

^{60}Co γ 射线慢性照射复合苯注射 对家兔的生物效应研究

张鸿源 王兰金 范正平
蔡 平 温泉法 张贵波

(海军医学研究所, 上海 200433)

摘要 为了探讨 γ 射线复合苯作用的生物效应规律, 对家兔进行了多项指标的研究。健康雄性家兔 30 只, 年龄 6—7 个月, 分为对照组和照射组、低苯组和低复组、高苯组和高复组共 6 组, 每组 5 只。每天每只家兔分别于皮下注射 0.6 ml 花生油、0.6 ml 花生油 + 0.06 ml 苯、0.6 ml 花生油 + 0.6 ml 苯, 每周 5 d, 持续 14 周。其中, 照射组、低复组、高复组注射后进行 γ 射线照射, 剂量率为 0.899 mGy/min, 每天 1 h, 每周 5 d, 持续 14 周。结果表明: (1) 苯对造血功能的影响与注射苯的剂量关系密切, 苯和 γ 射线的复合作用加重了家兔造血功能的损伤。(2) γ 射线和苯都能诱发的染色体畸变和 SCE。血液淋巴细胞的检出率要比骨髓细胞的高; γ 射线诱发染色体畸变要比诱发 SCE 明显得多, 随 γ 射线剂量 (2.1576—3.7758 Gy) 增加, 染色体畸变率有所增高, 但线性相关不明显; 苯诱发 SCE 似乎要比诱发染色体畸变明显, 且血液淋巴细胞无着丝粒畸变率和 SCE 频率与苯注射累积剂量 (21.12—36.96 g) 呈线性正相关; 苯能提高 γ 射线诱发的染色体畸变率, 对双 + 环主要是协同作用, 在无着丝粒主要是相加作用; 苯和 γ 射线复合诱发 SCE, 在低复组显示有加强作用; (3) 苯对雄性生殖细胞具有弱的诱变性, 表现为畸形精子增高。 γ 射线和苯复合作用还能加重对睾丸的组织学损伤。

关键词 γ -辐射, 苯, 染色体畸变, SCE, 造血系统, 生殖系统, 生物效应

电离辐射复合苯作用的生物学效应研究已有报道^[1,2], 为进一步探讨其作用规律, 本文对家兔进行了多项指标的研究, 可供这两因素复合影响下的效应评价、职业病诊断和鉴别诊断及发病机制研究时参考。

1 材 料 和 方 法

1.1 实验动物与分组

健康雄性家兔共 30 只, 年龄 6—7 个月, 平均体重 2.98 ± 0.28 kg, 随机分为 6 个组, 对照组和照射组、低苯组和低复组、高苯组和高复组, 每组 5 只。每天每只分别于皮下注射 0.6 ml 花生油、0.6 ml 花生油 + 0.06 ml (合 0.0528 g) 苯、0.6 ml 花生油 + 0.6 ml (合 0.528 g) 苯, 每周 5 d, 持续 14 周。其中照射组、低复组、高复组注射后进行 γ 射线照射, 剂量率为 0.899 mGy/min, 每天照射 1 h (合 0.05394 Gy), 每周 5 d (合 0.2697 Gy), 持续 14 周 (累计 3.7758 Gy)。

1.2 观察指标

实验不同时间观察项目: (1) 外周血象; (2) 血液淋巴细胞染色体畸变及其姊妹染色单体互换 (SCE)。实验结束处死家兔观察项目: (1) 骨髓有核细胞粒红比; (2) 骨髓细胞 (体外加秋水

收稿日期: 初稿 1992-10-20, 修改稿 1993-07-29

仙培养 4 h) 染色体畸变; (3) 脾重量指数; (4) 睾丸重量指数; (5) 每 100 mg 附睾尾部组织精子计数; (6) 畸形精子数; (7) 胸骨、脾脏、睾丸组织病理学和骨髓细胞超微结构变化。

2 结 果

2.1 白细胞总数

从图 1 可见, 低苯组和照射组在实验期间有所降低, 但变化不明显, 而高复组、低复组和高苯组分别于实验 15、30 和 60 d 起呈显著性降低($P < 0.01$), 且高苯组和高复组随苯剂量(0—36.96 g)的增高呈线性降低, 线性方程分别为: $Y(\text{高苯组}) = 12.016 - 0.255(\pm 0.043)D$ (Y 为 WBC, $\times 10^3/\text{mm}^3$, D 为注射苯累积剂量, g, $P < 0.01$); $Y(\text{高复组}) = 9.256 - 0.198(\pm 0.054)D$ (同上, $P < 0.05$)。红细胞计数, 各组变化不明显。

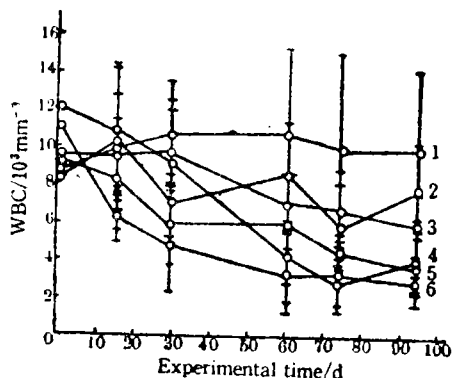


Fig 1. Relation between experimental time and the WBC number
1 Control group
2 Radiation group
3 Low benzene group
4 High benzene group
5 Low benzene + Radiation group
6 High benzene + Radiation group
The error bars represent the standard deviation of mean

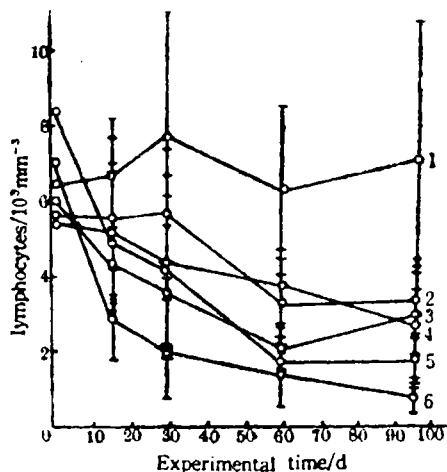


Fig 2. Relation between experimental time and the lymphocyte number.
1 Control group
2 Low benzene group
3 Low benzene + Radiation group
4 Radiation group
5 High benzene group
6 High benzene + Radiation group
The error bars represent the standard deviation of mean

2.2 淋巴细胞绝对值

从图 2 可见, 高复组、高苯组、低复组实验 15 d 起就进行性地降低, 其中高复组、高苯组下降幅度更大。高复组在实验 30 d 起就明显低于对照组($P < 0.01$), 实验 60 d 起, 高苯组、低复组、照射组均显著低于对照组($P < 0.01$)。

2.3 血小板计数

从图 3 可见, 高复组、高苯组实验 30 d 开始呈进行性降低, 分别于实验 30 d 和 60 d 起明显低于对照组($P < 0.05$), 其余各组变化不明显。

2.4 血液淋巴细胞染色体畸变

由表 1 可见, 实验 95 d, 低苯组总畸变细胞明显高于实验前和对照组; 高苯组染色体总畸

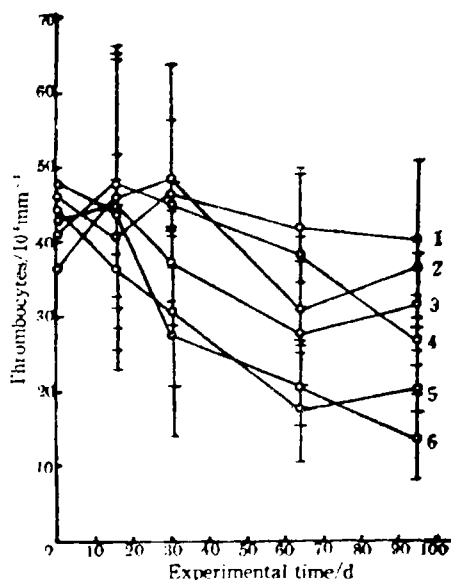


Fig 3. Relation between the experimental time and thrombocyte number

- 1 Control
 - 2 Low benzene + Radiation
 - 3 Low benzene
 - 4 Radiation
 - 5 High benzene
 - 6 High benzene + Radiation
- The error bars represent the standard deviation of mean

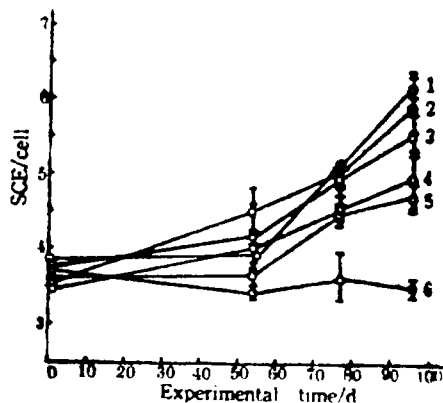


Fig 4. Relation between the experimental time and SCE

- 1 High benzene
 - 2 High benzene + Radiation
 - 3 Low benzene + Radiation
 - 4 Low benzene
 - 5 Radiation
 - 6 Control
- The error bars represent the standard deviation of mean

变、畸变细胞和总畸变细胞(含单体型和染色体型畸变细胞)均比实验前和对照组高。随苯累积剂量(0—36.96 g)的增大, 染色体畸变率有所增高, 但仅高苯组的无着丝粒畸变率(%)与剂量(g)呈线性相关: $Y = 0.155 + 0.021(\pm 0.003)D$, ($P < 0.01$)。

实验 53 d 起, 照射组、低复组、高复组的双 + 环、无着丝粒、总畸变、畸变细胞和总畸变细胞均高于高苯组($P < 0.05$ — 0.01)、低苯组和对照组($P < 0.01$)。随 γ 剂量(2.1576, 2.9667 和 3.7758 Gy)或苯剂量(2.112, 2.904 和 3.696 g 或 21.12, 29.04 和 36.96 g)的增加, 三个组的染色体畸变率有相应增高, 但线性相关不明显($P > 0.05$)。

根据 Morimoto^[1]定义的“协同因子”(Synergetic Effect Factor, 简称 SEF)公式 [$SEF = N(n, D)/N(n, O) + N(O, D) - N(O, O)$], 其中, $N(n, D)$ 、 $N(n, O)$ 、 $N(O, D)$ 和 $N(O, O)$ 分别代表复合组、苯染毒组、照射组和对照组的染色体畸变率, 用本实验资料计算得出各组畸变率及各指标的 SEF 值见表 2。

由表 2 可见, 双 + 环, 除低复组实验 95 d 和高复组实验 53 d 的外, SEF 明显 > 1 , 而无着丝粒的 SEF 几乎等于 1, 说明低剂量辐射复合苯的作用, 对双 + 环似乎主要是协同作用, 而对无着丝粒主要是相加。这与苯复合 γ 射线照射离体人血的结果相似^[1]。

2.5 骨髓细胞染色体畸变

实验 95 d 骨髓细胞染色体畸变由表 3 可见, 高复组、低复组、照射组、高苯组、低苯组染

Tab 1. Yield of chromosome aberrations in rabbit blood lymphocytes (%)

Groups	Time of Dose			c scored	Dic		t aber	Aber c	Chromat aber	t aber c
	exp /d	ben /g	γ /Gy		+ r	Ace				
Control	0	0	0	1000	0	0.20	0.30	0.20	0	0.20
	53	0	0	1000	0	0.20	0.20	0.20	0	0.20
	76	0	0	1000	0	0.40	0.40	0.40	0	0.40
	95	0	0	1000	0	0.30	0.30	0.30	0.10	0.30
Low ben	0	0	0	1000	0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.40
	53	2.112	0	1000	0	0.30	0.30	0.30	0.10	0.40
	76	2.904	0	1000	0.10	0.40	0.40	0.40	0.30	0.80
	95	3.696	0	1000	0	0.70	0.70	0.70	0.40	1.10 ⁽¹⁾
High ben	0	0	0	1000	0	0.20	0.20	0.20	0.10	0.30
	53	21.12	0	1000	0	0.50	0.50	0.50	0.20	0.70
	76	29.04	0	800	0.13	0.75	0.88	0.88	0.38	1.25 ⁽¹⁾
	95	36.96	0	800	0.13	1.00	1.13	1.13	0.63	1.75 ⁽²⁾
Radiat	0	0	0	1000	0	0.20	0.20	0.20	0	0.20
	53	0	2.1576	1000	0.20	1.30 ⁽²⁾	1.50 ⁽²⁾	1.40 ⁽²⁾	0	1.40 ⁽²⁾
	76	0	2.9667	800	0.30	1.50 ⁽²⁾	1.80 ⁽²⁾	1.80 ⁽²⁾	0.20	2.00 ⁽²⁾
	95	0	3.7758	800	1.00 ⁽¹⁾	3.38 ⁽²⁾	4.38 ⁽²⁾	4.13 ⁽²⁾	0.20	4.38 ⁽²⁾
Low ben + radiat	0	0	0	1000	0	0.10	0.10	0.10	0.20	0.30
	53	2.112	2.1576	1000	0.30	1.50 ⁽²⁾	1.80 ⁽²⁾	1.60 ⁽²⁾	0	1.60 ⁽²⁾
	76	2.904	2.9667	1000	0.70 ⁽¹⁾	1.50 ⁽²⁾	2.20 ⁽²⁾	2.00 ⁽²⁾	0.70	2.70 ⁽²⁾
	95	3.696	3.7758	1000	0.80 ⁽¹⁾	4.40 ⁽²⁾	5.20 ⁽²⁾	4.70 ⁽²⁾	1.00	5.70 ⁽²⁾
High ben + radiat	0	0	0	1000	0	0.10	0.10	0.10	0	0.10
	53	21.12	2.1576	1000	0.20	1.60 ⁽²⁾	1.80 ⁽²⁾	1.70 ⁽²⁾	0.10	1.70 ⁽²⁾
	76	29.04	2.9667	1000	0.50	1.70 ⁽²⁾	2.20 ⁽²⁾	2.00 ⁽²⁾	0.40	2.30 ⁽²⁾
	95	36.96	3.7758	700	2.20 ⁽¹⁾	4.80 ⁽²⁾	7.00 ⁽²⁾	6.57 ⁽²⁾	1.00	7.60 ⁽²⁾

Note: exp = experiment, ben = benzene, dic + r = dicentrics + rings,

ace = acentrics, aber = aberration, radiat = radiation,

t = total, c = cells, chromat = chromatid, γ = γ -rays,

(1) Compared with the control $P < 0.05$

(2) Compared with the control $P < 0.01$

Tab 2. Calculated "SEF" in combined effect of radiation with benzene on chromosome aberrations of rabbit blood lymphocytes

Groups	Time of exd/d	Dose		Dic + r	Ace	t aber	Aber c	t aber c
		ben/g	γ /Gy					
Low ben + radiat	53	2.112	2.1576	1.50	1.07	1.13	1.07	1.00
	76	2.904	2.9667	1.70	1.00	1.16	1.05	1.13
	95	3.696	3.7758	0.80	1.16	1.09	1.04	1.12
High ben + radiat	53	21.12	2.5176	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89
	76	29.04	2.9667	1.16	0.92	0.96	0.88	0.81
	95	36.96	3.7758	1.95	1.12	1.34	1.32	1.33

色体畸变均高于对照组,且除低苯组外,都与对照组有统计学差异($P < 0.05-0.01$)。高复组、低复组的无着丝粒、总畸变、畸变细胞、总畸变细胞均高于照射组、高苯组和低苯组,且除了高复组的无着丝粒、总畸变细胞及低复组的总畸变、畸变细胞与照射组差异不显著外,其余均有统计学意义($P < 0.05-0.01$),说明苯和 γ 射线慢性复合作用诱发的骨髓细胞染色体畸变亦比单因素作用有所加强,但似乎只有高复组的双+环是协同作用,而无着丝粒仍主要是相加。从诱发的染色体畸变看,血液淋巴细胞畸变的检出率要比骨髓细胞的高。

Tab 3. The comparison of chromosome aberrations beteen in lymphocytes and marrow cells

Groups	Dose ben/g	γ/Gy	Type of c	c scored	Dic +r	ace	t aber	Aber c	Chromat aber	t aber c
Control	0	0	L	1000	0	0.30	0.30	0.30	0.10	0.30
	0	0	M	1000	0	0.20	0.20	0.20	0	0.20
Low ben	3.696	0	L	1000	0	0.70	0.70	0.70	0.4	1.10
	3.696	0	M	1000	0.10	0.70	0.70	0.70	0	0.70
High ben	36.96	0	L	800	0.13	1.00	1.13	1.13	0.63	1.75
	36.96	0	M	800	0	0.88	0.88	0.88	0.36	1.25
Radiat	0	3.7758	L	800	1.0	3.38	4.38	4.13	0.20	4.38
	0	3.7758	M	800	0.13	1.25	1.38	1.38	0	1.38
Low ben + radiat	3.696	3.7758	L	1000	0.80	4.40	5.20	4.70	1.00	5.70
	3.696	3.7758	M	1000	0	1.80	1.80	1.80	0.20	2.00
High ben + radiat	36.96	3.7758	L	700	2.20	4.80	7.00	6.57	1.00	7.60
	36.96	3.7758	M	1000	0.20	1.70	1.90	1.90	0.20	2.10

note: L = Lymphocytes, M = Marrow cells

2.6 血液淋巴细胞 SCE 频率

实验 53 d 血液淋巴细胞 SCE 频率见图 4, 高复组、高苯组、低复组、照射组就比实验前和对照组明显增高($P < 0.05-0.01$), 说明苯和 γ 射线慢性作用都能诱发家兔血液淋巴细胞 SCE。随苯累积注射量的增加, 每个细胞的 SCE 频率相应增高。其中高苯组和低复组的 SCE 与苯剂量(高苯组为 21.12—36.96g; 低复组为 2.112—3.696 g)呈线性相关: $Y(\text{高苯组}) = 1.0117 + 0.1433(\pm 0.020 D, (P < 0.05))$ $Y(\text{低复组}) = 2.4067 + 0.8712(\pm 0.0583)D, (P < 0.05)$ 。其余各组线性相关不明显。在复合效应中, 低复组各时相检查均高于低苯组和照射组, 说明复合作用有所加强, 但并非完全等于两因素作用的相加。高复组, 实验 53 d 呈现加强作用, 实验 76 d 后, 虽然比照射组高, 比高苯组低, 但相差都不显著($P > 0.05$), 说明没有明显的加强作用。

2.7 骨髓有核细胞粒红比

对照组、低苯组、照射组、低复组、高苯组和高复组, 骨髓有核细胞粒红比均值 $\pm$ 标准差分别为 1.54 ± 0.14 、 1.20 ± 0.34 、 0.74 ± 0.25 、 0.98 ± 0.28 、 0.50 ± 0.34 和 0.39 ± 0.28 , 可见除对照组和低苯组外, 其余各组均明显倒置, 尤以高复组和高苯组最为明显。

2.8 脾重量指数

高复组、高苯组和低复组均比对照组明显减轻($P < 0.05-0.01$), 分别是对照组的 44.0% 47.6% 和 61.1%。低苯组和照射组有所减轻、但与对照组相差不显著($P > 0.05$), 分别是对照组的 94.9% 和 83.6%。

2.9 睾丸重量指数

高复组、低复组和照射组均明显减轻、分别为对照组的 32.2%, 35.2% 和 40.2%。低苯组和高苯组变化不明显, 分别为对照组的 108.5% 和 95.5%。

2.10 每 100 mg 附睾尾部组织精子数

照射组、低复组和高复组分别是 0.2×10^9 、 0.05×10^9 和 0.07×10^9 , 比对照组(1.3×10^9)明显减少, 低苯组(0.9×10^9)和高苯组(1.04×10^9)变化不明显。

2.11 畸形精子数

高苯组、照射组、低复组和高复组分别为 14.7%、17.3%、17.8% 和 32.3%, 比对照组

(5.3%)明显增高,低苯组(6.0%)与对照组无明显差异。

2.12 病理组织学和骨髓细胞超微结构变化

2.12.1 脾脏 对照组脾组织学结构正常。其余各组都有不同程度的病理变化,表现为脾小体缩小,脾索淋巴细胞减少,重者,脾索淋巴细胞明显减少、变性坏死,大多数生发中心消失。其损伤程度,高复组>高苯组>低复组>照射组>低苯组。

2.12.2 骨髓 对照组和照射组均未见明显的病理改变。其余各组可见病理变化,轻者骨髓细胞减少、髓腔扩张、充血、水肿、细胞有不同程度的变性;重者骨髓细胞明显减少、髓腔呈空虚状态、脂肪细胞增多。以高复组和高苯组损伤严重,低复组中等,低苯组较轻。

2.12.3 骨髓细胞电镜观察 对照组和照射组都未见明显变化。低苯组:粒细胞肿胀、变形、有的核膜破裂、内质网扩张和细胞溶解等现象。低复组:粒细胞有不同程度变性、坏死、偶见原红细胞线粒体扩张。高苯组:粒细胞线粒体肿胀、嵴消失、有的线粒体空化、内质网扩张、胞浆中特异颗粒减少、亦见变性坏死的成熟粒细胞、巨细胞和浆细胞。高复组:粒细胞变性坏死和变形等变化较普遍、胞浆特异颗粒明显减少、核周间隙扩大,还可见原红、早幼红细胞线粒体肿胀。

2.12.4 睾丸 低苯组和高苯组睾丸内曲细精管结构的细胞层次分明,每个曲细精管内的精原细胞为32—39个,附睾管内积存大量成熟精子,与对照组无明显差异。而照射组、低复组和高复组病变较为一致,表现为曲细精管结构破坏、管壁塌陷、仅剩有少量零星的上皮细胞、管腔大多空虚、精原细胞极度减少(5—9个)且变性。

讨 论

苯和 γ 射线长期低剂量的作用^[3-5]都可致白细胞、淋巴细胞和血小板降低,尤其是严重苯中毒可引起造血组织再生不良和再生障碍性贫血。实验结果表明,高苯组,实验60 d开始,白细胞总数、淋巴细胞绝对值和血小板计数就非常明显地低于对照组,且呈进行性降低,实验结束,骨髓细胞粒红比明显倒置,脾脏和骨髓病变都比较严重,但红细胞仍在正常范围,说明本实验条件造成家兔造血功能严重抑制,但还未引起再生障碍性贫血。低苯组血象变化不明显,只在实验60 d淋巴细胞绝对值才有降低,造血组织损伤也比较轻。以上结果说明,苯对造血功能的影响与其累积剂量关系很密切。照射组,淋巴细胞绝对值,从实验30 d起进行性降低,实验60 d后都与对照组有明显差异,而白细胞总数和血小板计数变化不明显,说明低剂量 γ 射线照射,淋巴细胞较敏感,这与以往的研究一致。照射组多数动物脾小体也发生轻度萎缩,说明在5.4 cGy/d剂量率长期作用下,可引起家兔造血系统的轻度损伤。

实验结果表明,苯和 γ 射线都能诱发染色体畸变和SCE。高苯组,实验53 d, SCE就明显高于对照组,而总畸变、畸变细胞和总畸变细胞要在实验95 d才比对照组明显升高。这是否苯诱发SCE要比诱发染色体畸变来得明显,有待于进一步研究。相反, γ 射线诱发染色体畸变要比诱发SCE明显得多,如照射组累积剂量2.1576 Gy时,总畸变细胞为1.4%, SCE为 4.09 ± 0.08 /细胞,当剂量累积到3.7758 Gy时,总畸变细胞升高到4.38%,增高近4倍,而SCE为 4.82 ± 0.08 /细胞,增高不明显。因此检测 γ 射线时,染色体畸变较为敏感。

实验结果还表明,诱发的染色体畸变,血液淋巴细胞的检出率要比骨髓细胞的高,其原因可能是兔血液淋巴细胞的半寿期约4个月^[6],即畸变在血液淋巴细胞中存在较长时间,另外,可能与家兔G₀期淋巴细胞不能修复辐射诱发的染色体断裂有关^[7],而骨髓细胞是在不断增殖的细胞,增殖的机会越多,畸变丢失的机率也就越多,还可能与骨髓细胞能修复辐射诱发的染色体断

裂有关。因此，在慢性诊断中，血液淋巴细胞染色体畸变的观察较为敏感。

邓志诚等^[6]慢性 γ 射线照射对家兔血液淋巴细胞染色体畸变影响的研究表明，畸变率和累积剂量呈线性相关，而本实验虽随 γ 剂量的累积，畸变各项指标都相应增高，但线性相关不甚密切。可能与2.1576 Gy以前的剂量点较少有。在邓氏的研究中，畸变与剂量呈线性相关，其累积剂量是在1 Gy（每天0.01 Gy组）和2 Gy（每天0.025 Gy组）以前，在此剂量点之后，畸变率基本保持在一恒定的变化范围内。本实验室对猕猴的研究中，在剂量效应尾部（1—2 Gy）亦呈现有“坪”的现象^[8]。

高苯组的睾丸重量指数、精子计数以及睾丸的病理变化都不明显，但精子畸形计数明显比对照组高，说明苯对雄性生殖细胞具有弱的诱变性，这与文献报道的一致^[9]。已有文献资料证明猴、狗、大鼠性腺是小剂量辐射敏感的器官^[10-12]。本实验受照家兔的睾丸重量指数、精子计数、畸形精子及睾丸病理均呈现明显变化，说明不同种属动物的性腺对小剂量电离辐射都是敏感的。

苯和 γ 射线复合，尤其是高苯复合 γ 射线组、与单纯苯染毒组相比，白细胞总数、淋巴细胞绝对值和血小板计数等变化出现较早，下降程度较严重，脾重量指数下降和骨髓细胞粒红倒置更明显，病理学观察也证实造血器官的实质性损伤比较突出。因此，本实验提示，苯复合慢性电离辐射加重了对造血系统损伤。这与贾氏^[2]证明苯和电离辐射加重了对造血功能的损伤相一致。

高复组和低复组的睾丸重量指数及精子计数，均比照射组的低，畸形精子比照射组的高、说明苯和 γ 射线的复合作用能加重对睾丸的损伤。

从 γ 射线复合苯的细胞遗传学效应看，似乎在双+环是协同作用，对无着丝粒是相加，本文认为，不论对双+环还是无着丝粒，两种作用都可能存在。因为苯的作用，一是对修复的抑制，二是断裂染色体，因此，对两者的形成都有影响。

鲁永杰同志负责照射和剂量测量工作，云昌全、马晓林同志参加照射工作，特此致谢。

参 考 文 献

- 1 Morimoto K Jap. J. Ind. Health., 1976, 18(1): 23
- 2 贾廷珍, 汪有蓍, 董家惠, 丁丽华. 中华放射医学与防护杂志, 1984, 4(6): 52
- 3 全国医用诊断 X 线工作者剂量与效应关系研究协作组. 中华放射医学与防护杂志, 1984, 4(5): 36
- 4 周仲衡, 李茂盛, 张瑾瑛. 职业医学, 1990, 16(6): 16
- 5 尹松年, 李桂兰, 黄明芳, 张振源, 梁玉香, 吕廉, 孟惠玲, 杨崇礼. 卫生研究, 1986, 15(3): 1
- 6 邓志诚, 李云华, 张连珍. 辐射防护, 1986, 6(6): 425
- 7 Tamura H, Sakurai M, Sugahara T. J. Radiat. Res., 1978, 19(2): 108
- 8 吕家本, 朱炳钗, 王宗伍, 王兰金, 陈铁河. 辐射防护, 1986, 6(6): 428
- 9 朱玉芬, 冯文君, 李书香. 卫生毒理学研究, 1989, (3)4: 228
- 10 中国科学院生物物理研究所小剂量效应协作组. 中国科学, 1980, 6: 592
- 11 韩国馨. 中华放射医学与防护杂志, 1983, 3(1): 42
- 12 温泉法, 潘豫沙, 方全林, 郝海珠, 叶宝林. 辐射防护, 1982, (2)1: 43

STUDIES ON BIOLOGICAL EFFECTS INDUCED BY CHRONIC γ -IRRADIATION COMBINED WITH BENZENE INJECTION IN RABBITS

Zhang Hongyuan Wang Lanjin Fan Zhengping Cai ping Wen Quanfa
Zhang Guibo

(Institute of Naval Medicine, Shanghai 200433)

ABSTRACT This paper reports a series of biological effects induced by chronic γ -irradiation combined with benzene injection in rabbits. 30 healthy male rabbits, 6-7 months of age, were equally divided into 6 groups 5 in each one. Animals of control and radiation, low benzene and low benzene radiation, high benzene and high benzene radiation groups were injected subcutaneousl with 0.6 ml peanut oil, 0.6 ml peanut oil 0.06 ml benzene or 0.6 ml peanut oil + 0.6 ml benzene/d/rabbit, respectively, 5 days per week for 14 weeks. After injection, animals of radiation, low benzene radiation, high benzene radiation groups were irradiated at 0.899 mGy/min. $\times 60$ /d. The main results were summarized as follows: (1) The changes of hematopoietic function are close related to the injected dosage of benzene. Damages of hematopoietic function in rabbits are enhanced by combined effect of benzene and γ -rays. (2) γ -rays and benzene can induce chromosome aberrations and SCEs. Chromosome aberrations in blood lymphocytes are higher than in marrow cells. Chromosome aberrations induced by γ -rays are higher than SCEs, but no significant linear correlation between the dosage and effects was found. The SCEs of blood lymphocytes induced by benzene are more obvious than chromosome aberrations, moreover, linear dose effect correlation of acentrics in high benzene group and SCE in high benzene and low benzene radiation groups were observed. The chromosome aberration yield induced by γ -rays can significantly be enhanced by treatment with benzene. The combined cytogenetic effects of radiation with benzene could be synergetic mainly in dicentrics plus rings, being mainly additive in acentrics. SCEs induced by benzene combined with γ -radiation could be enhanced in the low benzene radiation group. (3) Benzene is a weak mutagen for male reproductive cells, because it can induce more abnormal sperms. Histological damages of testes in rabbits were also enhanced by combined effect of γ -radiation and benzene.

KEYWORDS γ -radiation, Benzene, Rabbit, Chromosome aberration, SCE, Hematogenic system, Reproductive system, Biological effect