

## 【论著】

TLD—LiF 热释光剂量计在冠状动脉血管内  
再狭窄剂量学的应用研究王建华<sup>1</sup>, 徐志勇<sup>2</sup>, 张良安<sup>3</sup>, 戴光复<sup>3</sup>, 苑淑渝<sup>3</sup>

中图分类号: R144.1; TL818.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2004)04-0241-02

【摘要】 目的 研究粉末、3 mm×3 mm×0.4 mm TLD 方片、3 mm×3 mm×0.2 mm TLD 方片和 1 mm×1 mm×1 mm TLD 方片 4 种 TLD—LiF 剂量计在近距离放射治疗冠状动脉再狭窄时的应用特性。方法 用上述 4 种剂量计测量<sup>32</sup>P 液体球囊(直径为 3 mm, 长度为 20 mm)和<sup>103</sup>Pd 放射性支架(直径为 20 mm, 长度为 13 mm)的表面剂量和径向剂量, 并将测量结果与蒙特卡罗代码(MCNP4B)的计算结果进行比较。结果 粉末和方片剂量计的测量结果有一定的差异, 经过方片粉末修正因子修正后, 3 mm×3 mm×0.2 mm TLD 方片的结果与粉末一致。结论 3 mm×3 mm×0.2 mm TLD 方片可以测量冠状动脉再狭窄近距离放射治疗的径向剂量和表面剂量分布。

【关键词】 TLD 热释光剂量计; 放射性支架; 再狭窄

Application Study for LiF Thermoluminescence Dosimeter in Intracoronary Brachytherapy Restenosis of Coronary Artery. WANG Jian-hua, XU Zhi-yong, ZHANG Liang-an, et al. *Changzhou Tumor Hospital, Jiangsu*, 213001, China.

【Abstract】 Objective To investigate application characteristic for powder, 3 mm×3 mm×0.4 mm, 3 mm×3 mm×0.2 mm and 1 mm×1 mm×1 mm TLD—LiF chips dosimeters intracoronary brachytherapy restenosis of coronary artery. Methods Dose distribution of surface and radial for a <sup>103</sup>Pd radioactive stent and a <sup>32</sup>P radioactive liquid-filled balloon were measured by above-mentioned four kinds of LiF thermoluminescence dosimeters(TLD). The results were compared to those calculated by MCNP4B code. Results Difference of dose measurement was shown between powders and various chip TLDs. After the results from 3 mm×3 mm×0.2 mm chip TLDs were revised by chip-powder adjustment factor, results from this chip and powders was found to show good agreement within the error of the calculations (a few per cent). Conclusion Dose distribution of surface and radial for intracoronary brachytherapy restenosis of coronary artery can be measured by 3 mm×3 mm×0.2 mm TLD chips.

【Key words】 Thermoluminescence Dosimeters; Radioactivity Stent; Restenosis

冠状动脉粥样硬化疾病是全球发病率和致死率最高的几种疾病之一, 经皮冠状动脉腔内成形术(Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty, PTCA)是一种重要的治疗手段。但 PTCA 术后 1~6 个月内有高达 30%~50% 的再狭窄发病率<sup>[1]</sup>。使用放射性核素的血管内近距离放射治疗能有效抑制再狭窄的发生。

估算放射性核素在冠状动脉组织产生的剂量分布是腔内近距离照射的第一步。而冠状动脉的病变厚度一般在 1~3 mm 之间, 在距离放射源如此近的区域内的剂量分布到目前为止知道的很少。TLD—LiF 热释光剂量计是测量冠状动脉剂量分布的有效方法之一<sup>[2]</sup>。我们研究了 4 种 TLD—LiF 剂量计的特性: 粉末 TLD, 3 mm×3 mm×0.4 mm TLD 方片, 3 mm×3 mm×0.2 mm TLD 方片和 1 mm×1 mm×1 mm TLD 方片。

## 1 材料和方法

1.1 材料 放射源分别用<sup>32</sup>P 液体球囊(直径为 3 mm, 长度为 20 mm)和<sup>103</sup>Pd 放射性支架(直径为 20 mm, 长度为 13 mm), 两种源都由我国原子能研究院同位素研究所提供。热释光剂量计(TLD)为 LiF(Mg, Cu, P)剂量计, 其中粉末 TLD 由中国医学科学院放射医学研究所研制生产, 粒度在 120~160 目之间。方片 TLD 由防化研究院研制生产。实验中的标准刻度源是

<sup>241</sup>Am。实验中采用的模体由肌肉等效组织制成。

1.2 模拟实验方法和内容 实验测量过程以<sup>32</sup>P 液体为例(图 1), 模拟血管分成上下两半, 中间放置球囊, TLD 方片紧贴着球囊壁。球囊的注射压力为 8 个大气压, 分别用 4 种规格的 TLD—LiF 剂量计测量球囊的表面剂量。粉末 TLD 均匀的铺在模体的槽底, 照射后混合均匀测量, 结果取平均值。3 mm×3 mm×0.4 mm 和 3 mm×3 mm×0.2 mm 两种 TLD 方片在球囊表面放 7 片, 1 mm×1 mm×1 mm TLD 方片放 20 片, 共测量三组, 结果取平均值。径向剂量用 3 mm×3 mm×0.4 mm 和 3 mm×3 mm×0.2 mm 两种 TLD 方片测量, 测量三组(位置在图 1 侧视图中的中间三个点), 结果取平均值。径向剂量的测量结果与蒙特卡罗代码(MCNP4B)的计算结果进行比较。<sup>103</sup>Pd 支架的实验测量过程与球囊相同。

## 2 结果和讨论

2.1 表面剂量 用 4 种剂量计测量的<sup>32</sup>P 液体球囊和<sup>103</sup>Pd 支架的表面剂量见表 1。<sup>32</sup>P 液体球囊的活度  $6.4 \times 10^8$  Bq/ml (17.3 mCi/ml), 每次实验照射时间 1 min。<sup>103</sup>Pd 支架的活度  $2.9 \times 10^6$  Bq (78.2 μCi), 每次照射 30 min。球囊和支架有一个共同的特点, 方片和粉末剂量计本身的测量重复性较好。方片的测量结果明显小于粉末的结果, 并且方片越厚测量值越小。造成这个差异的原因我们认为有两点: ①方片没能充分与测量物接触, 说明如图 2 所示(支架的情况与此同); ②方片自身的厚度带来一定的误差, 相对于<sup>32</sup>P

基金项目: 国家自然科学基金资助项目批准号: 30170233

作者单位: 1 常州肿瘤医院 江苏 常州 213000; 2 复旦大学附属肿

瘤医院; 3 中国医学科学院放射医学研究所

作者简介: 王建华, 男, 副主任医师, 从事肿瘤放射治疗工作。

和<sup>103</sup>Pd 核素的有效射程(大约在 2~3 mm 内)方片不能太厚, 还有一定厚度的方片带来测量点的不确定误差, 使方片不能真实的反映测量点的剂量。粉末剂量计在测量物表面有良好的响应, 与蒙特卡罗代码

(MCNP4B)的计算一致, 因此测量结果是准确的。但是粉末的缺点是不能测量径向剂量。为了能用方片来测量径向剂量, 引进方片粉末修正因子(见表 1)来修正方片的测量误差。

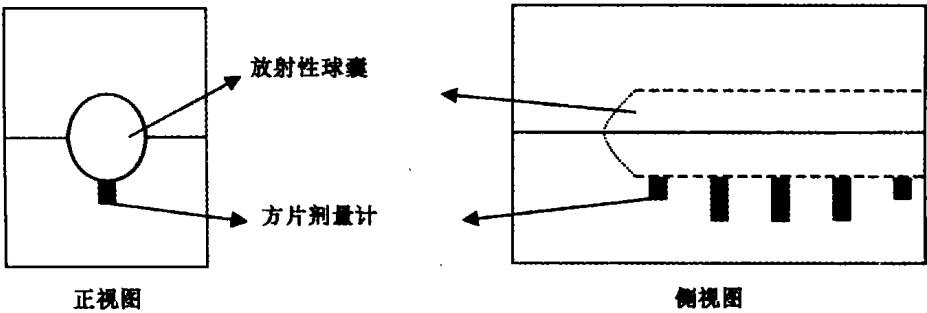


图 1 <sup>32</sup>P 球囊模拟实验示意图  
表 1 <sup>32</sup>P 液体球囊和<sup>103</sup>Pd 支架的表面剂量(单位: Gy)和修正因子

	<sup>32</sup> P 球囊				<sup>103</sup> Pd 支架			
	粉末	方片 1	方片 2	方片 3	粉末	方片 1	方片 2	方片 3
测量值	1.094	0.878	0.667	0.205	0.127	0.089	0.067	0.012
修正因子	1.000	1.246	1.640	5.337	1.000	1.427	1.896	10.583

注: 方片 1, 2, 3 分别是 3 mm×3 mm×0.2 mm, 3 mm×3 mm×0.4 mm 和 1 mm×1 mm×1 mm TLD 剂量计。

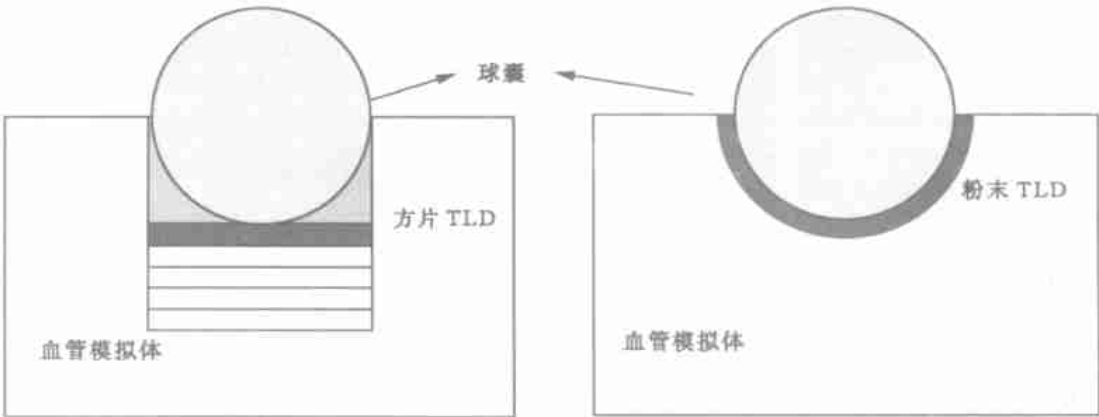


图 2 方片和粉末测量球囊剂量的二维模型

2.2 径向剂量的测量 <sup>32</sup>P 液体球囊和<sup>103</sup>Pd 支架的径向剂量用 3 mm×3 mm×0.4 mm 和 3 mm×3 mm×0.2 mm 两种 TLD 方片测量。图 3 和图 4 分别给出两种方片测量的<sup>32</sup>P 液体球囊和<sup>103</sup>Pd 支架的径向相对剂量, 与 MCNP4B 蒙特卡罗代码的计算相比较, 可以发现 0.4 mm 厚度的方片不适合测量这两种核素的径向剂量分布, 0.2 mm 厚度的方片与 MCNP4B 的计算结果的差异在可接受的范围内。

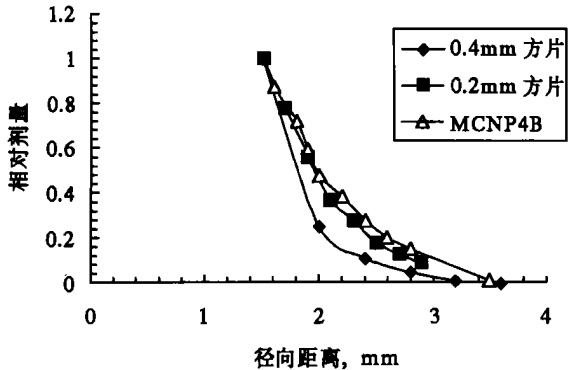


图 3 <sup>32</sup>P 球囊的径向相对剂量

我们测量了不同注射压力下球囊内核素对表面剂量的影响, 发现压力大于 4 个大气压后, 球囊就充分

扩张, 对测量结果没有影响。球囊内的气泡也会给剂量测量带来一定的误差<sup>[3]</sup>, 测量时要把剂量计放在远离气泡的一侧。

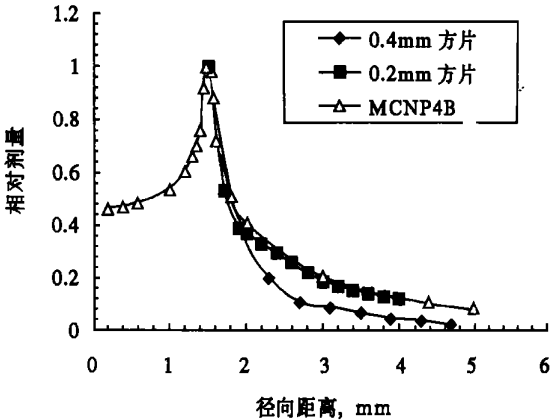


图 4 <sup>103</sup>Pd 支架的径向相对剂量

3 结论

粉末 TLD 可以测量冠状动脉再狭窄近距离放射治疗的表面剂量, 0.2 mm 厚度方片经过粉末 TLD 修正后, 可以用来测量冠状动脉再狭窄近距离放射治疗径向剂量和表面剂量分布, 方片厚度大于等于 0.4 mm 后不能

## 放射性核素内照射诱发的 DNA 损伤效应

崔凤梅, 赵经涌, 洪承皎, 劳勤华, 王六一, 杨淑琴

中图分类号: R818.03 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2004)04-0243-02

【摘要】目的 研究晚期混合裂变产物内照射对大鼠外周血单个核细胞(Peripheral blood mononuclear cell, PBMC) DNA 的损伤作用。方法 雄性 Wistar 大鼠经不同累积剂量和不同剂量率的晚期混合裂变产物内照射后, 获得 PBMC 单细胞悬液, 采用单细胞凝胶电泳(Single cell gel electrophoresis, SCGE)技术, 检测细胞 DNA 链的断裂改变。结果 经晚期混合裂变产物作用后, 各照射组 PBMC DNA 链断裂的迁移长度增加( $P < 0.05$ ), 显示良好的剂量效应关系和剂量率效应关系, 均符合直线模型。结论 在本实验的内照射剂量下, 晚期混合裂变产物能引起 PBMC 的 DNA 损伤, 且呈现良好的剂量效应关系和剂量率效应关系。

【关键词】内照射; 单细胞凝胶电泳; 外周血单个核细胞; DNA 损伤

DNA Damage Induced by Radionuclide Internal Irradiation. CUI Feng-mei, ZHAO Jing-yong, HONG Cheng-jiao, et al. School of Radiation Medicine and Public Health, Suzhou University, Suzhou, 215007, China.

【Abstract】Objective To study the DNA damage of peripheral blood mononuclear cell (PBMC) in rats exposed to radionuclide internal irradiation. Methods The radionuclides were injected into the rats and single cell gel electrophoresis(SCGE) was performed to detect the length of DNA migration in the rat PBMC. Results DNA migration in the rat PBMC increased with accumulative dose or dose-rate. It showed good relationship of dose vs. response and of dose-rate vs. response both relationship could be described as linear models. Conclusion Radionuclide internal irradiation could cause DNA damage in rat PBMC.

【Key words】Internal Irradiation; SCGE; PBMC; DNA Damage

机体受到电离辐射照射后, 可以使很多生物活性物质特别是生物大分子受到损伤, 其中最重要的是细胞核中的 DNA, 损伤的 DNA 如不能完全修复则可能引起相关的基因突变。单细胞凝胶电泳(Single cell gel electrophoresis, SCGE)技术是一种快速检测单细胞 DNA 损伤的实验方法, 能够灵敏地检测 DNA 断裂。本实验采用单细胞凝胶电泳(SCGE)技术, 检测大鼠经不同累积剂量和不同剂量率的晚期混合裂变产物内照射后外周血单个核细胞(Peripheral blood mononuclear cell, PBMC)的 DNA 损伤情况, 为 SCGE 作为低剂量核辐射的生物剂量计提供实验基础。

## 1 材料与方法

1.1 放射性核素 晚期混合裂变产物原液放射性比活度为  $1.82 \times 10^7$  Bq/ml, 其主要组分及放射性活度比例分别为  $^{90}\text{Sr}$  26.82%;  $^{137}\text{Cs}$  73.15%;  $^{144}\text{Ce}$ — $^{144}\text{Pr}$  0.002%;  $^{106}\text{Ru}$ — $^{106}\text{Rh}$  0.02%;  $^{95}\text{Zr}$ — $^{95}\text{Nb}$  极微量。

1.2 实验动物分组及处理 实验动物为健康雄性 Wistar 大鼠, 体重( $141.5 \pm 12.99$ ) g, 共 48 只。随机分成 1 个对照组, 4 个不同累积剂量实验组和 4 个不同剂量率组(其中 1 个剂量率组与累积剂量组重叠), 每组 6

只。①对照组: 大鼠尾静脉注入生理盐水(pH3.0), 注射量为 0.5 ml/100 g 体重。注入后 1 d 断尾取血。②不同累积剂量实验组: 大鼠尾静脉注入放射性活度浓度为  $3.4023 \times 10^5$  Bq/ml 的晚期混合裂变产物, 注射量同①, 注入后 3, 9, 15, 21 d 断尾取血。③不同剂量率组: 4 组大鼠尾静脉分别注入放射性活度浓度为  $13.6090 \times 10^5$  Bq/ml,  $6.8045 \times 10^5$  Bq/ml,  $3.4023 \times 10^5$  Bq/ml,  $1.7017 \times 10^5$  Bq/ml 的晚期混合裂变产物, 注射量同①, 当达到相似的累积剂量后, 即注入后 2, 4, 3, 9, 21.9 d 断尾取血。

### 1.3 SCGE 检测

1.3.1 单细胞悬液制备 取肝素抗凝的外周血 100  $\mu$ l 作为 SCGE 检测的 PBMC(包括淋巴细胞和单核细胞)。

1.3.2 制片 采用“三明治”凝胶法, 先将铺在磨砂载玻片上的 0.5% 正常熔点凝胶 85  $\mu$ l 刮掉, 再在玻片上铺第 1 层即 5% 正常熔点凝胶 85  $\mu$ l, 然后将 75  $\mu$ l 0.7% 低熔点凝胶与等体积细胞悬液混匀铺第 2 层, 最后用 0.7% 低熔点凝胶 85  $\mu$ l 铺第 3 层。

1.3.3 细胞裂解 将玻片浸于新鲜配制的碱性裂解液(含 10% DMSO, 1% Triton X-100 等)中, 4  $^{\circ}\text{C}$  裂解 2 h。

1.3.4 电泳 将玻片取出放入电泳槽平板上, 先置于新配制的电泳液(含 1 mmol/L  $\text{Na}_3\text{—EDTA}$ , 0.3 mmol/L  $\text{NaOH}$ )中解螺旋 20 min, 然后在 300 mA, 25 V 条件下电泳 20 min。

作者单位: 苏州大学放射医学与公共卫生学院, 江苏 苏州 215007

作者简介: 崔凤梅(1975—), 女, 河南南阳人, 医学博士在读, 助教, 主要从事放射毒理学研究。

## 测量径向剂量分布。

### 参考文献:

[1] Landzberg BR, Frishman WH, Lenick K. Pathophysiology and pharmacological approaches for prevention of coronary artery restenosis following coronary artery balloon angioplasty and related procedures[J]. Prog cardiovasc Dis, 1997, 39: 361—398.

[2] Nath R, Amols H, Coffey G, et al. Intravascular brachytherapy physics: report of the AAPM radiation therapy committee task group No. 60[J]. Med phys, 1999, 26(2): 199—152.

[3] 徐志勇, 王明席, 张良安, 等. 放射性球囊内气泡在治疗冠状动脉再狭窄时对剂量分布的影响[J]. 中华核医学杂志, 2002, 22(6): 374—375.

(收稿日期: 2003—12—21)