

海口市 5 个住宅组团家庭饮用水微生物污染状况调查

龙文芳, 杨建军, 许琼军

摘要: [目的] 了解海口市龙华区城乡结合地段 5 个住宅组团的家庭饮用水种类及其微生物污染概况, 分析影响家庭饮用水卫生状况的因素, 并提出改进建议。[方法] 利用分层随机抽样法抽取龙华区 5 个住宅组团家庭(A、B、C、D 组团为井水集中式供水, E 组团为市政二次供水), 进行问卷调查并采集饮用水样(包括桶装水)。按照《生活饮用水微生物检验方法》(GB/T 5750.12—2006)对菌落总数、总大肠菌群及耐热大肠菌群进行检测, 对市政二次供水和井水参照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)有关微生物限值进行评价; 对桶装水参照《瓶(桶)装饮用纯净水卫生标准》(GB 17324—2003)中有关微生物限值标准进行评价; 对检测结果进行相应统计分析。[结果] 共检测水样 292 份。其中, 菌落总数合格者为 194 份(占 66.4%); 市政二次供水、井水集中式供水及桶装水合格率分别为 76.9%、69.7%、48.4%, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 各组团饮用水合格率分别为 73.7%、61.9%、81.5%、59.1%、76.9%, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。水样总大肠菌群及耐热大肠菌群合格率分别为 90.1%、92.5%。多因素非条件 logistic 分析显示, 饮水机清洗间隔时间过长是影响桶装水微生物超标的危险因素($OR=23.515, P=0.009$)。[结论] 龙华区 5 个住宅组团中家庭饮用水微生物指标合格率较低, 桶装水受微生物污染较严重, 建议加强集中式供水的卫生监督, 并关注桶装水卫生状况, 加强其卫生监督及居民健康用水习惯的宣传普及工作。

关键词: 饮用水; 微生物指标; 合格率; 总大肠菌; 耐热大肠菌

Microbial Contamination of Household Drinking Water in Five Haikou Residential Groups LONG Wen-fang, YANG Jian-jun, XU Qiong-jun (School of Public Health, Hainan Medical College, Haikou, Hainan 571101, China) · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To understand microbial contamination of household drinking water and related risk factors in 5 residential groups in Longhua District of Haikou, and to propose suggestions for microbial contamination control. [Methods] Households of 5 residential groups in Longhua District were selected by a stratified cluster sampling approach (the A, B, C, D groups were served by central water supply from wells, and the E group by secondary municipal water supply) to conduct a questionnaire survey and drinking water sampling. Bottled water was also included if selected households drank commercial bottled water. Standard plate-count bacteria, total coliforms, and thermotolerant coliform bacteria were detected according to *Standard examination methods for drinking water—Microbiological parameters* (GB/T 5750.12—2006); secondary municipal water supply and central well water supply were assessed by *Standards for drinking water quality* (GB 5749—2006), and bottled water by *Hygienic standard of bottled purified water for drinking* (GB 17324—2003). Statistical analyses were performed. [Results] A total of 292 water samples were detected and 194 met the national standard for drinking water quality requirement on standard plate-count bacteria (66.4%); the qualified rates of water samples from secondary municipal water supply, central well water supply and bottled water were 76.9%, 69.7% and 48.4%, respectively ($P < 0.05$); the qualified rates of drinking water samples in five groups were 73.7%, 61.9%, 81.5%, 59.1%, 76.9% respectively ($P < 0.05$). In addition, 90.1% water samples met national requirement on total coliforms and 92.5% on thermotolerant coliform. A non-conditional logistic analysis indicated that the frequency of water container cleansing was a risk factor of microbial contamination in bottled water ($OR=23.515, P=0.009$). [Conclusion] The qualification rates of microbiological indicators in household drinking water are low in the 5 residential groups in Longhua District, but high in bottled water. Sanitary supervision on central water supply and bottled water should be enhanced, and healthy behaviors in drinking water among residents should be widely promoted.

Key Words: drinking water; microbiological indicator; qualified rate; total coliform; thermotolerant coliform

饮用水微生物超标是我国乃至全球饮用水存在的主要问题之一。目前有关城市及村镇集中式供水的卫生调查较为多见, 但家庭饮用水卫生调查较少。随着家庭饮用水的多样化, 不同类型的饮用水卫生状况存在差异。菌落总数是反映饮用水

受微生物污染的基本指标, 耐热大肠菌群比总大肠菌数量更能反映饮用水受温血动物粪便污染的概况^[1]。饮用水微生物超标可能会导致介水传染病的发生。为了解海口市龙华区 5 个住宅组团家庭饮用水微生物动态污染状况, 探讨不同种类饮用水微生物污染水平及影响因素, 本研究拟对 292 份家庭饮用水(包括管网末梢水及自然存放状态下的桶装水)进行菌落总数和耐热大肠菌群的检测, 本文报道该调查结果。

[作者简介] 龙文芳(1974—), 女, 硕士, 副教授; 研究方向: 水体及饮用水卫生与健康; E-mail: zjlong1999@yahoo.com.cn

[作者单位] 海南医学院公共卫生学院, 海南 海口 571101

1 材料与方法

1.1 样品来源

海口市龙华区的 5 个住宅组团规模相似,地处海口石山地区城乡结合段,具有独特的火山地质环境,均有居民 3 000 余人。其中 4 个组团(A、B、C、D)为自挖水井式集中式供水,1 个组团(E)为市政自来水二次供水。分别进行分层随机抽样:先抽取栋,再抽取楼层,并进行用水习惯调查,根据现况调查样本量计算需 230 份。对实际调查的 230 户,采集集中式供水管网末梢水(每户 1 份,共 230 份)及所有桶装水样(62 份),共 292 份水样。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查 采用问卷调查方法了解组团集中式供水情况及居民用水习惯,进行自填式问卷调查并当场核查。(1)供水情况:从物业管理处获取是否有集中式供水卫生许可证、是否有蓄水池、蓄水池清洗频率等问题答案。(2)饮水习惯:入户调查饮用水种类、商品水品牌、饮水机品牌、清洗用水器具频率、饮水时长、是否煮沸或过滤饮用等。

1.2.2 取样及检测方法 (1)管网末梢水的取样:先将采样瓶灭菌,于采样时清洗并灼烧水龙头口,放水不少于 3 min,排除管道储水,再取水样。(2)桶装水的采样:为了解在自然状态下使用时的水质状况,对桶装水龙头处进行清洗并用无菌棉球拭擦、放水 3 min 后采样。

按照国家标准 GB/T 5750.12—2006《生活饮用水标准检验方法》进行检测,项目包括菌落总数、总大肠菌群及耐热大肠菌群。

1.3 评价依据

市政二次供水及组团自挖水井式集中供水参照《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)中菌落总数的限值:100 cfu/mL,总大肠菌群及耐热大肠菌群(cfu/100 mL)均不得检出^[2]。桶装水参照《瓶(桶)装饮用纯净水卫生标准》(GB 17324—2003)中菌落总数≤20 cfu/mL,大肠菌群≤3 MPN/100 mL,其他致病菌不得有检出,其中 1 项或 1 项以上不合格者为不合格水样^[3]。

1.4 统计方法

问卷结果进行描述性统计;对菌落总数进行中位数、总大肠菌群数采用均数描述,率的比较进行卡方分析。对影响桶装水微生物污染状况的因素进行非条件 logistic 分析。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况

共收集 292 份有效水样。其中,市政供水 52 份,住宅组团自挖水井集中式供水 178 份,桶装水 62 份。A、B、C、D 组团属于自挖水井的集中式供水,井水均经过过滤处理但并未消毒,均执有效卫生许可证;水样浊度、色度正常、无异味、肉眼观察无悬浮物。B 和 C 组团为归属同一物业公司管理,此二者饮用水来源水井相距不足 100 m,但 C 未经过蓄水池蓄水,而 B 经过蓄水池进行二次供水。E 组团使用市政自来水二次供水。

2.2 用水习惯

本次调查,桶装水品牌以金盘和椰树占多数,饮水机品牌多于 5 种,较为杂乱。桶装水平均饮用时长为 5.5 d,有 2 份水

样饮用时长超过 15 d。清洗频率为 1 个月以内的占 54.8%,其他的用户清洗频率在 1 个月以上半年以内。桶装水均直接饮用。使用市政二次供水及组团自挖水井集中式供水均煮沸饮用。

2.3 菌落总数检测结果

5 个住宅组团水样菌落总数、中位数及合格率见表 1。Kruskal-Wallis H 检验结果显示,5 个住宅组团自来水菌落总数差异有统计学意义($H=12.124, P=0.016$)。

各组团饮用水菌落总数合格率差异有统计学意义($\chi^2=14.016, P=0.007$)。3 种类型饮用水中井水菌落总数合格率为 69.7%,市政自来水为 76.9%,桶装水为 48.4%,差异有统计学意义($\chi^2=8.782, P=0.012$)。由于 B 和 C 的水源水井相距极近水质相似,对其进行比较,结果显示此二者微生物指标合格率差异有统计学意义($\chi^2=9.312, P=0.002$)。

表 1 海口市龙华区 5 个住宅组团不同种类水样菌落总数及合格率

饮用水类型	住宅组团	样本量	菌落总数		菌落总数中位数 (cfu/mL)
			合格份数	合格率(%)	
组团井水集中式供水	A	38	28	73.7	70.0
	B	42	26	61.9	49.0
	C	54	44	81.5	28.0
	D	44	26	59.1	55.5
市政二次供水	E	52	40	76.9	15.0
桶装水		62	30	48.4	55.0
合计		292	194	66.4	45.4

2.4 总大肠菌群及耐热大肠菌群检测结果

292 份水样总大肠菌群及耐热大肠菌群的检测结果表明:总大肠菌群 30 份阳性,菌落总数为 (4.4 ± 1.2) cfu/100 mL;耐热大肠菌群初发酵的 30 份水样均产气,复发酵时 22 份阳性。22 份水样耐热大肠菌群均 ≤ 2 cfu/100 mL。

结果显示,5 个组团饮用水总大肠菌群合格率差异有统计学意义($\chi^2=32.189, P<0.001$);3 种类型饮用水中差异则无统计学意义($\chi^2=5.215, P=0.074$)。5 个组团饮用水耐热大肠菌群合格率差异有统计学意义($\chi^2=14.861, P=0.01$),3 种类型饮用水中差异则无统计学意义($\chi^2=0.571, P=0.752$),见表 2。

表 2 海口市龙华区 5 个住宅组团不同类型饮用水总大肠菌群及耐热大肠菌群合格率的比较

饮用水类型	样本量	总大肠菌群		耐热大肠菌群	
		合格数	合格率(%)	合格数	合格率(%)
井水	178	162	91.0	166	93.3
市政二次供水	52	48	92.3	48	92.3
桶装水	62	53	85.5	56	90.3
合计	292	263	90.1	270	92.5

2.5 微生物污染影响因素分析

2.5.1 桶装水微生物影响因素分析 将桶装水作为研究对象,进行影响其微生物状况的多因素非条件 logistic 分析,以菌落总数是否合格为应变变量,以饮用水的相关状况为自变量,其应变变量和主要自变量赋值见表 3。多因素非条件 logistic 分析结果显示,饮用水清洗时间间隔为桶装水微生物菌落总数合格与否的影响因素,见表 4。

表 3 海口市龙华区 5 个住宅组团桶装水质危险因素非条件 logistic 多因素分析赋值

变量	因素	赋值
X_1	饮用水种类	“椰树”=0, “非椰树”=1
X_2	饮用时长 (d)	$\leq 7=0, > 7=1$
X_3	饮水机清洗时间间隔 (月)	$\leq 1=0, > 1=1$
Y	菌落总数合格状况	合格=0, 不合格=1

表 4 海口市龙华区 5 个住宅组团家庭桶装水微生物菌落总数合格状况的 logistic 回归分析

影响因素	b	S_b	Wald χ^2	P	OR	95%CI
X_1	-0.145	0.782	0.034	0.853	0.865	0.187~4.006
X_2	1.236	1.491	0.687	0.407	3.441	0.185~63.933
X_3	3.158	1.201	6.914	0.009	23.515	2.234~247.473

2.5.2 市政二次供水及自挖水井集中供水的微生物影响因素分析
本调查市政供水 52 份,均来自 E 组团,调查其蓄水池在 28d 内进行清洗,微生物污染与蓄水池卫生相关较小,可能来自陈旧管道;另 4 个组团自挖水井集中式供水除 C 组团无蓄水池,其他 A、B、D 均为蓄水池进行二次供水,其中 B 组团和 D 组团总体微生物合格率较低,调查发现 B 组团 60d 以上蓄水池未清洗, D 组团虽清洗时间在 30d 内,但水井周围环境卫生状况差,约 40m 内有化粪池。对 A、B、D 组团蓄水池清洗时长及水合格率进行卡方分析表明,在相对的时间段内蓄水池清洗时间间隔偏低,并未增加其合格率降低的危险性($\chi^2=0.621, P>0.05$)。

3 讨论

微生物指标超标是全球饮用水面临的重大问题之一,随着净水技术的多样化,家庭饮用水种类增多,但同时由于市场管理或卫生监督不够而导致有些住宅组团的饮用水不能达到相关卫生标准。饮用水受微生物污染而引起介水传染病时有发生。在不同的国家和地区采用不同的粪便微生物指标^[4]。目前我国 GB 5749—2006 饮用水微生物指标主要为:细菌总数、总大肠菌数、耐热大肠菌群、大肠埃希氏菌。但沙特阿拉伯 2009 年的研究资料表明,除了瓶装水,其他的淡化水、地表水和井水都测出有大肠菌群、耐热大肠菌,甚至链球菌;其中井水耐热大肠菌高达 87.88%^[1]。故水体污染较严重的地区增加相关微生物指标检测尚有一定必要性。本次调查表明,家庭饮用水微生物污染较为严重,但未能从使用年限及集中式供水单位自挖水井的深度及是否符合卫生要求角度进行调查分析,未能探讨地质环境对微生物污染的影响。

海口市龙华区 5 个住宅组团 292 份水样检测总大肠菌合格率为 90.1%,耐热大肠菌落数合格率为 92.5%;菌落总数合格率仅为 66.4%,其中市政自来水为 76.9%,挖井集中式供水为 69.7%,桶装水仅为 48.4%。市政二次供水合格率虽然较低,自挖水井水质较市政集中式供水水质更差;井水、市政自来水及桶装水 3 种类型饮用水菌落总数合格率差异有统计学意义($P<0.05$)。对照王宇梅^[5]的调查,桶装水合格率(42.46%)达标状况接近,可见桶装水微生物指标合格率低是家庭饮用水面临的较普遍问题。

5 个住宅组团中的 D 组团自来水菌落总数合格率仅为

59.1%,可能与其水井塔周围垃圾堆放,近距离有化粪池,住宅规划不合理易造成给水管网沉积物积聚有关。E 组团二次供水合格率偏低,可能与宿舍老旧、管道沉积污染物有关,其原因需进一步探讨和确认。B 和 C 组团为挖井供水且水质来源及物业管理相似,但水样菌落总数合格率差异有统计学意义($P<0.005$),C 组团的自来水菌落总数合格率明显高于 B。调查发现,C 组团是自挖井水直接入户,而 B 组团则通过蓄水池进行二次供水,其蓄水池约 60d 未曾清洗,可能与蓄水池造成了的二次污染有关。与杨斌等^[6]对 2009 年海南农村饮用水调查相比,其细菌总数合格率为 80.1%,而本次调查合格状况而较差(仅 66.4%);但本次调查的总大肠菌数合格率为 90.1%,则明显要高于前者(35.4%)。

5 个住宅组团水样检测总大肠菌数及耐热大肠菌群的组团间差异有统计学意义($P<0.05$);在不同来源饮用水之间差异无统计学意义($P>0.05$)。总大肠菌数及耐热大肠菌群能指示饮用水是否受到人或温血动物粪便的污染,本研究总大肠数及耐热大肠菌落数合格率分别为 90.1%、92.5%,表明龙华区 5 个住宅组团仍有少部分水样被污染,对饮水者有潜在的危害。

本次调查中使用桶装水的居民占 21.2%。桶装水调查表明:饮水机清洗频率普遍偏低;个别家庭的桶装水水桶不洁净,商标脱落。造成桶装水微生物污染的主要原因,可能为生产过程造成一级污染,或多次使用回收桶而清洗消毒不彻底,或饮用时间过长造成二次污染^[5]。非条件 logistic 回归表明,桶装水饮水机清洗频率过低将导致微生物污染程度增加的危险($OR=23.515$)。故饮用桶装水的习惯非常值得关注。

针对此次调查结果,相关部门应加强城乡结合区段饮用水卫生监督,重点加强非市政集中式供水及二次供水的卫生监督及桶装水的生产管理和培养居民科学用水习惯的宣教管理。用户应检查桶装水标签是否完好,并定期全面地清洗(消毒)饮水机,有婴幼儿的敏感人群更应尽可能缩短其饮用期,加快桶装水的更换速率,必要时煮沸后再饮用。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] ALOTAIBI ES. Bacteriological assessment of urban water sources in Khamis Mushait Governorate, southwestern Saudi Arabia[J]. Int J Health Geogr, 2009, 8(1): 1-8.
- [2] 中华人民共和国卫生部. GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GB 17324—2003 瓶(桶)装饮用纯净水卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [4] PAM T, BRENDA M, CASSANDRA L, et al. Microbial indicators of faecal contamination in water: a current perspective[J]. Water Air Soil Pollu, 2005, 166: 139-166.
- [5] 王宇梅, 彭景贤, 要媛. 2009 年包头市桶装饮用水卫生状况调查[J]. 中国公共卫生管理, 2011, 27(1): 43-44.
- [6] 杨斌, 王帅, 符致效, 等. 海南省农村生活饮用水卫生现状调查[J]. 中国公共卫生, 2011, 27(2): 131-133.

(收稿日期: 2012-01-06)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 王晓宇; 校对: 徐新春)