

茶多酚复方口服液改善辐射后小鼠血象、 延长其生存期的实验研究

曾亚楠, 张蒙, 来枫, 程慧颖, 陈秋, 崔凤梅

(苏州大学医学部放射医学与防护学院, 江苏苏州 215123)

摘要: 目的: 观察茶多酚复方口服液对辐射后小鼠血常规检测指标和生存期的影响。方法: 小鼠随机分为4组, 正常对照组、辐射对照组、茶多酚复方口服液低浓度组和高浓度组。辐射对照组及茶多酚复方口服液实验组小鼠各接受1次4 Gy 钴⁶⁰ γ 射线照射, 同时茶多酚复方口服液实验组小鼠辐射后用茶多酚复方口服液灌胃, 连续7 d。然后分别于照射后7, 14, 21, 28 d取血检测白细胞(white blood cells, WBC)、淋巴细胞(lymphocytes, LYM)、中性粒细胞(neutrophils, NEU)、红细胞(red blood cells, RBC)、血小板(platelet, PLT)、单核细胞(monocytes, MON)、平均红细胞体积(mean corpuscular volume, MCV)、平均血红蛋白量(mean corpuscular haemoglobin, MCH)、平均红细胞血红蛋白浓度(mean corpuscular hemoglobin concentration, MCHC)、平均血小板体积(mean platelet volume, MPV)、血小板压积(plateletcrit, PCT)。另一批小鼠接受1次8 Gy 钴⁶⁰ γ 射线照射, 并每天观察生存情况。结果: 茶多酚复方口服液可以提高小鼠外周血WBC、LYM、NEU和PLT的数量, 但对RBC无影响, 对MON、MCV、MCHC、PCT具有一定的影响, 而对MCH、MPV无影响, 并显著延长小鼠的生存期。结论: 茶多酚复方口服液具有一定抗辐射损伤的作用, 对辐射后骨髓造血功能有一定的保护作用, 同时能够延长小鼠的生存期。

关键词: 放射医学; 茶多酚复方口服液; 钴⁶⁰ γ 射线; 血常规检测

中图分类号: R811.5 文献标识码: A 文章编号: 1674-2850(2017)11-1268-08

Experimental study on tea polyphenol compound oral liquid improving hematopoiesis and prolonging survival of irradiated mice

ZENG Yanan, ZHANG Meng, LAI Feng, CHENG Huiying, CHEN Qiu, CUI Fengmei

(School of Radiation Medicine and Protection, Medical College of Soochow University, Suzhou,
Jiangsu 215123, China)

Abstract: Objective: To investigate the influence of tea polyphenol compound oral liquid on the routine blood test index and survival in mice after irradiation. Methods: The mice were randomly divided into 4 groups i.e. the normal control group, irradiation control group, tea polyphenol compound oral liquid low concentration group and high concentration group. The irradiation control and tea poly phenol compound oral liquid experimental groups were exposed 4 Gy ⁶⁰Co γ -ray irradiation, and the mice of tea poly phenol compound oral liquid experimental groups were given tea polyphenol compound oral liquid for 7 d straight after radiation. The blood of the mice were obtained 7, 14, 21, 28 d after radiation, in which the content of white blood cells (WBC), lymphocytes (LYM), neutrophils (NEU), red blood cells (RBC), platelet (PLT), monocytes (MON), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular haemoglobin

基金项目: 江苏省研究生培养创新工程 (KYLX14_1267)

作者简介: 曾亚楠 (1990—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 放射损伤与防护

通信联系人: 崔凤梅, 副教授, 主要研究方向: 放射损伤与防护. E-mail: cuifengmei@suda.edu.cn

(MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), mean platelet volume (MPV) and plateletcrit (PCT) were detected. Meanwhile, another part of mice received 8 Gy ^{60}Co γ -ray irradiation and their survival condition was analyzed. Results: Tea polyphenol compound oral liquid can improve the number of peripheral WBC, LYM, NEU and PCT in mice after radiation, while it has no influence on RBC. Meanwhile, Tea polyphenol compound oral liquid has certain influence on the contents of MON, MCV, MCHC, and PCT in mice, but it has no influence on MCH and MPV, and it can also prolong survival time in mice after irradiation. Conclusion: Tea polyphenol compound oral liquid shows certain anti-radiation effect through protecting bone marrow hematopoietic function and it can prolong survival time as well in mice after γ -ray irradiation.

Key words: radioactive medicine; tea polyphenol compound oral liquid; ^{60}Co γ -ray; routine blood test

0 引言

电离辐射在日常生活中有许多实际应用,如医学成像、放射治疗、食物杀菌、发电等。一些意外暴露,如医疗和核工业辐射事故以及使用辐射资源进行恐怖袭击,都会导致灾难性的后果,这是不容忽视的。增加辐射暴露水平,不论是计划的还是意外的均会导致严重的健康危害。因此,探寻既能对抗电离辐射的有害效应,又不含或含有极小毒性的药物引起越来越多的关注^[1]。到目前为止,只有氨磷汀被美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)批准作为一种放射防护剂应用于临床,但因为一些相关局限性只能在严格的医学监管下使用^[2]。近年来,抗氧化剂和天然药物作为有希望的放射防护剂,因它们的低毒性而获得关注,然而它们中没有一个应用于临床^[3-6]。

茶多酚又称茶鞣质,是茶叶中多酚类物质的总称,也是茶叶中具有药理和保健功能的主要成分之一。近年来,大量研究发现茶多酚具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抗辐射、抗高血脂、防治动脉粥样硬化和抗病毒等药理学活性;茶多酚可以通过清除自由基、调节基因表达及蛋白合成等途径发挥抗辐射作用^[7]。有研究称茶多酚的主要成分——表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)可作为小鼠造血系统辐射损伤的一个潜在缓解剂^[8]。黄芪为豆科植物蒙古黄芪或膜荚黄芪的干燥根,它的主要活性成分为黄芪多糖。黄芪多糖具有广泛的药理活性,包括抗癌、免疫调节、抗氧化、抗辐射效应。本研究所用的茶多酚复方口服液由黄芪提取物(主要为黄芪多糖)和茶叶提取物(主要为茶多酚)组成,主要观察茶多酚复方口服液对小鼠钴 $^{60}\gamma$ 射线照射后造血系统的影响。

1 材料与方法

1.1 实验动物

SPF级纯品系C57BL/6雄性小鼠,购自上海斯莱克实验动物公司,6周龄,体重20g左右,饲养于苏州大学动物中心屏障系统内,所有进入屏障系统内的饲料、水、空气、垫料及各种物品均经过高温高压灭菌处理。小鼠共126只,用于检测血常规的小鼠共96只,分为4组,分别为正常对照组、辐射对照组、茶多酚复方口服液低浓度组和高浓度组;用于统计生存率的小鼠共30只,分为3组,分别为辐射对照组、茶多酚复方口服液低浓度组和高浓度组,每组10只。

1.2 药物与给药方式

实验中所用的茶多酚复方口服液由黄芪提取物(主要为黄芪多糖)和茶叶提取物(主要为茶多酚)组成。将小鼠随机分为4组,分别为正常对照组、辐射对照组、茶多酚复方口服液低浓度组和高浓度组。茶多酚复方口服液低浓度组为黄芪25g/L、茶多酚12.5g/L,高浓度组为黄芪100g/L、茶多酚50g/L。每

组小鼠均灌胃给药, 1次/d, 每次0.2 mL, 在照射后各组均连续给药7 d. 然后于照射后7, 14, 21, 28 d麻醉后心脏取血, 每组每个时间点对6只小鼠进行心脏取血。

1.3 照射条件

采用苏州大学辐射中心的钴⁶⁰ γ 射线对小鼠进行全身照射, 照射剂量为4 Gy, 剂量率为200 cGy/min, 建立小鼠钴⁶⁰ γ 射线照射中度骨髓损伤模型。而用于统计生存率的小鼠照射剂量为8 Gy, 剂量率为200 cGy/min, 在照射后每天观察小鼠的生存情况并做好记录。

1.4 取血与血常规检测

分别于照射后7, 14, 21, 28 d对小鼠进行麻醉后心脏取血, 然后进行血常规检测。小鼠取血前使用5%水合氯醛进行全身麻醉, 每只小鼠0.2 mL。

1.5 统计学分析

所有实验数据以均数 \pm 标准差($\bar{X} \pm S$)表示, 组间比较采用 t 检验, 以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 茶多酚复方口服液对4 Gy照射后小鼠外周血细胞数量的影响

由表1可知, 4 Gy钴⁶⁰ γ 射线照射可显著降低小鼠外周血WBC的数量, 而高浓度的茶多酚复方口服液可以提高照射后14 d小鼠外周血WBC的数量, 同时低浓度的茶多酚复方口服液可以提高照射后28 d小鼠外周血WBC的数量。由表2可知, 4 Gy钴⁶⁰ γ 射线照射可显著降低小鼠外周血LYM的数量, 而高浓度的茶多酚复方口服液可以提高照射后14 d小鼠外周血LYM的数量。由表3可知, 4 Gy钴⁶⁰ γ 射线照射后28 d可显著降低小鼠外周血NEU的数量, 而低浓度和高浓度的茶多酚复方口服液均可提高照射后28 d小鼠外周血NEU的数量。表1中正常对照组小鼠的WBC数随周龄的增长有增加的趋势, 这并非表明小鼠出现了感染, 据文献报道, 不同年龄的小鼠外周血WBC正常值并不相同, WBC数有随年龄增多的趋势^[9]。

由表4可知, 4 Gy钴⁶⁰ γ 射线照射后7 d和14 d可显著降低小鼠外周血RBC的数量, 而茶多酚复方口服液对照射后小鼠外周血RBC的数量无影响。由表5可知, 4 Gy钴⁶⁰ γ 射线照射后7 d可显著降低小鼠外周血PLT的数量, 而低浓度和高浓度的茶多酚复方口服液均可提高照射后7 d小鼠外周血PLT的数量。同时高浓度的茶多酚复方口服液还可以提高照射后21 d和28 d小鼠外周血PLT的数量。总而言之, 茶多酚复方口服液可以提高照射后小鼠外周血WBC、LYM、NEU和PLT的数量, 而对RBC无明显影响。

表1 茶多酚复方口服液对照射后小鼠外周血WBC的影响 ($\times 10^9/L$)

Tab. 1 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on peripheral WBC in mice after irradiation ($\times 10^9/L$)

时间/d	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
7	1.92 \pm 0.63*	0.65 \pm 0.28	0.59 \pm 0.39	0.53 \pm 0.02
14	3.54 \pm 0.98*	0.59 \pm 0.18	0.72 \pm 0.42	1.02 \pm 0.30 ⁺
21	6.78 \pm 0.70*	2.07 \pm 1.25	1.95 \pm 1.05	1.49 \pm 0.96
28	4.38 \pm 1.60*	1.49 \pm 0.31	2.89 \pm 0.92 ^{&}	1.41 \pm 0.13

注: 表中低、高浓度组分别为茶多酚复方口服液低、高浓度组, 下同; *为辐射对照组与正常对照组比较, $P < 0.05$; &为辐射对照组与低浓度组比较, $P < 0.05$; +为辐射对照组与高浓度组比较, $P < 0.05$

表 2 茶多酚复方口服液对照射后小鼠外周血 LYM 的影响 ($\times 10^9/L$)Tab. 2 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on peripheral LYM in mice after irradiation ($\times 10^9/L$)

时间/d	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
7	0.99±0.36*	0.09±0.04	0.23±0.29	0.08±0.02
14	2.74±0.99*	0.15±0.09	0.17±0.14	0.52±0.35 ⁺
21	5.75±0.65*	0.46±0.22	0.59±0.45	0.28±0.09
28	1.85±1.53*	0.69±0.15	1.33±1.34	0.36±0.09

注: *为辐射对照组与正常对照组比较, $P<0.05$; +为辐射对照组与高浓度组比较, $P<0.05$

表 3 茶多酚复方口服液对照射后小鼠外周血 NEU 的影响 ($\times 10^9/L$)Tab. 3 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on peripheral NEU in mice after irradiation ($\times 10^9/L$)

时间/d	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
7	0.83±0.28	0.53±0.23	0.35±0.09	0.42±0.01
14	0.63±0.13	0.38±0.11	0.49±0.30	0.44±0.12
21	0.82±0.11	1.49±1.07	1.20±0.95	1.09±0.85
28	1.45±0.45*	0.72±0.25	1.25±0.56 ^{&}	0.96±0.20 ⁺

注: *为辐射对照组与正常对照组比较, $P<0.05$; &为辐射对照组与低浓度组比较, $P<0.05$; +为辐射对照组与高浓度组比较, $P<0.05$

表 4 茶多酚复方口服液对照射后小鼠外周血 RBC 的影响 ($\times 10^9/L$)Tab. 4 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on peripheral RBC in mice after irradiation ($\times 10^9/L$)

时间/d	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
7	9.64±0.25*	8.51±0.79	7.93±0.57	7.87±0.19
14	9.98±0.46*	9.09±0.28	8.79±0.42	8.64±0.31
21	9.66±0.56	8.98±0.58	8.97±0.47	9.26±0.33
28	9.24±0.64	9.53±0.33	9.51±0.41	9.50±0.70

注: *为辐射对照组与正常对照组比较, $P<0.05$

表 5 茶多酚复方口服液对照射后小鼠外周血 PLT 的影响 ($\times 10^9/L$)Tab. 5 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on peripheral PLT in mice after irradiation ($\times 10^9/L$)

时间/d	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
7	850.33±48.01*	513.33±136.18	626.00±85.71 ^{&}	722.00±149.90 ⁺
14	969.17±243.85	773.33±227.39	827.17±139.86	603.67±142.28
21	765.50±95.47	749.00±199.92	805.83±135.22	855.00±186.64 ⁺
28	927.25±147.04	1 126.50±143.42	1 112.00±499.27	1 384.33±108.70 ⁺

注: *为辐射对照组与正常对照组比较, $P<0.05$; &为辐射对照组与低浓度组比较, $P<0.05$; +为辐射对照组与高浓度组比较, $P<0.05$

2.2 茶多酚复方口服液对 4 Gy 照射后小鼠血常规指标的影响

由表 6~表 9 可知, 低浓度和高浓度的茶多酚复方口服液可以提高照射后 28 d 小鼠的 MON 数量。低浓度和高浓度的茶多酚复方口服液可以提高照射后 7 d 小鼠的 MCV 含量, 同时低浓度的茶多酚复方口服液可以提高照射后 21 d 小鼠的 MCV 含量。高浓度的茶多酚复方口服液可以降低照射后 21 d 小鼠的 MCHC 含量。高浓度的茶多酚复方口服液可以降低照射后 14 d 小鼠的 PCT 含量。而茶多酚复方口服液对 MCH、MPV 无明显的影响。

表6 茶多酚复方口服液对照后7 d小鼠血常规指标的影响 ($\times 10^9/L$)Tab. 6 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on routine blood test indices in mice 7 d after irradiation ($\times 10^9/L$)

指标	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
MON	0.026±0.018	0.013±0.003	0.009±0.004	0.010±0.001
MCV	76.13±1.01	76.03±1.35	78.57±0.40 ^{&}	80.25±0.07 ⁺
MCH	14.46±0.25	15.30±0.90	14.70±0.62	14.95±0.77
MCHC	190.00±3.00	201.33±10.96	187.33±7.57	187.00±9.89
MPV	6.91±0.30	7.08±0.46	6.53±0.13	6.80±0.02
PCT	0.58±0.02 [*]	0.36±0.08	0.40±0.05	0.49±0.10

注: *为辐射对照组与正常对照组比较, $P<0.05$; &为辐射对照组与低浓度组比较, $P<0.05$; +为辐射对照组与高浓度组比较, $P<0.05$

表7 茶多酚复方口服液对照后14 d小鼠血常规指标的影响 ($\times 10^9/L$)Tab. 7 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on routine blood test indices in mice 14 d after irradiation ($\times 10^9/L$)

指标	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
MON	0.044±0.037	0.051±0.031	0.041±0.025	0.052±0.019
MCV	77.30±0.84	76.76±1.70	77.67±1.94	77.80±2.42
MCH	15.15±0.64	14.50±0.60	14.43±0.80	14.55±0.58
MCHC	195.83±7.19	187.17±9.70	185.66±11.36	187.16±7.35
MPV	6.75±0.35	8.48±1.26	8.47±0.76	8.56±0.92
PCT	0.64±0.13	0.72±0.11	0.72±0.17	0.50±0.08 ⁺

注: +为辐射对照组与高浓度组比较, $P<0.05$

表8 茶多酚复方口服液对照后21 d小鼠血常规指标的影响 ($\times 10^9/L$)Tab. 8 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on routine blood test indices in mice 21 d after irradiation ($\times 10^9/L$)

指标	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
MON	0.033±0.019	0.082±0.046	0.113±0.051	0.089±0.038
MCV	76.70±1.22 [*]	73.41±1.88	75.60±1.89 ^{&}	74.70±1.17
MCH	14.3±0.28	14.25±0.50	14.00±0.41	13.60±0.41
MCHC	186.50±3.61 [*]	194.00±7.29	185.33±6.62	181.83±5.03 ⁺
MPV	6.75±0.32 [*]	8.23±0.65	8.97±1.37	8.43±0.44
PCT	0.51±0.06 [*]	0.67±0.06	0.73±0.23	0.71±0.15

注: *为辐射对照组与正常对照组比较, $P<0.05$; &为辐射对照组与低浓度组比较, $P<0.05$; +为辐射对照组与高浓度组比较, $P<0.05$

表9 茶多酚复方口服液对照后28 d小鼠血常规指标的影响 ($\times 10^9/L$)Tab. 9 Influence of tea polyphenol compound oral liquid on routine blood test indices in mice 28 d after irradiation ($\times 10^9/L$)

指标	正常对照组	辐射对照组	低浓度组	高浓度组
MON	0.020±0.007	0.046±0.069	0.213±0.090 ^{&}	0.065±0.030 ⁺
MCV	78.95±3.34	73.40±2.65	73.60±1.26	71.83±3.85
MCH	15.07±1.07 [*]	13.85±0.40	14.08±0.69	13.83±0.20
MCHC	191.00±9.48 [*]	189.16±6.43	191.60±7.66	192.66±13.61
MPV	7.06±0.35 [*]	7.98±0.93	7.63±0.81	7.26±0.20
PCT	0.65±0.08 [*]	0.89±0.06	1.00±0.24	1.00±0.13

注: *为辐射对照组与正常对照组比较, $P<0.05$; &为辐射对照组与低浓度组比较, $P<0.05$; +为辐射对照组与高浓度组比较, $P<0.05$

2.3 茶多酚复方口服液对8 Gy照射后小鼠生存率的影响

由图1可知,辐射对照组小鼠在8 Gy全身照射后一周内陆续死亡,而茶多酚复方口服液低浓度组和

高浓度组小鼠的生存率得到了很大的提高, 且具有明显的统计学差异。其中, 茶多酚复方口服液高浓度组的小鼠在照射后 12 d 内全部死亡, 而茶多酚复方口服液低浓度组的小鼠在照射后 18 d 仍有一只存活, 说明与高浓度相比, 低浓度的茶多酚复方口服液更能延长小鼠的生存率。

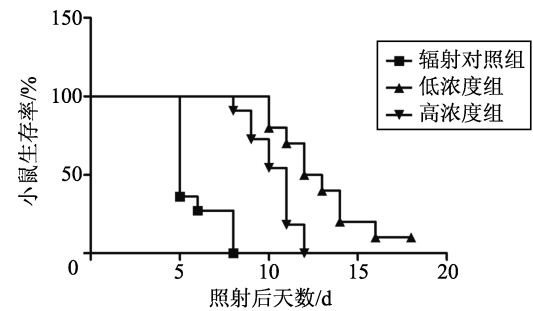
3 讨论

暴露于电离辐射常常会导致辐射敏感组织受到严重的危害, 引起免疫抑制, 这会影响人的健康和限制放射治疗在癌症病人中的应用^[10]。一些细胞和组织, 如造血系统、免疫细胞和男性生殖系统对射线非常敏感, 照射后会造成严重的损伤和功能紊乱^[11-12]。造血系统是全身对辐射损伤最敏感的系统, 辐射剂量超过 1 Gy 会引起骨髓细胞的损伤^[13]。经全身照射后, 损伤的临床表现对于哺乳类动物的组织来说可以清楚地在外周血中看到^[14]。故本文选用 4 Gy 钴 60 γ 射线对小鼠进行全身照射, 并观察小鼠外周血的变化。

茶多酚包括黄烷醇类、花色苷类、黄酮类、黄酮醇类和酚酸类等化学成分, 其中以黄烷醇类物质(儿茶素)为主要成分。儿茶素主要包括 EGCG、表没食子儿茶素(EGC)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)、表儿茶素(EC)、没食子儿茶素和儿茶素, 其中 EGCG 含量最高, 约占儿茶素的 80%^[15]。茶多酚具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抗辐射、抗高血脂、防治动脉粥样硬化和抗病毒等药理学活性。急性辐射暴露对造血系统的损害是导致死亡的一个重要因素。辐射会引起免疫抑制而导致动物的死亡, 而茶多酚能增加脾和胸腺指数从而促进造血系统的恢复, 进而可调节免疫系统起到辐射防护作用^[14]。有研究称, 在淋巴细胞中相对低浓度的 EGCG 能够抑制突变剂诱导的 DNA 链断裂, 但相对高浓度的 EGCG 会增加淋巴细胞 DNA 链断裂^[16]。由本文的数据可知, 茶多酚复方口服液具有一定缓解淋巴细胞辐射损伤的功能, 其中 EGCG 可能参与免疫细胞的调节, 然而高浓度的茶多酚复方口服液也有可能具有一定的细胞毒性。有报道称, 茶多酚中的 EGCG 及 EGC 具有抗凝和抗血小板的作用, 能够预防和减轻心血管疾病, 从而使抗凝和促凝系统保持平衡^[17]。而本文中茶多酚能提高小鼠全身照射后 PLT 数量, 进而减少辐射后的出血反应。

黄芪属于豆科植物, 为蒙古黄芪或膜荚黄芪的干燥根。黄芪中含有多种化学成分, 主要为多糖、黄酮类、皂苷类、氨基酸和微量元素等。黄芪多糖是黄芪中起主要作用的药物成分, 它能增强人体免疫功能和细胞的代谢功能, 提高免疫细胞的免疫活性, 调节血糖, 具有抗细胞衰老、抗肿瘤、抗病毒、抗炎、降血压、降血脂、抗应激、抗氧化、保肝保肾等功效^[18]。黄芪多糖对机体淋巴细胞、腹腔巨噬细胞和中性粒细胞的活化有增殖能力, 因而黄芪多糖可应用于减轻放化疗的免疫抑制作用, 提高人体免疫力^[19]。黄芪多糖能够恢复环磷酰胺引起小鼠骨髓抑制后的造血功能, 减轻环磷酰胺对外周血白细胞、单核细胞、红细胞及血小板的抑制作用^[20]。还有研究称黄芪和当归中药汤剂可促进 4 Gy 照射后小鼠骨髓的造血功能和血小板的生成, 可促进巨核细胞增殖, 还可促进骨髓基质细胞增殖, 通过间接促进巨核细胞的增殖和抑制巨核细胞凋亡来促进血小板的生成^[21]。本文中高浓度的黄芪多糖可提高照射后 7, 21, 28 d PLT 的数量。

茶多酚和黄芪多糖均具有一定的抗辐射作用。本研究表明, 两者的复合物也具有抗辐射效应, 同时



注: 低浓度组与辐射对照组相比具有明显的统计学意义, $P < 0.0001$; 高浓度组与辐射对照组相比具有统计学意义, $P = 0.0305$

图 1 8 Gy 钴 60 照射后小鼠生存率的分析

Fig. 1 Analysis of mice' survival rate after 8 Gy ⁶⁰Co radiation

能够延长小鼠的生存期。茶多酚复方口服液可以提高钴⁶⁰ γ 射线照射后小鼠外周血 WBC、LYM、NEU、PLT 和 MON 的数量,提示具有保护骨髓辐射损伤的作用,为临床用药提供一种可能,而其具体的作用机制有待进一步研究。

4 结论

茶多酚复方口服液对辐射后小鼠的造血系统具有一定的辐射防护作用,同时能够延长小鼠的生存期。

致谢

感谢江苏省放射医学与防护重点实验室对本课题的大力支持。

[参考文献] (References)

- [1] WEISS J F, LANDAUER M R. History and development of radiation-protective agents[J]. *International Journal of Radiation Biology*, 2009, 85(7): 539-573.
- [2] LANDAUER M R, CASTRO C A, BENSON K A, et al. Radioprotective and locomotor responses of mice treated with nimodipine alone and in combination with WR-151327[J]. *J. Appl. Toxicol.*, 2001, 21(1): 25-31.
- [3] VRINDA B, UMA DEVI P. Radiation protection of human lymphocyte chromosomes *in vitro* by orientin and vicenin[J]. *Mutat. Res.*, 2001, 498(1-2): 39-46.
- [4] NAIR C K, PARIDA D K, NOMURA T. Radioprotectors in radiotherapy[J]. *J. Radiat. Res.*, 2001, 42(1): 21-37.
- [5] GOEL H C, PRASAD J, SINGH S, et al. Radioprotective potential of an herbal extract of *Tinospora cordifolia*[J]. *J. Radiat. Res.*, 2004, 45(45): 61-68.
- [6] JAGETIA G C. Radioprotective potential of plants and herbs against the effects of ionizing radiation[J]. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, 2007, 40(2): 74-81.
- [7] 张晓梦, 倪艳, 李先荣. 茶多酚的药理作用研究进展[J]. *药物评价研究*, 2013, 36 (2): 157-160.
ZHANG X M, NI Y, LI X R. Advances in study on pharmacological effects of tea polyphenols[J]. *Drug Evaluation Research*, 2013, 36(2): 157-160. (in Chinese)
- [8] TIWARI M, DIXIT B, PARVEZ S, et al. EGCG, a tea polyphenol, as a potential mitigator of hematopoietic radiation injury in mice[J]. *Biomed. Pharmacother.*, 2017, 88: 203-209.
- [9] 郑升, 周伟良, 彭惠芬. 不同品种小鼠外周血白细胞正常值观察[J]. *动物学杂志*, 1988 (1): 45-48.
ZHENG S, ZHOU W L, PENG H F. Observation on the normal value of leukocytes in peripheral blood of different strains in mice[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 1988(1): 45-48. (in Chinese)
- [10] CHEN Y, XU Y, DU J, et al. Radioprotective effects of heat-killed mycobacterium tuberculosis in cultured cells and radiosensitive tissues[J]. *Cell Physiol. Biochem.*, 2016, 40(3-4): 716-726.
- [11] GUO C Y, LUO L, URATA Y, et al. Sensitivity and dose dependency of radiation-induced injury in hematopoietic stem/progenitor cells in mice[J]. *Sci. Rep.*, 2015, 5: 8055.
- [12] CHRISTOFIDOU-SOLOMIDOU M, PIETROFESA R A, ARGUIRI E, et al. Space radiation-associated lung injury in a murine model[J]. *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.*, 2015, 308(5): L416-L428.
- [13] HU Y, CAO J J, LIU P, et al. Protective role of tea polyphenols in combination against radiation-induced haematopoietic and biochemical alterations in mice[J]. *Phytother. Res.*, 2011, 25(12): 1761-1769.
- [14] XUE X L, HAN X D, LI Y, et al. Astaxanthin attenuates total body irradiation-induced hematopoietic system injury in mice via inhibition of oxidative stress and apoptosis[J]. *Stem. Cell Res. Ther.*, 2017, 8(1): 7.
- [15] 陈继英, 郭嘉林, 张存彦, 等. 茶多酚的研究进展[J]. *中草药*, 2004, 35 (10): i011-i013.
CHEN J Y, GUO J L, ZHANG C Y, et al. Research progress of tea polyphenols[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*,

- 2004, 35(10): i011-i013. (in Chinese)
- [16] LU Y Q, TAKESHITA T, MORIMOTO K. Effects of (-)-epigallocatechin gallate (EGCG) on DNA strand breaks as evaluated by single-cell gel electrophoresis (SCG) in human lymphocytes[J]. *Environ. Health Prev. Med.*, 2001, 5(4): 150-154.
- [17] CHEN X Q, WANG X B, GUAN R F, et al. Blood anticoagulation and antiplatelet activity of green tea (-)-epigallocatechin (EGC) in mice[J]. *Food Funct.*, 2013, 4(10): 1521-1525.
- [18] 柏冬志, 东方, 唐文婷, 等. 黄芪多糖药理作用的研究进展[J]. *黑龙江医药*, 2014, 27 (1): 103-105.
BAI D Z, DONG F, TANG W T, et al. Study on process of pharmacology of astragalus polysaccharide[J]. *Heilongjiang Medicine Journal*, 2014, 27(1): 103-105. (in Chinese)
- [19] 牛小飞, 王宏艳, 郭琛琛. 黄芪多糖对小鼠免疫细胞活性研究[J]. *北京农业*, 2012 (15): 125-126.
NIU X F, WANG H Y, GUO C C. Study on astragalus polysaccharides on the immune cell activity in mice[J]. *Beijing Agriculture*, 2012(15): 125-126. (in Chinese)
- [20] 徐尚福, 杨天华, 吴芹, 等. 黄芪多糖对环磷酰胺引起小鼠骨髓抑制后造血功能的修复作用[J]. *遵义医学院学报*, 2011, 34 (5): 473-476.
XU S F, YANG T H, WU Q, et al. Restorative effect of astragalus polysaccharides on hematopoietic function in cyclophosphamide-induced bone marrow depression in mice[J]. *Acta Academiae Medicinae Zunyi*, 2011, 34(5): 473-476. (in Chinese)
- [21] YANG M, CHAN G C, DENG R X, et al. An herbal decoction of radix astragali and radix angelicaesinensis promotes hematopoiesis and thrombopoiesis[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2009, 124(1): 87-97.