射医学核医学分册*, 2003, 27(3):123-128
YE Genyao. *Foreign Med Sci • Sec Radiat Med Nucl Med*, 2003, 27(3):123-128
- 夏贞彪, 王建国. *中华放射医学与防护杂志*, 1994, 14(5): 322
XIA Zhenbiao, WANG Jianguo. *Chin J Radiol Med Prot*, 1994, 14(5): 322
- 郭朝华, 孔佩艳, 邹仲敏, 等. *第三军医大学学报*, 2001, 23(5): 544-546
GUO Chao-hua, KONG Pei-yan, ZOU Zhong-min, *et al. Acta Academiae Medicinae Militaris Tertiae*, 2001, 23(5): 544-546
- 王月英, 王汝勤, 赵忠萍. *中华放射医学与防护杂志*, 2005, 25(1): 39-40
WANG Yueying, WANG Ruqin, ZHAO Zhongping. *Chin J Radiol Med Prot*, 2005, 25(1): 39-40
- Lempereur L, Cantarella G, Murabito P, *et al. Ann Med*, 1999, 31(Suppl 2): 40-45
- 刘佃辛, 金宏, 许志勤, 等. *中国生化药物杂志*, 2000, 21: 191-193
LIU Dianxin, JIN Hong, XU Zhiqin, *et al. Chin J Biochem Pharm*, 2000, 21: 191-193
- 田志刚, 孙呐. *中国生化药物杂志*, 1999, 20: 17-19
TIAN Zhigang, SUN Na. 1999, *Chin J Biochem Pharm*, 20: 17-19
- Whitnall M H, Villa V, Seed T M, *et al. Immunopharmacol Immunotoxicol*, 2005, 27: 15-32
- Stickney D R, Dowding C, Authier S, *et al. Int Immunopharmacol*, 2007, 7: 500-505
- Stickney D R, Dowding C, Garsd A, *et al. Int Immunopharmacol*, 2006, 6: 1706-1713
- Xiao M, Inal C E, Parekh V I, *et al. Mol Pharm*, 2007, 72: 370-379
- Kim S H, Son C H, *et al. In Vivo*, 2001, 15(5): 407-411
- 颜燕, 徐建华, 吕实波, 等. *中国公共卫生*, 2002, 18(10): 1221-1222
YAN Yan, XU Jianhua, LÜ Shibo, *et al. China Public Health*, 2002, 18(10): 1221-1222
- 吕秋军, 温利青, 张敏, 等. *中华放射医学与防护杂志*, 2004, 24(1): 21-22
LÜ Qiujun, WEN Liqing, ZHANG Min, *et al. Chin J Radiol Med Prot*, 2004, 24(1): 21-22
- 陈立, 董俊兴. *癌变·畸变·突变*, 2004, 16(6): 380-382

- CHEN Li, DONG Junxing. *Carcinogenesis, Teratogenesis and Mutagenesis*, 2004, 16(6): 380-382
- 29 戴昌世, 王秉伋. 抗辐射药物研究. 北京: 军事医学科学出版社. 2003, 17
- DAI Changshi, WANG Bingji. *Radioprotector* Beijing: Military Medical Scientific Press. 2003, 17
- 30 陈家柏, 伍炜培. 中药材, 2004, 27(9): 664-665
- CHEN Jiabo, WU Weipei. *J Chin Med Mater*, 2004, 27(9): 664-665
- 31 钟进义, 栗世如. 中华劳动卫生职业病杂志, 1999, 17(4): 211-213
- ZHONG Jinyi, SU Shiru. *Chin J Ind Hyg Occup Dis*, 1999, 17(4): 211-213
- 32 利国威, 梁培根, 应百平, 等. 中华放射医学与防护杂志, 1993, 13(4): 252
- LI Guowei, LIANG Peigen, YING Baiping, *et al.* *Chin J Radiol Med Prot*, 1993, 13(4): 252
- 33 梁莉, 李新芳. 中药药理与临床, 2001, 17(6): 18-19
- LIAN Li, LI Xinfang. *Pharm Clin Chin Mater Med*, 2001, 17(6): 18-19
- 34 陈月, 王宝贵, 张桂英, 等. 吉林大学学报(医学版), 2005, 31(3): 423-425
- CHEN Yue, WANG Baogui, ZHANG Guiying, *et al.* *J Jilin Univ (Med Ed)*, 2005, 31(3): 423-425
- 35 史剑慧, 许小平. 中华国际医学杂志, 2002, 2(2): 100-102
- SHI Jianhui, XU Xiaoping. *Chin J Int Med*, 2002, 2(2): 100-102
- 36 陈建业, 曾益新, 陈小君, 等. 中华放射医学与防护杂志, 2000, 20(4): 273-275
- CHEN Jianye, ZENG Yixin, CHEN Xiaojun, *et al.* *Chin J Radiol Med Prot*, 2000, 20(4): 273-275
- 37 凌昌全, 史剑慧, 陈哲. 安徽中医学院学报, 1997, 16(5): 55-57
- LING Changquan, SHI Jianhui, CHEN Zhe. *J Anhui Tradit Chin Med Coll*, 1997, 16(5): 55-57
- 38 石峰, 丁慧蓉, 丁沅强. 兰州医学院学报, 1997, 23(2): 43
- SHI Feng, DING Huirong, DING Yuanqiang. *J Lanzhou Med Coll*, 1997, 23(2): 43
- 39 文镜, 赵建, 毕欣, 等. 营养学报, 2001, 23(1): 44-47
- WEN Jing, ZHAO Jian, BI Xin. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2001, 23(1): 44-47
- 40 赵红光, 王志成, 杜翔, 等. 吉林大学学报(医学版), 2005, 31(4): 543-546
- ZHAO Hongguang, WANG Zhicheng, DU Xiang, *et al.* *J Jilin Univ (Med Ed)*, 2005, 31(4): 543-546
- 41 丛建波, 王澍, 吴可, 等. 中华劳动卫生职业病杂志, 1999, 17(2): 110-111
- CONG Jianbo, WANG Shu, WU Ke, *et al.* *Chin J Ind Hyg Occup Dis*, 1999, 17(2): 110-111
- 42 王玉贞, 刘晓萍. 中国海洋药物杂志, 2001, 84(6): 20-24
- WANG Yuzhen, LIU Xiaoping. *Chin J Mar Drugs*, 2001, 84(6): 20-24
- 43 陈海英, 战松梅, 初晓, 等. 中国海洋药物, 2005, 24(2): 18-21
- CHEN Haiying, ZHAN Songmei, CHU Xiao, *et al.* *Chin J Mar Drugs*, 2005, 24(2): 18-21
- 44 苗千里, 朱莉, 陈雪红, 等. 中国海洋药物, 2005, 24(1): 28-32
- MIAO Qianli, ZHU Li, CHEN Xuehong, *et al.* *Chin J Mar Drugs*. 2005, 24(1): 28-32

Advances in research of radioprotectant

DING Guirong GUO Guozhen

(Department of Radiation Medicine, Faculty of Preventive Medicine, Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China)

ABSTRACT A review of the application in nuclear accidents and recent advances in research of radioprotectants is presented here. The characters, pharmacological effects and side effects of six classification of radioprotectants including sulfhydryl compounds, cytokines, hormones and Chinese traditional medicines were reviewed as well as the perspective in this field.

KEYWORDS Radiation injury, Radioprotectant, Sulfhydryl compounds

CLC R818.05, Q691.9