

文章编号: 1001-098X(2002)04-0191-03

电磁辐射和微波的生物学效应

邓桦

摘要: 电磁辐射广泛存在于人类的生存环境之中。人们在利用电磁辐射和微波为人类的健康服务的同时,也越来越多地认识到其对健康的危害。目前电磁辐射已成为损伤人类健康的最主要物理因素之一。本文综述了近年来电磁辐射和微波的生物学机制、对人体各组织器官的不良影响、研究中存在的问题以及研究方向。

关键词: 电磁辐射; 微波; 生物学机制; 非热效应

中图分类号: R594.8 **文献标识码:** A

Biologic effects of electromagnetic radiation and microwave

DENG Hua

(Institute of Radiation Medicine, Academy of Military Medical Sciences, Beijing 100850, China)

Abstract: Electromagnetic radiation and microwave exist mankind's environment widely. People realize they disserve our health when we make use of them. Electromagnetic radiation is one of the major physic factors which injure people's health. A review of the biologic mechanism about electromagnetic radiation and microwave, their harmful effects to human body, problems in our research and the prospect.

Key words: electromagnetic radiation; microwave; biologic mechanism; athermal effect

电磁辐射是人类生存的环境因素之一。随着对电磁辐射作用机制的了解,人们已越来越多地应用其生物学效应为人类健康服务。但是,随着网络通讯、广播电视、电器设备的普及和这些设备功率和频率日益增多,其发出的电磁辐射强度也日益增高,因而电磁辐射已经成为一种新的环境污染源,直接影响人类的生活环境。联合国人类环境会议已将电磁辐射列为必须控制的公害之一。

1 对机体的不良影响

电磁污染源主要有自然型和人工型两大类。自然型电磁污染常由雷电、火山喷发、地震和太阳黑子活动导致的磁暴等自然现象引起,人工型电磁污染产生于人工制造的电子设备和电器装置,如脉冲放电(切断大电流电路时产生的火花放电等)、工频交变电磁场(大功率电机、变电器和输电线附近电磁场等)、射频电磁辐射(广播电视、微波通讯

等)。国内外的流行病学调查和大量的实验研究已证明,电磁辐射可造成广泛的生物损伤效应。

1.1 对心理和行为健康的影响

电磁辐射可以对健康和患病人群的心理和行为产生影响。大量的资料证明电磁波影响睡眠, Sher L等^[1]认为,电磁场对睡眠的影响是对患者心理、行为和识别能力影响的反映,进而推断暴露于人工电磁辐射中的人员,其睡眠异常也许是其后精神紊乱的开始,因而早期的诊断和治疗可以防止或减少精神性疾病的发生。

1.2 与癌症发生发展的关系

电磁辐射与癌症的关系可谓众说纷纭。发达国家电气化水平的高度发展使人们暴露于ELF-EMF(极低频电磁场)的危险性大大增加。欧洲曾对环境中ELF-EMF与癌症的关系展开了一系列大型研究。结果表明,尽管究竟是磁场还是电场在癌症发生发展中起关键作用的机制尚未明了,目前的研究仍怀疑环境ELF-EMF与儿童白血病的发生有着内在的联系^[2]。Hardell L等^[3]认为,ELF-EMF与白血病(尤其是儿童白血病)、慢性淋巴细胞性白血病、乳腺癌、皮肤恶性黑色素瘤、神经系统肿瘤、非霍奇金氏淋巴

收稿日期: 2001-09-23

作者简介: 邓桦(1968-),女,重庆人,军事医学科学院放射医学研究所(北京,100850)博士研究生,主要从事电磁辐射的致伤机制研究。

审校者: 军事医学科学院放射医学研究所 王德文

瘤、急性淋巴性白血病和急性髓样细胞性白血病有关。这些观察结果还通过细胞学研究进行了验证,证明在电磁辐射导致的生物学效应中,最值得关注的是使调节细胞大量增生通路上的某些成分的活性发生了改变^[9]。

EMF(电磁场)与脑瘤之间的关系是职业流行病学家最为关注的焦点。Speer MA等^[9]的研究证明EMF与脑瘤之间存在量效关系:长期暴露于EMF甚至ELF-EMF的作业人员存在脑瘤高发生率的可能性。

对肿瘤发生原因的大量研究证明,肿瘤发生的过程不在于对细胞核DNA的直接损伤,而在于化学性致瘤因素和环境电磁场协同作用于进出细胞膜的信号流。但随着研究的进一步深入,Blank M等^[9]提出,EMF也可以直接损伤DNA。通过人类流行病学调查和对大量研究结果的分析,目前认为,虽然EMF与癌症的发生有关,但EMF可能只是癌症的促进因子而非癌症的启动因子。

1.3 对神经系统的影响

中枢神经系统对电磁辐射有很高的敏感性,长期接触高频作业,主要引起中枢神经系统和植物神经功能紊乱,表现为头疼、乏力、失眠、多梦、记忆力减退、易激动、多汗、口干和心悸等。动物实验证明,电磁脉冲可导致动物神经行为的障碍,学习和记忆能力的降低,脑组织出现血液循环障碍和实质细胞的变形、凋亡等病变,一些相关的细胞因子、原癌基因出现相应的改变。

1.4 与生殖障碍的关系

EMF对人类生殖的影响也日益被各国学者所关注。经流行病学调查分析,生殖障碍(主要是自发性流产、出生低体重、先天畸形等)可能与下列来源的电磁辐射有关:母亲的居住环境、电热床、职业性辐照(主要为视频显示终端VDT)和医学辐照(如磁共振显像)等。睾丸由于其结构和生理功能的特殊性,更容易受到微波等非电离辐射的影响。有研究证实,微波慢性辐射可导致睾丸超微结构异常、精原细胞染色体含量增加、多聚ADP核糖基在睾丸组织中的含量改变,睾丸生精细胞的凋亡和微波辐射存在着剂量效应关系,微波作用可使睾丸酮水平下降,促黄体素和促卵泡素水平升高^[7]。但就目前所掌握的数据,还不能得出射频辐射和微波对孕妇和父亲的生殖功能有确切影响的结论^[9],此领域的研究还应进一步深入开展,其中包括对先天畸形与

染色体异常、宫内发育迟缓和染色体正常的自发性流产的关系的研究。专家建议,工作在职业性低频电磁辐射环境中的孕妇,应遵循WHO通过的国际非电离辐射委员会制订的有关标准^[9]。

1.5 对心血管系统的影响

至今关于电磁辐射对心血管系统影响的研究仍未取得较为一致的结论。Jauchem JR^[10]认为,如果在辐照时没有产生热量,主要的心血管效应是血流的变化,例如电休克所引起的血流变化。至于ELF-EMF的长期效应,前苏联科学家早在20世纪60年代就报道,工作在高压开关场地的工人易出现心律不齐、心动过速,长期暴露于射频辐射可能会导致低血压、心搏过缓或心搏过速。然而,其他科学家未能重复出这些实验结果。另有一些研究发现,当暴露于一定频率的微波时,辐照人员出现明显的心脏传导系统异常和心脏功能性改变,包括心电图波形改变、房室传导阻滞和束支传导阻滞、心律徐缓以及低血压等。而且有研究证明,微波对心血管系统的影响可能不单纯是热效应的结果^[11]。

1.6 对眼的影响

高强度电磁辐射可使人眼晶状体蛋白质凝固,轻者混浊,严重者可形成白内障,还能伤害角膜、虹膜和前房,导致视力减退乃至完全丧失。人眼的晶体含大量水分,对微波等高频辐射十分敏感,微波辐射后出现视疲劳、眼不适、眼干等现象,视力明显下降。

此外,电磁辐射对内分泌系统、免疫系统、骨髓造血系统等均有不同程度的影响。目前许多国内外学者正在对此进行广泛和深入的研究。本文限于篇幅,不再讨论。

2 生物学机制

电磁场与生物体相互作用的研究,有两个不同的方向:一个主要研究电磁波与生物体的热相互作用,即所谓生物热效应。热效应是指一定频率和功率的电磁辐射照射在生物体上时,引起体温上升。当升温超过组织的调温能力、受照射组织内吸收的能量远大于生物体的新陈代谢能力时,会使组织的传热能力产生混乱,最后导致组织的破坏和死亡;另一个研究方向是生物非热效应,主要研究各种频率电磁场所产生的生物效应,特别是研究电磁能量密度不是很强、在人体内产生的热量较少、体温升

高并不明显的情况下对生物体造成的影响。迄今为止对非热效应的研究,绝大多数局限在ELF(极低频)范围内,其原因可能主要有以下两方面:一是生物学因素,即生物电(及其衍生的磁)节律如心电图、脑电和肌电都在ELF电磁场范围;二是地球大气物理环境因素。ELF电磁场在人类发明工频电磁场以前就已经成为地球生物和人类的最主要的大气电磁场环境。

电磁场在生物体中的热效应和非热效应均由电磁场和生物体相互作用引起,在不同的条件下(如辐照频率、强度、时间等),这两种效应在生物体中的表现各有所侧重。

电磁波的非热生物学效应至今尚未阐明,其损伤效应规律、发生机制等尚需要进一步深入探讨。

3 研究方向展望

迄今,由于实验结果存在较多的分歧和矛盾,因而人们对弱电磁场是否能造成人体健康的危害尚不能得出最后结论。造成此结果的原因主要有三点:(1)实验设计不够严密。应加强电磁场强度的空间和时间分布、载波频率、调制频率等参数的控制和测量;(2)大部分实验结果缺乏重复性。这是由于生物系统本身的复杂性和个体差异造成的;(3)某些实验结果虽有可重复性,但辐射强度还不够低。

WHO、ICNIRP(国际非电离辐射防护委员会)以及德国和澳大利亚政府曾联合组织了一次国际性的学术交流活动,对频率在10 MHz~300 GHz范围的低能射频(low-level radiofrequency, LLRF)电磁场的生物学效应进行了探讨,认为虽然高能射频电磁场即热效应射频电磁场对健康的危害已经得到肯定,但辐射强度极低、不足以使机体组织温度明显升高的射频电磁场是否会导致健康危害,仍需进行进一步深入的研究。这次会议也提出了将来对射频的研究方向,即LLRF对DNA的损伤、中枢神经系统功能的影响、褪黑激素合成、血脑屏障的通透性、嗜神经系统药物的相互作用以及对眼结构和功能的影响等方面;流行病学侧重于调查移动电话手持天线与肿瘤发生的关系,射频对头疼、睡眠障碍等

主观因素的影响,各种高能射频对暴露于磁场中的职业人群怀孕期间的不良影响,移动电话用户和暴露于磁场中的职业人群视觉病理学研究。这次会议提出,即使辐射强度非常低,广播站和移动电话机站工作者的健康问题也应得到广泛的关注^[12]。

参考文献:

- [1] Sher L. The effects of natural and man-made electromagnetic fields on mood and behavior: the role of sleep disturbances[J]. *Med Hypotheses*, 2000, 54(4): 630-633.
- [2] ELF-EMF European Feasibility Study Group. Need for a European approach to the effects of extremely low-frequency electromagnetic fields on cancer[J]. *Scand J Work Environ Health*, 1997, 23(1): 5-14.
- [3] Hardell L, Holmberg B, Walker H, et al. Exposure to extremely low frequency electromagnetic fields and the risk of malignant diseases-an evaluation of epidemiological and experimental findings [J]. *Eur J Cancer Prev*, 1995, 4 (suppl): 3-107.
- [4] Lacy-Hulbert A, Metcalfe JC, Hesketh R. Biological responses to electromagnetic fields [J]. *FASEB J*, 1998, 12(6): 395-420.
- [5] Speer MA, Dobbins JC, Miller VS. Occupational exposures and brain cancer mortality: a preliminary study of East Texas residents[J]. *Am J Ind Med*, 1998(13): 629.
- [6] Blank M, Goodman R. Do electromagnetic fields interact directly with DNA? [J]. *Bioelectromagnetics*, 1997, 18(2): 111-115.
- [7] Singh N, Rdra N, Bansal P, et al. Poly ADP ribosylalin as possible mechanism of microwave bio-interaction[J]. *India J Physiol Pharmacol*, 1994, 38(3): 181-184.
- [8] High WB, Sikora J, Ugrubil K, et al. Subchronic in vivo effects of a high static magnetic field (9.4 T) in rats[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2000, 12(1): 122-139.
- [9] Robert E. Intrauterine effects of electromagnetic fields-(low frequency, mid-frequency RF, and microwave): review of epidemiologic studies[J]. *Teratology*, 1999, 59(4): 292-298.
- [10] Jauchem JR. Exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: cardiovascular effects in human[J]. *Int Occup Environ Health*, 1997,70 (1): 9-21.
- [11] Robert E. Teratogen update: electromagnetic fields[J]. *Teratology*, 1998, 19(2): 305-313.
- [12] Repacholi MH. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: health effects and research needs [J]. *Bioelectromagnetics*, 1998, 19(1): 1-19.