

X 射线辐射对小鼠肾组织结构和血清肌酐与尿素氮含量的影响

王 敏 俞诗源* 刘小媛 曹力凡

西北师范大学生命科学学院 兰州 730070

摘要: 为了探究 X 射线辐射对小鼠 (*Mus musculus*) 肾组织结构及功能的影响, 对 96 只成体小鼠, 用不同剂量 (0、1、3、5 Gy) 的 X 射线进行全身辐射, 分别于辐射后 5、10、15、20 d 称量检测各期小鼠的肾重并用单因素方差分析进行组间数值比较, 用生物显微技术观察肾组织结构的变化, 用仪器分析法检测血清肌酐和尿素氮含量的变化。结果显示, 经 X 射线辐射后小鼠肾重有不同程度的增加, 且与剂量呈正相关。5 Gy 辐射后 5 d 时肾重较其他组增幅最大, 与对照组相比约增加 0.11 g; 1 Gy 辐射后 (5、10、15、20 d) 肾重增幅最小, 与对照组相比均仅增加 0.02 g。血清尿素氮和肌酐含量均有不同程度的升高 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。1 Gy 辐射后 5 d 时尿素氮含量增幅最大, 为 9.00 mmol/L, 与对照组相比增加 1.92 mmol/L; 1 Gy 辐射后 20 d 时尿素氮含量增幅最小, 为 7.09 mmol/L, 与对照组相比仅增加 0.03 mmol/L; 5 Gy 辐射后 10 d 时肌酐含量较其他组增幅最大, 与对照组相比约增加 16.11 $\mu\text{mol/L}$; 1 Gy 辐射后 20 d 时肌酐增幅最小, 与对照组相比仅增加 1.50 $\mu\text{mol/L}$ 。X 射线辐射后小鼠肾组织结构损伤明显, 肾小球严重肿胀并伴有出血现象, 近曲小管、远曲小管上皮细胞空泡化、凋亡、坏死, 肾小管结构紊乱、官腔结构无法分辨。结果表明, X 射线辐射严重影响肾的组织结构, 肌酐、尿素氮等代谢废物不能及时排出, 导致肾功能异常。

关键词: X 射线; 小鼠; 肾; 组织结构; 肌酐; 尿素氮

中图分类号: Q955 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2014)04-476-07

Effects of X-ray Radiation on Kidney Histological Structure and Serum Creatinine and Urea Nitrogen Contents

WANG Min YU Shi-Yuan* LIU Xiao-Yuan CAO Li-Fan

College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

Abstract: To explore the influence of X-ray radiation on the structure and function of kidney tissues, 96 mice (*Mus musculus*) were irradiated with different dosages (0, 1, 3, 5 Gy) of X-ray. After 5, 10, 15, 20 d of irradiation, kidney weight changes were examined and the difference of numerical values among groups were calculated by one-way analysis of variance. Kidney histological structure was observed using bio-microscopy. Contents of serum creatinine (Cr) and urea nitrogen (BUN) in blood were detected via instrumental analysis. The results showed that the kidney weight increased in varying degrees. With 5 Gy irradiation for 5 d, the increase in kidney weight was the highest compared to the other groups. Compared to the control group, it

基金项目 甘肃省自然科学基金项目 (No. 1107RJZA141), 兰州市社会发展项目 (No. 2013-3-72);

* 通讯作者, E-mail: syyu006@nwnu.edu.cn;

第一作者介绍 王敏, 女, 硕士研究生; 研究方向: 细胞与发育生物学; E-mail: wangmin8622@163.com。

收稿日期: 2013-11-22, 修回日期: 2014-03-20

increased 0.11 g. The kidney weight increase was the least after 1 Gy (5, 10, 15, 20 d) irradiation. Compare to the control group it increased only 0.02 g. Correlated with the dosage, BUN and Cr in blood also increased in varying degrees ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). After 1 Gy irradiation for 5 d, the increase of urea nitrogen content was the highest, reaching 9.00 mmol/L, 1.92 mmol/L higher than that of the control group. After 1 Gy irradiation for 20 d, the increase of urea nitrogen content was the lowest (7.09 mmol/L), and the increase was only 0.03 mmol/L compared to the control. After 5 Gy irradiation for 10 d the increase of creatinine level was the highest among all groups, and the increase was 16.11 $\mu\text{mol/L}$ compared to the control. After 1 Gy irradiation for 20 d, the increase of creatinine level was the lowest, and the increase was only 1.50 $\mu\text{mol/L}$ compared to the control. Kidney histological structure injuries were obvious. We could observe the bleeding and severe glomerular swelling. Vacuolization, apoptosis, and necrosis were found in the proximal tubule and distal convoluted tubule epithelium. The tubule structure was out of order and organizational structure could not be distinguished, the creatinine, urea nitrogen and other metabolic wastes could not be discharged in time. The results reveal that X-ray irradiation affects the tissue morphology and the function of kidney.

Key words: X-ray; Mice; Kidney; The structure of tissues; Serum creatinine; Urea nitrogen

自伦琴发现 X 射线后,人类社会对 X 射线的研究和应用便拉开了序幕。目前 X 射线在生物学和医学领域已得到广泛应用, X 射线人工诱发基因突变和对蛋白质结构的测定大大推动了生物学从细胞水平向分子水平的过渡(李亚美等 1995), X 射线透视与 X 射线 CT 成像技术的应用挽救了成千上万人的生命(朱佩平等 2007),然而 21 世纪是电子产品肆意横行的时代,电脑、手机等电子设备及电气设备得到了最普遍的应用,因而电磁辐射损伤也成了不能忽视且亟待解决的问题并引起了科研工作者的关注。有研究表明,用 2 Gy X 射线全身辐射小鼠(*Mus musculus*)导致胸腺细胞中 Cyclin B₁ 蛋白(周期蛋白 B₁)和 p34^{cdc2} 表达降低(叶飞等 2001);低剂量 X 射线辐射诱导小鼠睾丸中 C/EBP 同源蛋白和胱天蛋白酶-12mRNA 的表达呈剂量-时程-效应,调控睾丸生精细胞的凋亡(姜铁超等 2011);2 Gy X 射线辐射体外培养的物理损伤型大鼠(*Rattus norvegicus*)星形胶质细胞抑制 5-溴脱氧尿嘧啶核苷的表达,抑制损伤后星形胶质细胞反应性增殖(朱舟等 2010);染色体畸变的 X 射线工作站人员白细胞异常率增加、造血系统损伤严重(吴旭梅等 2007);Taurolidine 联合 4 Gy X 射线辐射使小鼠恶性黑色素细胞中周期蛋白 B (Cyclin B) 和 cdc2 蛋白的表达降低、Caspase3

表达升高,诱导癌细胞凋亡(孙宝胜等 2011);本课题组研究了 X 射线辐射对发育期仔鼠皮肤(邓海平等 2008,王悦等 2011)、肝(刘曜荣等 2010)、胃肠(俞诗源等 2011,左文涛等 2012)、脑组织(王元春等 2011)和肾抗氧化酶活性的影响(邓海平等 2008),发现 X 射线辐射对发育期仔鼠皮肤、胃肠、肝、脑组织有明显的损伤作用。但有关电离辐射对肾组织结构与功能是否有损伤鲜有报道,为了进一步搞清 X 射线辐射对肾组织结构与功能的影响,笔者以成体小鼠为实验材料,用 X 射线全身辐射后观察肾组织结构的变化,检测血清肌酐、尿素氮含量的变化,探讨 X 射线辐射对肾组织结构和功能的影响。

1 材料与方法

1.1 仪器 主要仪器:6-MV 医用 X 射线直线加速器、全自动血液生物化学分析仪(Olympus Au400,日本)光学显微镜(Olympus, FX-35WA,日本)。

1.2 实验动物与辐射方法 选成体昆明小鼠 96 只(体重 30 ~ 35 g)(兰州大学实验动物中心提供),用左文涛等(2012)的方法和半数致死量,随机将动物分为对照组和 3 个实验组(1.3、5 Gy 组),每组 24 只,各小鼠用 6-MV 医用 X 射线直线加速器进行全身辐射,每天 1

次,连续辐射 3 d,剂量率分别为 0、1、3、5 Gy。

1.3 肾重的测量 实验动物于辐射后 5、10、15、20 d 时每组各取 6 只放血处死,取出肾用滤纸吸干,用电子天平称量肾的重量,然后放入 15% 的中性福尔马林中固定。

1.4 组织学观察 取上述固定的不同时期肾组织块,用常规石蜡包埋,连续切片,H.E 染色,在光学显微镜下观察、拍照。

1.5 肌酐、尿素氮含量的测定 实验动物自颈动脉取血,入肝素钠抗凝的采血管中,经 3 000 r/min 离心 15 min,收集血清,送兰州军区空军医院检验科用全自动血液生物化学分析仪检测血清肌酐、尿素氮的含量。

1.6 数据处理 实验数据用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析处理,组间比较采用单因素方差分析(one-way ANOVA),两组间均值比较采用双尾 *t*-检验,结果以 Mean ± SD 表示,*P* < 0.05 表示差异显著,*P* < 0.01 为差异极显著。

2 实验结果

2.1 X 射线辐射后小鼠肾重的变化 X 射线辐射后小鼠的肾重与正常对照组相比都有不同程度的增加(表 1)。1 Gy 组小鼠肾重与对照组相比有所增加,差异不显著,3 Gy、5 Gy 组小鼠肾重与对照组相比差异显著或极显著(*P* < 0.05 或 *P* < 0.01)。

2.2 X 射线辐射后血清中尿素氮、肌酐含量的变化 X 射线辐射影响小鼠血清尿素氮的含量

表 1 X 射线辐射后小鼠肾重的变化
Table 1 Changes of kidney weight after irradiation with different dosages of X-ray in mice

剂量 Dosage (Gy)	肾重 Kidney weight (g) <i>n</i> =6			
	5 d	10 d	15 d	20 d
0	0.19±0.05	0.18±0.04	0.19±0.04	0.19±0.06
1	0.21±0.01	0.20±0.05	0.21±0.02	0.21±0.02
3	0.26±0.04*	0.27±0.01	0.27±0.02*	0.26±0.03**
5	0.30±0.01**	0.29±0.02**	×	×

与对照组比较,**P* < 0.05,***P* < 0.01;× 小鼠全部死亡。
Compared with control group,**P* < 0.05,***P* < 0.01;× All dead.

(表 2)。经 X 射线辐射后,实验组小鼠血清尿素氮含量与对照组相比均有不同程度的升高。1 Gy 组 5 d、15 d 时,小鼠血清尿素氮含量与对照组相比极显著升高(*P* < 0.01);3 Gy 组 5 d、10 d、20 d 时,小鼠血清尿素氮含量与对照组相比显著升高(*P* < 0.05);5 Gy 组 10 d,小鼠血清尿素氮含量与对照组相比显著升高(*P* < 0.05)。

X 射线辐射影响小鼠血清肌酐的含量(表 2)。经 X 射线辐射后,所有实验组小鼠血清肌酐含量与对照组相比都有不同程度的升高。1 Gy 组 5 d、15 d 时,小鼠血清肌酐含量与对照组相比极显著升高(*P* < 0.01);3 Gy、5 Gy 组小鼠血清肌酐含量与对照组相比极显著升高(*P* < 0.01)。

表 2 小鼠血清尿素氮、肌酐含量的变化(*n* = 6)
Table 2 Changes of Urea nitrogen and Serum creatinine in blood after irradiation with X-ray (*n* = 6)

剂量 Dosage (Gy)	尿素氮 Urea nitrogen (mmol/L)				肌酐 Serum creatinine (μmol/L)			
	5 d	10 d	15 d	20 d	5 d	10 d	15 d	20 d
0	7.08±0.58	7.03±0.42	7.07±0.15	7.06±0.51	17.28±0.89	15.74±0.51	16.22±0.54	16.90±0.77
1	9.00±1.91**	7.77±2.01	7.51±0.10**	7.09±0.25	23.8±3.60**	19.70±2.53	19.40±0.18**	18.40±1.02
3	7.84±0.16*	8.04±0.86*	8.13±0.14	8.52±0.20*	31.20±3.12**	28.40±0.65**	25.81±0.35	24.30±1.16**
5	8.07±0.14	7.92±0.11*	×	×	31.80±1.18**	31.85±1.42**	×	×

与对照组比较,**P* < 0.05,***P* < 0.01;× 小鼠全部死亡。
Compared with control group,**P* < 0.05,***P* < 0.01;× All dead.

2.3 X 射线辐射后小鼠肾组织结构的变化

X 射线辐射影响小鼠肾的组织结构。对照组小鼠肾组织结构完整,肾单位清晰可见(图版 I:1,2)。经不同剂量的 X 射线辐射后,肾组织结构都有不同程度的损伤,辐射剂量越大,辐射损伤越明显。1 Gy 组小鼠肾小球毛细血管出现出血现象,肾小球开始肿胀、肾小囊腔变得狭小,近曲小管、远曲小管、集合管上皮细胞轻度肿胀(图版 I:3~10);3 Gy、5 Gy 组小鼠肾小球严重肿胀,近曲小管、远曲小管严重肿胀、上皮细胞空泡化、凋亡、坏死,小管结构紊乱、官腔结构无法分辨(图版 I:11~20)。

3 讨 论

3.1 X 射线辐射对小鼠肾重的影响 X 射线损伤是一种急性、不可逆损伤,高剂量射线辐射会导致受辐射组织细胞中 NADPH 氧化酶被激活而产生大量的活性氧类(杜斌斌等 2008),过量的超氧阴离子自由基攻击细胞,使超氧化物歧化酶(Superoxide dismutase, SOD)、过氧化氢酶(catalase, CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathion-peroxidase, GSH-Px)防御系统被破坏,自由基无法被清除,从而造成生物膜的脂质过氧化损伤(邓海平等 2008, 俞诗源等 2011, 左文涛等 2011),导致变性的发生。本实验显示 X 射线辐射后小鼠的肾重与正常对照组相比都有不同程度的增加,这可能是 X 射线辐射引起小鼠肾实质细胞和间质细胞变性发生细胞水肿,细胞体积增大从而导致肾重量增加(曹靖宇 2010)。另外,电离辐射引起免疫细胞迅速减少且增殖受阻、免疫器官萎缩,导致免疫系统损伤(叶飞等 2001, 崔玉芳等 2002, 谢小东等 2013),小鼠容易受到病菌的感染引发炎症, X 射线辐射后小鼠口唇肿胀、溃烂,摄食量减少,导致蛋白质摄入不足容易引发低蛋白血症; X 射线辐射亦引起消化道上皮细胞凋亡增加和胃肠血管的纤维化及胃蛋白酶、脂肪酶活性降低、小肠吸收功能降低,加剧了低蛋白血症发生的机率(Bluemke et al. 1991, Grover et al. 1997, 董红林等 1999, 丁桂

荣等 2000); X 射线辐射后肾小球毛细血管上皮细胞发生严重的脂质过氧化反应,改变了肾小球上皮细胞的糖蛋白代谢,破坏了肾小球滤过膜的结构和功能,导致滤过屏障通透性增加,蛋白质异常丢失,进一步加剧了低蛋白血症的形成(王锦锦等 2011, 李亚丽等 2013),使得肾组织有效渗透压降低,组织间滞留过多水分,导致肾体积增大,肾重量增加。

3.2 X 射线辐射对小鼠肾组织结构和功能的影响 机体肾排泄的代谢终产物种类多,数量大,肾可根据内环境的变化调节尿液的成分和尿量,以调节机体的水平衡、电解质平衡和酸碱平衡。血肌酐和尿素氮两者分别为含氮的有机物和蛋白质代谢的终末产物,在肾功能正常情况下,这些小分子物质从肾小球滤出,在肾功能损害早期,其可在正常范围内,当肾小球滤过功能降低 50% 时,血肌酐和尿素氮因滞留而增高(Wang et al. 1998),临床上常被用作肾小球滤过功能的诊断指标。X 射线辐射肾损伤时,白细胞会附着在肾小球基底膜,同时肾小球纤维蛋白沉积并形成血栓,使肾小体血管球中血流量减少、血压降低导致肾小球滤过率降低(张玉侠等 2003, 刘晓梅等 2005),使血浆中代谢废物堆积。本研究显示 X 射线辐射后,引起肾小球肿胀、肾小囊腔狭小,肾小管和集合管上皮细胞空泡化、凋亡、坏死,严重影响了肾小体的滤过功能和肾小管的重吸收功能(俞诗源等 2013),导致肌酐、尿素氮不能及时排出体外,造成血清中肌酐、尿素氮含量增加。

综上所述, X 射线辐射损害小鼠的肾组织结构,导致肾功能异常和血清肌酐与尿素氮含量升高,其具体机制还有待于进一步的实验研究。

参 考 文 献

- Bluemke D A, Fishman E K, Kuhman J E, et al. 1991. Complications of radiation therapy: CT evaluation. *Radio Graphics*, 11(4): 581-600.
- Grover N, Johnson A. 1997. Case Report: aminocaproic acid used to control upper gastrointestinal bleeding in radiation gastritis. *Digestive Diseases Sciences*, 42(5): 982-984.

- Wang W, Huang H M, Zhu D M, et al. 1998. Modified ultrafiltration in paediatric cardiopulmonary bypass. *Perfusion*, 13(5): 304–310.
- 曹靖宇. 2010. 病理学基础. 西安: 第四军医大学出版社.
- 崔玉芳, 丁彦青, 杜雪梅. 2002. 细胞凋亡与辐射免疫损伤研究进展. 国外医学: 放射医学核医学分册, 26(6): 271–274.
- 邓海平, 俞诗源, 陈玉琴, 等. 2008. X 射线辐射对仔鼠体重、皮毛生长及肝、肾脏组织 SOD、CAT 活力及 MDA 含量的影响. 动物学报, 54(6): 1029–1037.
- 丁桂荣, 郭国祯, 田芙蓉, 等. 2000. 电离辐射对小鼠小肠和结肠细胞凋亡的影响. 辐射研究与辐射工艺学报, 18(1): 63–67.
- 董红林, 蔡军伟, 吴定标. 1999. 大鼠全身辐射损伤后小肠吸收功能变化的研究. 中国病理生理杂志, 15(6): 559–562.
- 杜斌斌, 刘箐, 张维胜, 等. 2008. X 射线致 HeLa 细胞损伤过程中 NADPH 氧化酶的作用. 原子核物理评论, 25(4): 391–396.
- 姜铁超, 韩宏志, 孔宁. 2011. 实时定量 PCR 检测低剂量 X 射线对小鼠睾丸中 CHOP 和 caspase-12mRNA 表达的影响. 中国实验诊断学, 15(8): 1279–1281.
- 李美亚, 张之翔. 1995. X 射线的发现及其对现代科学技术的影响: 纪念伦琴发现 X 射线 100 周年. 物理, 24(8): 474–482.
- 李亚丽, 张悦. 2013. 黄芪对小鼠阿霉素急性肾损伤保护作用的研究. 中国中医药科技, 20(2): 143–145.
- 刘晓梅, 李冬雪, 潘莉萍. 2005. 核医学对放疗诱发的肾、脑、唾液腺等正常组织损伤的监测. 国外医学: 放射医学核医学分册, 29(4): 166–168.
- 刘曜荣, 俞诗源. 2010. X 射线辐射对仔鼠肝组织结构和相关蛋白的影响. 科技导报, 28(13): 87–91.
- 孙宝胜, 张矛, 刘林林, 等. 2011. Taurolidine 联合 X 射线对小鼠恶性黑色素瘤细胞周期进程的影响. 吉林大学学报: 医学版, 37(1): 21–25.
- 王锦锦, 李重阳, 俞诗源, 等. 2011. 麻黄素对仔鼠肾组织结构和 SOD、CAT 及 MDA 含量的影响. 动物学杂志, 46(6): 118–125.
- 王元春, 俞诗源, 王昱, 等. 2011. X 线辐射对仔鼠大脑颞叶皮层结构及乙酰胆碱酯酶活性、Bax 蛋白和表皮生长因子表达的影响. 解剖学报, 42(3): 307–313.
- 王悦, 邓海平, 俞诗源. 2011. X 射线对仔鼠皮肤组织结构及 c-Fos、KGF 表达的影响. 动物学杂志, 46(3): 123–130.
- 吴旭梅, 王良群, 李茹莉, 等. 2007. X 射线工作人员染色体畸变与血象变化的相关性. 工业卫生与职业病, 33(1): 35–37.
- 谢小东, 苏刚, 贾宗平, 等. 2013. 硫酸软骨素-A 对 X 射线辐照损伤小鼠的保护作用. 西北师范大学学报: 自然科学版, 49(1): 86–91.
- 叶飞, 刘树铮. 2001. X 射线全身照射对小鼠胸腺细胞 Cyclin B₁ 和 p34^{cdc2} 蛋白表达的影响. 辐射防护, 21(6): 365–368.
- 俞诗源, 左文涛, 王元春. 2011. X 射线对仔鼠十二指肠组织结构和抗氧化酶活性的影响. 西北师范大学学报: 自然科学版, 47(3): 80–86.
- 俞诗源, 魏娉婷, 郭耀, 等. 2013. 中药小复方对麻黄素仔鼠血清 BUN、Cr 含量和肾组织的影响. 西北师范大学学报: 自然科学版, 49(6): 84–90.
- 张玉侠, 戚其学, 周希静. 2003. 凝血纤溶因子的相关分析及其促使肾小球硬化的作用机理. 中国血液流变学杂志, 3(13): 217–218.
- 朱佩平, 吴自玉. 2007. X 射线相位衬度成像. 物理, 36(6): 443–451.
- 朱舟, 汪琦, 徐逸, 等. 2010. X 射线对体外培养星形胶质细胞增生活化和分泌的影响. 中国组织化学与细胞化学杂志, 19(1): 1–5.
- 左文涛, 刘婷婷, 俞诗源. 2012. X 射线辐射对仔鼠消化酶活性及胃中 Bax 和 Ghrelin 表达的影响. 中国细胞生物学学报, 34(9): 857–864.
- 左文涛, 俞诗源, 王昱, 等. 2011. X 线对仔鼠胃组织结构及总抗氧化能力、谷胱甘肽过氧化物酶和谷胱甘肽还原酶活性的影响. 解剖学报, 42(4): 521–526.

图版说明

X 射线辐射后肾组织结构的变化

1. 对照组 10 d 肾皮质; 2. 对照组 10 d 肾髓质; 3. 1 Gy 组 5 d 肾皮质, 毛细血管球出血并开始肿胀, 近曲小管上皮细胞肿胀、空泡化(↑); 4. 1 Gy 组 5 d 肾髓质, 肾小管上皮细胞空泡化变性、部分降解(↑); 5. 1 Gy 组 10 d 肾皮质, 肾小球轻度肿胀, 近曲小管、远曲小管上皮细胞肿胀、变性、部分降解(↑); 6. 1 Gy 辐射后 10 d 肾髓质, 肾小管上皮细胞肿胀程度更加严重(↑); 7. 1 Gy 辐射后 15 d 肾皮质, 肾小球轻度肿胀, 近曲小管、远曲小管肿胀变严重; 8. 1 Gy 辐射后 15 d 肾髓质, 肾小管上皮细胞空泡化加重; 9. 1 Gy 辐射后 20 d 肾皮质, 近曲小管、远曲小管上皮细胞出现少量细胞核染色质凝聚的现象; 10. 1 Gy 辐射后 20 d 肾髓质, 肾小管上皮细胞肿胀更严重; 11. 3 Gy 辐射后 5 d 肾皮质, 肾小球肿胀, 远曲小管肿胀、空泡化、核固缩; 12. 3 Gy 辐射后 5 d 肾髓质, 集合管上皮细胞空泡化、肿胀严重; 13. 3 Gy 辐射后 10 d 肾皮质, 肾小囊腔狭窄, 近曲小管、远曲小管结构开始紊乱; 14. 3 Gy 辐射后 10 d 肾髓质, 肾小管结构紊乱(↑); 15. 3 Gy 辐射后 20 d 肾皮质, 肾小球肿胀严重; 16. 3 Gy 辐射后 20 d 肾髓质, 肾小管上皮细胞肿胀、空泡化严重(↑); 17. 5 Gy 辐射后 5 d 肾皮质, 肾小球极度肿胀; 18. 5 Gy 辐射后 5 d 肾髓质, 髓袢降支细胞肿胀、空泡化严重(↑); 19. 5 Gy 辐射后 10 d 肾皮质, 肾小体结构紊乱(↑); 20. 5 Gy 辐射后 10 d 肾髓质, 肾小管结构紊乱, 无法辨认(↑)。

Explanation of Plate

Changes of kidney histological structure after irradiation with different dosages of X-ray

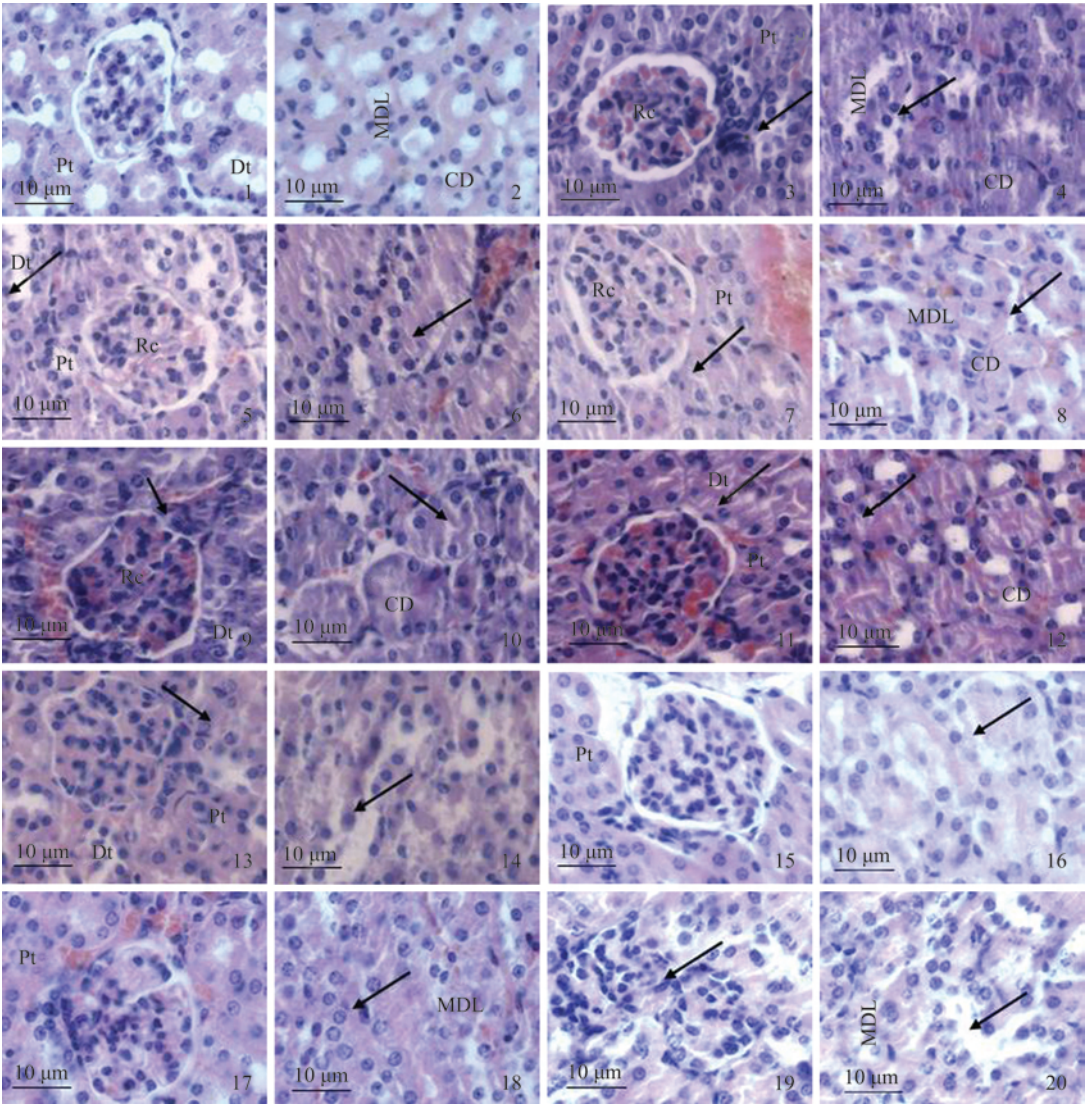
1. Renal cortex of control group at day 10; 2. Renal medullary of control group at day 10; 3. Renal cortex of 1 Gy group at day 5, glomerular bleeding and swelling, showing swelling and vacuolization of the proximal convoluted tubule epithelia cells (↑); 4. Renal medullary of 1 Gy group at day 5, showing vacuolization and degeneration and partially degrading of the tubular epithelial cells (↑); 5. Renal cortex of 1 Gy group at day 10, glomerular mild swelling; showing vacuolization, degeneration and partially degrading of the renal convoluted tubule epithelia cells and the proximal convoluted tubule epithelia cells (↑); 6. Renal medullary of 1 Gy group at day 10, showing more severe tubular epithelial cell swelling (↑); 7. Renal cortex of 1 Gy group at day 15, glomerular mild swelling, showing proximal convoluted tubule and distal convoluted tubule swelling becoming worse; 8. Renal medullary of 1 Gy group at day 15, showing swelling more severe of the tubular epithelial cells; 9. Renal medullary of 1 Gy group at day 20, showing a small amount of nuclear chromatin condensation of proximal convoluted tubule and distal convoluted tubule epithelia cells; 10. Renal medullary of 1 Gy group at day 20, showing swelling more severe of the tubular epithelial cells; 11. Renal cortex of 3 Gy group at day 5, glomerular swelling, showing swelling, vacuolization and a amount of nuclear chromatin condensation of the distal convoluted tubule epithelia cells; 12. Renal medullary of 3 Gy group at day 5, showing vacuolization and swelling severe of collecting tubule epithelia cells; 13. Renal medullary of 3 Gy group at day 10, the glomerular capsule cavity narrowing, showing beginning to disorder of proximal convoluted tubule and distal convoluted tubule; 14. Renal medullary of 3 Gy group at day 10, showing beginning to disorder of the tubule structure (↑); 15. Renal cortex of 3 Gy group at day 20, severe glomerular swelling; 16. Renal medullary of 3 Gy group at day 20, showing vacuolization and swelling of the tubular epithelial cells (↑); 17. Renal cortex of 5 Gy group at day 5, extreme glomerular swelling; 18. Renal medullary of 5 Gy group at day 5, showing swelling and vacuolization of medullary descending loop cells (↑); 19. Renal cortex of 5 Gy group at day 10, showing beginning to disorder of renal corpuscle structure (↑); 20. Renal medullary of 5 Gy group at day 10, showing beginning to disorder and illegible of the tubule structure (↑).

Re. 肾小球; Pt. 近曲小管; Dt. 远曲小管; CD. 集合管; MDL. 髓袢降支。

Re. Renal corpuscle; Pt. Proximal convoluted tubule; Dt. Distal convoluted tubule; CD. Collecting tubule; MDL. Medullary desending loop.

王 敏等: X 射线辐射对小鼠肾组织结构和血清肌酐与尿素氮含量的影响
WANG Min *et al.*: Effects of X-ray Radiation on Kidney Histological Structure and
Serum Creatinine and Urea Nitrogen Contents

图版 I
Plate I



图版说明见文后