

低频电磁场对大鼠肺组织红外谱影响研究

张安英¹, 张文燕², 袁平¹, 邓波¹, 庞小峰¹

(1. 电子科技大学生命科学与技术学院 成都 610054; 2. 四川大学华西医院病理科 成都 610065)

【摘要】通过光镜下的组织病理学观察,采用高分辨率的傅里叶变换红外光谱仪,对长期暴露在高场强低频电磁场环境中的大鼠肺组织和对照组大鼠肺组织进行了对比研究,力求从分子水平上揭示暴露组大鼠肺组织和对照组大鼠肺组织的红外吸收光谱存在差别的原因,为进一步探讨高场强低频电磁场造成生物体组织损伤的作用机制提供实验依据。

关键词 高压输电线路; 电磁辐射; 肺; 组织切片; 红外吸收谱
中图分类号 Q64 文献标识码 A

Study on Tissue Observation of Rats in Low-Frequency Electromagnetic Radiation

ZHANG An-ying¹, ZHANG Wen-yan², YUAN Ping¹, DENG Bo¹, PANG Xiao-feng¹

(1. School of Life Science & Technology, Univ. of Elec. Sci. & Tech. of China Chengdu 610054;

2. Department of Pathology, West China Hospital, Sichuan university Chengdu 610041)

Abstract Tissue's pathological changes are observed and analyzed and paraffin sections are studied by fourier transform infrared spectroscopy technology on lung tissues to observe the effluence on tissues of rats which are exposed to high intensity low-frequency electromagnetic fields. Results show that there are some differences between exposed group and control group on both lung tissue sections and spectra, These differences is are mainly caused by changes in composition and structure of micro-molecules and changes of vibrational modes of the function groups in biological tissues. Results indicate that high density low-frequency electromagnetic radiation may be caninogenic for lung tissues of rats with long time exposure.

Key words high-voltage transmission line; electromagnetic radiation; lung; tissue section; FTIR spectroscopy

低频电磁场(Low Frequency Electromagnetic Field, LFEMF)广泛存在于周围环境中,如人们经常接触的有视频显示终端、家用电器以及高压输电线路和各种变电设备等,其中,人们关注焦点和研究热点之一是高压输电线路电场电磁辐射。高压输电线路的电场强度因所传送电压强弱以及距离高压输电线路远近而变化,如110 kV高压输电线路在其下方地面的电场强度为1 090 ~ 1 900 V·m⁻¹[¹],而220 kV高压输电线路下则为3 000 V·m⁻¹[²]。高压输电线路所产生的磁场强度与日常生活中家电产生的磁场强度相比要小得多,如彩色电视机附近磁场强度为0.5 ~ 1.0 mT,而220 kV输电线路下的最大地面磁场强度仅为10 μT,小1 ~ 2个数量级[³],因此,对于220 kV及以下的输电线路来说,输电线路产生的磁场是比较弱的。高压输电线路电磁辐射是否对人体健康存在潜在危害的争论,自1979年有报道称小儿白血病与居住地靠近某些输电线路之间存在联系以来[⁴],一直是许多国家研究者和公众长期关注的对象。有流行病学研究报道,高压输电线路电场辐射环境下人们肿瘤发病率较常人高,临床发现的有白血病、肺癌、乳腺癌、儿童脑瘤等[⁵⁻⁶],而高压输电线路的高场强低频电磁场对动物肺组织结构的影响及其作用机理尚不清楚。由于傅里叶变换红外光谱法能给出复杂体系,如生物体组织和细胞的结构和化学组成等方面的丰富信息,所以目前常用红外光谱分析法分析正常组织和肿瘤组织等[⁷],寻找正常组织和肿瘤组织在分子水平上的差异,从而在分子水平上解释组织癌变产

收稿日期: 2005-10-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10241002)

作者简介: 张安英(1971-),女,在职博士生,讲师,主要从事生物电磁学方面的研究。

生的机理。本文通过动物组织切片病理观察和肺组织红外光谱分析发现组织中蛋白质分子在高场强低频电磁场作用下产生了构象变化,从而可能引起组织癌变。

1 试验系统和研究方法

1.1 系统构成

1.1.1 试验动物

雄性Wistar大鼠16只,体重 100 ± 20 g,由四川大学华西校区试验动物中心提供。随机分为对照组、电磁场暴露组。

1.1.2 电磁场暴露系统

低频电磁场发生装置模拟示意图如图1所示。其高压发生器输入电压220 V,输出电压2 400 V;两平行板大小 $1\text{ m}\times 2\text{ m}$;距离 $d=0.6\text{ m}$;平行板内电场强度 $E=3\ 500\sim 4\ 000\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ 、平行板内磁场强度 $B=8\sim 10\ \mu\text{T}$ 。实验室采用空调调节温度为 (20 ± 1) ,用抽湿机调节湿度为 $80\%\pm 3\%$ 。暴露组大鼠每天暴露于低频电磁场发生装置20 h。在暴露期间动物自由饮水、定时定量摄食。对照组与暴露组处于同一试验室,但是用铜网屏蔽,其磁场强度为 $1\ \mu\text{T}$,电场强度为 $4\text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$,其他条件与暴露组相同。

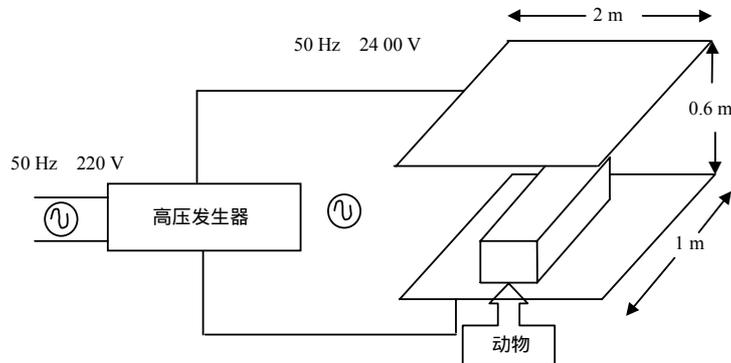


图1 电磁场暴露系统示意图

1.1.3 仪器

傅里叶红外光谱仪760FT-IR(Thermo公司);显微镜IX70-141(Olympus公司);BI-2000医学图像分析系统(成都泰盟电子有限公司)

1.2 研究方法

试验动物喂养400 d,经股动脉放血处死,无菌打开胸腔,解剖观察肺大体标本。通过左心注入5 ml 生理盐水冲洗肺组织得到无血的肺组织,继以10%甲醛固定24 h,经水洗、梯度酒精脱水、石蜡包埋,制成组织切片,进行苏木素-伊红(HE)染色,光镜进行形态学观察。红外光谱样品处理:将石蜡包埋的组织用MICROM石蜡切片机切片。切片厚度 $7\ \mu\text{m}$ 。切片贴附于ZnSe载片上,用傅里叶红外吸收谱仪分别测量暴露组和对照组组织吸收谱。光谱范围 $4\ 000\sim 1\ 500\text{ cm}^{-1}$ (相当于 $6.67\sim 2.50\ \mu\text{m}$ 波长),分辨率 4 cm^{-1} ,测量采用32次扫描叠加平均,获暴露组和对照组大鼠组织细胞的红外吸收谱。

2 组织形态学观察

由于用肉眼观察可以发现暴露组有2例存在显著病理变化,因此又将暴露组分为两组,A和B,分别进行光镜观察和红外吸收谱分析。暴露组A和B分别为2例和6例。暴露组A肺组织肉眼可以在肺膜表面观察到3~5 mm的灰白结晶,高出表面。截面灰白,质地中等,均匀。光镜下观察,发现存在水肿,细支气管腔内见大量的炎性渗出和一些细菌团。大部分肺泡腔水肿、出血以及炎细胞渗出,以中性粒细胞居多。可见多灶性小脓肿形成,肺泡隔毛细血管扩张充血明显,伴有炎细胞浸润。部分区域肺组织结构大部分消失,在细支气管周围可见大量异型淋巴细胞弥漫浸润,取代大量正常肺组织细胞。这些异型淋巴细胞细胞形态一致,易见凋亡或坏死如图2a所示。暴露组B肺组织肉眼观察与对照组没有显著差异。但是在光镜下观察,可见部分肺泡腔水肿、出血以及炎细胞渗出,有多灶性小脓肿形成,肺泡隔毛细血管扩张充血如图2b所示,与对

照组组织切片存在明显差异。对照组大鼠组织未见出血, 和周围组织界线清楚。其切片的肺泡腔清晰, 结构完整, 肺泡隔均匀一致, 壁光滑, 可见少量淋巴细胞, 肺泡腔中无渗出液或渗出的炎细胞如图2c所示。

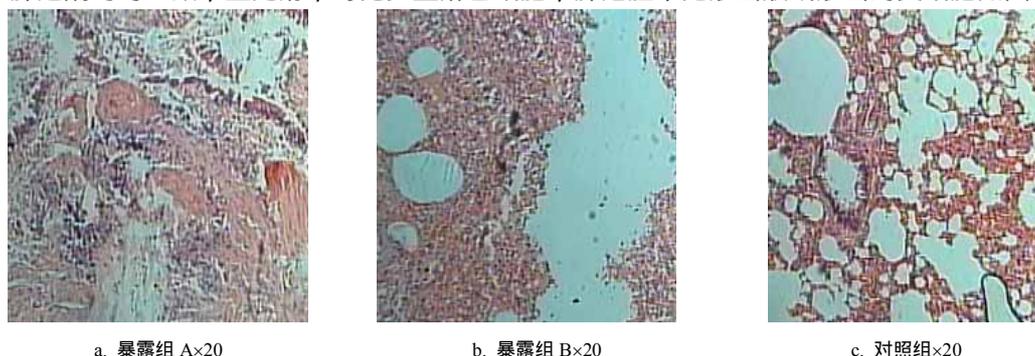


图2 大鼠肺组织病理切片

3 红外吸收谱分析和讨论

图3所示为 $4\ 000 \sim 1\ 500\ \text{cm}^{-1}$ 频率内测量到暴露组和对照组大鼠肺组织细胞的红外吸收光谱。从图3中可看到暴露组和对照组大鼠肺组织细胞在 $2\ 961\ \text{cm}^{-1}$ 、 $2\ 931\ \text{cm}^{-1}$ 、 $2\ 855\ \text{cm}^{-1}$ 、 $1\ 659\ \text{cm}^{-1}$ 附近以及 $1\ 548\ \text{cm}^{-1}$ 附近存在吸收峰。表1所示是对照组肺组织和暴露组肺组织波数和吸光度。根据从细胞或组织中分离出来的核酸、蛋白质等生物大分子的红外光谱研究对主要的吸收谱归属如下: $2\ 961\ \text{cm}^{-1}$ 、 $2\ 931\ \text{cm}^{-1}$ 、 $2\ 855\ \text{cm}^{-1}$ 附近吸收带分别来自核酸、蛋白质和脂类的 $\nu_5\text{CH}_2$ 、 $\nu_{as}\text{CH}_2$ 和 $\nu_{as}\text{CH}_3$ 等饱和的C-H伸缩振动^[8,9]。

从表1中可发现暴露组大鼠肺组织和对照组大鼠肺组织在上述几处红外吸收峰的位置、吸收光强度等都没有太大的变化, 这说明外加的高场强低频电磁场没有影响到核酸、蛋白质和脂类等生物大分子构型结构变化。 $1\ 657\ \text{cm}^{-1}$ 和 $1\ 547\ \text{cm}^{-1}$ 附近分别是蛋白质酰胺I带与酰胺II带的吸收峰^[10-11]。从表1中可发现暴露组A在 $1\ 659\ \text{cm}^{-1}$ 和 $1\ 548\ \text{cm}^{-1}$ 附近相应的吸收峰吸收强度较对照组明显降低, 该现象同正常肺组织癌变的傅里叶红外光谱变化相似^[12], 同时, 暴露组B在这两处吸收峰的吸收强度位于暴露组A和对照组之间, 动态地反映长期暴露在高场强低频电磁场环境中大鼠肺组织蛋白质分子间氢键逐步遭到破坏, 其构象逐渐变得松散、无序, 蛋白质功能受到影响, 从而诱发组织癌变。

由于导数光谱可以分辨谱图中重叠的峰, 二阶导数傅里叶变换红外光谱可以消除红外光谱波长一次项的误差, 且可以比较容易分辨出强峰上小的肩峰, 从而使一些不明显的结构信息突出, 因此把红外光谱进行二阶导数转换。由于从图3中可看到 $1\ 800 \sim 1\ 500\ \text{cm}^{-1}$ 区域存在显著差异, 所以选择该区域作为比较范围, 结果如图4所示, 图中control为对照组肺组织红外线吸收谱; exp-a为暴露组a肺组织红外线吸收谱; exp-b为暴露组b肺组织红外线吸收谱; 从图4中可看到暴露组A肺组织的二阶导数傅里叶变换红外光谱在波峰强度、正峰数等方面有别于暴露组B的二阶导数傅里叶红外光谱, 更显著区别于对照组的二阶导数傅里叶红外光谱, 进一步提示随着暴露组组织的受损伤程度增大, 所含生物大分子结构和组成也在不断地发生改变, 最终可能导致组织癌变。

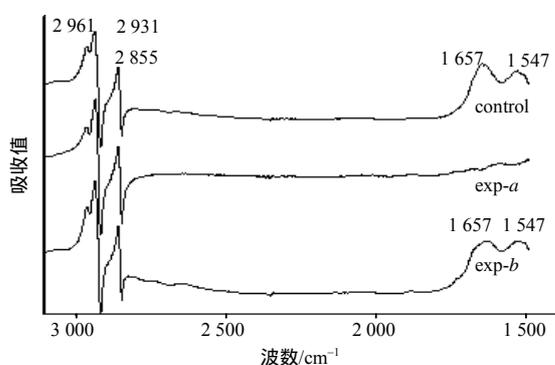


图3 大鼠肺组织红外吸收谱

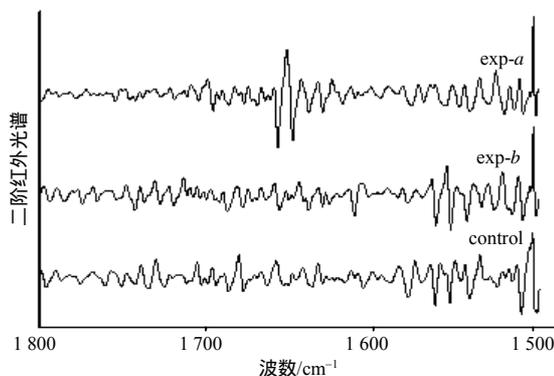


图4 暴露组A、B和对照组肺组织二阶红外光谱

表1 对照组肺组织和暴露组肺组织波和吸光度

对照组/cm ⁻¹	吸光度	暴露组A/cm ⁻¹	吸光度	暴露组B/cm ⁻¹	吸光度
2 961	0.863	2 961	0.797	2 961	0.900
2 931	0.998	2 931	1	2 931	0.995
2 855	0.684	2 855	0.649	2 855	0.653
1 659	0.723	1 659	0.495	1 659	0.534
1 548	0.659	1 548	0.527	1 548	0.538

4 结 论

目前,有流行病学研究报道,高压输电线路电场辐射环境下人肺癌等肿瘤发病率较常人高,而高压输电线路的高场强低频电磁场对动物肺组织结构的影响及其作用机理尚不清楚,所以采用红外光谱分析法分析长期暴露在高场强低频电磁场环境中大鼠肺组织以及对照组大鼠肺组织,寻找二者在分子水平上的差异,从而解释组织癌变产生的机理。组织病理切片观察结果显示暴露组大鼠肺组织和对照组大鼠肺组织存在显著差异,结合FTIR谱吸收峰和吸收强度的变化反映出高场强低频电磁场不同程度地引起大鼠肺组织中蛋白质分子构象变化,影响蛋白质分子的生物活性,造成肺组织的损伤,从而可能引起组织癌变,但是其作用机理尚需进一步研究证实。

参 考 文 献

- [1] 张邦俊,仇 丰,张 莉,等.居住区内高压输电线路工频电磁污染分布研究[J]. 中国环境科学, 2002, 22(3): 272-276.
- [2] 钱永林,卞 荣. 220 kV输电线路对城区环境影响的分析[J]. 电力建设, 2005, 26(4): 60-6.
- [3] Humza A S H. Evaluation and measurement of magnetic field exposure over human body near EHV transmission lines[J]. Electric Power Systems Research, 2005, 74: 105-118.
- [4] Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer[J]. American J.Epidemiology, 1979, 109(3): 273-284.
- [5] Armstrong B, Theriault G, Guenel P, et al. Association between exposure to pulsed electromagnetic fields and cancer in electric utility workds in quebec, canada and france[J]. American J. Epidemiology, 1994, 140(9): 805-882.
- [6] Henshaw D L. Electromagnetic held exposure and lung cancer[J]. American J. Epidemiology, 1997, 146(4): 366.
- [7] Wong P T T, Lacelle S, Yazdi H M. Normal and malignant human colonic tissues investigated by pressure-tuning FT-IR spectroscopy[J]. Applied Spectroscopy, 1993, 47(11): 1 830-1 836.
- [8] Fung M F K, Senterman M K, Mikhael N Z, et al. Pressure-tunning FTIR spectroscopic study of carcinogenesis in human endometrium[J]. Biospectroscopy, 1996, 2: 155-165.
- [9] Susi H. Infrared spectra of biological macromolecules and related systems[C]// Timesheff SN, Frasman CD. Structure and stability of Biological Macromolecules, New York: Marcel Dekker, 1969, 641-659.
- [10] Wong P T T, Wong R K, Fung M F K. Pressure-tuning FT-IR study of human cervical tissues [J]. Applied Spectroscopy, 1993, 47(7): 1 058-1 063.
- [11] Ramesh J, Salman A, Hammody Z, et al. Application of FTIR microscopy for the characterization of malignancy: H-ras transfected murine fibroblasts as an example[J]. Biochem Biophys Methods, 2001, 50(1): 33-42.
- [12]程存归,施红旗,朱晓军,等.傅里叶变换红外光谱法研究肺组织切片[J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 24(11): 1 342-1 344.

编 辑 孙晓丹

(上接第414页)

参 考 文 献

- [1] 吴明忠,赵振声,何家辉.多晶铁纤维吸收剂微波复磁导率和复介电常数的理论计算[J]. 功能材料, 1999, 30 (1) : 91-93.
- [2] 何家辉,吴明忠,赵振声.多晶铁纤维吸收剂微波电磁参数的各向异性研究[J]. 物理学报, 1999, 48(增) : 138-143.
- [3] Lagarkov A N, Sarychev A K. Effective medium theory for microwave dielectric constant and magnetic permeability of conducting stick composites[J]. Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 1992, 6 (9) : 1 159-1 176.
- [4] 饶克谨,赵伯琳.无金属基底吸波结构对TE波的反射[J]. 电子科技大学学报 1998, 27 (4) : 397-402.
- [5] 赵伯琳,高正平,饶克谨.电磁波斜入射到分层有耗煤质上的反射和传输系数[J]. 电子科技大学学报, 1993, 22 (5): 483-230.

编 辑 徐安玉