

## · 综 述 ·

## 溺死地点推断的研究进展

赵建<sup>1,2</sup>, 徐伦武<sup>3</sup>, 康晓东<sup>2</sup>, 石河<sup>2</sup>, 刘超<sup>1,2</sup>, 胡孙林<sup>2</sup>, 杨幸怡<sup>2</sup>, 徐曲毅<sup>2</sup>, 成建定<sup>1</sup>, 艾梅<sup>4</sup>

(1. 中山大学中山医学院法医学系, 广东 广州 510080; 2. 广州市刑事科学技术研究所 法医病理学公安部重点实验室, 广东 广州 510030; 3. 南平市公安局延平分局, 福建 南平 353000; 4. 广东华生司法鉴定中心, 广东 广州 510610)

**摘要:** 水中尸体是法医学实践中常见的类型之一。水中尸体的发现地往往不是其实际落水溺死的地点, 而确定落水点对于寻找尸源至关重要。异物颗粒、硅藻、细菌等水中无机物颗粒和浮游生物等是应用于溺死诊断较有价值的标记物, 通过比较组织器官与可疑溺液中的异物颗粒、浮游生物, 根据其类型及分布情况的相似度可以推断溺死地点, 且具有一定的实际应用价值。本文对有关溺死地点推断的方法进行分析和总结, 旨在为同行进行溺死地点推断研究提供参考。

**关键词:** 法医病理学; 溺水; 综述; 硅藻类; 浮游生物; 异物颗粒; 死亡地点推断

中图分类号: DF795.1 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1004-5619.2018.01.011

文章编号: 1004-5619(2018)01-0055-05

### Research Progress on Determination of Drowning Site

ZHAO Jian<sup>1,2</sup>, XU Lun-wu<sup>3</sup>, KANG Xiao-dong<sup>2</sup>, SHI He<sup>2</sup>, LIU Chao<sup>1,2</sup>, HU Sun-lin<sup>2</sup>, YANG Xing-yi<sup>2</sup>, XU Qu-yi<sup>2</sup>, CHENG Jian-ding<sup>1</sup>, AI Mei<sup>4</sup>

(1. Department of Forensic Medicine, Zhongshan School of Medicine, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China; 2. Key Laboratory of Forensic Pathology, Ministry of Public Security, PRC, Guangzhou Forensic Science Institute, Guangzhou 510030, China; 3. Yanping Branch of Nanping Public Security Bureau, Nanping 353000, China; 4. Forensic Science Centre of WASTON, Guangzhou 510610, China)

**Abstract:** The bodies found in water are one of the most common types in forensic practice. The discovery site of the body is often not the drowning site. However, the determination of drowning site is vital for the identification of victim. Inorganic particles and planktons, such as granular impurities, diatoms and bacteria, are valuable markers for the diagnosis of drowning. By comparing the granular impurities and planktons in tissues and suspicious drowning mediums, the drowning site can be concluded based on their similarity of types and distribution, which has practical applied value. In this paper, the research progress on determination of drowning site is summarized to provide reference for the peers.

**Keywords:** forensic pathology; drowning; review; diatoms; plankton; granular impurities; estimation of place of death

水中尸体是法医学实践中常见的类型之一。由于水中尸体的发现地往往不是其实际落水点, 即非溺死地点, 这不利于在实际办案中寻找尸源。因此, 法医学者们开始对水中尸体溺死地点推断进行研究<sup>[1-3]</sup>。本文

就国内外有关溺死地点推断的研究现状进行综述, 旨在为水中尸体溺死地点推断的研究提供参考。

## 1 可用于溺死地点推断的标记物

作为溺死地点推断的标记物须在溺液中较为普遍存在, 且具有明显的区域性特征。标记物在溺液中较为普遍存在, 才可以在不同水环境下的溺死尸体组织器官中检测到; 标记物具有明显的区域性特征, 才可以用于区别溺死的地点。因此, 异物颗粒和硅藻成为了法医学水中尸体溺死地点推断最常用的标记物。

### 1.1 异物颗粒

异物颗粒是指存在于溺液中、不存在于人体或人体含量较少的外源性物质, 如含硅、铝、钙、铬等的无

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(81430046); 公安部技术研究计划资助项目(2015JSYJA03); 广东省科技计划资助项目(2015A020217001); 公安部科技强警基础工作专项资助项目(2017GABJC07)

**作者简介:** 赵建(1988—), 男, 主要从事法医病理学检验鉴定及法医学硅藻检验; E-mail: 768594951@qq.com

**通信作者:** 成建定, 男, 博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事法医病理学研究; E-mail: chengjd@mail.sysu.edu.cn

**通信作者:** 艾梅, 女, 硕士, 主检法医师, 主要从事法医临床学及法医病理学鉴定; E-mail: aimeigz@163.com

定形颗粒或细小颗粒集落<sup>[4]</sup>。在溺死过程中,溺液中的有机颗粒和无机颗粒随着溺液进入肺组织,突破肺-血屏障进入血液,分布到各个组织器官。通过对水中尸体组织器官和可疑溺液中的异物颗粒进行分析,可以推断溺死的地点<sup>[4-5]</sup>。

### 1.2 硅藻

硅藻是广泛分布于水中的一种单细胞藻类,全世界约有 20 000~2 000 000 种,体长一般在 1~200 μm<sup>[6]</sup>。绝大部分硅藻的细胞壁高度硅质化<sup>[7]</sup>,抵抗力强而不易被破坏,使用浓硫酸、浓硝酸消解组织器官有机质后可以观察到其细胞壁<sup>[8]</sup>。水域中的硅藻种类受环境影响很大<sup>[9]</sup>,其本身即为水环境监测的重要指标之一<sup>[10]</sup>,具有明显的区域性特征。硅藻进入人体的原理和异物颗粒一样,通过分析水中尸体组织器官和可疑溺液中的硅藻种类,可以进行溺死地点推断<sup>[2,11-16]</sup>。

### 1.3 其他浮游生物

溺液中的其他浮游生物,如蓝藻、绿藻、细菌等也可以在溺死过程中进入人体组织器官<sup>[17-20]</sup>,这些浮游生物同样具有区域性特征,可用于溺死地点分析<sup>[17-18]</sup>。

## 2 溺死地点推断的方法

### 2.1 通过异物颗粒推断溺死地点

异物颗粒在水域中的分布比较广泛,但是具有区域特征性的异物颗粒只存在于特定的水域中,如化工厂、钢铁厂、军工厂排污口河段等。

万立华等<sup>[4]</sup>为探讨异物颗粒推断溺死地点的效果,用扫描电镜-能谱仪(scanning electron microscope-energy dispersive X-ray analysis,SEM-EDAX)对实验兔和实际尸体案例的肺、肝、肾等器官组织切面的异物颗粒进行了分析,发现异物颗粒中含有硅、铝、铁、钙、钡、铅、铬等元素,而死后入水实验兔和非溺死尸体器官中未见异物颗粒。

通过对实验兔、溺死尸体组织与可疑溺死地点的异物颗粒元素进行分析,寻找与组织器官中异物颗粒元素组成最相似的水域推断溺死地点。例如,钢厂排污口附近富含铁元素,那么铁元素就可以成为推断该位置为溺死地点的有价值的指示物<sup>[6]</sup>。

异物颗粒分析为溺死地点推断提供了有力的证据,但由于其在水域的分布受沿途工业排污的影响,在缺乏工业排污或者排污不稳定的情况下,限制了该方法的广泛应用。

### 2.2 通过硅藻推断溺死地点

通过硅藻检验推断溺死地点的先决条件是掌握了水环境中硅藻的区域性特征。为此,国内外法医学者们进行了大量调查研究,分析所在地区的硅藻分布情

况。其中,中国<sup>[21-28]</sup>、日本<sup>[29-31]</sup>、印度<sup>[19,32-34]</sup>的报道较多。

#### 2.2.1 水域硅藻基本情况调查

KAKIZAKI 等<sup>[29]</sup>对日本宫崎地区大淀河河口的硅藻数量、大小、种类进行了调查,发现:淡水中的大型羽纹纲硅藻很难在海水中被找到;中心纲硅藻的数量在靠近海水的区域有所增加,海水中常可检见大型的中心纲硅藻;淡水和海水很容易根据硅藻种类进行区别,而淡盐水(河海之间)中的硅藻很难被区分;河口同一地点的硅藻群落每月都会有变化,甚至涨潮、落潮时均有不同,在进行溺死地点推断时要慎重。THAKAR 等<sup>[32]</sup>对印度的部分湖泊、池塘、运河和河流进行了连续两年的分析,发现不同地点的硅藻种类和大小变化显著,部分硅藻具有地点特异性,仅在某些地点可以被发现,且这些硅藻四季都存在,但是比例随着季节发生变化。国内法医学者在北京<sup>[22]</sup>、上海<sup>[23]</sup>、宁波<sup>[24]</sup>、苏州<sup>[25]</sup>、沈阳<sup>[26]</sup>、东莞<sup>[27]</sup>、贵阳<sup>[28]</sup>等地的调查也得到了类似的结论。

例如,李立平<sup>[22]</sup>调查了北京中心城区各水域硅藻种属构成及相对丰富度,发现了各区域之间的差异:长河的优势属为直链藻,转河、昆玉河、陶然亭的优势属为针杆藻,东护城河、坝河、凉水河、永定河均为小环藻,亮马河为舟形藻,永定河引水渠为菱形藻。

田露等<sup>[23]</sup>对上海市浦东新区的川杨河进行了调查,也发现了河流各段的差异,并成功应用于实际案例,在川杨河随塘河口发现的 1 例尸体的肺中仅发现小环藻、桥弯藻、羽纹藻等淡水硅藻,推断溺死地点在发现尸体上游的 8 km 处,与实际溺死地点相差仅 2 km。

ZHAO 等<sup>[21]</sup>曾对黄河、长江和珠江三大水系的硅藻分布情况进行调查,发现:舟形藻、菱形藻、小环藻、针杆藻、异极藻、桥弯藻、卵形藻、直链藻是三大水系共有且最常见的硅藻种类;在硅藻含量方面,三大水系自西向东均呈增加趋势。而进行溺死地点推断,更重要的是发现不同水域的硅藻群落特征,寻找“个性化”的指标。

水域硅藻基本情况调查是通过硅藻检验推断溺死地点的基础,需要大量人力、物力和财力的支持,尤其是水域丰富的地区,如长江三角洲、珠江三角洲等地区,某个实验室难以单独完成。此外,受制于法医学者藻类知识的缺乏,在水样的采集、分析,硅藻种类识别以及藻类所代表的环境条件等方面都比较欠缺,在进行硅藻分布情况调查时可能得出不准确的结论。因此,多地区的法医学者合作、法医学者与藻类学者的合作将是一种比较合适的解决方法。

#### 2.2.2 推断溺死地点的方法

(1)硅藻种类一致性和常见硅藻种类相对丰度一

致性分析。LUDES 等<sup>[2]</sup>通过分析 20 例已知溺死地点和 20 例未知溺死地点的尸体肺组织硅藻和溺液中硅藻种类一致性及常见硅藻种类相对丰度的一致性,发现:在 20 例已知溺死地点的案例中,肺组织与溺死地点水样的硅藻种类一致的案例达 100%,相对丰度一致的案例占 65%;而未知溺死地点的案例中,肺组织与可疑溺死地点水样的硅藻种类一致的案例为 70%,相对丰度一致的也有 35%。说明肺组织的硅藻群落可以作为溺死地点推断的指示性指标之一,但是当河流缺乏特异性硅藻种类或者种类分布无明显特征的时候,这个方法的应用就受到了限制。

(2)现代模拟分析。现代模拟分析技术的基本原理是通过相似性或相异性测量对肺组织或衣物和所有可疑溺死地点的硅藻群落进行数值比较,计算差异系数。两样本的差异系数在第 10 百分位数以内时,表示“拟合好”,认为:肺组织或衣物来自可疑溺死地点的假设成立;当两样本的差异系数大于第 10 百分位数时,则肺组织或衣物的硅藻与可疑溺死地点的硅藻种群不一致的可能性大<sup>[35-38]</sup>。由于此法采用的是统计学分析,为便于计算,剔除了种群构成比低于 2%的硅藻,可能导致一些含量较少的区域特异的硅藻被排除,不利于溺死地点的推断。

(3)聚类分析。聚类分析是在相似的基础上收集数据来分类,用作描述数据,衡量不同数据源间的相似性,以及把数据源分类到不同的簇中。通过对可疑溺死地点的水样进行分析,将其分入类似的集群中,与肺组织和衣物的硅藻进行比较推断溺死地点<sup>[12,39]</sup>。HORTON 等<sup>[12]</sup>对河流中发现的一具溺死尸体应用了此法,首先在 50 km 的河段提取了包括尸体发现处的 12 份硅藻样本,共发现 99 种硅藻,与各取样点直接取样的种类非常相似。为了进一步寻找各地点间的差异,将取样点分为河道、河岸和阴暗处三簇,采用聚类分析比较尸体肺组织与衣物、三簇样本之间的相似性。结果显示,肺组织和衣物中的硅藻与阴暗处样本,尤其是尸体发现处的硅藻样本一致性最高。因此,推断尸体发现处即为溺死地点,并且作为证据被法庭采纳。此法同现代模拟分析一样,会剔除构成比较低的硅藻种类,可能会遗漏信息。

(4)Sprensen 相似性系数分析。通过对肺组织和可疑溺死地点的硅藻种类进行 Sprensen 相似性系数分析,即两样本共有的硅藻种类占两样本全部硅藻种类的比例,可以与现代模拟分析的差异系数共同使用。Sprensen 相似性系数越大,差异系数越小,反映两样本之间的相似度越高。赖小平等<sup>[27]</sup>采用 Sprensen 相似性系数和差异系数将 2 例溺死尸体与东莞多发溺

死河段的硅藻进行分析,结果显示溺死者肺组织内的硅藻均与其对应的溺死地点硅藻相似度最高。但是 Sprensen 相似性系数仅涉及种类信息,没有种类构成比,因此也不能完全代表硅藻群落的特点,最好能与其他方法合用。

(5)除趋势对应分析。除趋势对应分析是一种群落排序方法,也是分析肺组织与可疑溺死地点硅藻群落的相似性,从而推断溺死地点。COELHO 等<sup>[14]</sup>采用除趋势对应分析法对 37 例水中尸体和 9 处常见的溺死地点进行比较,发现大部分溺死者的硅藻种类与溺死地点一致。但是如果确定准确的溺死地点却很难,由于硅藻种类受季节的影响较大,取样时的水样硅藻种群不能代表溺死时的硅藻种群,这也会造成溺死地点推断不准确。

### 2.3 通过其他浮游生物推断溺死地点

与异物颗粒和硅藻一样,具有区域性特征的浮游生物都可以作为溺死地点推断的标记物。例如,海水与淡水中存在的细菌种类差别明显,淡水中主要是气单胞菌属<sup>[40]</sup>,海水中主要是杆菌属和弧菌属<sup>[41]</sup>,在海水和淡水中溺死者器官的细菌种类会出现明显的差别。在被污染程度不高的水域中溺死,粪大肠菌及粪链球菌也可能成为溺死的标志细菌<sup>[42]</sup>。

组织器官和水样中的细菌可以通过培养基培养,也可以通过 PCR 扩增其 DNA 片段。PCR 可同时扩增多种细菌,甚至可以与蓝藻等其他浮游生物进行复合扩增。扩增产物包含更多的浮游生物信息,更能代表溺死地点的浮游生物群落特征,可以对溺死者组织器官和可疑溺死地点水样的浮游生物电泳条带多样性进行比对分析。不同溺液中由于浮游生物种类不同,导致其 DNA 扩增产物的电泳条带具有明显差异,溺死者肺组织与其溺死地点水样的浮游生物 DNA 扩增产物的电泳条带有显著的相似性,而非溺死地点水样差异显著<sup>[18]</sup>。

## 3 影响溺死地点推断的因素

### 3.1 影响异物颗粒变化的因素

异物颗粒不仅广泛存在于水域中,也广泛存在于空气中。样本暴露在空气中可能会受到污染,应尽量缩短样本在空气中的暴露时间。取材过程中,金属工具接触样本也可能残留金属元素而影响分析结果。另外,人体自身的病灶和生理学沉积,如硅肺、钙化灶等,也会对结果分析产生一定的干扰<sup>[43]</sup>。

如前所述,异物颗粒依赖于工厂排污,这是个极不稳定的因素,无法进行长期监测,也难以建立数据库,不利于其在溺死地点推断中的应用。

### 3.2 影响浮游生物变化的因素

浮游生物对温度、光照、流速、pH 值、盐度和电解质等的变化敏感,短期内可导致群落的变化<sup>[9,44]</sup>。受环境影响,不同水域的浮游生物产生了具有区域性特点的群落结构,这也是进行溺死地点推断的基础。但是,群落变化速度快,也对溺死地点推断提出了严峻的挑战,因为检验时无法掌握死者溺水时该地点的浮游生物群落特征,这也可能导致溺死地点推断得出错误结论。

## 4 结 语

在溺死地点推断方面,水域浮游生物的动态监测和地区性数据库的建立,是溺死地点推断的基础。因此,今后应加强基础研究:一是浮游生物的四季变化,淡水、海水的群落特征,湖泊、河涌、河流群落的基本分布研究,为溺死地点推断奠定坚实的基础;二是结合分子生物学技术,如 PCR 技术、二代测序技术等,扩展溺死诊断的标记物,如蓝藻、绿藻、裸藻、真菌等;三是联合多种标记物共同分析,以提高溺死地点推断的准确性。

### 参考文献:

- [1] POLLANEN M S. Forensic diatomology and drowning[M]. Amsterdam: Elsevier,1998.
- [2] LUDES B, COSTE M, NORTH N, et al. Diatom analysis in victim's tissues as an indicator of the site of drowning[J]. *Int J Legal Med*,1999,112(3):163-166.
- [3] POLLANEN M S. The diatom test for drowning in Ontario[J]. *J Can Soc Forensic Sci*,2013,29(4):205-211.
- [4] 万立华,代国新,张忠,等. SEM/EDAX 检测内脏异物元素成分诊断溺死[J]. *中国法医学杂志*,1998,13(3):129-133.
- [5] 罗质人,许心舒,王欣,等. 扫描电镜/能谱观察溺死和死后入水的法医学应用研究[J]. *中国法医学杂志*,2007,22(5):302-304.
- [6] What are diatoms?[Z/OL]. [2017-01-20]. [http://western.diatoms.colorado.edu/about/what\\_are\\_diatoms](http://western.diatoms.colorado.edu/about/what_are_diatoms).
- [7] 胡鸿钧,魏印心. 中国淡水藻类—系统、分类及生态[M]. 北京:科学出版社,2006.
- [8] 赵子琴. 法医病理学[M].4 版.北京:人民卫生出版,2009:323-327.
- [9] 杜宇. 淡水硅藻种群及数量变化的影响因素及其法医学意义[J]. *中国法医学杂志*,2014,29(4):346-348.
- [10] CLEVE-EULER A. Om diatomavegetationen och dess förändringar i Säbysjen Uppland, samt några domda sjoar i Salatrokten[J]. *Sver Geol Unders*,1922, C309:1-76.
- [11] AGO K, AGO M, OGATA M. The distribution of diatoms in Yoronjima and application of the diatom test for the diagnosis of death by drowning in open sea islands[J]. *Medical journal of Kagoshima University*,2004,56(2):25-29.
- [12] HORTON B P, BOREHAM S, HILLIER C. The development and application of a diatom-based quantitative reconstruction technique in forensic science[J]. *J Forensic Sci*,2006,51(3):643-650.
- [13] LUDES B, COSTE M, TRACQUI A, et al. Continuous river monitoring of the diatoms in the diagnosis of drowning[J]. *J Forensic Sci*,1996,41(3):425-428.
- [14] COELHO S, RAMOS P, RIBEIRO C, et al. Contribution to the determination of the place of death by drowning - A study of diatoms' biodiversity in Douro river estuary[J]. *J Forensic Leg Med*,2016,41:58-64.
- [15] SINGH R, SINGH R, SINGH R, et al. Diatomological studies from three water bodies of Jaipur[J]. *Indian Internet J Forensic Med Toxicol*,2006,4(3):1-11.
- [16] ROHN E J, FRADE P D. The role of diatoms in medicolegal investigations I: The history contemporary science, and application of the diatom test for drowning[J]. *Forensic Examiner*,2006,15(3):10-15.
- [17] KANE M, FUKUNAGA T, MAEDA H, et al. The detection of picoplankton 16S rDNA in cases of drowning[J]. *Int J Legal Med*,1996,108(6):323-326.
- [18] 何方刚,黄代新,刘良,等. PCR-DGGE 法检测浮游生物 16S rDNA 在溺死鉴定中的应用[J]. *中国法医学杂志*,2008,23(4):234-237.
- [19] NÜBEL U, GARCIA-PICHEL F, MUYZER G. PCR primers to amplify 16S rRNA genes from cyanobacteria[J]. *Appl Environ Microbiol*,1997,63(8):3327-3332.
- [20] SUTO M, KATO N, ABE S, et al. PCR detection of bacterial genes provides evidence of death by drowning[J]. *Leg Med (Tokyo)*,2009,11(S1):S354-S356.
- [21] ZHAO J, WANG Y, ZHANG Y, et al. Types of diatoms in China's three major rivers and the possible application for an automatic forensic diatom test[J]. *Aust J Forensic Sci*,2015,47(3):268-274.
- [22] 李立平. 北京中心城区硅藻分布的调查研究及破机罐消化法在溺死鉴定中的应用[D].武汉:华中科技大学,2012.
- [23] 田露,臧士博,邱志军. 上海市浦东新区川杨河水域硅藻分布及其法医学应用[J]. *法医学杂志*,2014,30(2):114-116.
- [24] 蔡海光,应捷,倪卓晖,等. 宁波市三江流域夏季硅藻分布[J]. *法医学杂志*,2016,32(6):413-414,419.
- [25] 褚俊. 苏州地区井水中硅藻分布特点及其法医学意义[C]// 珠海:中国法医学会全国法医临床学学术研讨

- 会,2015:479-480.
- [26] 杜宇,周哲,蔡洪洋,等. 沈阳市内浑河河段中硅藻数量及种群变化规律[J].法医学杂志,2013,29(5):337-339,343.
- [27] 赖小平,何庆良,林汉光,等. 东莞溺死案多发河段硅藻种群分布及其法医学意义[J].中国法医学杂志,2012,27(1):25-28.
- [28] 王磊,王杰,黄映康. 贵阳市区不同水域硅藻检验在鉴定溺死中的应用[J].贵阳医学院学报,2001,26(6):529-530.
- [29] KAKIZAKI E, KOZAWA S, SAKAI M, et al. Numbers, sizes, and types of diatoms around estuaries for a diatom test[J]. *Am J Forensic Med Pathol*,2011,32(3):269-274.
- [30] FUNAYAMA M, MIMASAKA S, NATA M, et al. Diatom numbers around the continental shelf break[J]. *Am J Forensic Med Pathol*,2001,22(3):236-238.
- [31] 澤井正明,門洋一. 広島県の主要河川、貯水池ならびに沿岸部のけいそう類[J].科学警察研究所報告,1965,18:20-23.
- [32] THAKAR M K, SINGH R. Diatomological mapping of water bodies for the diagnosis of drowning cases[J]. *J Forensic Leg Med*,2010,17(1):18-25.
- [33] SINGH R, DEEPA, KAUR R. Diatomological mapping of water bodies--a future perspective[J]. *J Forensic Leg Med*,2013,20(6):622-625.
- [34] SAINI E, KHANAGWAL V P, SINGH R. A systematic databasing of diatoms from different geographical localities and sites of Haryana for advancing validation of forensic diatomology[J]. *Data Brief*,2016,10:63-68.
- [35] MADDY D, BREW J S. Statistical modelling of Quaternary science data[M]. Cambridge: Quaternary Research Association,1995:161-236.
- [36] LE J. Palaeotemperature estimation methods: Sensitivity test on two western equatorial pacific cores[J]. *Quat Sci Rev*,1992,11(7-8):801-820.
- [37] BARTLEIN P J, WHITLOCK C. Paleoclimatic interpretation of the Elk Lake pollen record[J]. *Geological Society of America*,1993,276:275-294.
- [38] HAYWARD B W, SCOTT G H, GRENFELL H R, et al. Techniques for estimation of tidal elevation and confinement (proxy for salinity) histories of sheltered harbours and estuaries using benthic foraminifera: examples from New Zealand[J]. *Holocene*,2004,14(2):218-232.
- [39] BERGLUND B E. Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology[M]. London: John Wiley & Sons Ltd,1986:775-797.
- [40] AOYAGI M, IWADATE K, FUKUI K, et al. A novel method for the diagnosis of drowning by detection of *Aeromonas sobria* with PCR method[J]. *Leg Med (Tokyo)*,2009,11(6):257-259.
- [41] UCHIYAMA T, KAKIZAKI E, KOZAWA S, et al. A new molecular approach to help conclude drowning as a cause of death: simultaneous detection of eight bacterioplankton species using real-time PCR assays with TaqMan probes[J]. *Forensic Sci Int*,2012,222(1-3):11-26.
- [42] LUCCI A, CAMPOBASSO C P, CIRNELLI A, et al. A promising microbiological test for the diagnosis of drowning[J]. *Forensic Sci Int*,2008,182(1-3):20-26.
- [43] 胡孙林. 两种微束分析技术在法医学溺死诊断中的应用研究[D].广州:中山大学,2009.
- [44] WANG J, MCLENACHAN P A, BIGGS P J, et al. Environmental bio-monitoring with high-throughput sequencing[J]. *Brief Bioinform*,2013,14(5):575-588.

(收稿日期:2017-01-24)

(本文编辑:张建华)

(上接第54页)

- [34] CORDEIRO C, SEOANE R, CAMBA A, et al. The application of flow cytometry as a rapid and sensitive screening method to detect contamination of vitreous humor samples and avoid miscalculation of the postmortem interval[J]. *J Forensic Sci*,2015,60(5):1346-1349.
- [35] ODRIOZOLA A, RIANCHO J A, DE LA VEGA R, et al. miRNA analysis in vitreous humor to determine the time of death: a proof-of-concept pilot study[J]. *Int J Legal Med*,2013,127(3):573-578.
- [36] KOOPMANSCHAP D H, BAYAT A R, KUBAT B, et al. The radiodensity of cerebrospinal fluid and vitreous humor as indicator of the time since death[J]. *Forensic Sci Med Pathol*,2016,12(3):248-256.
- [37] ZHOU Y, TIAN X L, LI Y S, et al. A versatile and highly sensitive probe for Hg (II), Pb (II) and Cd (II) detection individually and totally in water samples[J]. *Biosens Bioelectron*,2011,30(1):310-314.
- [38] ZONG C, WU J, WANG C, et al. Chemiluminescence imaging immunoassay of multiple tumor markers for cancer screening[J]. *Anal Chem*,2012,84(5):2410-2415.

(收稿日期:2017-01-09)

(本文编辑:张建华)