

自来水厂常规加氯处理灭活 脊髓灰质炎病毒的效果

严惠琴 蒋慧惠 李洁 洪陶

(上海医科大学公共卫生学院卫生微生物学教研组, 上海)

岳舜琳 吴今鸣 何伟琴 吴梅

(上海市自来水公司, 上海)

提 要

本实验目的在于检查上海市自来水厂中经常规加氯处理后, 在杀灭肠道病毒方面的效果。实验采集现场加氯后之水样, 加上一定量脊髓灰质炎病毒 I 型 LSc 减毒株后, 每隔一定时间测定水中总氯及游离氯含量以及脊髓灰质炎病毒的消长情况。水厂之二次加氯中以第一次加氯为水处理中杀灭病毒的主要环节, 加氯后 60 分钟即已查不到存活之病毒。

饮用水的微生物污染问题早就受到人们的重视, 特别是细菌的污染, 已作了广泛的研究, 并制定了一整套的卫生学指标、检测方法及处理规程。但在病毒方面, 由于受病毒学知识和技术方面的限制, 长久以来, 一直未能进行系统的研究, 近十余年来, 由于病毒学理论和技术的飞速发展, 人民生活水平的提高, 饮用水中病毒的污染问题已日益受到重视, 并开始从事这方面的研究。

我们的实验在于了解黄浦江水源水经自来水厂常规处理后对肠道病毒的消除及灭活效果, 以便从病毒学角度评价上海自来水的质。实验是以脊髓灰质炎病毒为对象, 选上海市某自来水厂为点, 在各项条件基本相当于现场的自来水厂内进行实验。前文^[1]观察了水样经常规硫酸铝处理后病毒被去除的情况, 实验结果证明经常规硫酸铝沉淀后, 病毒去除率达 90% 以上, 本实验在于观察水源水经水厂第一道、第二道加氯后对病毒的灭活效果。

材 料 与 方 法

一、病毒

脊髓灰质炎病毒 I 型 LSc 减毒株, 在 BGM (Buffalo Green Monkey) 细胞培养至

病变达“++++”后,培养物经冻融三次和超声处理3分钟后,再10,000r/m离心1小时,去除细胞残渣,取上清液,含量约为 5×10^7 pfu/ml。

二、水样

取自自来水厂处理各阶段现场水样1000ml分别进行实验。

三、实验方法

取1000ml水样,按DPD法,测其总余氯量及游离氯量,然后,加入上述脊髓灰质炎病毒 5×10^7 pfu/ml 0.3ml,混匀后,取样1ml注入盛有足量硫代硫酸钠之试管内,混匀,加适量抗菌素,留待检测原始病毒含量。以后,经30、60、90分钟后分别取样1ml装入盛有适量硫代硫酸钠的试管内,以检测经氯处理不同时间后的病毒含量。病毒含量用空斑法进行测定,详见另文^[1]。病毒存活情况的测定采用常规细胞培养接种法。每一样本接种二支细胞培养管,逐日观察细胞病变。空斑计数的实验重复三次,取其病毒含量的平均值,算出加氯后不同时间内病毒的灭活率。

结 果

一、现场第二次加氯的水样对脊髓灰质炎病毒的作用:

取现场第二次加氯之水样如上法加入病毒,用细胞培养接种法测定经不同时间作用后,病毒的存活情况,二次实验结果如表1。

表1 现场第二次加氯的水样对脊髓灰质炎病毒的作用
Table 1 The efficiency of inactivation of Polio virus by the second chlorination in the water plant.

测定时间	一			二		
	游离氯 mg/l	总氯 mg/l	病 毒	游离氯 mg/l	总氯 mg/l	病 毒
立 即	0.4	3.6	+	0.3	4	+
30 分钟	0.2	3.0	+	0.25	4	+
60 分钟	0.15	3.0	+	0.25	3.85	+
90 分钟	0.1	3.0	+	0.1	3.8	+

经第二次加氯后的水样,总氯虽在3.0mg/L以上,而游离氯 <0.5 mg/L,经30、60、90分钟后仍未能杀灭全部加入之病毒。

二、实验室加氯去除病毒之效果:

取水样按水厂常规,根据水中氨氮含量加入一定量氯后,如上法进行病毒空斑定量测定,结果如表2。

表2 实验室水样加氯去除病毒的效果
Table 2 The efficiency of inactivation of Polio virus by chlorination in the lab.

试 验	氯含量mg/l		病 毒 含 量 pfu/0.1ml			
	总 氯	游 离 氯	原 始	30'	60'	90'
1	3.8	1.0	22.5	7	0	0
2	3.5	1.52	72.5	1	0	0
3	2.5	1.0	110.5	0.5	0	0

由上表可见, 水样经实验室加氯后, 游离氯 $>1.0\text{mg/l}$ 的混有病毒之水样, 经氯处理30分钟后, 病毒即已减少96%, 1小时后病毒之减少 $>99.99\%$ 。

三、现场第一次加氯水样杀灭病毒之效果

取现场第一次加氯后之水样, 按上法, 采用常规细胞培养接种法进行测定, 三次试验结果如下表3。

表3 现场第一次加氯的水样杀灭病毒的效果
Table 3 The efficiency of inactivation of Polio virus by the first chlorination in the water plant.

测定时间	一			二			三		
	游离氯 mg/l	总 氯 mg/l	病 毒	游离氯 mg/l	总 氯 mg/l	病 毒	游离氯 mg/l	总 氯 mg/l	病 毒
即 刻	1.04	7.75	+	1.4	8.0	+	1.0	6.6	+
30分钟	0.9	7.3	+	1.2	8.0	+	0.9	6.4	+
60分钟	0.72	6.92	-	1.0	7.6	-	0.7	6.0	-
90分钟	0.6	6.2	-	1.0	7.0	-	0.6	5.9	-

由上可见, 现场经第一次加氯后之水样, 即刻游离氯 $>1.0\text{mg/l}$, 即使90分钟后, 游离氯仍 $>0.5\text{mg/l}$, 混有病毒之水样三次实验都表明: 经氯处理60分钟后, 均已查不到存活之病毒。

讨 论

水在疾病传播中的作用是众所周知的, 为了保证饮用水的卫生质量, 自来水厂对进厂原水进行一系列处理, 其主要步骤如下:

原水 → $\xrightarrow[\text{第一次加氯}]{\text{加混凝剂}}$ 沉淀 → 过滤 → 加第二次氯 → 水库贮存 → 出厂

出厂后在到用户前, 有时加第三次氯(少量)。

长期实践证明, 经如此处理后, 在细菌学方面达到了水的卫生标准, 但这一处理常规对水中病毒的清除是否同样有效, 还是一个未知数, 国外曾有自处理后细菌学指标合格的水中找到肠道病毒和其它病毒的报道^[2-4], 因此, 我们本着这一目标, 对水厂处理各阶段肠道病毒的清除效果, 进行了观测。

前文已报道水厂之常规混凝沉淀能去除病毒90%以上, 但并不杀灭。本实验测定了原水经加氯处理后对病毒的清除效果。实验结果显示了经第二次加氯后之水样其游离氯含量 $<0.5\text{mg/L}$, 经氯处理1.5小时后仍未能全部杀灭加入之病毒, 我们曾在自己实验室内取管网末端水样, 用同法进行测定, 发现游离氯含量极低, 病毒加入后即使经长达5小时的作用, 病毒仍活存。据了解, 水厂第二次加氯量是不恒定的, 所加的量亦不多, 有时甚至不加, 故这二道氯对原水中病毒的清除作用值得怀疑。然而取水样, 在实验条件下按水厂常规, 根据氨氮含量加入适量氯后, 我们发现, 其清除病毒的效果大大加强, 经氯作用30分钟后, 病毒去除了96%, 作用1小时后, 几乎去除了100%, 测其游离氯 $>1.0\text{mg/L}$ 。由此看来, 水厂加氯处理的关键可能在第一道氯。现场第一次加氯后的水样测定, 三次实验结果均显示了于加氯处理60分钟后, 已检测不到存活的病毒, 其游离氯均在 1.0mg/L 左右, 即使加氯后1.5小时, 游离氯含量仍 $>0.5\text{mg/L}$, 从而证明了第一次加氯是水厂对原水常规处理各步骤中杀灭病毒的重要一环。

水厂对进厂原水的处理常根据氨氮含量和有机物含量之不同采用游离氯或结合氯进行消毒处理, 前者杀灭病毒效果好, 但维持时间短, 后者作用弱, 但维持时间长, 该水厂在大多数情况下是采用结合氯法进行消毒处理, 我们的试验条件亦属此类。但据文献报道, 加氯后 NH_2Cl 可立即形成, 但 NH_2Cl_2 的形成较为缓慢, 故在加氯后的1—1.5小时内, 水中仍有较多的游离氯存在, 这段时间里, 消毒效果实际上是游离氯在起作用^[5], 如我们现场的第一次加氯的水样中, 三次实验的游离氯分别为 1.04 、 1.4 、 1.0mg/L , 于加氯后1小时, 游离氯含量仍有 0.72 、 1.0 、 0.7mg/L 。有文献报道, 当河水中游离氯含量在 0.5mg/L 时, 20分钟即能杀灭脊髓灰质炎病毒^[4], 我们的实验完全符合这一规律。但我们的原水中因含各种泥沙颗粒、有机物质, 后又加入硫酸铝形成絮凝物等, 均可影响氯的杀灭病毒的效果, 因此, 我们的实验中, 需60分钟才测不到存活之病毒。

关于饮用水的病毒学质量问题, 国外尚无统一标准, 世界卫生组织建议国际和欧洲标准为 $0\text{ pfu}/10\text{L}$, 美国Melnick建议用 $<1\text{ pfu}/100$ 加仑, 为进一步证实自来水厂出厂水的病毒学质量, 宜直接从管网末端采集大量水样进行检测, 但我们的实验为饮用水的病毒学质量问题提供了可靠的科学依据。

参 考 文 献

- [1] 蒋慧惠等, 1983, 上海第一医学院学报, 10(4): 301.
- [2] Melnick JL, 1982, 上海第一医学院科研资料.
- [3] Rao VS, 1982, Introduction to environmental virology in "Methods in environmental virology" (Gerba C and Goyal SM ed.) Marcal Dekker Inc, New York and Basel, p1-9.
- [4] WHO Technical report series, 1979, Human viruses in water, waste water and soil, 639, p1.
- [5] Gerald Berg, 1983, Inactivation of viruses in water and waste water effluents by disinfection, in "Viral pollution of the environment", CRC press p83.

THE INACTIVATION OF POLIO VIRUS BY CHLORINATION IN WATER PLANT

Yan Hui-qin Jiang Hui-hui Li Jie Hong Tao

(Dept. of Sanitary Microbiol, School of Public Health,
Shanghai Medical University, Shanghai)

Wu Jin-min He Wei-qin Wu Mei

(Shanghai Waterworks Company, Shanghai)

In this experiment attempt was made to determine the efficiency of inactivation of enterovirus by the chlorination in water plant.

Certain amount of polio virus I (LSc) was added to the chlorinated water samples taken from the plant. The total residual chlorine, free chlorine, and the polio virus in suspension was determined every 30 minutes.

The first one of two chlorination procedures is the major step for inactivating virus in water plant. After 60 minutes contact with chlorine, no survival virus can be found in the suspension.