

# 电离辐射对大鼠血中元素含量和雄性激素水平的影响

徐加英 秦立强 王小平 焦 旻 杨江涛 樊赛军

中图分类号: Q691 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2011)01-0028-02

**【摘要】** 目的 探讨电离辐射对体内常量元素、微量元素以及性激素水平的影响。方法 Wistar 大鼠接受 5Gy 照射 0.5h、4h 和 24h 后测定全血和血浆中 Ca、P、K、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn 的含量和血浆中睾酮以及双氢睾酮的水平。结果 照射 0.5 h 后全血中 Mg 的含量显著下降 ,Cu 显著上升 ( $P < 0.05$ )。照射 24 h 后全血中 Fe 的含量显著高于对照组 ,而血浆中则低于对照组 ( $P < 0.05$ )。照射 0.5 h 和 4 h 后大鼠血浆睾酮水平显著低于对照组 ( $P < 0.05$ )。结论 辐照引起血中某些元素和性激素水平的变化 ,但这些变化的作用机制和应用价值有待进一步的研究。

**【关键词】** 电离辐射; 元素; 睾酮

Effect of Ionizing Radiation on Levels of Element and Androgenic Hormone in Mouse Blood . XU Jia - ying , QIN Li - qiang , WANG Xiao - ping , et al. *School of Radiation Medicine and Public Health Medical College of Soochow University , Suzhou 215123 China*

**【Abstract】 Objective** To investigate the effect of ionizing radiation on levels of element and androgenic hormone in mouse blood. **Methods** Wistar rats were exposed to 5Gy irradiation and the levels of Ca , P , K , Mg , Fe , Cu , Zn and Mn in blood and plasma , and testosterone and dihydro testosterone in plasma were determined after 0.5h , 4h and 24h. **Results** After 0.5h of exposure , the blood levels of Mg significantly decreased and Cu significantly increased ( $P < 0.05$ ) . After 24h , the blood levels of Fe was significantly higher in the irradiation group than in the control group; while , its plasma levels was significantly lower in the irradiation group ( $P < 0.05$ ) . After 0.5h and 4h , the plasma levels of testosterone was significantly lower in the irradiation group than in the control group ( $P < 0.05$ ) . **Conclusion** Some elements and hormone were affected by ionizing radiation. The mechanism and application value should be further studied.

**【Key words】** Ionizing Radiation; Element; Testosterone

核泄露和放射治疗事故所引起的意外电离辐射时有发生 ,造成严重的人员伤亡、经济损失以及社会影响。电离辐射能引起机体组织的损伤和免疫功能的改变 ,严重者有致突变、致畸、致癌。电离辐射的致病作用可能涉及体内常量元素、微量元素以及某些激素水平的改变<sup>[1,2]</sup>。如果这些改变发生在临床症状出现之前 ,那么测定这些指标有助于受照人员的早期发现和评估。

## 1 材料与处理

1.1 动物与处理 48 只 6 周龄 Wistar 大鼠适应一周 ,称重后随机分成两组 ,24 只大鼠在上午 10 时左右接受<sup>60</sup>Co 照射 ,照射剂量为 5Gy ,剂量率为 0.5Gy/min。照射后 0.5 h、4 h 和 24 h 分别取 8 只受照大鼠和 8 只未照射的对照大鼠称重后乙醚麻醉 ,打开腹腔 ,腹主动脉采血收集于含肝素钠的离心管中 ,部分血液 3 000 r/min 离心 15 min 收集血浆。另外 ,迅速分离肝脏和睾丸称重。

1.2 全血和血浆中元素测定 所取全血和血浆用来测定钙 (Ca)、磷 (P)、钾 (K)、镁 (Mg) 4 种常量元素和铁 (Fe)、铜 (Cu)、锌 (Zn)、锰 (Mn) 4 种微量元素的含量。抗凝剂肝素钠分子中含有硫和钠 ,所以没有分析常量元素硫和钠。精确称量约 0.5g 全血或血浆样品于洁净的 Teflon PFA 消解罐中 ,加入 8 ml 浓硝酸 ,盖紧盖子 ,放置过夜。次日再加入 2ml 过氧化氢 ,在微波实验工作站 (Milestone Inc. , Sorisole , Italy) 进行微波消解 ,消解液完全冷却后全部转移至 100 ml 塑料瓶中 ,加水至 50 ml 刻度。采用电感耦合等离子体光谱法 (ICP-OES) (Varian Inc. , Palo Alto , CA , USA) 测定全血和血浆中的元素含量。按文献进行仪器优化操作<sup>[3]</sup> ,所用谱线波长分别为: Ca 422.673nm; P 213.618nm; K 766.491nm; Mg 285.213nm; Fe 238.204nm; Cu 327.395nm; Zn 213.857nm; Mn 257.609nm。

空白对照和牛血成分分析标准物质 GBW (E) 090062 和 GBW (E) 090063 (北京博晖创新光电技术股份有限公司) 用以上方法处理测定。所有样品均重复 3 次 ,结果取其平均值。

1.3 血浆中雄激素测定 血浆采用 ELISA 法测定睾酮以及双氢睾酮水平 ,试剂盒购自美国 Millipore 公司 (Billerica , Massachusetts , USA) ,按说明书操作。

1.4 统计分析 结果以 Mean  $\pm$  SD 表示 ,不同时间 (照射后 0.5h、4h、24h) 以及不同处理 (照射组、对照组) 之间的比较采用方差分析 (SPSS 12.0 , SPSS Inc. , Chicago , IL , USA) 。 $P < 0.05$  表示有统计学意义。

## 2 结果

和照射前比较 ,辐照没有显著改变大鼠的体重。照射组大鼠和相应的对照组大鼠之间体重没有显著差异。同样 ,照射后大鼠的肝脏、睾丸和体重的比值也无显著变化 (表 1)。

表 1 对照组和照射组大鼠体重及脏器体重比

	组名	体重 (g)	肝脏/体重 (%)	睾丸/体重 (%)
0.5h	对照组	201 $\pm$ 10	5.01 $\pm$ 0.24	0.83 $\pm$ 0.08
	照射组	205 $\pm$ 8	4.93 $\pm$ 0.20	0.84 $\pm$ 0.08
4h	对照组	205 $\pm$ 10	4.92 $\pm$ 0.23	0.88 $\pm$ 0.09
	照射组	204 $\pm$ 4	4.98 $\pm$ 0.26	0.85 $\pm$ 0.07
24h	对照组	203 $\pm$ 8	5.07 $\pm$ 0.43	0.82 $\pm$ 0.08
	照射组	201 $\pm$ 8	4.75 $\pm$ 0.44	0.84 $\pm$ 0.10

在测定全血和血浆样本的同时 ,我们利用牛血成分分析标准物质测定本方法的准确度 ,各种元素含量的测定值与标准值十分吻合 ,回收率处于 90.0% ~ 116.6% 之间。表 2 显示除了 Ca ,其他元素的浓度均全血高于血浆 ,全血中 K 的浓度为血浆的 10 倍左右 ,Fe 为血浆的 5 ~ 10 倍。全血中 Mg 的含量在照射 0.5h 后显著低于对照组 ,24h 后则高于对照组 ,但血浆中的 Mg 在照射 24h 后显著低于对照组。照射 24h 后全血中 Fe 的含量显著高于对照组 ,而血浆中则低于对照组。全血中 Cu 的含量在照射 0.5h 和 24h 后显著高于对照组。

基金项目: 教育部长江学者和创新团队发展计划资助项目 (IRT0849) ;江苏省普通高校研究生科研创新计划项目 (ZY320045)

作者单位: 苏州大学医学部放射医学与公共卫生学院 江苏 苏州

作者简介: 徐加英 (1972 ~) ,女 ,汉族 ,江苏建湖人 ,助理研究员 ,博士在读 ,研究方向: 放射生物学

通讯作者: 樊赛军 (1961 ~) ,男 ,长江学者特聘教授。sjfan@suda.edu.cn

表 2 对照组和照射组大鼠全血和血浆中元素的含量( mg/L)

组别	Ca	P	K	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
全血								
0.5h	对照组	58.6 ± 0.9	507.6 ± 17.1	1763.7 ± 104.7	50.1 ± 2.7	459.7 ± 47.2	0.86 ± 0.05	4.92 ± 0.51
	照射组	63.8 ± 3.2	498.4 ± 19.7	1788.8 ± 21.3	47.7 ± 2.0 <sup>1)</sup>	458.4 ± 3.1	1.00 ± 0.03 <sup>1)</sup>	5.07 ± 0.33
4h	对照组	61.5 ± 4.6	498.2 ± 40.8	1755.4 ± 149.8	49.3 ± 3.5	420.5 ± 49.5	0.85 ± 0.10	4.76 ± 0.62
	照射组	58.8 ± 2.3	464.9 ± 51.4	1794.2 ± 84.2	48.2 ± 4.5	431.9 ± 29.2	0.91 ± 0.16	4.47 ± 0.27
24h	对照组	62.3 ± 3.2	535.9 ± 19.2	1826.7 ± 17.6	50.6 ± 3.0	462.8 ± 10.0	1.05 ± 0.03	4.99 ± 0.37
	照射组	62.4 ± 3.0	552.8 ± 32.7	1888.1 ± 92.4	52.1 ± 5.2 <sup>1)</sup>	497.5 ± 44.1 <sup>1)</sup>	1.13 ± 0.12 <sup>1)</sup>	5.28 ± 0.43
血浆								
0.5h	对照组	115.9 ± 6.9	174.01 ± 11.2	172.2 ± 17.85	32.9 ± 5.3	9.43 ± 5.93	0.89 ± 0.07	1.60 ± 0.19
	照射组	114.16 ± 5.9	179.2 ± 15.35	170.6 ± 26.17	34.7 ± 7.2	9.16 ± 1.75	0.83 ± 0.03	1.68 ± 0.10
4h	对照组	117.0 ± 8.1	178.70 ± 9.88	163.3 ± 29.97	33.5 ± 3.3	5.81 ± 4.14	0.78 ± 0.11	1.35 ± 0.22
	照射组	112.5 ± 2.7	185.43 ± 11.7	153.9 ± 12.91	36.1 ± 2.4	4.62 ± 1.42	0.68 ± 0.17	1.39 ± 0.21
24h	对照组	111.9 ± 4.8	187.0 ± 17.1	189.0 ± 23.2	34.3 ± 2.2	7.26 ± 3.67	0.58 ± 0.15	1.32 ± 0.19
	照射组	113.7 ± 9.0	179.8 ± 10.5	143.6 ± 24.0	29.6 ± 6.1 <sup>1)</sup>	6.89 ± 2.90 <sup>1)</sup>	0.58 ± 0.21	1.20 ± 0.31

注: 1) 和对照组比较  $P < 0.05$ 。

照射 0.5h 和 4h 后大鼠血浆睾酮水平显著低于对照组。对照组比较,照射 24h 后睾酮水平没有显著性下降。照射组和相应的对照组之间血浆双氢睾酮在 3 个时间点无显著性差异(表 3)。

表 3 对照组和照射组大鼠血浆中睾酮和双氢睾酮的水平		
	睾酮 ( ng/ml)	双氢睾酮 ( pg/ml)
0.5h	对照组	10.02 ± 1.38
	照射组	8.58 ± 1.07 <sup>1)</sup>
4h	对照组	10.84 ± 1.73
	照射组	8.73 ± 1.40 <sup>1)</sup>
24h	对照组	9.58 ± 1.86
	照射组	9.24 ± 1.81

注: 1) 和对照组比较  $P < 0.05$ 。

3 讨论

电离辐射对机体的危害广为人知。体内常量元素和微量元素与健康的关系极为密切,本研究发现全身大剂量的射线照射影响了 24h 内 Mg、Fe 和 Cu 的含量。尽管照射 0.5h 后全血中 Mg 的含量显著下降,Cu 显著上升,但是 Mg 仅从 50.1mg/L 降至 47.7mg/L,Cu 仅从 0.86 mg/L 升至 1.00 mg/L,因此这些元素水平的微小改变是否能用于受照人员的早期发现和评估还有待进一步研究。元素在血液成分中的分布不一致,比如 K 是细胞内最主要的阳离子,Fe 主要存在于红细胞的血红蛋白中。考虑到以上因素,本研究分别测定了全血和血浆中元素的含量,发现 Mg 和 Fe 的含量在照射 24h 后全血中显著高于对照组,血浆中显著低于对照组,提示受照后血液中某些元素的分布发生了变化。

罗文海等的研究发现照射 24h 后小鼠血清中 10 种微量元素的含量均发生了变化<sup>[4]</sup>,除了所用动物品种和采集的样本不同外,该研究照射剂量描述为 0.5Gy/min,因为没有交代照射时间,因此并不清楚小鼠最终接受的照射剂量。侯玮玮等用重离子束辐照小鼠后发现低剂量照射时血清中 Zn、Cu 和 Fe 的含量降低,随剂量增大而呈回升趋势<sup>[5]</sup>。我们的研究和其他的研究均提示了受照后血液中元素变化复杂。这可能与受照损伤激活了机体中涉及到金属元素的一些修复路径,因此在以后的研究中需要同时考虑抗氧化系统、金属酶中重要指标的变化加以综合判断。

电离辐射明显损伤生殖功能,产生雄性激素的睾丸是敏感器官之一。Laporte 等发现 0.8Gy 直接照射大鼠睾丸 30d 和 45d 后睾丸的重量明显降低<sup>[6]</sup>,本研究中受照 24h 后大鼠的体重以及睾丸/体重比没有发生明显变化。除了通过受照方式的

改变和照射后的长期观察来研究照射对生殖系统的影响,还可以通过测定由生殖系统合成和分泌的激素来了解辐照对生殖系统的短期效应。目前这方面的研究并不多,文献报道了 Chernobyl 核电站事故后部分受照人员性激素的远期效应,如精子功能异常、睾酮水平下降<sup>[2]</sup>,甚至影响了受照孕妇的后代性激素水平<sup>[7]</sup>。本研究在精确的大剂量电离辐射 0.5h 和 4h 后大鼠血浆中睾酮水平就明显低于对照组,照射 24h 后这种差别不明显。照射后 4h 后睾酮的活性形式双氢睾酮的水平也低于对照组,但没有显著性差异,这可能是由于性激素的脉冲式分泌和昼夜节律<sup>[8]</sup>加大了个体间的差异,从而削弱了统计检验的效能。性激素的这种分泌特点也使 3 个时间点的结果没有比较的价值。

总之,5Gy 照射后大鼠全血和血浆中 Mg、Fe 和 Cu 的水平发生了一定程度的变化,血浆睾酮水平显著下降,这些变化的作用机制和应用价值有待进一步的研究。

参考文献:

[1] 伍明江,张俊巍,蒋朝晖. 辐射损伤与微量元素 [J]. 微量元素与健康, 2006, 23(2): 51 - 52.

[2] Birioukov A, Meurer M, Peter RU, et al. Male reproductive system in patients exposed to ionizing irradiation in the Chernobyl accident [J]. Arch Androl, 1993, 30(2): 99 - 104.

[3] 王小平,李婷,李柏. 姬松茸 ds 区元素 Cu、Zn、Ag、Cd、Hg 累积特性的初步研究 [J]. 环境化学, 2009, 28(1): 94 - 98.

[4] 罗文海,高永,万巧云,等.  $\gamma$  射线对小鼠血清微量元素含量的影响 [J]. 中国公共卫生, 2003, 19(10): 1 211 - 1 212.

[5] 侯玮玮,刘斌,张格祥,等. 重离子辐照对小鼠血清微量元素含量的影响 [J]. 现代预防医学, 2008, 35(16): 3 060 - 3 062.

[6] Laporte P, Viguier - Martinez MC, Zongo D, et al. Changes in testicular fluid production and plasma hormones in the adult rat after testicular 60Co irradiation [J]. Reprod Nutr Dev, 1985, 25(2): 355 - 366.

[7] Huizink AC, Bartels M, Rose RJ, et al. Chernobyl exposure as stressor during pregnancy and hormone levels in adolescent offspring [J]. J Epidemiol Community Health, 2008, 62(4): e5 - 17.

[8] Waite E, Kershaw Y, Spiga F, et al. A Glucocorticoid sensitive biphasic rhythm of testosterone secretion [J]. J Neuroendocrinol, 2009, 21(9): 737 - 741. ( 收稿日期: 2010 - 09 - 30)