

氡子体辐射危害与防护对策研究

辽宁省放射卫生防护所(沈阳, 110005) 孟文斌综述 王燮华审校*

摘要: 简介有关室内氡危害的评价、氡的剂量监测与防护研究的动态及其展望。

关键词: 氡辐射危害 剂量监测 辐射防护

氡的危害已成为全球性问题,室内氡的问题已引起世界各国的高度重视。英国环保部于 1991年发动了一场防止氡污染的运动^[1],美国也开展了类似的宣传周,并由美国总统克林顿发表了关于氡的公开信^[2]。1995年我国卫生部和地质矿产部共同成立了氡监测与防治领导小组,并于 1997年召开了首届专家会议,由氡领导小组和氡专家组织协调全国氡水平调查与防治研究工作。但是,氡的问题是十分复杂的,不仅在监测和水平调查的方法上,而且在其辐射危害的卫生学评价和预防对策等方面都存在着许多值得深入研究的课题,尤其在环境氡水平的健康效应方面尚有些争论。本文围绕有关热点问题简介近年来氡危害研究动态和展望

1 室内氡的危害评估

目前,对地下矿工的流行病学研究、动物实验以及细胞学研究都证明了氡子体是矿工肺癌的重要致病因素,因此矿工受到矿井下氡子体照射后肺癌危险会增加的观点已被普遍接受。但有关室内氡照射与肺癌关系的流行病学研究结果与上述结论并不一致,尚未获得确切的结论,争论较为激烈。

Lubin等^[3]汇总了世界范围内室内氡水平所致肺癌的流行病学资料,在八项病例-对照研究中,四项结果表明肺癌的相对危险度与室内氡水平呈正相关,一项呈负相关,另三项结果不能说明问题。

正在进行的十四项有关室内氡与肺癌关

系的流行病学研究中,中国甘肃窑洞居民肺癌的流行病学初步调查结果显示室内氡浓度 64%超过 $148\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$,高于目前国内、外同类研究报道的室内氡水平,且人群稳定、干扰因素少,有望获得确切的结果。

对安大略矿工肺癌病因分析的研究表明,由于矽肺对肺癌也是一种有意义的危险因素,当对矿工肺癌进行分析时,须进行矽肺发病危险的调整,使矿工肺癌氡危险系数下降^[4]。因此,由矿工得出的氡危险系数不能直接应用于普通居民。

芬兰病例-对照研究结果表明,室内氡照射未引起肺癌危险度增加,室内环境条件下低浓度氡水平不是引起肺癌的主要原因^[5]。一些作者认为,氡致癌作用可能存在着实际的阈值。

室内氡子体可增加较小的肺癌危险度,在室内氡的病例对照研究和数据综合分析取得可靠结果之前,矿工调查的数据最适宜评价室内氡的危险^[6]。

对于氡子体致肺癌危险的评估,国际辐射防护委员会(ICRP)建议采用暴露于氡的矿工流行病学研究结果,但若将职业性氡照射的研究结果外推到室内氡照射的健康效应,不可避免地有很大的不确定性,应直接采用室内氡子体照射的效应研究结果。

2 氡的剂量监测

以健康为目的的氡的调查、危害评价与防治对策研究是一个系统工程,是一个涉及

* 中国医学科学院放射医学研究所(天津, 300192)

多学科领域的复杂问题。包括氡及其子体测量的方法学,未结合态份额和结合态气溶胶粒度等物理参数的测定,平衡因子(F)的测量,剂量估算模式与参数的研究,氡致肺癌危险的评价,流行病学和生物学实验研究,行动水平的制定,氡的来源、分布与变化以及防治措施研究等等。

大量研究资料表明^[7-10],氡的来源、迁移变化、行为特性及其控制与地质、岩石、土壤特征、气象、民俗和生活习惯、建筑材料与建筑技术以及社会与经济发展等诸多因素密切相关。

在方法学方面常推荐两步测量方法:第一步是筛选测量,用于判定是否存在氡危害;第二步是跟踪测量,用于估计危害评价和是否采取补救措施。

根据ICRP新建议和新的呼吸道剂量学模型,剂量学家正在对氡及其子体的剂量测

定进行审查,并考虑有关室内气溶胶的新的物理资料,对呼吸道敏感性的新见解以及新的组织权重因子^[7]。

ICRP第65号出版物推荐的剂量转换因子是由直接比较单位有效剂量与单位氡子体暴露量相关的危害获得的。由于导出剂量转换因子的流行病学途径和剂量学途径都存在着许多不确定因素,且诸多因素可能影响氡子体职业照射和公众照射的危险系数,致使ICRP和UNSCEAR在历次报告中采用的剂量转换因子有所不同,见表1。这些不同或差异造成了一些矛盾,尚待解决。

来自世界氡均值的平均年有效剂量约为1.2mSv,而来自²²²Rn及其子体的年有效剂量约为0.07mSv。但在中国、日本等亚州国家不少地区土壤中钍含量偏高,应注意²²²Rn的影响^[8]。

表 1 ICRP UNSCEAR 报告所采用的剂量转换因子

资料来源	职业照射		公众中成人	
	(mSv /m Jh m ⁻³)	(mSv /W LM)	(mSv /m Jh m ⁻³)	(mSv /W LM)
ICRP 50			1.8	6.3
ICRP 65	1.4	5	1.1	4
UNSCEAR 1982	2.4	8.4	1.6	5.6
UNSCEAR 1988	2.4	8.4	1.8	6.3
UNSCEAR 1993	1.6	5.6	1.6	5.6

3 氡的防护

70年代,ICRP第26号出版物明确提出了“居留室内也往往足以增加辐射照射,因为通风的受阻可导致放射性气体及其衰变产物的积累”,即室内氡的问题。80年代,ICRP第39号出版物给出了控制天然源照射所采用的原则:对已有照射采取补救措施,对未来照射应在决策和设计阶段加以限制。即对现有情况,建议采用行动水平(200Bq·m⁻³);对未来情况,建议在最优化评价中采用平衡当

量氡浓度(EECR_{th})的个人剂量上限值(100Bq·m⁻³EECR_{th})来限制个人照射剂量。90年代,ICRP第60号出版物重申了第39号出版物的“指南”作用,但强调指出:由于第60号出版物建议的职业人员年限值为20mSv,与住宅内氡的行动水平所致居民的剂量相近,这个问题须深入研究。

有许多控制氡的方法已成功地应用于家庭住宅中,但对带有地窖或地下室的房屋,一般的降低措施并不成功。现场试验和计算机模拟研究结果表明,负压通风比加压通风更

有效^[9]。负离子可降低氡子体浓度,但并不能明显降低年有效剂量^[10]。

水中氡不仅是室内氡的来源之一,而且可通过饮用水直接进入体内。美国环保局(EPA)1991年提出的基本饮用水法规中,建议公共饮用水中氡的最大污染水平(MCL)为 $11\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

1993年,ICRP发表了第65号出版物^[11],专门讨论居室和工作场所中氡的防护问题。在这份关于氡防护问题的最新权威资料中,室内氡的问题仍在干预的防护体系中加以解决,不再区分已有的情况和未来情况,也不再采用平衡当量氡浓度,而采用实测浓度来表示行动水平。建议对居室和工作场所进行氡防护或采取补救措施的行动水平分别为 $200\sim 600\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $500\sim 1500\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$,具体数值将由各国的主管部门在此范围内选定。

国际原子能机构(IAEA)根据ICRP第60和65号出版物的建议,推出了以取代1982年安全丛书No.9的《国际电离辐射防护和辐射源安全基本安全标准》(IBSS)^[12]。该基本标准推荐的居室和工作场所氡的行动水平分别为 $200\sim 600\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $1000\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ 。依照IBSS,天然源的照射一般为长期照射,须遵守与干预有关的各项要求。

我国已发布二项关于氡防护的强制性标准:《地下建筑氡及其子体控制标准》(GB16356-1996)和《地热水应用中的放射卫生防护标准》(GB16367-1996),还公布了一项推荐性标准:《住房内氡浓度的控制标准》(GB/T16146-1995)。这些标准正在实施中。

4 展望

随着人们对氡致肺癌认识的提高,由于矿工受职业性氡照射水平不断降低,室内氡照射问题更加突出,室内氡的效应问题更加引人注目,室内氡与肺癌关系的研究将继续成为热点。关于氡及其子体对生物危害研究

的重点,仍是氡子体致肺癌机理的研究。流行病学、动物(整体)实验和细胞、分子水平的体外研究三个层次相结合,可互为补充。从发展趋势看,应加强流行病学研究与放射生物学研究,特别是在分子水平和细胞水平上的研究相结合,将有助于了解氡致肺癌的机理,解释流行病学调查结果。在探讨氡子体致肺癌危险度的流行病学研究中,病例-对照研究是比较常用的方法。在增加统计分析精确度,排除干扰因素,提高剂量估算准确度等方面仍需进行深入研究,以提供有关室内氡与肺癌关系的令人信服的证据。

氡及其子体的辐射剂量在人类受照剂量中占最大的份额,约占天然辐射总剂量(2.4mSv)的54%(1.3mSv),受到世界各国的关注。IAEA和欧洲共同体委员会(CEC)发起的有55个国家参加的关于人类环境中氡的协调研究计划(1988~1994年),标志着世界性氡研究热的形成,在测量技术、调查研究方法、呼吸道剂量模型、氡及其子体对健康危害的评价、控制方法与防护措施、利益与代价分析等方面都有待于广泛而深入的研究。

参考文献

- 1 Lee TR et al. Radiat Prot Dosi, 1994; 56: 331
- 2 N RPB. Radiol Prot Bull, 1994; 152: 6
- 3 Lubin J. Am J Epidemiol, 1994; 140(4): 468
- 4 Finkelstein M M et al. Health Phys, 1995; 69(3): 396
- 5 Auvinen A et al. J Natl Cancer Inst, 1996; 88(4): 966
- 6 Lubin JH et al. J Natl Cancer Inst, 1997; 89(1): 49
- 7 UN SCEAR 1993 Report United Nations Publication, 1993
- 8 潘自强. 辐射防护, 1997; 17: 188
- 9 Wang F et al. Health Phys, 1997; 73(5): 787
- 10 关祖杰等. 辐射防护, 1998; 18(1): 1
- 11 ICRP Publication 65, 1993
- 12 FAO IAEA ILO et al. International basic safety standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources, IAEA Safety Series 115, 1996: 1

(收稿日期: 1998-06-16)