

# Different Frequencies of Transient Electromagnetic Pulses to Anti-Cancer Effect of the Discussion

Juan WANG<sup>1</sup>, Shu ZHANG<sup>1</sup>, Ping HAO<sup>2</sup>, Jun GAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> research institute of engineering and technology, Yunnan University, Kunming, China ;

<sup>2</sup> First Affiliated Hospital of Kunming Medical College, Yunnan University, Kunming, China.

Email: juan\_0130@sina.com,825747264@qq.com

**Abstract:** When a certain frequency of transient electromagnetic pulse acting on the cancer cells, the resulting irreversible electrical breakdown (IREB) can damage or even kill the cancer cells, this technology serve an important purpose on selective anti-cancer cells (SACC). In this study, the IREB was used to pulse transient electromagnetic directly on the YTLC and by adjusting the frequency, cytochemistry (MTT) was used to analyze the different anti-cancer rates. This research aimed to explore an effective frequency range and provide a new method for cancer treatment.

**Keywords:** transient electromagnetic pulse; IREB; electromagnetic pulse; MTT

## 不同频率瞬态电磁脉冲对癌细胞杀伤效应的研究

王娟<sup>1</sup>, 张曙<sup>1</sup>, 郝萍<sup>2</sup>, 甘君<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 云南大学工程技术研究院, 昆明, 650091

<sup>2</sup> 昆明医学院第一附属医院, 昆明, 650091

Email: juan\_0130@sina.com,825747264@qq.com

**摘要:** 当一定频率的瞬态电磁脉冲作用于癌细胞时, 产生的不可逆电击穿 (IREB) 会使癌细胞损伤并致其死亡, 这对选择性的杀伤癌细胞 (Selective anti-cancer cell, SACC) 有非常重要的作用。本研究利用 IREB, 将瞬态电磁脉冲直接作用于宣威肺鳞癌细胞 (YTLC), 通过调节频率, 采用细胞化学 (MTT) 方法分析得出癌细胞的不同杀伤率。以摸索出杀伤效果较好的频率范围, 为 SACC 来进行癌症治疗提供新方法和新手段。

**关键词:** 瞬态电磁脉冲; IREB; 电磁脉冲; MTT; 细胞

## 1 引言

癌症又称恶性肿瘤, 它是目前危害人类健康最严重的疾病之一<sup>[1-2]</sup>。当今治疗肿瘤的主要方法有: 外科手术、化疗、放射性治疗、电化学疗法、中医药治疗等。这些疗法在治疗癌症方面虽有一定的效果, 但对正常细胞的损坏也相当严重, 致使在临床医疗中不能达到理想的效果<sup>[3-6]</sup>。电磁脉冲 (EPM) 是一种间隙发生的、带宽、频率、强度可调的电磁辐射。电磁场的物理参数不同, 产生 IREB 的效果不同, 从而产生的生物效应就不一样, 所以在某些参数下电磁场对癌细胞有一个较好的、有选择性的杀伤效应存在<sup>[7-11]</sup>。本文在瞬态电磁脉冲作用下产生的电穿孔现象的基础上, 继续加强电磁脉冲作用而

产生一个 IREB 现象, 通过调整频率, 来找到一个杀伤率较好的频带, 这对有选择性的杀伤癌症细胞有非常重要的指导的意义。

## 2 实验准备

### 2.1 癌细胞的培养

YTLC 细胞的提供和癌细胞处理后的分析 (由昆明医大一院临床医学实验研究中心协作)。以 RPMI1640 培养基培养, 培养液含 10% 小牛血清、100  $\mu$ g/mL 青霉素、100  $\mu$ g/mL 链霉素。置于 37°C、5%CO<sub>2</sub> 孵箱中培养。实验时, 将处于对数生长期贴壁生长的 YTLC 细胞用 0.25% 胰蛋白酶消化后离心, 用 RPMI1640 培养液制成单细胞悬液, 并校正细胞浓度。

### 2.2 实验仪器

资助信息: “低频瞬态电磁脉冲对肺癌细胞的研究”和“瞬态电磁脉冲对云南高发的肺腺癌细胞作用研究”项目资助。

酶标仪 (PRA—Plus), 离心机, CO<sub>2</sub> 孵箱, 高压脉冲机 (输出电压 0—60KV 连续可调、脉冲频率 0—200HZ、脉冲宽度 ≤ 300ns、脉冲上升前沿 ≤ 50ns), 电极材料为铜。

### 3 实验与分析

整个试验在高压室内完成。首先将培养好的癌细

胞液分别移至直径为 6 厘米的培养皿里, 每个培养皿放 15ml, 一共准备 12 个样本 (包括正常对照组)。开始试验时将电极放入癌细胞液中。

设定不同的频率参数, 对 12 组癌细胞作用不同频率值的瞬态电磁脉冲, 而电压和时间设定相同值。(见表 1):

Table 1. the YTLC cells on different frequency  
表 1 YTLC 细胞作用的不同频率

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	对照
频率/HZ	104	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	0
电压/KV	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0
时间/S	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0

经瞬态电磁脉冲不同频率的作用后的 YTLC 细胞, 验组和对照组细胞均置于 37°C、5%CO<sub>2</sub> 孵箱中保存, 经过 1h、6h、12h、24h、48h 不同时间段将每个样本取 1ml 细胞悬液于离心管中, 均加入 RPMI1640 培养液 4ml, 调节细胞浓度, 每个样本吸取 100 μ L 接种于 96 孔板, 采用 MTT 比色法研究其杀伤率, 数据见 (表 2):

由表中数据可以直接做出实验数据图, 见图 1: 由图 1 可以清晰直观的看出癌细胞杀伤率的变化, 在

Table 2. the killed rate of YTLC cells Under different frequency

表 2 YTLC 细胞作用不同频率的杀伤率

	1h	6h	12h	24h	48h
104 Hz	70.34	72.74	74.97	80.79	89.79
112 Hz	48.08	68.59	77.42	79.98	90.57
120 Hz	47.28	72.74	79.33	82.92	92.07
128 Hz	69.38	77.75	89.41	92.01	94.87
136 Hz	57.91	79.33	84.33	89.54	95.73
144 Hz	63.92	71.35	75.23	82.35	93.79
152 Hz	68.33	76.14	80.44	88.96	94.72
160 Hz	71.96	76.81	79.22	85.33	90.76
168 Hz	70.62	76.68	80.19	89.92	92.81
176 Hz	48.66	67.34	71.37	73.26	91.07
184 Hz	78.88	80.11	85.22	89.11	90.11
正常对照	0	0	0	0	0
空白对照	100	100	100	100	100

注: 正常对照为有癌细胞液存在不施加物理作用, 杀伤率为 0。空白对照为只有细胞液无癌细胞存在, 杀伤率为 100%。

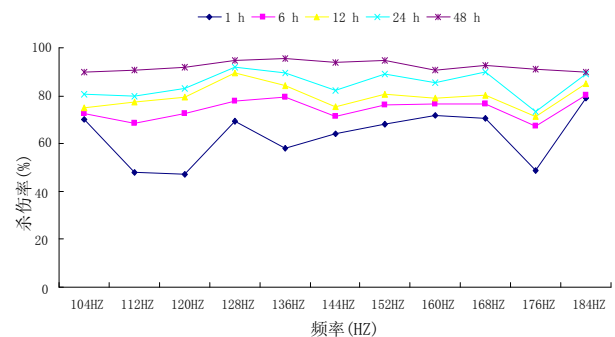


图 1 YTLC 经瞬态电磁脉冲杀伤后不同频率的杀伤率  
Figure 1. kill rate of YTLC on the role of transient electromagnetic pulses of different frequencies  
图 1. YTLC 经瞬态电磁脉冲不同频率作用后的杀伤率

经过 48 小时的观察后得出的结论是: 杀伤率大多数都达到了 90% 以上, 在 136(HZ)、25 (KV)、60 (S) 这组达到了这次试验组中杀伤率的最高, 并且在 128(HZ) 和 136(HZ) 杀伤率都比较好。

为了更加准确的说明 YTLC 细胞在瞬态电磁脉冲作用下频率的变化对 YTLC 细胞杀伤率的影响, 我们对以上的实验频率的变化进行了更加细致的实验研究, 参数见 (表 3)。

经过以上同样的处理后, 经 1h、6h、12h、24h、48h 不同时间取出样品, 采用 MTT 比色法研究

**Table 3. repeat YTLC cells of different frequency**  
**表 3 重复 YTLC 细胞作用不同频率**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	对照
频率/HZ	120	124	128	132	136	140	144	152	160	168	0
电压/KV	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0
时间/S	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	0

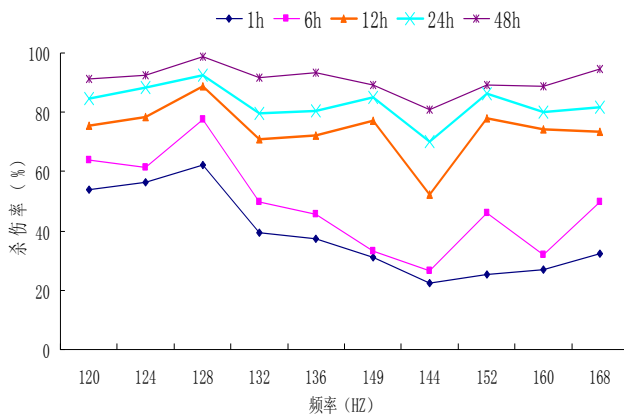
其杀伤率，数据结果见（表 4）：

**Table 4. repeat the killed rate of YTLC cells Under different frequency**

**表 4 重复 YTLC 细胞作用不同频率的杀伤率**

	1h	6h	12h	24h	48h
120 Hz	53.84	63.77	75.36	84.57	91.44
124 Hz	56.34	61.45	78.35	88.47	92.36
128 Hz	62.25	77.62	88.68	92.46	98.59
132 Hz	39.39	49.62	70.81	79.78	91.70
136 Hz	37.22	45.66	72.22	80.33	93.22
140 Hz	31.22	33.00	77.37	84.87	89.34
144 Hz	22.40	26.73	52.43	70.21	81.08
152 Hz	25.33	46.18	78.18	86.18	89.11
160 Hz	27.11	32.06	74.18	80.07	88.80
168 Hz	32.53	49.81	73.43	81.74	94.62
正常对照	0	0	0	0	0
空白对照	100	100	100	100	100

从表中的数据可以做出曲线图，见（图 2）：



**Figure2. repeat the kill rate of YTLC on the role of transient electromagnetic pulses of different frequencies**

**图 2. 重复 YTLC 经瞬态电磁脉冲不同频率作用后的杀伤率**

## 4 结论

由图 1 和图 2 可直观明显地看出癌细胞在不同频

率作用下的杀伤率变化。根据重复实验得出 128(HZ) 这个频率附近对 YTLC 细胞的杀伤效果最佳。

瞬态电磁脉冲产生的 IREB 对 YTLC 细胞的作用十分明显。由大量的实验研究发现，在适当频率的瞬态电磁脉冲作用下，YTLC 细胞死亡率最高达 98.59%。上述研究成果为下一步进行瞬态电磁脉冲对癌细胞影响的深入研究奠定了重要的实验基础，具有非常现实的指导作用。

## References (参考文献)

- [1] Dai Yujing. Advances of the occurrence mechanism on cancer[J]. *Journal of Biology*, 2004,21(6):P4-7  
戴玉锦. 癌症发生机理的研究进展[J]. *生物学杂志*, 2004,21(6):P4-7
- [2] Zang Yongqian, Guo Youming. Constant magnetic field on tumor cell apoptosis Bcl-2 and Bax protein expression[J]. *Journal of Xi'an Medical University(Chinese)*, 2000,22(2):P100-103  
张永乾, 郭佑民. 恒定均匀磁场对肿瘤细胞凋亡 Bcl-2 及 Bax 蛋白表达的研究[J]. *西安医科大学学报*, 2000,22(2):P100-103
- [3] Zhang Hong, Wang Baoyi, Cheng Haichuan ect. An Experiment to Study the Treatment of Sarcomas by Electroporation[J]. *Journal of Biomedical Engineering*, 2004,21(1):P69-71  
张弘, 王保义, 陈海川等. 瞬态电磁脉冲加速肿瘤细胞的试验研究[J]. *生物医学工程杂志*, 2004,21(1):P69-71
- [4] Wang Baoyi, Zhang Hong, Wang Zhishu, etc. The Treatment of Tumors Using Electroporation of Cell's Membrane Due to EM-Pulses with Antitumor Drugs and the Optimal of Parameters EM-Pulses[J]. *Journal of Microwaves*, 2006,22(supplement): P:207-211  
王保义, 张弘, 王子淑等. 电磁脉冲使细胞膜电穿孔结合药物治疗肿瘤及电磁参量的初步优化[J]. *微波学*, 2006,22(增刊):P207-211
- [5] Gunter AH, Sukhendu BD, Gurvinder S, et al. Electrochemotherapy. Transition from laboratory to the clinic. *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 1996,43(6): P124
- [6] Yang Kong, Yue Bisong, Wang Zhishu. Progress in Electrochemotherapy[J]. *Journal of Biomedical Engineering*, 2004,21(6):P1043-1046  
杨孔, 岳碧松, 王子淑. 电化学治疗肿瘤研究进展[J]. *生物医学工程杂志*, 2004,21(6):P1043-1046
- [7] Yang Kong, Qing Tianying, Yue Bisong, etc. Effects of Electromagnetic Pulses on Tumor Cells[J]. *Journal of Sichuan University(Natural Science Edition)*, 2006,43(4):P894-898  
杨孔, 秦天莹, 岳碧松等. 电磁脉冲对肿瘤细胞的影响[J]. *四川大学学报*, 2006,43(4):P894-898
- [8] Zhu Jie. Biological Effects of Magnetic Fields on Cell[J]. *Biomagnetism*, 2004,4(4):P28-30  
朱杰. 不同类型磁场对细胞作用的生物学研究[J]. *生物磁学*,

2004,4(4):28-30

[9] James C W. Understanding conditions for which biological effects of nonionizing electromagnetic fields can be expected[J]. *Bioelectrochemistry*, 2002,56:P207-209

[10] Yao Chengguo, Sun Caixin, Mi Yan, etc. experimental study on irreversible electrical breakdown of malignant tumor cell under steep pulse[J]. *Chinese Journal of Biomedical Engineering*, 2004(1):P92-97

姚陈果,孙才新,米彦等. 陡脉冲对恶性肿瘤细胞不可逆电击穿的试验研究[J]. *中国生物医学工程学报* 2004(1):P92-97

[11] Zhou Yi. the study of electromagnetic pulse on the progress of tumor cell killing[J]. *Journal of Practical Oncology*, 2009,23(2):P170-174

周毅. 电磁脉冲对肿瘤细胞杀伤效应研究进展[J]. *实用肿瘤学杂志*, 2009,23(2):P170-174