

氯化消毒对自来水致突变性影响研究

张淑琪 王根凤 王占生

清华大学环境科学与工程系 北京 100084

摘要 本文通过鼠伤寒沙门氏菌致突变试验(Ames Test),分析常用氯化消毒方法对饮用水遗传毒性的影响。水样采自某单位自备水源。试验结果表明,未氯化自来水有机提取物致突变反应阴性,加氯自来水样诱发沙门氏菌致突变率升高;在一定范围内,随氯浓度增加,不会显著增加水样的致突变性。同时检测加氯后中和水样的致突变性,加中和剂处理后水样致突变性降低。提示加氯消毒水样致突变性可以通过水处理工艺加以改进,为饮水氯化消毒的致突变研究及其防治提供毒理学依据。

关键词 致突变性;Ames 试验;氯化;饮用水

THE GENETIC TOXICOLOGIC EFFECT OF CHLORINATING DISINFECTION ON DRINKING WATER

Zhang Shuqi, Wang Genfeng, Wang Zhansheng

Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084

Abstract By means of Ames test, the genetic toxicology of chlorination on drinking water is evaluated. The result showed that the mutagenicity of water increased in all samples treated with chlorine, while mutagenic potential was negative in source water samples not treated with chlorine. By adding $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ to chlorinated water samples, there had less mutagenic activity. The antimutagenic potentials of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ in the chlorine water was dose dependent, the higher the mutagenicity of chlorinated water, the better the beneficial effect of nasal. These indicated that the mutagenicity in chlorinated water can be reduced by water treatment process.

Key words mutagenicity; Ames test; chlorine; drinking water

饮用水的卫生与安全直接关系到人的身体健康。氯化消毒作为经济有效的消毒方法被国内外广泛采

我们开展该实验时间不长,尚需随访病人积累病人进一步开展工作,以确立 WT1 基因检测作为诊断 MRD 的新的标志物。

参考文献

- Gessler M, Poustka A, Cavenee W, et al. Homozygous detection in Wilms, tumor of a zinc-finger gene identified by chromosome jumping. *Nature*, 1990;343:774 - 778
- 张之南,主编. 血液病诊断及疗效标准. 第 2 版. 北京:科学出版社,1998
- Inoue K, Sugiyama H, Ogawa H, et al. WT1 as a new prognostic factor and new marker for the detection of minimal residual disease in acute leukemia. *Blood*, 1994;84:3071
- Ponte P, Sun-yu Ng, Engel, et al. Evolutionary conservation in the untranslated region of actin mRNAs: DNA Sequence of a human beta-actin cDNA. *Nucleic Acids Res*, 1984;12:1687
- Miwa H, Beran M, Saunders GF, et al. Expression of the Wilms' tumor gene(WT1) in human leukemias. *Leukemia*, 1992;6:405
- Menssen HD, Renkl HJ, Rodeck V, et al. Presence of Wilms' tumor gene(WT1) transcripts and the WT1 nuclear protein in the majority of human acute leukemia. *Leukemia*, 1995;9:1060
- Inoue K, Ogawa H, Yamagami T, et al. Long term follow-up of minimal residual disease in leukemia patient by monitoring WT1 (Wilms, tumorgene) expression level. *Blood*, 1996;88:2267

(1999 - 04 - 09 收稿;1999 - 06 - 12 修回)

用。有关研究表明,氯化消毒产生具有致癌致突变性的有机物⁽¹⁾,其对人体健康影响日益受到关注。因此有必要对氯化消毒的影响因素进行研究,以便为氯化消毒饮水致突变性研究及其防治奠定理论基础。本文对某单位自备给水系统自来水进行加氯试验,用 Ames 试验检测水样致突变性变化及影响因素,旨在为饮水加氯消毒的卫生安全性与最高容许浓度提供初步遗传毒理资料。

材料与amp;方法

1 水样采集 选择某单位地下水源自备饮用水,于五年间(1992 年夏和 1997 年夏)先后两次采集水样。检测时每次采集水样 100 升。采集水样如下:

1.1 普通自来水,未经加氯消毒。

1.2 加氯试验,将次氯酸钠 NaClO 加至自来水样,有效氯浓度为 1mg/l,1992 年水样有效氯浓度分别为 1mg/l、4mg/l、9mg/l,搅拌均匀。

1.3 1992 年各水样加氯后静置 24 小时,分别加硫代硫酸钠 Na₂S₂O₃ 终止反应。

2 样品制备

自来水及各处理水样有机质的富集、洗脱与浓缩按已报道方法进行⁽²⁾。水样在装有 XAD - 2 树脂的玻璃柱上浓缩,控制柱流速为 30 - 40ml/min,滤毕将吸附在 XAD - 2 上的有机物以七倍体积的乙酸乙酯洗脱,洗脱液经蒸发并在充氮条件下减压浓缩至干,所得水样的有机质干品以二甲基亚砷定容待测。

3 水样有机物致突变性检测

水样有机物的 Ames 试验参照 1983 年修订方法进行⁽³⁾。根据文献报道,环境水样的 Ames 试验致突变阳性物主要为直接移码型,因而所用菌株为 TA₉₈ 和 TA₁₀₀,在不加 S₉ 条件下进行。每水样设四个剂量,每剂量设三个平行样,并做自发回变和阳性对照。各水样致突变性以致突变率 MR 值表示(水样回变菌落数与自发回变菌落数的比值),凡 MR > 2 且有剂量 - 回变反应关系者判为阳性。

结果

1 加氯对自来水致突变性影响

由表 1 可见,两次实验中,未加氯自来水对 TA₉₈ 菌株和 TA₁₀₀ 菌株致突变反应均呈阴性。当加氯后,两次试验水样对 TA₉₈ 菌株均有致突变阳性反应,1992 年水样对 TA₁₀₀ 菌株在 1 - 5L/皿剂量下致突变率大于 2,并有剂量反应关系。

2 不同剂量氯对自来水致突变性影响

自来水经不同剂量氯处理后,氯诱导 TA₉₈ 菌株产生致突变阳性反应,加氯浓度在 1mg/L、4mg/L 时诱导 TA₁₀₀ 菌株对 1L/皿 - 5L/皿剂量组致突变反应,当氯浓度为 9mg/L 时能诱导 0.5L/皿剂量组致突变反应阳性,MR 值最高,呈剂量反应关系,经统计处理与对照组有显著性差异(P < 0.01)。

3 中和剂对自来水致突变性影响

中和剂可终止氯与水中有机物继续反应。加硫代硫酸钠 Na₂S₂O₃ 后,不同氯浓度水样致突变性均有明显下降,尤其 TA₁₀₀ 菌株,只在氯浓度为 1mg/L 水样的 5L/皿剂量组 MR 值大于 2,高氯浓度的水样经中和后其致突变性下降更为明显。结果见表 3。

表 1 加氯对自来水致突变性影响

水样	剂量 L/皿	TA ₉₈		TA ₁₀₀	
		回变菌落数	MR	回变菌落数	MR
1992 年	5	34	1.42	217	0.98
	2.5	34	1.40	207	0.93
	1.0	34	1.43	220	0.99
	0.5	38	1.59	213	0.96
1992 年 加氯	5	287	11.95	1619	7.29
	2.5	160	6.67	1046	4.71
	1.0	90	3.75	639	2.88
	0.5	53	2.19	403	1.82
1997 年	5	38	1.73	131	1.07
	2.5	33	1.50	126	1.03
	1.0	26	1.18	130	1.07
	0.5	24	1.09	95	0.78
1997 年 加氯	5	60	2.73	201	1.65
	2.5	53	2.41	196	1.61
	1.0	46	2.09	144	1.18
	0.5	36	1.64	135	1.11

表 2 不同氯浓度对自来水致突变性影响

水样氯浓度 mg/L	剂量 L/皿	TA ₉₈		TA ₁₀₀	
		回变菌落数	MR	回变菌落数	MR
0	5.0	34	1.42	217	0.99
	2.5	34	1.40	207	0.96
	1.0	34	1.43	220	0.98
	0.5	38	1.59	213	0.93
1	5.0	287	11.95	1619	7.29
	2.5	160	6.67	1246	4.71
	1.0	90	3.75	639	2.88
	0.5	53	2.19	403	1.82
4	5.0	357	14.89	1107	4.99
	2.5	176	7.35	784	3.53
	1.0	126	5.25	573	2.58
	0.5	57	2.36	374	1.69
9	5.0	369	15.38	1096	4.94*
	2.5	290	12.10	1340	6.04
	1.0	120	5.00	827	3.73
	0.5	77	3.21	535	2.41

* 有抑菌现象

表3 中和剂对氯化自来水致突变性影响

水样氯浓度 mg/L	剂量 L/皿	TA ₉₈		TA ₁₀₀	
		回变菌落数	MR	回变菌落数	MR
0	5.0	155	6.44	486	2.19
	2.5	101	4.22	297	1.34
	1.0	63	2.64	283	1.28
	0.5	56	2.33	234	1.06
1	5.0	76	3.15	273	1.23
	2.5	65	2.72	246	1.11
	1.0	47	1.96	258	1.16
	0.5	35	1.44	218	0.98
4	5.0	77	3.19	265	1.19
	2.5	66	2.75	291	1.31
	1.0	53	2.19	248	1.12
	0.5	42	1.75	218	0.98
9	5.0	40	1.67	182	0.82
	2.5	30	1.24	206	0.93
	1.0	31	1.27	231	1.04
	0.5	33	1.36	218	0.98

讨论

1 不同时期加氯对水样致突变性影响

两次实验结果说明,自来水加氯可产生非挥发性有机致突变物,水样呈阳性反应。未加氯自来水对 TA₉₈菌株和 TA₁₀₀菌株均未诱导致突变反应。第二次加氯试验 TA₉₈菌株致突变率低于第一次实验结果,说明该单位自来水含移码型直接致突变物,与以往尚含有碱基置换型直接致突变物相比,水样致突变率有降低趋势,有机污染减少。

2 不同剂量氯对自来水致突变性影响

自来水经不同剂量氯处理后对致突变性影响各异。微量波动试验表明⁽⁴⁾,水样净回变数与加氯量成正比,浓度越高(1mg/L,10mg/L,20mg/L),致突变性越强。综合计算各个水样的 Ames 试验剂量反应回归方程:

$$1\text{mg/L} : y = 3.22x - 1.91 (r = 0.94)$$

$$4\text{mg/L} : y = 3.97x - 2.46 (r = 0.93)$$

$$9\text{mg/L} : y = 4.36x - 1.98 (r = 0.96)$$

经比较发现3种氯浓度所致各个水样的致突比活性(直线回归方程斜率之比)为1mg/L 4mg/L 9mg/L = 1 1.2 1.4,既自来水经9mg/L浓度氯消毒处理后,其水样的致突变性分别为1mg/L和4mg/L剂量组的1.4与1.2倍。实验中,同样消毒效果取较低氯浓度。以此结果可以初步看出,与氯浓度增加相比,相应水样致突变性增加不显著。由此可见,在一定范围内提高氯浓度,可加强消毒效果,而对形成自来水

中具有致突变作用的有机物影响不大。

3 加氯自来水中中和试验的致突变性比较

加氯消毒的自来水呈明显的致突变性,经中和剂硫代硫酸钠 Na₂S₂O₃ 处理后其致突变性下降。根据表3各水样致突变性试验结果,综合计算各水样的 Ames 试验剂量反应回归方程:

$$1\text{mg/L} : y = 0.48x + 1.24 (r = 0.94)$$

$$4\text{mg/L} : y = 0.3x + 1.05 (r = 0.95)$$

$$9\text{mg/L} : y = 0.15x + 0.96 (r = 0.98)$$

据此可见不同氯浓度自来水经硫代硫酸钠 Na₂S₂O₃ 中和后,其致突比活性为 1 4 9 = 3.2 2 1。说明中和剂可降低自来水加氯消毒所产生的致突变性;水样氯浓度不同,经中和后其致突比活性也不同,高氯浓度自来水降低致突变性的效果要强于低浓度者。因此,可认为 Na₂S₂O₃ 中和能分解氯化自来水中的有机致突变物,从而降低自来水加氯消毒所产生的致突变性。

小节

1 加氯消毒不仅使水样诱变活性增高,且产生多种类型的致突变物。某单位自来水加氯后产生移码型直接致突变物,以往自来水中且含有碱基置换型致突变物。其致突变性有降低趋势。

2 在1-9mg/L氯浓度范围内,随着氯浓度的增加,导致水样致突变性增加并不显著,因此,在保证消毒效果的条件下,一定范围内有效氯浓度变化不会明显影响所制自来水的致突变性。

3 硫代硫酸钠作为常用的氯中和剂,不仅能中和氯化反应,而且能终止致突变反应。加氯自来水经硫代硫酸钠中和,可减少水样致突变活性,对高氯浓度自来水样,其效果更显著。

参考文献

- 徐凤丹,周世伟,范美云,等. 我国典型地区饮水中致突变性表征. 环境科学;1994;15(3):1
- 张淑琪,王根凤,胡江泳. 降低地下水致突变性研究. 上海交通大学学报,1996;30(12):73
- Maron DM and Ames BN. Revised methods for the Salmonella mutagenicity. *Mutat Res*, 1983;113:173
- Becher George, et al. High-performance size exclusion chromatography of chlorinated natural humic water and mutagenicity studies using the microscale fluctuation assay. *Envir Sci Tech*, 1985;19(5):422

(1999-04-03 收稿;1999-06-25 修回)