

## 。 综述与编译 。

# 切尔诺贝利事故后低剂量辐射对血液系统的影响

白求恩医科大学(长春,130021)王树元 于志强综述 于洪臣 张景源\* 审校

**摘要:** 切尔诺贝利核电站事故后,人血液系统发生了变化。受 1Gy 以内辐射的参加消除事故人员,1 年以后出现白细胞数异常,事故后 3 年发现某些白细胞核的光密度改变。消除事故中有 41.5% 直升飞机驾驶员在照后一周被诊断为各种临床综合征。事故后 5~6 年血液各类白细胞发生质和量的改变。6 年后各类淋巴细胞比例和形态图像发生了很大变化。并在照射后不同时期,分别出现红细胞、血红蛋白、血小板质和量的改变。

**关键词:** 核电站事故 辐射 血液系统

切尔诺贝利核事故改变了俄罗斯、白俄罗斯、乌克兰等一些地区生态环境,事故后很大一批人成为受难者,包括参加消除事故后果的人和放射污染区居民。与此同时,对研究低剂量辐射生物效应工作给予了新的推动力。

### 1 白细胞的变化

受到 1Gy 以内辐射的事故清除者,在参加消除事故一年以后,有 30% 出现白细胞数的异常(白细胞减少和相对嗜中性白细胞增多)。在事故后 3 年(平均剂量  $1.80 \pm 1.60 \text{cGy}$ )发现嗜酸性细胞、嗜中性细胞和淋巴细胞核的光密度改变<sup>[1]</sup>。

РМАНЕНКО 指出,事故清除者在剂量 25cGy 观察 2~4 年,白细胞个别成份出现质的变化,但其程度逐渐降低<sup>[2]</sup>。

有大批飞行人员参加清除事故后果<sup>[3,4]</sup>,这是研究低剂量电离辐射血液学效应少有的流行病学研究群体。辐射开始头一周,41.5% 直升飞机驾驶员被诊断为各种临床综合征,最常遇到的是暂时性白细胞减少综合征(22% 被调查者),伴有临时性各种组合的白细胞、淋巴细胞降低。单独白细胞、血小板减

少为主(6.1%),单独白细胞或淋巴细胞减少(2.4%),白细胞、淋巴细胞减少和淋巴细胞、血小板减少(1.2%)。白细胞减少( $3.3 \times 10^9 / \text{L}$ )发生于 33~44 天,淋巴细胞减少( $1.2 \times 10^9 / \text{L}$ )在 40~60 天,这些指标降低可持续 5~6 个月。血液综合征主要发生在照射剂量 0.25~0.30Gy 或以上的飞行员<sup>[5]</sup>。在较晚期(事故后 5 年)白细胞和嗜中性粒细胞数量降低不超过正常范围,但这数量同事故前的数值比是相当低的<sup>[6]</sup>。

事故后经 5~6 年,清除者血液各类白细胞出现数量和细胞学改变<sup>[7]</sup>。事故清除时受 5~100cGy 照射经 5~6 年后,检查 300 名男性血液白细胞,大多数被检者与对照组相比出现中等度淋巴细胞相对数和绝对数增多,嗜酸性白细胞增加及嗜中性白细胞减少,尤其在较高剂量辐射时,经常可见淋巴细胞和中性白细胞都发生核结构改变,异变型淋巴细胞特点是核碎裂及双核,中性白细胞染色质突起数目增加及高嗜碱性和浆细胞。一部分受 25.1~50.0cGy 照射的被检者有染色质突起的嗜中性白细胞的平均数为  $58.0 \pm 1.98\%$ ,而对照组则为  $31.6 \pm 3.37\%$ ;在受照射 50.0~100.0cGy 的个别被检者则发

\* 中国医学科学院放射医学研究所(天津,300192)

现中性粒细胞核外形改变,核碎片及核分叶过多。

在相对低剂量(5~75cGy)照射时,观察到嗜中性白细胞减少和淋巴细胞增多。而在75.1~100.0cGy照射时,除大颗粒细胞外,其余的细胞数与对照组接近。研究认为,淋巴细胞数增多系为机体对电离辐射适应的结果,而受高剂量辐射者获得了较好的综合治疗。

事故后6年,进行淋巴细胞形态学鉴定<sup>[8]</sup>。在核电站生活不多于一个月的清除者,47人中17人表现出B和T细胞比例的改变,这是由于B细胞增加,30人免疫状态没有任何变化。

把淋巴细胞分成4型:1型有特征性环状核仁和很小的胞浆-核比例;2型有环状核仁,胞浆-核比例是低的;3型带有疏松核,疏松核被四周的胞浆所围绕,胞浆-核比例比1和2型高;4型在正常相当少见,具有很高胞浆-核比例点状核仁的大细胞。

54名军人清除者,在事故后居住在切尔诺贝利核电站区域,淋巴细胞形态图像和对照组比较有很大变化,1型淋巴细胞数同对照组比较增加到17%,2型增加到6%,3型淋巴细胞含量下降到30%,4型尚未遇见。细胞大小及核大小平均数量增加( $P < 0.05$ ),胞浆-核比例下降。

13名军人在此居住6年,1型淋巴细胞数增加到14%,2型增加到9%,3型下降到30%,4型尚未遇见。胞浆-核比例、细胞大小、核大小降低( $P < 0.05$ ),说明这些细胞主要群体由带少量胞浆和致密核的小淋巴细胞所组成。细胞大小、核大小及胞浆-核比例平均指标降低是由于3和4型淋巴细胞数量下降。

11名军人在调查前6个月到该区域,1型淋巴细胞含量增加到7%;2型增加到12%;而3型淋巴细胞数下降18%;见到极少4型细胞。细胞大小、核大小、胞浆-核比例

同居住6年者比较没有发现显著性差异,可见在低剂量照射条件下,淋巴细胞形态图像变化不取决于剂量和照射时间。

Зубрихина等在污染较重的波凉地区调查了87名儿童,土壤污染 $23.68 \times 10^{10}$  Bq/km<sup>2</sup>的城市儿童25名,土壤污染 $18.5 \sim 259.0 \times 10^{10}$  Bq/km<sup>2</sup>的农村儿童62名,年龄7~15岁。<sup>137</sup>Cs的活性存在于所有儿童,在城市儿童的<sup>137</sup>Cs活性比农村儿童低,在城市<sup>137</sup>Cs 1991年是 $4.044 \pm 1.295.0$  Bq, 1992年是 $5.020.9 \pm 2.223.7$  Bq;在农村则1991年是 $17.671.2 \pm 2.223.7$  Bq, 1992年是 $14.575.2 \pm 1701.9$  Bq<sup>[9]</sup>。

细胞免疫研究结果,大体上按分类表现出T细胞数量相对降低( $P < 0.05$ ),并观察到T细胞、辅助性T细胞和抑制性T细胞的绝对数有下降趋势。

在个别指标分析中,城市和农村儿童表现出明显差异,在乡村儿童所有T淋巴细胞明显偏低,大概是由于摄入更高活性的<sup>137</sup>Cs,农村16名儿童表现出淋巴细胞绝对数减少。所有T淋巴细胞群降低。还有10名淋巴细胞数下降的儿童,表现出辅助性T细胞数明显降低。在所有组按摄入<sup>137</sup>Cs活性分2组(大于 $11 \times 10^2$  Bq和小于 $11 \times 10^2$  Bq),在摄入<sup>137</sup>Cs活性较高的儿童,CD2、CD4、CD8阳性细胞亚群有明显降低。

Ленская对居住在波凉地区带有<sup>137</sup>Cs和<sup>90</sup>Sr不同密度土壤污染地方的906名儿童进行了血液和血液细胞化学检查<sup>[10]</sup>。检查结果表明,居住在放射核污染的红山区域有12%~33%儿童观察到淋巴细胞点状非特异性酯酶降低,这就证明了T淋巴细胞类年轻化。30%多带有点状非特异酯酶下降的儿童观察到大颗粒锡克氏反应细胞数量增加,这就指出了在该地区无效B淋巴细胞生成的可能性,CD2和CD4淋巴细胞数和绝对数减少。剂量10mSv能诱导造血干细胞原生质膜的改变,剂量150~250mSv,大大抑制了T抑

制因子的活性。

居住在放射污染不同水平地区儿童的淋巴细胞反应有地区性特点。<sup>137</sup>Cs污染最重的亚洛夫卡村(236.43×10<sup>10</sup>Bq/km<sup>2</sup>)儿童群体中,点状非特异酯酶临界指标频度与对照组不同,但是伴大颗粒锡克氏反应儿童指标较低与对照组不同。

## 2 红细胞的变化

受1Gy辐射后3年,有30%的人红细胞和血红蛋白含量下降。在事故头几个月,16%清除者出现红细胞增多<sup>[17]</sup>,在辐射后3年(平均剂量1.80±1.60cGy),红细胞数下降,红细胞的容积增加,红细胞未分化数增加,红细胞修复系统则正常<sup>[11]</sup>。

Анд Деева 等研究了低剂量辐射作用和儿童红血系统之间的分子生物学联系<sup>[10]</sup>。1992~1994年间在波凉地区对820名儿童红细胞指标进行了综合研究。研究铁代谢同主要生化指标间的相互联系(血清铁的含量、铁蛋白含量、转铁蛋白含量、转铁蛋白铁的饱和度和血清总铁结合力、血红蛋白)。结果发现被调查的儿童中,贫血分布是轻度的,小于总数的5%,并且大体上这些儿童在婴幼儿时伴有缺铁性贫血。分析红细胞血像指标证明了,在红细胞数量方面同正常差异最大,在47%被调查者中红细胞数量超出年龄指标的标准。红细胞增多在4~6和14~16岁儿童出现最多。在伴有红细胞增多症17.5%儿童红细胞中平均血红蛋白量下降,在4~6岁儿童大体上铁和蛋白质代谢处于正常状态。证明了平均血红蛋白数量下降是小红细胞过多的原因,血红蛋白数量下降在伴有大量放射核污染地区较普遍。6.96%儿童血清铁较高,而在5.35%出现高铁蛋白性贫血。

Ленская 对居住在波凉地区伴有<sup>137</sup>Cs和<sup>90</sup>Sr不同密度土壤污染的地方906名儿童进行了血液学检查<sup>[12]</sup>。1991~1993年亚洛夫卡、玛卡里奇农村儿童有一半血红蛋白含量

显著增多,证明在这些地区儿童适应反应水平升高。

## 3 血小板的变化

在事故头几个月,16%事故清除者血小板增多<sup>[13]</sup>,在个体剂量不超过0.15Gy的清除者中观察到血管壁抗凝和纤维蛋白溶解活性降低<sup>[14]</sup>。

参加清除事故后果的工作者<sup>[3,4]</sup>受照后第一周,出现各种临床综合征,及临时性各种组合的血小板降低就是其中之一。单独血小板减少(8.5%)和白细胞、血小板减少(6.1%)为主,淋巴细胞、血小板减少(1.2%),30~50天血小板含量下降最明显(130×10<sup>9</sup>/L),降低可持续5~6个月。血液综合征主要发生在照射剂量0.25~0.30Gy以上的飞行员<sup>[5]</sup>。

在照射剂量0.5~1.0Gy后头几天被照射者血小板数轻度下降,经过4周还要低些。在受0.68Gy剂量照射者,经过一年血小板仍然是低的。

## 4 其它方面的变化

血液失调积分系数有变化,部分血液指标安全比较(在正常范围,在正常低界等),未稍血液利用积分指标不安全趋势可以表现出来<sup>[15]</sup>,对确定积分指标专门制定和出版了计算图<sup>[16]</sup>,可在2~3分钟内计算出血液失调积分系数值和血液白细胞公式的可信度。

在事故后果对清除者的医疗管理上采用血液失调积分系数,在3周急性期的变化是可靠的(事故1~4天),最大变化表现在飞行员组有些人伴有躯体病变,这些人服了放射防护药物。这种规律性在放射生物学上好像是合乎逻辑的,在30公里区域居住6个月的飞行员,其照射剂量6.1±14cGy,血液失调积分系数为0.912,居住不超过30天的(剂量2~3cGy)为0.917,没有同放射因素接触者为0.947。

同时也表现出细胞化学的改变(琥珀酸脱氢酶、 $\alpha$ -甘油磷酸水解酶的活性)。不同剂量负荷对酶活性的影响还不如所污染的环境影响大。

## 5 结语

血液和造血系统对电离辐射是高敏感性的,因此血液学、血液生物化学、血液免疫学等检查是评估外环境电离辐射和其它有害因素近期和远期作用后果的可靠指标。必须在辐射污染地区进行群体流行病学调查,积累实际材料,进行统计分析,排除个体、年龄、地区差别<sup>[18]</sup>。

评定低剂量电离辐射的放射后果问题是复杂的,要考虑作用机体不只是辐射,而且是所有外环境因素的综合。需要长时间调查和仔细分析,并根据多学科、分子生物学水平多指标检测,也许是探讨低剂量辐射反应和机理的有利途径。

## 参 考 文 献

- 1 АльнерТ Ж и знезпосбнсть клеток, облученных в малых дозах; теоретические и клинические аспекты Москва Медицина, 1980 35
- 2 Романко АЕ Вестн Амн СССР, 1991; (11): 9

- 3 Давыдов БИ и др. Медицина Катастроф, 1992 (2): 75
- 4 Давыдов БИ и др. Авиакосм Экол Мед, 1993; 27 (2): 60
- 5 Ушаков ИБ и др. Медицинские и психологические проблемы оптимизации функционально-составляющих лётчика Москва; Медицина, 1992 32
- 6 Ушаков ИБ и др. ВоенМедЖ Урн, 1993 (4): 77
- 7 Зак КП. Гематол Трансфузиол, 1995; 40(4): 39
- 8 Новодворкина ЮК и др. Гематол Трансфузиол 1995; 40(3): 39
- 9 Зубрихина ПИ и др. Гематол Трансфузиол, 1995; 40(2): 32
- 10 Андреева А и др. Гематол Трансфузиол, 1995; 40 (2): 34
- 11 Лобченко ПН и др. Мед Радиол, 1990 36(12): 23-25
- 12 Ленская РВ и др. Гематол Трансфузиол, 1995; 40 (6): 30
- 13 Плаксина ВГ и др. Адаптация и дезадаптация в патологии, 1989 132
- 14 Жукова НА и др. Всесоюз Науч Конф, 1990 100
- 15 Тихончук ВС и др. ВоенМедЖ Урн, 1992; (3): 27
- 16 Борисов СН и др. Нормы для определения некоторых интегральных показателей кроби человека. Москва: Медицина, 1989, 17
- 17 Севастьянов ПВ и др. Гематол Трансфузиол, 1996 41(1): 33
- 18 Ушаков ИБ и др. Авиакосм Экол Мед, 1993; (5-6): 33-42

(收稿日期: 1996-10-21)

## 放射诊断中患者的受照剂量与评估

苏州医学院放射医学系(苏州, 215007) 涂 综述 姜德智 贾廷珍\* 卢春林\* 审校

摘 要: 尽管放射诊断检查过程中病人的吸收剂量、有效剂量多半在  $mGy$   $mSv$  级,但一年十六亿人次的检查及在一次检查过程中 0.01% 的随机效应的诱发率促使人们不能对此掉以轻心,放射诊断中病人受照剂量始终为人们所关注。经历了长期的探索与实践后,病人的受照剂量较以前已有了明显的下降。

关键词: 放射诊断 吸收剂量 有效剂量

1990年全世界的 72万台诊断用 X线机进行了 16亿人次的 X线检查,平均每千人

一年中接受 304次,每人受照有效剂量为  $1mSv$ ,由此造成的辐射危害是平均一次照射

\* 北京医科大学第三医院(北京, 100083)