

## 电磁辐射对人体健康影响的研究进展

徐茜<sup>1</sup>, 梁寒<sup>2</sup>

<sup>1</sup>酒泉卫星发射中心医院心血管内科 甘肃酒泉

<sup>2</sup>酒泉卫星发射中心医院麻醉科 甘肃酒泉

**【摘要】**在科技飞速发展的当下,电磁辐射已如影随形,广泛渗透进日常生活的各个角落。从家中的微波炉、无线路由器,到工作场所的电脑、打印机,再到人们须臾不离手的手机,各类电子设备在便利生活、推动社会进步的同时,也让人类置身于复杂的电磁环境中。据统计,过去几十年间,全球范围内电磁辐射源的数量和强度呈显著上升趋势,公众对电磁辐射可能给人体健康带来危害的担忧也与日俱增。电磁辐射对人体健康的影响是一个复杂且备受关注的科学议题,涉及生物学、医学、物理学等多个学科领域。深入探究电磁辐射与人体健康之间的关系,不仅有助于消除公众的恐慌心理,更能为制定科学合理的防护措施及相关政策法规提供坚实的理论依据,具有极为重要的现实意义。本文将对电磁辐射的基础知识、作用机制、对人体健康的具体影响、相关研究现状以及防护措施等方面展开全面综述,力求呈现该领域的研究进展全貌。

**【关键词】**电磁辐射;健康影响;预防;研究进展

**【收稿日期】**2026 年 2 月 15 日 **【出刊日期】**2026 年 3 月 30 日 **【DOI】**10.12208/j.ijmd.20260008

### Research progress on the impact of electromagnetic radiation on human health

Qian Xu<sup>1</sup>, Han Liang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cardiovascular Department of Jiuquan Satellite Launch Center Hospital, Jiuquan, Gansu

<sup>2</sup>Anesthesiology Department of Qian Satellite Launch Center Hospital, Jiuquan, Gansu

**【Abstract】** With the rapid development and widespread application of electromagnetic technology, unprecedented benefits have been brought to humanity. However, due to the varying degrees of electromagnetic radiation pollution caused by its use, people have become more concerned about the impact of electromagnetic radiation on health. This article aims to help people better understand electromagnetic radiation and prevent potential hazards through literature review.

**【Keywords】** Electromagnetic radiation; Health effects; Prevention; Research progress

电磁波辐射作为一种能量传输形式,其本质是电场与磁场在空间中的同相振荡传播过程<sup>[1]</sup>,这种能量流以波的形式沿垂直于电磁场平面的方向进行扩散,能够高效地传递能量与动量;作为继大气、水体和固体废弃物之后的第四类环境污染物,电磁辐射对人体健康的潜在危害已引起学界广泛关注。在当代社会环境中人类持续暴露于各类电磁辐射场中,这些辐射源在频率谱段和功率密度方面存在显著差异。值得注意的是不同频段的电磁波与生物组织的相互作用机制各异,从而对人体产生差异化的生物学效应。鉴于电磁辐射可能引发的潜在健康风险需提高公众认知水平并采取有效的防护措施,以应对这一隐匿的环境健康威胁。

#### 1 电磁辐射的生物效应

电磁场能量被生物体吸收后可能引发一系列生理反应,这是电磁辐射对人体造成危害的主要机制。从作用机理角度分析电磁辐射的生物效应可划分为三类:由组织温度升高引发的热效应、不伴随明显温升的非热效应以及长期暴露导致的累积效应,这些效应均可能对机体健康产生负面影响<sup>[2]</sup>。

电磁辐射能量被人体吸收后会引引起组织温度上升,当温升幅度超过机体自身调节范围时,可能导致热敏感器官出现功能性障碍,这种现象在电磁生物学领域被称为热效应。其致病机理主要涉及以下方面:高温环境会导致细胞膜脂质双分子层结构发生改变;其次温度上升将干扰机体微循环系统的正

常功能;再次热效应会抑制细胞有丝分裂及增殖活动;最后温度升高还会引起亲水性蛋白分子与DNA空间构象的改变,进而影响其参与的生化反应过程<sup>[3]</sup>。

非热效应是指当生物体暴露于电磁辐射环境中时,其能量吸收不足以引起明显的体温升高或仅产生可被机体自身调节系统代偿的微小温度变化。人体各器官和组织本身具有微弱但稳定的电磁场系统,当受到外界电磁场干扰时,这种平衡状态将被打破,进而导致机体功能紊乱。现有研究表明该效应可能通过多种机制影响机体:外界电磁场可引起细胞内电场振荡导致细胞结构损伤;其次电磁辐射可能干扰脑组织钙离子通道功能,破坏钙离子浓度平衡;第三振荡电场可诱导细胞发生异常转动;外加电场可能导致细胞膜结构完整性受损;第五,电磁辐射可促进自由基生成,引发氧化应激反应<sup>[3]</sup>。

电磁辐射对人体产生的累积效应主要表现为热效应与非热效应的持续作用,当机体尚未完成对前次辐射损伤的修复时再次暴露于电磁场中,其损害程度将呈现叠加态势,最终可能演变为不可逆的慢性病理状态并威胁生命健康。值得注意的是,即便是低强度、低频段的电磁辐射,对于职业性暴露人群而言仍存在诱发潜在病变的风险。现有研究表明长期电磁辐射暴露与“三致效应”(致癌、致畸、致突变)存在显著相关性<sup>[4-7]</sup>,这提示我们需要重视电磁辐射的潜在生物学效应。

## 2 电磁辐射对人体健康影响

多项研究证实电磁辐射对人体具有多器官、多系统的潜在损害作用,其危害程度主要取决于辐射强度、频率特性、暴露时长以及个体敏感性等关键因素。从电磁波谱分析来看,不同波段的电磁辐射对人体健康的影响存在显著差异,其中微波频段(波长最短)的危害性最为显著,随后依次为超短波、短波、中波和长波,呈现出波长与危害程度呈负相关的特征。动物模型研究和人群流行病学调查均表明,电磁辐射暴露可引发心血管系统功能障碍、神经系统异常、生殖系统损伤以及免疫功能紊乱等不良健康效应。更值得关注的是长期接触电磁辐射环境可能增加恶性肿瘤的发病风险。

### 2.1 生殖系统

电磁辐射对人体生殖系统的潜在危害已成为当前公共卫生领域的重要研究课题,其影响不仅关乎个体健康,更与人口质量和社会发展密切相关。现

有研究表明,雄性生殖系统对电磁辐射表现出高度敏感性<sup>[11]</sup>。胡海翔团队通过透射电镜技术系统分析了电磁辐射暴露条件下男性精液样本的超微结构变化,证实电磁辐射可显著破坏精子顶体、头部及尾部线粒体的正常形态结构,进而导致生殖功能障碍<sup>[12]</sup>。也有研究发现其影响主要表现为男子精子质量降低,睾酮是一种类固醇激素,精子形成和维持正常结构形态依赖于睾酮水平,微波辐射可通过干扰SF-1基因表达,影响睾丸间质细胞StRA、SF-1、P450scc mRNA、StAR蛋白表达,使血清中睾酮浓度下降,进而引起精子结构的异常<sup>[13-14]</sup>。

### 2.2 神经系统

中枢神经系统亦是电磁辐射的敏感部位,长期电磁辐射会影响神经系统功能,导致睡眠障碍、记忆力下降、烦躁、注意力不集中等神经自觉症状出现率明显升高<sup>[15]</sup>。作为大脑中与学习记忆等高级认知功能密切相关的区域,海马结构在电磁辐射暴露条件下发生的损伤效应已成为当前神经科学领域研究认知功能障碍与行为异常机制的重要切入点<sup>[3]</sup>。

### 2.3 造血系统

作为人体重要的电离辐射敏感靶器官,骨髓造血功能会受到不同电磁波参数(包括波长和功率)的差异性影响,现有研究表明这种影响呈现出显著的剂量-效应特征,但其具体作用机制仍有待深入阐明。多项临床研究证实长期暴露于高强度电磁辐射环境可导致血液淋巴系统发生病理改变,具体表现为白细胞总数及其亚群比例异常,这种改变可能通过影响免疫系统功能而对机体健康产生潜在危害。其中淋巴细胞对电磁辐射最敏感,与对照组相比电子辐射组外周血T淋巴细胞亚群计数明显减少。此外电磁辐射暴露会改变红细胞和血小板形态,影响细胞正常的功能<sup>[16]</sup>。

### 2.4 心血管系统

作为人体对电磁辐射较为敏感的器官之一,心脏在微波暴露下的损伤机制研究已成为当前生物电磁学领域的重要课题。现有研究表明微波辐射可导致心肌组织发生病理学改变及功能性障碍,其临床表现呈现多样性特征:包括但不限于自主神经功能紊乱引发的心悸症状、睡眠障碍、女性激素水平异常,以及窦房结功能抑制所致的心率减缓、每搏输出量降低、窦性心律不齐等循环系统异常;同时伴随造血系统功能受损引发的白细胞数量减少和机体

免疫防御能力下降等全身性反应。特别值得注意的是,对于植入心脏起搏器的患者群体,高强度电磁环境可能干扰起搏器的正常工作状态,进而威胁患者生命安全<sup>[5]</sup>。

### 2.5 肿瘤

肿瘤是电磁辐射后染色体畸变、DNA 链断裂等遗传物质损伤和细胞增殖与转化异常,都可以导致凋亡的发生和增加罹患癌症的危险<sup>[2]</sup>。根据流行病学调查数据显示,长期暴露于高强度电磁辐射环境中的居民群体,其恶性肿瘤发病率较普通人群显著提升,约为对照组的 3-4 倍;其中白血病发病率增幅最为显著,可达到 6-7 倍,消化系统恶性肿瘤和皮肤癌的发病率也呈现明显上升趋势。

### 3 电磁辐射的防护

当前环境中普遍存在电磁辐射污染,其对人体多个器官系统均可造成不同程度的损害。尽管国内外学者已开展大量关于电磁辐射损伤机制的研究工作,但迄今为止尚未建立特异性的诊断标准和有效的治疗方案,这使得电磁辐射防护工作显得尤为关键。多项研究证实即便是长期接触低强度、低频段的电磁辐射,仍可能对人体健康产生显著危害,具体表现为神经系统功能障碍(如认知能力下降、行为异常)、感觉器官损伤(包括视觉和听觉功能丧失)以及循环呼吸系统功能紊乱等严重症状。基于此在电磁辐射暴露环境中采取科学有效的防护措施具有重要的现实意义。首先健康宣教电磁辐射的危害,通过宣传片、科普讲座的形式进行宣教,尤其长期涉电磁岗位的人员。在电磁辐射防护措施方面应当严格落实防护政策,包括穿戴具有反向电流产生或磁滞损耗特性的专业防护服,合理控制工作时间,并定期使用温水清洁暴露皮肤以去除有害物质。其次应重视个体防护体系的构建,通过规律体育锻炼、眼部保健操的实施以及限制电子设备使用时长来降低辐射危害;同时建议增加富含维生素 B 的膳食摄入,如胡萝卜、海带、油菜等蔬菜及动物肝脏,以改善电磁场紊乱状况并提升机体抗辐射能力。在药物防护层面,根据中医理论将辐射损伤分为实热证与脾肾两虚证,临床可选用清热解毒、活血化瘀及补益类中药进行防治,包括丹参、参麦注射液等方剂;此外鳖甲粗多糖、枸杞多糖等植物多糖,以及粒细胞-巨噬细胞集落刺激因子等细胞因子均具有减轻辐射损伤的作用;长期补充硒、锌及维生素 E、C 等

微量营养素可有效拮抗辐射引发的过氧化损伤。

### 4 结论

随着现代科技的迅猛发展人工电磁场环境日益复杂,公众接触电磁辐射的机会显著增加,由此引发的健康风险问题备受关注。电磁波技术作为推动社会进步的重要力量,在诸多领域发挥着关键作用但其潜在危害同样不容忽视需建立科学认知并采取有效防护措施。值得注意的是电磁辐射具有可控性特征,通过合理利用可转化为有益资源。长期以来学界主要依赖传统实验方法探究电磁辐射的健康效应相关生物效应评估体系尚不完善。近年来基于组学大数据的创新研究范式逐渐兴起,然而国内在该领域的研究明显滞后于欧洲发达国家存在显著的科研差距。

### 参考文献

- [1] 宋伟民,陈秉衡.室内空气污染控制对策[J].上海预防医学杂志,2003(02):53-54.
- [2] 赖嘉怡,金克峙.雷达相关电磁辐射职业暴露人群健康的研究进展[J].上海预防医学,2022,34(07):712-718.
- [3] 祝青鸾,李俊堂,高春芳.电磁辐射对生物体损伤的研究进展[J].实用医药杂志,2015,32(02):100-102.
- [4] 曹晨,沈艳,顾宁.电磁辐射对人体健康影响的多组学研究进展[J].南京医科大学学报(社会科学版),2022,22(04):318-324.
- [5] 彭瑞云,赵黎,张静,等.电磁辐射的健康危害与防护[C]//中国毒理学会.中国毒理学会第九次全国毒理学大会论文集.[出版者不详],2019:1.
- [6] 陈波.手机电磁辐射的研究及对人体影响[J].中国新通信,2008(17):65-67.
- [7] 卑伟慧,曹毅.电磁辐射的生物学效应[J].辐射防护通讯,2007(03):27-31.
- [8] D'Andrea JA, Chou CK, Johnston SA, Adair ER. Microwave effects on the nervous system. Bioelectromagnetics. 2003; Suppl 6:S107-47.
- [9] 王德文,彭瑞云.电磁辐射的损伤与防护[J].中华劳动卫生职业病杂志,2003,(05):4-5.
- [10] 孙君阳,何东初.代谢组学在电磁辐射损伤及防护中的研究进展[J].联勤军事医学,2025,39(01):86-90.

- [11] 胡海翔,方红,罗少波,等.微波辐射对雷达操作人员精子头部及尾部超微结构的影响[J].中国男科学杂志,2010,24(09):33-35.
- [12] 徐方剑,王逸文,孙浩,等.长期微波辐射对雄性生殖系统的影响[J].吉林药学院学报,2016,37(03):219-222.
- [13] 徐少强,胡海翔,罗少波,等.雷达微波辐射对作业人员性激素和精液质量的影响[J].解放军医药杂志,2013,25(12):41-43.
- [14] 张莎莎,李凯芳,刘琳,等.微波辐射对小鼠睾丸组织结构及功能的影响[J].中国兽医科学,2018,48(04):528-536.
- [15] 常晓慧,向阳,周琳,等.某部雷达站官兵神经系统亚健康状况的调查[J].中华保健医学杂志,2016,18(04):308-310.
- [16] Yuan B, Chen Y, Wu Z, Zhang L, Zhuang Y, Zhao X, Niu H, Cheng JC, Zeng Z. Proteomic Profiling of Human Hepatic Stellate Cell Line LX2 Responses to Irradiation and TGF- $\beta$ 1. J Proteome Res. 2019 Jan 4;18(1):508-521.

**版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**