

# 辐射事故剂量范围照射后塑料假牙 材料的顺磁共振特性

吴可 丛建波 孙存普  
(北京放射医学研究所 北京 100850)

**摘要** 用电子顺磁共振(ESR)技术对两种常用假牙材料(聚甲基丙烯酸甲酯和拜耳树脂)的剂量学特性研究结果如下:在0~20 Gy  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 射线照射后,两种材料中均被诱发出新的信号,其g值范围为1.9942~2.0144。聚甲基丙烯酸甲酯在上述剂量范围内信号强度对照射剂量呈线性响应( $r=0.97$ ),且信号线宽也随剂量有明显变化。而拜耳树脂在8 Gy以下响应呈正相关,而后响应出现饱和。如照射后立即测量,两种材料可测量下限均不大于2 Gy。在人体体温37℃下,信号24 h后平均衰减40%,而后的两周内衰减较慢,约10%。如照射后低温(-25℃)保存,衰减速度可大大减低,一周内总衰减约25%~30%。上述结果表明,如能在事故及早测量或低温保存样品,两种常用假牙材料都具有充当辐射事故剂量ESR检测材料的可能性。其中拜耳假牙难以用于8 Gy以上剂量范围。

**关键词** 电子顺磁共振, 假牙, 事故剂量计

辐射事故性照射条件下,对受照人员的早期分类及医学救治,主要依赖于其接受电离辐射剂量大小来确定。多渠道多指标综合判断剂量值,是今后对事故剂量评估的最佳方案,这已成为剂量学专家们的共识<sup>[1]</sup>。在挖掘多指标方面,ESR技术具有最大的优势。至今已报道的可用ESR检测并适于辐射事故剂量测量的可选材料已有10余种之多<sup>[2,3]</sup>。寻找更多新的适用材料,是这一领域的研究重点。以假牙材料进行这种研究尚未见报道。据统计,目前成年人中佩带假牙的比率约20%,因此研究和掌握常用假牙材料的剂量学特性,意味着在辐射事故条件下,将有20%的人员可因此得到及时可靠的受照剂量估算,为其有效的医疗救治提供依据。在研究了手表玻璃、人骨<sup>[4,5]</sup>等材料剂量学特性的基础上,利用ESR技术,对常用的两种假牙材料(聚甲基丙烯酸甲酯和拜耳树脂)接受 $\gamma$ 射线照射后的顺磁共振特性进行了研究。结果表明,这两种材料可能充当事故剂量ESR检测材料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验样品

两种假牙材料取自解放军总医院口腔科临床实用假牙牙体材料。分别为聚甲基丙烯酸甲酯(以下简称PMMA)假牙和拜耳树脂(以下简称Bayer)假牙。将材料加工为直径1.5 mm,长10 mm的圆柱状,并使每只样品重量控制在 $35 \pm 5$  mg。

### 1.2 照射条件

样品均在5.5 PBq  $^{60}\text{Co}$ 源中,照射剂量率为18 Gy/min,室温下照射。样品照射后,分别置

收稿日期:初稿 1995-01-03, 修改投 1995-05-02

于 37℃ 和 -25℃ 下保存，或立即进行 ESR 测试。

### 1.3 ESR 测量与信号计算

采用 Bruker-ESP 300 型电子自旋共振波谱仪，配以 X 波段微波桥及 TE<sub>102</sub> 矩形腔测量各样品 ESR 波谱，将所得信号进行二重积分处理并用内标(Mn<sup>2+</sup>/MgO)强度和样品重量进行校正，得到各样品单位重量的相对信号强度值。磁场强度和 g 因子均按仪器内设精度测量，误差分别为：± 0.07 mT 和 ± 0.0004。测量参数为：调制频率 50 kHz，调制幅度 0.1 mT，扫场范围 20 mT，扫场速度 7 mT/min，时间常数 40 ms，微波功率 5 mW(功率饱和实验除外)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 照射后两材料的 ESR 波谱特征

2.1.1 波谱参数 图 1 和图 2 分别是 PMMA 和 Bayer 受不同剂量照射前后的 ESR 波谱。由图可见，两种材料均有明显的辐照诱发信号生成，波谱覆盖的 g 值范围为：1.9942~2.0144。图中箭头所示为相对 DPPH 的 g 值位置。此信号强度随剂量呈正相关增长。除此之外，测量信号包络的峰-峰间距离(定义为线宽 ΔW<sub>pp</sub>)也随剂量增加发生变化(如表 1 所示)。这一特性可能为以后的剂量分析提供新的信息和思路。

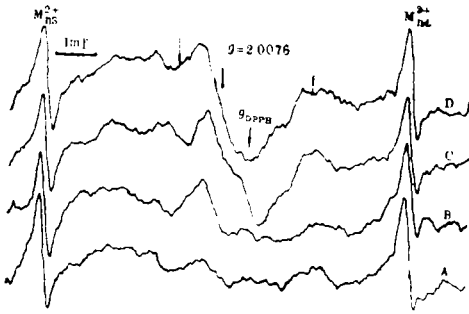


Fig 1. ESR spectra of irradiated PMMA (A) nonirradiated (B) 5 Gy (C) 20 Gy (D) 50 Gy

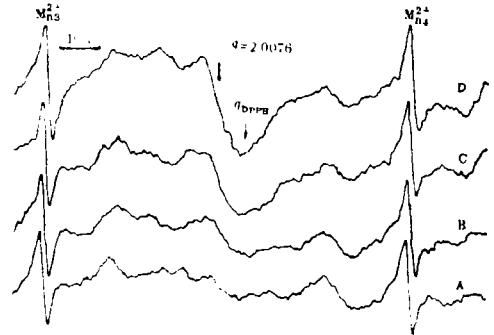


Fig 2. ESR spectra of irradiated Bayer polymer (A) nonirradiated (B) 5 Gy (C) 20 Gy (D) 50 Gy

Tab 1. Linewidth of ESR spectra of irradiated artificial tooth

	Dose/Gy			
	0	10	20	50
PMMA/mT	0.73	1.20	1.24	1.28
Bayer/mT	0.69	1.02	1.02	1.02

2.1.2 微波功率特性 对 PMMA 进一步作微波功率饱和实验发现(见图 3)，当功率增到 50 mW 时，信号仍未饱和，且信号的线宽随功率增加也增加，根据 ΔW<sub>pp</sub> = k·1/T<sub>2</sub> 的关系及信号不易饱和的现象，可判断辐照后产生的为短弛豫时间的自由基集团。

### 2.2 信号强度对照射剂量的响应特性

图 4 是两种材料 ESR 信号强度对照射剂量的响应相关曲线。由图可见，在 20 Gy 以内，PMMA 基本呈线性响应关系，线性相关系数 r = 0.97。适于做为剂量估计材料。在本实验条件下，其可测剂量下限小于 2 Gy。Bayer 材料在 8 Gy 以下，信号随剂量而升高，且有一定规律性。测

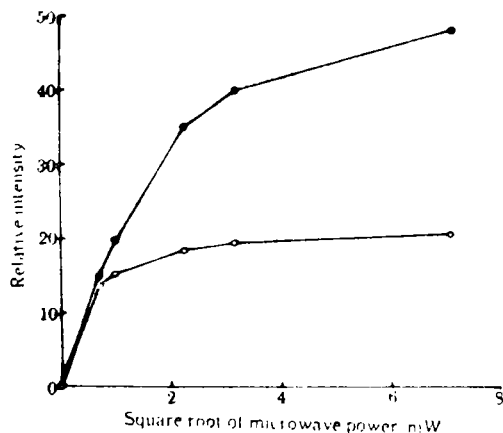


Fig 3. Microwave power saturation feature of irradiated PMMA  
(●) intensity (○) linewidth

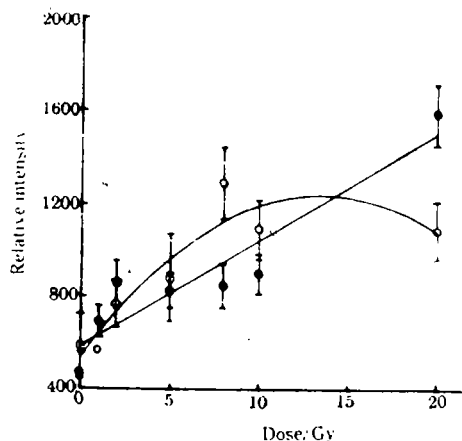


Fig 4. Dose response curve of irradiated  
(●) PMMA  
(○) Bayer polymer

量下限为 2 Gy。但 8 Gy 以上时, 信号增长呈现饱和趋势。这给较高剂量的分析带来困难。

### 2.3 信号强度的稳定性

为模拟实际应用的条件, 选择 37℃ 为保存环境温度, 同时监测样品在低温 (-25℃) 下保存时信号的稳定性。以探索实际应用中更有效检测数据的条件。以照射后即刻测试值为基准, 记录各时间点信号衰减的百分比, 结果如图 5 所示。在近似人体体温 (37℃) 下, 两材料信号在 24 h 后平均衰减 40%, 而后的一周内衰减速度下降, 约衰减 10%。如样品在低温 (-25℃) 下保存, 则衰减速度可大大下降。信号一周内平均只衰减 25%~30%。实际应用中, 如不能对样品及早检测, 则应在低温保存, 根据自由基衰减特性, 如能在更低温度例如液氮内 (-196℃) 保存, 则衰减更少, 所测结果会更加可靠。

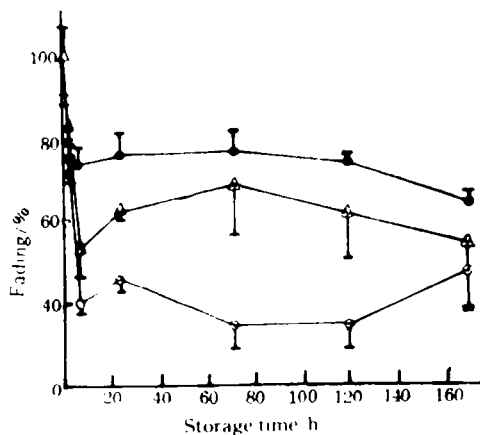


Fig 5. Stability of irradiation induced ESR signals of (●) PMMA -25℃  
(△) Bayer 37℃ (○) PMMA 37℃

## 3 结 论

(1) 两种假牙材料的各项剂量学特性表明, 在事故后及早取样及早测量或低温保存样品的条件下, 利用这两种材料可以给出辐射剂量评估参考值。

(2) 有机材料辐照后信号变化较复杂, 不仅信号强度可判断剂量, 线宽等其它波谱值的变化也可提供分析剂量的参考信息。

## 参 考 文 献

- 1 Muller W et al. *Int. J. Radiat. Biol.*, 1991, 59(4): 863
- 2 Nakajima T. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, 1982, 33: 1077
- 3 Dalgarno B G et al. *Appl. Radiat. Isot.*, 1989, 40(10~20): 1013
- 4 吴可, 孙存普, 史元明. 辐射研究与辐射工艺学报, 1993, 11(1): 22
- 5 吴可, 孙存普, 汤立达, 史元明. 中华放射医学与防护杂志, 1993, 13(4): 229

## ESR CHARACTERISTICS OF IRRADIATED ARTIFICIAL TOOTH MATERIALS IN ACCIDENT DOSE RANGE

Wu Ke    Cong Jianbo    Sun Cunpu  
(*Institute of Radiation Medicine, Beijing 100850*)

**ABSTRACT** Two kinds of artificial tooth materials (polymethyl-methylacrylate abbreviated as PMMA and Bayer polymer) were investigated by detecting the characteristics of  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -ray induced ESR signals. The results are as follows: Both of the two materials have a dose related signal which located at a g-factor range of 1.9942~2.0144. The signal intensity of PMMA had a linear response to irradiation dose ( $r=0.97$ ) in range of 0~20 Gy. The linewidth also varied along with the dose increment. Bayer polymer had a positive relative dose response below 8 Gy. The response would get saturation at doses higher than 8 Gy. The lowest detectable dose threshold for both of the two materials were about 2 Gy. The fading speed of the signal might be about 40% for the first 24 hours after irradiation if stored at imitated human body temperature (37°C) and it would get relatively stable when the samples were stored at lower temperature (-25°C). In this case, the fading speed might decreased to about 25%~30% during the first week. The above results suggests that artificial tooth materials of PMMA and Bayer polymer can be used as applicative ESR dosimetry materials for nuclear accidental dose evaluation.

**KEYWORDS** ESR, Artificial tooth, Accident dosimetry