

第 11 章 微生物资料概览

本章讨论潜在的水源性疾病病原微生物以及指标和指示微生物。潜在的水源性疾病病原微生物包括：

- 表 7.1 及图 7.1 列出的细菌、病毒、原虫和寄生虫，但血吸虫没有在内，因为血吸虫病主要是通过洗澡或清洗衣物时接触污染的地表水而传播；
- 可能但未确定通过水源传播的潜在的新发病原，包括幽门螺杆菌、豕村菌、贝氏等孢球虫和微孢子虫；
- 杆菌，包括尚未证明也可经水源传播的食源性疾病病原菌蜡状芽孢杆菌；
- 有害的蓝绿藻。

经水传播疾病的微生物可引起许多疾病，影响人类健康。所致疾病严重程度从轻度胃肠炎到严重甚至是致命的腹泻、痢疾、肝炎和伤寒。污染水可能成为包括霍乱、痢疾和隐孢子虫病等疾病大暴发的根源，但对于大多数水源性疾病病原微生物来说，还存在其他重要的感染源，如人与人之间的接触和食物。

大多数水源性疾病病原微生物通过人或动物的粪便进入饮用水供应系统，它们不能在水中生长，被摄入后可引起胃肠道感染。但军团菌、非典型分支杆菌、类鼻疽伯克氏菌及福氏耐格里阿米巴是环境微生物，能在水及土壤中生长。除摄入外，还存在其他的传播途径包括吸入和接触，前者导致呼吸道感染（如：军团菌和非典型分支杆菌），后者导致接触部位如皮肤和脑的感染（如：福氏耐格里阿米巴和类鼻疽伯克氏菌）。

所有的水源性疾病病原微生物中，麦地那龙线虫比较独特，因为它是唯一仅通过饮用水传播的病原微生物。

本章涉及潜在病原微生物相关内容，包括对人类健康的影响、感染源、发病、传播途径以及饮用水成为感染源的意义。本章可作为监测控制措施是否有效的指标或作为指示病原微生物潜在存在的索引，并为说明指标值、来源及存在、检测的应用和意义提供参考。

11.1 细菌类病原微生物

大多数经水传播疾病的细菌类病原微生物可感染胃肠道并通过被感染者及动物的粪便排出。不过，还有一些水源性细菌，例如军团菌、类鼻疽伯克氏菌及非典型分支杆菌可以在水及土壤中生长。这些细菌的传播途径包括吸入和接触

(洗澡), 前者见于呼吸道感染, 后者见于皮肤或脑部病变。

11.1.1 不动杆菌属

概述

不动杆菌属是革兰氏阴性、氧化酶阴性、无动力的球杆菌(短圆杆状)。由于命名单个种和生物变型比较困难, 所以在一些分类方法中, 醋酸钙不动杆菌属细菌复合群这一术语涵盖了此属的所有亚群, 包括鲍曼不动杆菌, 鲁氏不动杆菌以及琼氏不动杆菌。

对人类健康的影响

不动杆菌属细菌通常是共生生物, 偶尔引起感染, 主要感染医院内易感患者。该菌为条件致病菌, 可引起泌尿道感染、肺炎、菌血症、继发性脑膜炎以及伤口感染, 这些疾病往往继发于恶性肿瘤、烧伤、大手术或发生于免疫力低下人群如新生儿和老年人。引发院内感染的多重耐药醋酸钙不动杆菌属的出现及传播, 应引起医疗卫生工作者的关注。

感染源

不动杆菌属细菌广泛存在于土壤、水及污水环境中。97% 的天然地表水样品中可分离到不动杆菌属细菌, 含菌量高达 100/ml。该菌属占饮用水样品中 HPC 菌群的 1.0—5.5%。在管道水中的分离率为 5—92%。美国对未处理地下水输配水系统的一项调查表明, 不动杆菌属细菌在地下水输配系统中的检出率为 38%, 算术平均密度为 8/100 ml。该研究还揭示, 不动杆菌属细菌的一种毒力因子—粘液产生能力, 在井水分离菌和临床菌株之间无明显差别, 表明地下水中的细菌具有某种致病力。不动杆菌属细菌是皮肤正常菌群的一部分, 偶见于健康人呼吸道。

感染途径

院内环境污染以及人与人之间传播可能是大多数医院内暴发感染的根源。感染常与接触外伤及烧伤有关, 或易感个体吸入感染。对于不动杆菌菌血症患者来说, 静脉内插管已被确定为感染源。感染的暴发与淋浴和使用室内加湿器有关。消化道摄入不是常见的感染方式。

对饮用水的意义

虽然处理过的饮用水供水系统中经常可以检测到不动杆菌属细菌, 但该菌属细菌的存在与临床疾病是否相关尚未确定。尚没有关于人群因饮用含不动杆菌属细菌的饮用水而引起胃肠道感染的证据。但有可能通过饮用水引起易感个体的非胃肠道感染的传播, 尤其是在医疗卫生机构或医院内。正如第 6 章中所述, 包括医院及其他医疗卫生机构在内的建筑物应采用特殊的水安全计划

(WSPs)。这些计划应考虑居住者的特殊敏感性。不动杆菌属细菌对消毒剂如含氯消毒剂敏感，在消毒剂残留物中的数量很低。可限制细菌在输配水系统中生长的控制措施包括清除有机碳的优化处理，限制水在输配水系统中的停留时间以及保持消毒剂残余浓度。HPC 可用于检测不动杆菌属细菌，也可和其他参数如消毒剂残余量一起使用，作为指示该环境条件是否支持这些微生物生长的指标。但大肠杆菌（或耐热大肠菌）不能用作指示不动杆菌属细菌是否存在的指标。

参考文献

- Bartram J et al., eds. (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.
- Bergogne-Berezin E, Towner KJ (1996) *Acinetobacter as nosocomial pathogens: microbiological, clinical and epidemiological features*. *Clinical Microbiology Reviews*, 9:148–165.
- Bifulco JM, Shirey JJ, Bissonnette GK (1989) Detection of *Acinetobacter* spp. in rural drinking water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*, 55:2214-2219.
- Jellison TK, McKinnon PS, Rybak MJ (2001) Epidemiology, resistance and outcomes of *Acinetobacter baumannii* bacteremia treated with imipenem-cilastatin or ampicillin-sulbactam. *Pharmacotherapy*, 21:142–148.
- Rusin PA et al. (1997) Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking-water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 152:57–83.

11.1.2 气单胞菌属

概述

气单胞菌属是革兰氏阴性、无芽孢的、兼性厌氧杆菌，属弧菌科。这些细菌与肠杆菌科有很多相似之处。该属细菌分为两群，仅由一个种组成的嗜冷无动力产气单胞菌群以及专性鱼病原菌杀鲑气单胞菌群，对于后者，此处不多述。嗜温动力（单极鞭毛）产气单胞菌群被认为对人类健康具有潜在意义，该群由噬水气单胞菌、豚鼠气单胞菌、维氏气单胞菌亚种温和气单胞菌、中间气单胞菌、维氏气单胞菌亚种维氏气单胞菌及舒氏气单胞菌组成。该类细菌通常存在于淡水中，也可从水、土壤及多种食物尤其是肉类和牛奶中分离到。

对人类健康的影响

气单胞菌属可引起人类感染，包括败血症、伤口感染和呼吸道感染，对免疫受损的患者尤易引起败血症。有人称气单胞菌属可引起胃肠道疾病，但缺乏统一的流行病学证据。尽管气单胞菌属在体外可产生大量毒素，但尚不能引起

实验动物或人类实验志愿者的腹泻。

感染源

气单胞菌属存在于水、土壤及食物尤其是肉、鱼和奶中。通常在多数淡水中都可发现气单胞菌属，在很多处理过的饮用水供水系统中也能检测到该菌，这主要是由于细菌在输配水系统中生长的结果。导致输配水系统中出现气单胞菌属的因素尚未完全清楚，但已发现有有机物含量、温度、水在输配水系统中的停留时间以及残余氯的存在可影响菌群的数量。

感染途径

伤口感染与接触污染的土壤及在受污染的水中活动如游泳、潜水、划船和捕鱼等有关，伤口感染可引发败血症。免疫受损的个体自身胃肠道寄生的气单胞菌属可能导致败血症。

对饮用水的意义

尽管饮用水中常可分离到气单胞菌属，但缺乏有力的证据支持该菌经水传播。饮用水中经常分离到的气单胞菌属的 DNA 与从胃肠炎患者中分离到的菌无同源性。饮用水供应系统中存在气单胞菌属通常被认为是一种公害，适宜的消毒可减少进入输配水系统中的气单胞菌属数量。限制该菌在输配水系统中生长的控制措施包括清除有机碳的优化处理、限制水在输配水系统中的停留时间以及保持消毒剂残余浓度。HPC 可用于检测气单胞菌属细菌，也可和其他参数如消毒剂残余量一起使用，作为指示该环境条件是否支持这些微生物生长的指标。但大肠杆菌（或耐热大肠菌）不能用作指示气单胞菌属细菌是否存在的指标。

参考文献

- Bartram J et al., eds. (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.
- Borchardt MA, Stemper ME, Standridge JH (2003) *Aeromonas* isolates from human diarrheic stool and groundwater compared by pulsed-field gel electrophoresis. *Emerging Infectious Diseases*, 9:224–228.
- WHO (2002) *Aeromonas*. In: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization.

11.1.3 芽孢杆菌属

概述

芽孢杆菌属较大 (4–10 μm), 革兰氏阳性、严格需氧或兼性厌氧的有荚膜的杆菌。该属细菌的重要特性是能够产生对不利条件具有特殊抵抗力的芽孢。芽孢杆菌属可分为以下亚群: 多粘芽孢杆菌、枯草芽孢杆菌(包括蜡样芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌)、短芽孢杆菌和炭疽芽孢杆菌。

对人类健康的影响

大多数芽孢杆菌属细菌是无害的, 但有一些可以使人和动物致病。蜡样芽孢杆菌可引起食物中毒, 症状与金黄色葡萄球菌食物中毒相似。一些菌株在食物中可产生耐热性毒素, 该毒素与芽孢萌发有关, 在被食入后 1-5 小时出现呕吐症状。其他菌株产生不耐热肠毒素, 在食入后 10–15 小时内引起腹泻。已知蜡样芽孢杆菌在免疫受损患者可引起的菌血症以及其他症状如呕吐和腹泻。炭疽杆菌可引起人和动物炭疽。

感染源

芽孢杆菌属通常可见于很多自然环境, 如土壤和水中。他们是 HPC 菌的一部分, HPC 菌在大多数饮用水供应系统中很容易检测到。

感染途径

芽孢杆菌属感染与食用多种食物尤其是米饭、意大利面条、蔬菜以及未加工的牛奶和肉制品有关。摄入微生物或微生物产生的毒素均可致病。饮用水作为致病性芽孢杆菌属(包括蜡样芽孢杆菌)的感染源尚缺乏证据, 芽孢杆菌属胃肠炎的水源性传播也未被证实。

对饮用水的意义

饮用水供应系统中常可检测到芽孢杆菌属, 经合格工艺处理和消毒过的水中也不例外。这主要是由于芽孢对消毒具有抵抗力的缘故。由于没有确切证据说明水源性芽孢杆菌属具有临床意义, 所以尚未要求对饮用水进行特殊处理。

参考文献

Bartram J et al., eds. (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.

11.1.4 类鼻疽伯克氏菌

概述

类鼻疽伯克氏菌是革兰氏阴性杆菌, 常见于土壤及泥水中, 主要存在于热带地区如澳大利亚北部和东南亚。该菌耐酸, 在缺乏营养的条件下仍可在水中长期存活。

对人类健康的影响

类鼻疽伯克氏菌可引起类鼻疽，该病在澳大利亚北部和其他热带地区流行。最常见的临床表现是致命性肺炎。在这些地区的某些地方，类鼻疽是社区感染肺炎的最常见原因，全年均有发病但发病高峰期为雨季。某些患者肺炎症状较轻，对适当的抗生素治疗反应较好，但有些是严重的败血症肺炎。其他症状包括皮肤脓肿或溃疡，内脏脓肿以及不常见的神经系统疾病如脑干脑炎和急性下身麻痹。尽管类鼻疽也可发生于健康儿童及成人，该病主要还是见于因基础疾病而导致抗感染机制受损或因营养不良、生活条件较差导致健康状况不良的个体。

感染源

该菌主要见于热带地区，特别是土壤及地表积聚的泥水中，可从这些地方进入生水水源以及饮用水供应系统。饮用水中该菌达到多少数量才具有感染的危险尚不清楚。

感染途径

大多数感染似乎是因皮肤伤口或擦伤接触污染水所致。在东南亚，稻田是很重要的感染源。也可通过其他途径尤其是吸入和食入感染。这些感染途径的重要性尚不清楚。

对饮用水的意义

澳大利亚两次鼻疽暴发事件中，自患者及饮用水供水系统中分离到的类鼻疽伯克氏菌基本相同。其中一次饮用水供水系统中检测到细菌是在更换水管和氯化处理失败之后，而另外一次供水系统则未经氯化处理。水安全计划中，可对此菌提供有效保护的控制措施包括对饮用水进行处理和消毒，同时通过对系统的修理和维护，保护输配水系统不受污染。HPC 及消毒剂残余量可作为衡量水处理措施有效性及适当的排水管修理程序是否能够保护饮用水免于类鼻疽伯克氏菌污染的指标。由于类鼻疽伯克氏菌在环境中存在，所以大肠杆菌（或耐热大肠菌）不是指示该菌是否存在的适宜指标。

参考文献

- Ainsworth R, ed. (2004) *Safe, piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems*. IWA Publishing, London, for the World Health Organization, Geneva.
- Currie BJ. (2000) The epidemiology of melioidosis in Australia and Papua New Guinea. *Acta Tropica*, 74:121–127.
- Currie BJ et al. (2001) A cluster of melioidosis cases from an endemic region is clonal and is linked to the water supply using molecular typing of *Burkholderia pseudomallei* isolates. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 65:177–179.

Inglis TJJ et al. (2000) Outbreak strain of *Burkholderia pseudomallei* traced to water treatment plant. *Emerging Infectious Diseases*, 6:56–59.

11.1.5 弯曲杆菌

概述

弯曲杆菌属是微嗜氧（需较少量氧）、嗜二氧化碳（需增加二氧化碳量）的革兰氏阴性弯曲螺旋形杆菌，带有单个无鞘极生鞭毛。弯曲杆菌属是引起全球急性胃肠炎最重要的病因之一。空肠弯曲杆菌是急性腹泻患者中最常分离到的菌种，小部分患者中还分离到大肠弯曲杆菌、海鸥弯曲菌及胚胎弯曲杆菌。两个密切相连的属，即螺杆菌和弓形杆菌，包括了以前归属于弯曲菌属的一些种。

对人类健康的影响

与其它致病细菌相比，空肠弯曲杆菌的一个重要特性是传染性较强。1000个菌即可引起感染。大多数有症状的感染发生在婴幼儿，疾病潜伏期通常为2-4天。空肠弯曲杆菌感染的典型临床症状是腹痛、腹泻（便中带有或不带血及大便含有白细胞）、呕吐、寒战和发热。感染是自限性的，3-7天恢复，5%-10%未治疗的患者会复发。人感染空肠弯曲菌的其他临床表现包括反应性关节炎和脑膜炎。一些病例报告表明空肠弯曲杆菌感染与一种急性周围神经脱髓鞘疾病格林-巴利综合征有关。

感染源

弯曲杆菌属存在于多种环境中。野生和家养动物，尤其是禽类、鸟类和牛是重要的宿主，宠物和其他动物也可作为宿主。食物（包括肉和未消毒的牛奶）是重要的感染源，水也是重要的感染源。地表水中是否存在弯曲杆菌与降雨、水温以及是否存在水禽等密切相关。

感染途径

多数弯曲杆菌感染为散发，食物被认为是常见的感染源。人类被传染通常是由于食用动物制品所致，肉类，尤其是禽类制品及未消毒的牛奶是重要的感染源。已确认被污染的饮用水供水系统是疾病暴发的根源。暴发病例数由几例到几千例不等，感染源包括未经氯化处理或氯化处理不当的地表水供应系统以及被野鸟粪便污染的水库水。

对饮用水的意义

污染的饮用水供水系统是弯曲菌病暴发的重要感染源。水源性疾病暴发以及病例数似乎日益增多。自患者及其饮用的饮用水中分离到同样的菌株，证实了该病的水源性传播。水安全计划中，可避免弯曲杆菌属潜在危险的控制措施

包括：保护原水不被动物和人类排泄物污染，在输配水过程中进行充分处理和保护，处理和消毒过的储水库应避免被鸟粪污染。弯曲杆菌属是粪源性病原菌，对消毒缺乏抵抗力。所以，大肠杆菌（或耐热大肠菌）可作为指示该菌在饮用水供应系统中是否存在的适宜指标。

参考文献

- Frost JA .(2001) Current epidemiological issues in human campylobacteriosis. *Journal of Applied Microbiology*, 90:85S–95S.
- Koenraad PMFJ, Rombouts FM, Notermans SHW. (1997) Epidemiological aspects of thermophilic *Campylobacter* in water-related environments: A review. *Water Environment Research*, 69:52–63.
- Kuroki S et al. (1991) Guillain-Barré syndrome associated with *Campylobacter* infection. *Pediatric Infectious Diseases Journal*, 10:149–151.

11.1.6 大肠杆菌致病性菌株

概述

大肠杆菌在人和动物肠道内大量存在，是肠道正常菌群的一部分，通常无害。但在身体的其他部位，大肠杆菌可引起严重疾病如泌尿系感染、菌血症和脑膜炎，少数肠道病原菌株可引起急性腹泻。根据毒力因子的不同可将肠道致病大肠杆菌分为几种：肠出血性大肠埃希菌(EHEC)、肠产毒性大肠埃希菌(ETEC)、肠致病性大肠埃希菌 (EPEC)、肠侵袭性大肠埃希菌(EIEC)、肠凝集性大肠埃希菌(EAEC)以及扩粘型大肠埃希菌 (DAEC)。人们对前四类大肠杆菌了解较多，但对 EAEC 和 DAEC 菌株的致病性和流行情况知之甚少。

对人类健康的影响

EHEC 的某些血清型如大肠杆菌 O157:H7 和大肠杆菌 O111 可引起腹泻，疾病的严重程度轻重不一，从轻度非血便到重度血便均可出现，后者类似出血性结肠炎。2% 到 7% 的患者会出现潜在致命的溶血性尿毒症综合征(HUS)，该病特征为急性肾功能衰竭和溶血性贫血，5 岁以下儿童最易患 HUS。EHEC 菌株的感染力明显高于其他菌株，100 个 EHEC 菌就可引起感染。ETEC 可分别或同时产生不耐热或耐热大肠杆菌肠毒素，是发展中国家尤其是儿童腹泻的重要致病因子。ETEC 感染的症状包括轻度水样便、腹部痛性痉挛、恶心和头痛。EPEC 感染可引起婴儿严重慢性非出血性腹泻、呕吐和发热。EPEC 感染在发达国家少见，但在发展中国家营养不良、低体重、生长迟缓的婴儿中很常见。EIEC 引起水样腹泻，如菌株侵袭结肠细胞时偶可引起血便，其致病机制与志贺氏菌类似。

感染源

肠致病性大肠杆菌是肠道微生物，人是主要宿主，尤其对 EPEC、ETEC 和 EIEC 菌株来说，更是如此。EHEC 菌株主要从家畜，如牛和羊、山羊、猪和鸡中分离到。此外，EHEC 感染还与食用生蔬菜如豆芽有关。上述病原菌在多种水环境中都可检测到。

感染途径

感染主要通过人与人之间传播，与动物和食物接触以及饮用被污染的水也可导致感染。在疗养所和日托中心这些有个体间密切接触的社区中，人与人之间的传播是主要的传染方式。

对饮用水的意义

娱乐场所水环境和污染的饮用水可造成病原性大肠杆菌的水源性传播，这一点已得到公认。加拿大安大略省 Walkerton 镇的农场社区曾暴发了一次大肠杆菌 O157:H7（和空肠弯曲杆菌）引起的水源性疾病流行，这一事件已被广为报道。该次疾病暴发发生在 2000 年 5 月，导致 7 人死亡，2300 多人发病。其间，发现饮用水供水系统被流入的含有牛排泄物的雨水污染。在水安全计划中，可采用的防止潜在肠致病性大肠杆菌污染的控制措施包括保护原水不受人及动物粪便的污染，以及在输配水过程中进行充分的处理和保护。没有迹象表明肠致病性大肠杆菌菌株对水处理和消毒过程的反应与其他大肠杆菌有何不同，所以，传统的检测大肠杆菌（或耐热大肠菌）的方法可作为指示饮用水中肠致病性血清型的适宜指标，但标准的检测方法通常不能用于检测 EHEC 菌株。

参考文献

- Nataro JP, Kaper JB (1998) Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 11:142–201.
- O'Connor DR (2002) *Report of the Walkerton Inquiry: The events of May 2000 and related issues. Part 1: A summary*. Toronto, Ontario, Ontario Ministry of the Attorney General, Queen's Printer for Ontario.

11.1.7 幽门螺杆菌

概述

幽门螺杆菌最初被分类为幽门弯曲杆菌，是革兰氏阴性、微需氧、螺旋形有动力的无芽孢杆菌。螺杆菌至少包括 14 个种，但只有幽门螺杆菌被确认为人类致病菌。

对人类健康的影响

幽门螺杆菌自胃中被发现，该菌与慢性胃炎有关，可进一步导致胃十二指

肠溃疡和胃癌，但大多数感染无症状，该菌是否是这些疾病的真正病因尚不清楚。大多数幽门螺杆菌感染发生在儿童时期，未经治疗转为慢性感染，感染在发展中国家更常见，与拥挤的居住环境有关，家庭间聚集现象常见。

感染源

人似乎是幽门螺杆菌的主要宿主，其他宿主可能包括家猫。有证据表明幽门螺杆菌对胆盐敏感，这将减少粪便排泄的可能性，不过幼儿粪便中已分离到该菌，该菌也已在水中检出。虽然幽门螺杆菌不大可能在环境中生长，但已发现该菌在生物膜上可存活 3 周，在地表水中可存活 20-30 天。在美国进行的一项研究表明，多数地表水及浅表地下水水样中存在幽门螺杆菌。幽门螺杆菌的存在与大肠杆菌无关，环境污染可能是通过儿童腹泻或儿童及成人呕吐物造成的。

感染途径

家庭中人与人之间接触通过口-口传播已被确认为最可能的传染源。幽门螺杆菌可在粘膜或呕吐物中存活良好，但很难在口腔或粪便样品中检出。粪口传播也有可能。

对饮用水的意义

饮用被污染的水被认为是潜在的感染原因，但要证实疾病的水源性传播尚需要进一步深入调查。人类是幽门螺杆菌的主要感染源，该菌对氧化消毒剂敏感。可保护饮用水免受幽门螺杆菌污染的控制措施包括防止人类粪便污染以及充分消毒。大肠杆菌（或耐热大肠菌）不能作为指示该菌是否存在的可靠指标。

参考文献

- Dunn BE, Cohen H, Blaser MJ (1997). *Helicobacter pylori*. *Clinical Microbiology Reviews*, 10:720–741.
- Hegarty JP, Dowd MT, Baker KH (1999) Occurrence of *Helicobacter pylori* in surface water in the United States. *Journal of Applied Microbiology*, 87:697–701.
- Hulten K et al. (1996) *Helicobacter pylori* in drinking-water in Peru. *Gastroenterology*, 110:1031–1035.
- Mazari-Hiriart M, López-Vidal Y, Calva JJ (2001) *Helicobacter pylori* in water systems for human use in Mexico City. *Water Science and Technology*, 43:93–98.

11.1.8 克雷伯菌属

概述

克雷伯菌属是革兰氏阴性无动力杆菌，属于肠杆菌科。克雷伯菌属有很多

种菌组成，包括肺炎克雷伯杆菌、产酸克雷伯菌、植物生克雷伯菌和土生结克雷伯菌。克雷伯菌属最外层由一层大的多糖荚膜组成，这是该菌与本科族其他成员的显著区别。粪便和临床标本中分离到的克雷伯菌属中约有 60%-80%是肺炎克雷伯菌，耐热大肠菌实验阳性。产酸克雷伯菌也已被确认为致病菌。

对人类健康的影响

克雷伯菌属定殖于住院患者中。该菌传播与经常性的患者护理操作有关（如重症监护病房）。免疫受损的患者如老人和幼儿、烧伤或严重创伤患者、接受过免疫抑制治疗或 HIV/AIDS 感染的患者是高危患者。定殖可能导致侵袭性感染。极少数情况下，克雷伯菌属尤其是肺炎克雷伯菌和产酸克雷伯菌可引起严重感染，如破坏性肺炎。

感染源

克雷伯菌属存在于很多水环境中，在营养丰富如纸浆厂废液、纺织品整染厂以及糖-甘蔗加工操作产生的废水中可大量繁殖。在饮用水输配水系统中，该菌可定殖于自来水龙头垫圈上。可在输配水系统中生长。克雷伯菌属也可从很多健康人和动物的粪便中排出，该菌很易从污水中检出。

感染途径

克雷伯菌可引起院内感染，在医院以及其他医疗机构中，污水和气溶胶可能是潜在的污染源。

对饮用水的意义

克雷伯菌属并非是通过饮用水途径导致胃肠道疾病的病原。饮用水中检测到的克雷伯菌属通常是生物膜微生物，不大可能对健康构成威胁。该菌对消毒剂适度敏感，充分处理可避免该菌进入输配水系统。通过抑制生物膜生长的措施可减少该菌在输配水系统中的生长,包括清除有机碳的优化处理、限制水在输配水系统中的停留时间以及保持消毒剂残余浓度。克雷伯菌属于大肠细菌，可使用检测大肠细菌的传统方法进行检测。

参考文献

- Ainsworth R, ed. (2004) *Safe, piped water: Managing microbial water quality in piped distribution systems*. IWA Publishing, London, for the World Health Organization, Geneva.
- Bartram J et al., eds. (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.

11.1.9 军团菌

概述

军团菌属，是军团杆菌科家族的成员，至少包括 42 个种。军团菌是革兰氏阴性、杆状不形成芽孢的细菌，其生长及原代分离培养需要 L-半胱氨酸。军团菌属是异养菌，广泛存在于水环境中，在 25 °C 以上即可增殖。

对人类健康的影响

尽管所有的军团菌属被认为是潜在的人类病菌，噬肺军团菌是军团菌病的主要水源性病原体，该病临床上分两型：退伍军人病和庞提阿克热。前者是肺部疾病，潜伏期 3-6 天。宿主因素可影响发病：男性较女性易感，多数病例发生在 40 到 70 岁年龄组，危险因素包括吸烟，酗酒，癌症，糖尿病，慢性呼吸系统或肾脏疾病以及免疫抑制如器官移植受体。庞提阿克热是轻微自限性疾病，发病率高，发病（5 小时到 3 天）及症状与感冒相似：发热、头痛、恶心、呕吐、肌肉痛和咳嗽。血清抗体阳性率的研究表明很多感染为无症状感染。

感染源

军团菌属是很多淡水环境如河流、溪水和塘堰水中的正常菌群，但数量相对较低。不过，在某些人造水环境如与空调有关的水冷设备（冷却塔或蒸发冷凝器），可为该菌繁殖提供适宜温度(25-50 °C)和条件的热水供应系统以及按摩池中，该菌可大量存在。有利于军团菌繁殖的设备与退伍军人病的暴发有关。军团菌可在生物膜和沉积物中存活和生长，在咽拭子中较流水中更易检出。军团菌可被某些阿米巴如棘阿米巴属、哈氏虫属以及耐格里(原虫)属的滋养体吞入，这对该菌在水环境中的持续存在起了一定的作用。

感染途径

最常见的感染途径是吸入含细菌的气溶胶。污染的冷却塔、温水淋浴器、加湿器和按摩池可产生气溶胶。在某些与污染的水、食物和冰有关的病例中，误吸也是一种感染途径。没有人与人之间传播的证据。

对饮用水的意义

军团菌属是常见的水源微生物，使用电处理水的设备包括冷却塔、热水系统以及按摩池与感染的暴发有关。由于军团菌的流行，该菌有可能侵入饮用水系统，所以应采取控制措施减少该菌的存活及繁殖。可降低生物膜生长的消毒措施以及温度控制可减少军团菌属感染的潜在危险。该菌对消毒敏感、已证明氯乙烷对杀灭该菌非常有效，可能和该消毒剂的稳定性以及对生物膜的强效力有关。水温也是控制措施的重要环节，应尽可能保持在 25-50 °C 范围以外。在热水系统中，储存区的温度应维持在 55 °C 以上，相连的水管也应维持相似的

温度以防止微生物生长。但是，热水温度维持在 50 °C 以上，对儿童，老人以及其他易感人群可能会有发生烫伤的危险。如果热水或冷水供应系统中温度不能维持在 25–50 °C 范围以外，就需要注意采取其他的消毒和处理措施来限制生物膜的出现。水供应系统中污泥、锅垢、铁锈、藻类或粘泥沉积物的积聚和静止水一样可促进军团菌属的生长。保持清洁及流动的水系统不太可能促进军团菌属的过度生长。还应注意要选择不适于微生物生长以及生物膜发生的管道材料。军团菌属引起人们对大建筑中的冷却塔和热水系统等设备的关注。正如第 6 章所述，对这些建筑应采取特殊的水安全计划，计划中应包括对军团菌属的控制措施。军团菌不能用 HPC 技术检测，大肠杆菌（或耐热大肠菌）也不能作为指示该菌是否存在的适宜指标。

参考文献

- Codony F et al. (2002) Factors promoting colonization by legionellae in residential water distribution systems: an environmental case-control survey. *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 21:717–721.
- Emmerson AM (2001) Emerging waterborne infections in health-care settings. *Emerging Infectious Diseases*, 7:272–276.
- Rusin PA et al. (1997) Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking-water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 152:57–83.
- WHO (in preparation) *Legionella and the prevention of legionellosis*. Geneva, World Health Organization.

11.1.10 分枝杆菌

概述

结核或“典型”的分枝杆菌种包括结核分枝杆菌、牛分枝杆菌、非洲分枝杆菌及麻风分枝杆菌，人或动物为唯一宿主，不通过水传播。相反，非结核或“非典型”分枝杆菌种则天然存在于多种水环境中。这些需氧杆状抗酸细菌在合适的水环境及培养基中生长缓慢。典型的例子包括戈登分枝杆菌、堪萨斯分枝杆菌、海洋分枝杆菌、瘰疬分枝杆菌、蟾分枝杆菌、胞内分枝杆菌和鸟分枝杆菌以及生长较快的龟分枝杆菌和偶发分枝杆菌。鸟分枝杆菌复合群这一术语用于描述包括鸟分枝杆菌和胞内分枝杆菌在内的一群病原菌种。但其他非典型分枝杆菌也具有致病性。所有分枝杆菌属的一个显著特性是具有高脂含量的细胞壁，可用抗酸染色法鉴定该属细菌。

对人类健康的影响

非典型分枝杆菌属可引起很多疾病包括骨骼、淋巴结、皮肤和软组织以及呼吸道、胃肠道和泌尿生殖道疾病。临床表现包括肺部病变、布路里溃疡、骨髓炎和化脓性关节炎，患者的易患因素不清。这些细菌是免疫受损患者发生播

散性感染的主要病因，也是 HIV 阳性患者的常见死因。

感染源

非典型分枝杆菌可在多种水环境尤其是在生物膜上繁殖。戈登分枝杆菌是最常见的种，其他已在水中分离到的种包括鸟分枝杆菌、胞内分枝杆菌、堪萨斯分枝杆菌、偶发分枝杆菌和龟分枝杆菌。在冲洗或逆流等使生物膜移动后，非典型分枝杆菌属会大量出现在输配水系统中。他们对处理和消毒具有一定抵抗力，在 HPC 少于 500/ml，总残余氯高达 2.8 mg/L 的经过良好处理和维护的饮用水供水系统中也曾检出过。该菌在生物膜上的生长降低了消毒剂的效力。在一次调查中，从 54% 的冰和 35% 的公用饮用水的水样中检测到该菌。

感染途径

主要的感染途径可能是吸入、接触以及饮用被污染的水。多种菌的感染都与该菌在饮用水中存在有关。1968 年，一次堪萨斯分枝杆菌的暴发感染与饮用水中存在该菌有关，而疾病的播散与淋浴喷头产生的气溶胶有关。在荷兰鹿特丹，一次关于堪萨斯分枝杆菌的调查表明，临床标本中经常能够分离到的该菌与自来水中存在的堪萨斯分枝杆菌相同，该调查经噬菌体型及弱的硝酸酶活性分析得以证实。美国麻省一次鸟分枝杆菌感染增加事件最终也归因于饮用水中存在鸟分枝杆菌。在所有的病例中，仅有间接证据表明饮用水中的细菌与人类疾病之间存在因果关系。人们还认为感染与按摩池中污染的水有关。

对饮用水的意义

在饮用水供应系统中检出非典型分枝杆菌以及确定的传播途径表明饮用水供水系统是可能的感染源。至于何种控制措施能够降低这些微生物潜在的感染危险，尚知之甚少。我们的研究显示原水经水处理厂处理后，分枝杆菌可减少 99%。非典型分枝杆菌对消毒具有强抵抗力。消毒剂持续残留可减少水体中分枝杆菌的数量，但对生物膜中的微生物似乎无效。减少生物膜生长的控制措施可减少该菌的生长，这些措施包括清除有机碳的优化处理，限制水在输配水系统中的停留时间以及保持消毒剂残余浓度。HPC 技术不能用于检测分枝杆菌，大肠杆菌（或耐热大肠菌）也不能作为指示该菌是否存在的适宜指标。

参考文献

- Bartram J et al., eds. (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.
- Bartram J et al., eds. (2004) *Pathogenic mycobacteria in water: A guide to public health consequences, monitoring and management*. Geneva, World Health Organization.

- Covert TC et al. (1999) Occurrence of nontuberculous mycobacteria in environmental samples. *Applied and Environmental Microbiology*, 65:2492–2496.
- Falkinham JO, Norton CD, LeChevallier MW. (2001) Factors influencing numbers of *Mycobacterium avium*, *Mycobacterium intracellulare* and other mycobacteria in drinking water distribution systems. *Applied and Environmental Microbiology*, 66:1225–1231.
- Grabow WOK. (1996) Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control. *Water SA*, 22:193–202.
- Rusin PA et al. (1997) Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking-water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 152:57–83.
- Singh N, Yu VL. (1994) Potable water and *Mycobacterium avium* complex in HIV patients: is prevention possible? *Lancet*, 343:1110–1111.
- Von Reyn CF et al. (1994) Persistent colonization of potable water as a source of *Mycobacterium avium* infection in AIDS. *Lancet*, 343:1137–1141.

11.1.11 绿脓假单胞菌

概述

绿脓假单胞菌是假单胞菌科的一个成员，具有极化鞭毛，是需氧的革兰氏阴性杆菌。在适宜的培养基上生长时，可产生无荧光淡蓝色的色素绿脓菌素。很多菌株还产生绿色的荧光素-绿脓菌荧光素。和其他的荧光假单胞菌一样，绿脓假单胞菌也可产生催化酶和氧化酶，分解精氨酸产氨，并可利用柠檬酸盐作为唯一碳源。

对人类健康的影响

绿脓假单胞菌可引起多种感染，但对没有任何易感因素的健康个体，很少引起严重疾病。该菌主要定殖在损伤部位如烧伤和外科切口、患基础疾病患者的呼吸道以及眼部损伤部位，从这些部位侵入人体，造成破坏性损害或引起败血症和脑膜炎。绿脓假单胞菌易于定殖于囊性纤维化和免疫受损患者体内引起严重的进行性肺部感染。水源性毛囊炎和耳部感染与温暖潮湿的环境如游泳池和按摩池有关。很多菌株对多种抗生素耐药，这就使该菌在医院内的感染有更重要的意义。

感染源

绿脓假单胞菌是常见的环境微生物，可见于粪便、土壤、水和污水中。该菌可在水环境以及与水接触的适宜的有机材料表面繁殖。绿脓假单胞菌已被确认为院内感染的病因之一，可引起严重的并发症。在潮湿环境如洗涤槽、水槽、热水系统、淋浴器以及按摩池中都可分离到该菌。

感染途径

主要的感染途径是易感组织尤其是伤口和粘膜与污染水或污染的外科器械接触。用污染的水清洗隐形眼镜可引起角膜炎。饮用水不是重要的感染源。

对饮用水的意义

尽管绿脓假单胞菌在某些场所如医疗卫生机构意义重大，但没有证据表明正常喝饮用水可造成大众感染。但如果饮料水尤其是包装水中存在大量绿脓假单胞菌，可能会引起味道、气味和浊度的改变，引起消费者不满。绿脓假单胞菌对消毒剂敏感，充分消毒可防止该菌进入输配水系统。减少生物膜生长的控制措施可减少该菌的生长，这些措施包括清除有机碳的优化处理、限制水在输配水系统中的停留时间以及保持消毒剂残余浓度。HPC 可用于检测绿脓假单胞菌，也可和其他参数如消毒剂残余量一起使用，作为指示该环境条件是否支持这些微生物生长的指标。但由于绿脓假单胞菌是常见的环境微生物，所以大肠杆菌（或耐热大肠菌）不能作为指示该菌是否存在的适宜指标。

参考文献

- Bartram J et al., eds. (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.
- de Victorica J, Galván M (2001) *Pseudomonas aeruginosa* as an indicator of health risk in water for human consumption. *Water Science and Technology*, 43:49–52.
- Hardalo C, Edberg SC (1997) *Pseudomonas aeruginosa*: Assessment of risk from drinking-water. *Critical Reviews in Microbiology*, 23:47–75.

11.1.12 沙门氏菌

概述

沙门氏菌属属于肠杆菌科。该菌属是有动力的革兰氏阴性杆菌，不能发酵乳糖，但大多能产生硫化氢或发酵碳水化合物产气。最初，根据该菌属的菌体(O)和鞭毛(H)抗原将其分为 2000 多个种（血清型）(Kauffmann-White 分类)。目前认为，这一分类方法是种以下水平的分类，实际上不超过 2-3 个种（肠道沙门氏菌或猪霍乱沙门氏菌、邦戈沙门氏菌和伤寒沙门氏菌），其他血清型均为亚种。除伤寒沙门氏菌外，所有的肠道病原菌属肠道沙门氏菌。命名规则规定，亚种可缩写，所以肠道沙门氏菌种副伤寒血清型 A（*S. enterica* serovar Paratyphi A）就缩写成 *S. Paratyphi A*。

对人类健康的影响

沙门氏菌感染通常有四种临床表现（轻度到暴发性腹泻、恶心、呕吐）、菌血症或败血症（峰形高热，血培养阳性）、伤寒/伤寒热病（伴有或不伴腹泻

的持续发热) 以及以前感染过的患者的携带状态。根据引起的肠道疾病不同, 沙门氏菌属可分为两组不同的群: 伤寒种/血清型(伤寒沙门氏菌和副伤寒沙门氏菌) 以及其余的非伤寒种/血清型。非伤寒性胃肠炎的症状在食入污染的食物或水后 6-72 小时出现。腹泻持续 3-5 天, 伴随发热和腹痛。疾病通常是自限性的。伤寒的潜伏期可以为 1-14 天, 通常是 3-5 天、发病较重可能致命。尽管伤寒在卫生条件好的地区不常见, 但在其他地区仍有流行, 每年病例有几百万。

感染源

沙门氏菌广泛存在于环境中, 但有些种或血清型具有宿主特异性。尤其是伤寒沙门氏菌和副伤寒沙门氏菌, 主要以人为宿主, 不过家畜偶尔也可作为副伤寒沙门氏菌的宿主。很多血清型包括鼠伤寒沙门氏菌和肠炎沙门氏菌可感染人和多种动物, 包括家禽、猪、羊、鸟甚至爬行动物。病原通常通过污水排放、家畜及野生动物的粪便污染输配水系统。在多种食物和牛奶中可检测到该菌。

感染途径

沙门氏菌通过粪口途径传播。非伤寒血清型感染主要由人与人接触、食用污染的食物以及与动物接触引起。伤寒感染主要由食用污染的水或食物引起, 直接的人与人接触传播不常见。

对饮用水的意义

水源性伤寒的暴发对公共卫生影响严重。而非伤寒沙门氏菌属虽然广泛存在, 却极少引起水源性暴发。该属细菌的播散主要涉及鼠伤寒沙门氏菌, 与饮用污染的地下水和地表水有关。在一次与公用雨水供应系统有关的疾病暴发事件中, 鸟粪被确定为污染源。沙门氏菌属对消毒剂相对敏感。在水安全计划中, 可采用的降低感染危险的控制措施包括保护原水免受动物和人排泄物的污染, 在水输配过程中进行充分的处理和保护。大肠杆菌(或耐热大肠菌) 可作为指示饮用水供应系统中沙门氏菌属是否存在的可靠指标。

参考文献

- Angulo FJ et al. (1997) A community waterborne outbreak of salmonellosis and the effectiveness of a boil water order. *American Journal of Public Health*, 87:580-584.
- Escartin EF et al. (2002) Potential *Salmonella* transmission from ornamental fountains. *Journal of Environmental Health*, 65:9-12.
- Koplan JP et al. (1978) Contaminated roof-collected rainwater as a possible cause of an outbreak of salmonellosis. *Journal of Hygiene*, 81:303-309.

11.1.13 志贺氏杆菌

概述

志贺氏菌属是革兰氏阴性、不形成芽孢、无动力的杆菌，属于肠杆菌科。在有氧或无氧存在的条件下都可生长。该属成员抗原型复杂，根据菌体 O 抗原进行分类，很多抗原与其他肠杆菌包括大肠杆菌有交叉。该属细菌包括四个种：痢疾志贺氏菌、福氏志贺氏菌、鲍氏志贺氏菌以及宋内氏志贺氏菌。

对人类健康的影响

志贺氏菌属可引起严重的肠道疾病，包括菌痢，每年感染病例超过二百万，导致约 600000 人死亡，病例主要集中在发展中国家。大多数志贺氏菌感染发生在 10 岁以下儿童。志贺氏菌痢潜伏期通常为 24-72 小时。食入 10-100 个细菌就可导致感染，感染剂量远远低于肠杆菌科的其他细菌。腹部痛性痉挛、发热以及水样便在疾病早期出现。所有菌种的细菌都可导致严重疾病，但宋内氏菌引起的疾病症状相对较轻且具有自限性。痢疾志贺菌引起的病例中，临床表现最初为溃疡，伴有血便，便中有大量白细胞。病原菌产生的志贺氏毒素在疾病发生过程中起重要作用。志贺氏菌属似乎较其他肠杆菌科病原菌更易引起人类疾病。

感染源

人和其他较高等的灵长类动物是志贺氏菌的天然宿主。细菌定植于宿主的肠上皮细胞中。卫生条件差、居住条件拥挤的社区中容易发生志贺氏菌痢的流行。很多志贺氏菌痢发生在日托中心、监狱以及精神病院。野战部队以及到卫生条件差的地区的旅行者也易患病。

感染途径

志贺氏菌属是肠道病原菌，主要通过粪口途径传播，通过人与人之间接触、污染的食物和水传播。苍蝇也可作为传播媒介，通过与污染的粪便接触传播病菌。

对饮用水的意义

志贺氏菌所致疾病的水源性暴发已有大量记载。由于该属细菌在水环境中不是特别稳定，所以如在饮用水中发现该菌，表明存在近期的人粪污染。因为常用的检测技术敏感性和可靠性相对较低，所以现有的关于供水系统的带菌情况的资料可能较实际值低。考虑到志贺氏菌属引起的疾病的严重性，控制该菌对饮用水的污染对于公共卫生具有特殊的重要性。志贺氏菌属对消毒剂相对敏感。在水安全计划中，可采用的降低潜在感染危险的控制措施包括保护原水免受人类排泄物的污染以及在水输配过程中进行充分的处理和保护。大肠杆菌（或耐热大肠菌）可作为指示饮用水供应系统中志贺氏菌属是否存在的可靠指

标。

参考文献

- Alamanos Y et al. (2000) A community waterborne outbreak of gastro-enteritis attributed to *Shigella sonnei*. *Epidemiology and Infection*, 125:499–503.
- Pegram GC, Rollins N, Espay Q (1998) Estimating the cost of diarrhoea and epidemic dysentery in Kwa-Zulu-Natal and South Africa. *Water SA*, 24:11–20.

11.1.14 金黄色葡萄球菌

概述

金黄色葡萄球菌是需氧或厌氧、无动力、不形成芽孢、催化酶和凝固酶阳性的球菌，通常呈葡萄串样不规则排列。葡萄球菌属包括至少 15 个种。除金黄色葡萄球菌外，表皮葡萄球菌和腐生葡萄球菌也和人类疾病有关。

对人类健康的影响

虽然金黄色葡萄球菌是人体内微生物菌群的正常组分，该菌仍可通过两种不同机制致病。其一基于该菌可在组织中繁殖并广泛播散的能力，其二则与该菌产生的细胞外酶和毒素有关。该菌大量增殖引起的感染在医院或医疗卫生机构中是一个严重的问题。该菌在组织中增殖可引起疖、皮肤脓毒症、术后伤口感染、肠道感染、败血症、心内膜炎、骨髓炎以及肺炎。这些感染引起的临床症状起病时间相对较长，通常是几天。胃肠道疾病（小肠结肠炎或食物中毒）由耐热葡萄球菌肠毒素引起，疾病特征为喷射样呕吐、腹泻、发热、腹部痛性痉挛、电解质紊乱以及失水。该病发病特征为潜伏期短，通常为 1-8 小时，与中毒性休克综合征毒素-1 引起的中毒性休克的潜伏期相似。

感染源

金黄色葡萄球菌在环境中比较常见，但主要见于动物的皮肤和粘膜。该菌是人类皮肤的正常菌群，有 20%-30% 成人的鼻咽部总能够分离到该菌。葡萄球菌偶见于胃肠道，可在污水中检出。金黄色葡萄球菌可通过人与水环境如游泳池、按摩池和其他娱乐性水环境接触释放到环境中。在饮用水供应系统中也能检测到。

感染途径

手接触是目前为止最常见的传播途径。卫生习惯不良导致食物污染。在室温或更高温度保存的食物如火腿、家禽、土豆和鸡蛋为金葡菌的繁殖以及毒素的释放提供了良好的环境。食用含有金葡菌毒素的食物在几小时内就可导致肠毒素中毒。

对饮用水的意义

尽管饮用水供水系统中可检出金葡菌，但还没有通过饮用含菌水传播疾病的证据。虽然金葡菌对氯残余物的抵抗力较大肠杆菌略高，在水中的该菌还是很容易通过传统的处理和消毒方式加以控制。由于该菌不常来源于粪便，所以大肠杆菌（或耐热肠杆菌）不是指示金葡菌在饮用水中是否存在的适宜指标。

参考文献

- Antai SP (1987) Incidence of *Staphylococcus aureus*, coliforms and antibiotic-resistant strains of *Escherichia coli* in rural water supplies in Port Harcourt. *Journal of Applied Bacteriology*, 62:371–375.
- LeChevallier MW, Seidler RJ (1980) *Staphylococcus aureus* in rural drinking-water. *Applied and Environmental Microbiology*, 39:739–742.

11.1.15 冢村菌

概述

冢村菌属属于诺卡(氏)菌科。冢村菌属是革兰氏阳性、耐酸能力弱或不稳定、无动力、专性需氧的不规则杆菌。它们是与红球菌属、诺卡菌属和分枝杆菌相关的放线菌。该菌属于 1988 年发现，包括一组具有独特化学特性的微生物，其特征为具有很多极长链（68-76 碳）的高度不饱和分枝菌酸、内消旋二胺基庚二酸以及棒状杆菌属常有的阿拉伯半乳糖。模式种为 *T. paurometabola*，其他的种于 1990 年代提出，包括：*T. wratislaviensis*、*T. inchonensis*、*T. pulmonis*、*T. tyrosinosolvans* 和 *T. strandjordae*。

对人类健康的影响

冢村菌属主要侵袭免疫受损患者。该属微生物感染与慢性肺部疾病、免疫抑制（白血病，肿瘤，HIV/AIDS 感染）以及术后伤口感染有关。据报道，有四例导管相关的菌血症以及个别的肺部感染、坏死性腱鞘炎伴皮下脓肿、皮肤及骨感染、脑膜炎以及腹膜炎与冢村菌有关。

感染源

冢村菌主要作为环境腐生菌存在于土壤、水以及活化淤泥的泡沫中（通风管和沉降槽上厚的坚固的浮渣）。在饮用水中，冢村菌以 HPC 菌群表示。

感染途径

冢村菌似乎是通过导管等设备或病变部位传播。污染微生物的最初来源不清。

对饮用水的意义

饮用水供应系统中检出过豕村菌，但其意义不清。没有证据表明水中存在该菌与疾病有关。豕村菌是环境微生物，所以大肠杆菌（或耐热肠杆菌）不能作为指示该菌的适宜指标。

参考文献

- Bartram J et al., eds. (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.
- Kattar MM et al. (2001) *Tsukamurella strandjordae* sp. nov., a proposed new species causing sepsis. *Journal of Clinical Microbiology*, 39:1467–1476.
- Larkin JA et al. (1999) Infection of a knee prosthesis with *Tsukamurella* species. *South- ern Medical Journal*, 92:831–832.

11.1.16 弧菌属

概述

弧菌属是小的、弯曲的（逗号形）、革兰氏阴性细菌，具单极鞭毛。根据 O 抗原进行分种。有些种是病原菌，包括：霍乱弧菌、副溶血弧菌和创伤弧菌。霍乱弧菌是淡水环境中具有意义的病原菌种。虽然很多血清型都可引起腹泻，但只有 O1 和 O139 可引起典型的霍乱症状：部分病例为暴发型，伴有严重水样便。O1 血清型还可进一步分为“古典”和“埃尔托”生物型。后者的特性为能产生可透析的不耐溶解血素，可使绵羊和山羊红细胞溶血。古典生物型被认为是前六次世界霍乱大流行的罪魁祸首，而埃尔托生物型则与起始于 1961 年的第七次大流行有关。引起霍乱的霍乱弧菌 O1 和 O139 可产生肠毒素（霍乱毒素），该毒素可改变通过肠粘膜的离子流，导致水样便，造成水和电解质流失。其他与感染有关的因素包括粘附因子以及附着菌毛。并非 O1 和 O139 血清型的所有菌株都有毒力因子，但非 O1/O139 菌株却极少拥有毒力因子。

对人类健康的影响

在发展中国家的很多地区持续发生霍乱暴发。症状由霍乱弧菌 O1/O139 产毒菌株产生的不耐热肠毒素引起，被感染的人群中很大一部分不发病。约 60% 古典型和 75% 埃尔托型感染是无症状的。有症状的疾病轻重程度不等，分为轻、中、重度。霍乱最初的症状是肠蠕动增加，接着是稀的、水样和片状粘液“米汤样”便，可使患者每天失水 10-15 升。摄入碳酸氢钠使胃的酸度降低，从而使霍乱弧菌的感染剂量从 10^8 降低到约 10^4 ，病死率依医院设施及装备而不同，未经治疗的患者中，60% 会因严重脱水和电解质流失而死亡，但良好的腹泻病控制措施可将病死率降低到低于 1%。霍乱弧菌非产毒株可引起自限性胃肠炎、伤口感染以及菌血症。

感染源

非产毒性霍乱弧菌广泛分布于水环境中，但产毒性霍乱弧菌的分布不如非产毒株广泛。人是产毒性霍乱弧菌的确定感染源。疾病发生时，可在污水中检测到细菌。虽然无发病地区的水中也可分离到霍乱弧菌 O1，但这些地区的水中发现的菌株多数是不产毒的。人们还发现产毒霍乱弧菌和活的挠足虫以及其他水生生物如软体动物、甲壳动物、植物、藻类和蓝绿藻（蓝细菌）有关。在这些水生生物中分离到的该菌的数量常高于水塔中。在远离海洋和海岸线的地区，在鸟和食草动物身上可分离到非产毒性霍乱弧菌。水温降低到 20°C 以下时，霍乱弧菌的流行性降低。

感染途径

霍乱通常通过粪口途径传播，感染主要由食入粪便污染的水和食物引起。由于感染所需剂量较高，所以人与人间接接触传播的可能性不大。

对饮用水的意义

卫生条件差引起的水污染是疾病传播的主要原因，但这一因素无法解释疾病发生的季节性，所以除此之外一定还有其他因素起作用。饮用水供应系统中存在霍乱弧菌 O1 和 O139 血清型具有重要的公共卫生意义，对受累及社区具有严重的健康和经济损失。霍乱弧菌对消毒程序高度敏感，在水安全计划中，可采用的降低产毒性霍乱弧菌潜在感染危险的控制措施包括保护原水免受人类排泄物的污染以及在水的输配过程中进行充分的处理和保护。在缺乏大肠杆菌的情况下，可分离到霍乱弧菌 O1 及非 O1，所以大肠杆菌（或耐热肠杆菌）不是指示饮用水霍乱弧菌是否存在的可靠指标。

参考文献

- Kaper JB, Morris JG, Levine MM (1995) Cholera. *Clinical Microbiology Reviews*, 8:48–86.
- Ogg JE, Ryder RA, Smith HL (1989) Isolation of *Vibrio cholerae* from aquatic birds in Colorado and Utah. *Applied and Environmental Microbiology*, 55:95–99.
- Rhodes JB, Schweitzer D, Ogg JE (1985) Isolation of non-O1 *Vibrio cholerae* associated with enteric disease of herbivores in western Colorado. *Journal of Clinical Microbiology*, 22:572–575.
- WHO (2002) *Vibrio cholerae*. In: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Addendum: *Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 119–142.

11.1.17 耶尔森菌属

概述

耶尔森菌属属于肠杆菌科，包括七个种，鼠疫耶尔森菌、假结核耶尔森菌及小肠结肠炎耶尔森菌的某些血清型是人类病原菌。鼠疫耶尔森菌是引起腺鼠疫的病原，通过接触鼠类和鼠蚤传播。耶尔森菌是革兰氏阴性杆菌，在 25°C 时有动力，37°C 时无动力。

对人类健康的影响

小肠结肠炎耶尔森菌可穿透肠粘膜细胞，引起回肠末端溃疡。耶尔森菌病常表现为急性胃肠炎，伴腹泻、发热和腹痛。其他临床表现包括淋巴结明显增大疼痛，称为“炎性淋巴腺肿”。儿童发病较成人急。

感染源

家养及野生动物是耶尔森菌属的主要宿主；猪是病原性小肠结肠炎耶尔森菌的主要宿主，而鼠类和小动物则是假结核耶尔森菌的主要宿主。在污水和污染的地表水中可检测到病原性小肠结肠炎耶尔森菌。但饮用水中检测到的小肠结肠炎耶尔森菌常为非病原株，可能来源于环境。如果存在痕量的有机氮，耶尔森菌的某些种和菌株就可在水环境中复制，温度低至 4°C 也可以。

感染途径

耶尔森菌属通过粪口途径传播，主要的感染源是食物尤其是肉类和肉制品、牛奶和乳制品。饮用水也可能是潜在的感染源。人与人以及动物至人之间的直接传播也可发生。

对饮用水的意义

尽管水中检测到的大多数耶尔森菌属可能是不致病的，间接证据表明小肠结肠炎耶尔森菌和假结核耶尔森菌有可能通过未处理的饮用水传染给人。病原性耶尔森菌属的最可能来源是人或动物的排泄物。该菌属对消毒程序敏感。在水安全计划中，可采用的降低病原性耶尔森菌数量的控制措施包括保护原水免受人类和动物排泄物的污染以及在水输配过程中进行充分的处理和保护。由于耶尔森菌属的一些菌株可在水中长期存活和/或生长，所以大肠杆菌（或耐热肠杆菌）不是指示饮用水中该菌是否存在的可靠指标。

参考文献

- Aleksic S, Bockemuhl J (1988) Serological and biochemical characteristics of 416 *Yersinia* strains from well water and drinking water plants in the Federal Republic of Germany: lack of evidence that these strains are of public health significance. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene B*, 185:527–533.
- Inoue M et al.(1988) Three outbreaks of *Yersinia pseudotuberculosis* infection. *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene B*, 186:504–511.

Ostroff SM et al.(1994) Sources of sporadic *Yersinia enterocolitica* infections in Norway: a prospective case control study. *Epidemiology and Infection*, 112:133–141.

Waage AS et al. (1999) Detection of low numbers of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in environmental water and sewage samples by nested polymerase chain reaction. *Journal of Applied Microbiology*, 87:814–821.

11.2 病毒性病原体

经水传播疾病的病毒主要是那些能感染人的胃肠道并经粪便排泄的病毒（如肠道病毒）。HEV(戊肝病毒)是一个例外，只能通过人传播。肠道病毒通常引发急性疾病，潜伏期短。对于发病机制不同的其他病毒，水在传播中也可能起一定作用。总体上说，病毒可导致不同的感染和症状，涉及到不同的传播途径、感染途径和部位以及排泄途径。感染途径和部位可能改变，有时出人预料。例如，主要引起呼吸道感染和症状的病毒通常经人之间的呼吸飞沫传播，不过，有些呼吸道病毒也存在于粪便中，可能造成潜在的水污染，然后通过气溶胶和飞沫的形式传播。另一个例子是排泄至尿液的病毒如多瘤病毒可污染水并可能通过水传播，并可能导致长期的健康影响，如引发癌症，尽管流行病学资料分析显示，癌症发生通常与水传播无关。

11.2.1 腺病毒

概述

腺病毒科分哺乳动物腺病毒和禽腺病毒两个属。腺病毒在自然界分布广泛，可感染鸟、哺乳动物和两栖动物。目前人类腺病毒共有51个血清型。依据物理、化学和生物学性质的不同，人类腺病毒分为A至F共6个组。腺病毒无包膜，含双链DNA基因组，衣壳呈二十面体对称，直径约80nm，有突起。A至E组的人类腺病毒用细胞培养生长良好，不过，腺病毒血清型40和41用细胞培养生长迟缓。用PCR技术可以直接检测出环境样品中的腺病毒血清型40和41，细胞培养扩增不是必需的。

对人类健康的影响

人类腺病毒能引起多种感染和临床症状，如感染胃肠道（肠胃炎）、呼吸道（肺炎，咽结膜热）、尿道（子宫颈炎，尿道炎，出血性膀胱炎）和眼睛（流行性角膜结膜炎，又称“船坞眼”，咽结膜热，又称“游泳池结膜炎”）。不同血清型的人类腺病毒引起不同的疾病。如腺病毒血清型40和41主要引起肠道疾病。腺病毒是引起儿童肠胃炎的重要原因。通常婴幼儿和儿童对腺病毒最易感，但很多感染是无症状的。疾病的高发生率提示引起感染的病毒量很低。

感染源

人粪便中腺病毒的含量高，可引起下水道，原水源和饮用水供应的污染，这种情况在世界范围内存在。虽然肠道性腺病毒（主要是40和41型）是世界上，特别是发展中国家引起肠胃炎的主要原因，但是由于不能用常规的细胞培养分离方法检测出来，所以对肠道性腺病毒在水中的流行状况知之甚少。

感染途径

由于各种人类腺病毒流行病学的差异，所以因暴露而感染的途径有很多，而人与人接触传染是最主要的方式。这包括粪-口，口-口和手-眼接触传染，也包括通过污染的表面或共用用具而间接传染。在医院、部队、幼儿园和学校，发生很多疾病暴发。大多数的疾病暴发的症状是急性呼吸道疾病、角膜结膜炎和结膜炎。肠胃炎的暴发也有报道。污染的食物和水是引起肠道疾病的重要原因，虽然支持这种传播途径的证据不多。眼睛的感染是由于暴露于污染的水，在游泳池共用毛巾或护目镜，“船坞眼”就是这种情况。明确的发生在游泳池与水相关的腺病毒感染的暴发仅限于引起咽炎和/或结膜炎。

对饮用水的意义

已发现人类腺病毒可以在原水和处理过的饮用水中大量存在。有研究表明，在用 PCR 技术可检测到的所有病毒中，腺病毒在水里的发生率仅次于肠道病毒组。考虑到腺病毒可作为肠道病原体流行并可从水中检出，腺病毒感染很可能来源于污染的饮用水，尽管这点还未能证实。人类腺病毒对有些水处理和消毒方法如紫外灯照射消毒有强抵抗力。人类腺病毒可以在符合常规指示标准的处理、消毒过的饮用水里检出。在水安全计划中，可采用的降低人类腺病毒潜在感染危险的控制措施有保护原水不受人类排泄物的污染以及适当的水处理和消毒措施。这些处理措施的有效性还需要证实。另外也要保护输配水系统免受污染。由于腺病毒对消毒有强抵抗力，大肠杆菌（或耐热的大肠杆菌）不能作为判断饮用水中是否存在人类腺病毒的合适指标。

参考文献

- Chapron CD et al. (2000) Detection of astroviruses, enteroviruses and adenoviruses types 40 and 41 in surface waters collected and evaluated by the information collection rule and integrated cell culture-nested PCR procedure. *Applied and Environmental Microbiology*, 66:2520–2525.
- D'Angelo LJ et al. (1979) Pharyngoconjunctival fever caused by adenovirus type 4: Report of a swimming pool-related outbreak with recovery of virus from pool water. *Journal of Infectious Diseases*, 140:42–47.
- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and*

Technology, 43:1–8.

Puig M et al. (1994) Detection of adenoviruses and enteroviruses in polluted water by nested PCR amplification. *Applied and Environmental Microbiology*, 60:2963–2970.

11.2.2 星状病毒

概述

人类和动物的星状病毒属于星状病毒科。星状病毒无包膜，含单链RNA基因组，衣壳呈二十面体对称，直径28nm。在电镜下可观察到特征性的表面星状结构。人类星状病毒共有8个血清型，最常见的为血清1型。用PCR技术可直接检测出环境样品中的人类星状病毒，细胞培养扩增不是必需的。

对人类健康的影响

人类星状病毒可引起肠胃炎，以腹泻为特征。虽然也有成人被感染的报道，但主要感染5岁以下的幼儿。血清流行病学研究表明，5至10岁的儿童中，80%以上有人类星状病毒的抗体。在学校、幼儿园和家庭有散发的疾病暴发。人类星状病毒引起的疾病是自限性的，周期短，冬天最常见。虽然在已报道的肠胃炎感染中，人类星状病毒感染只占很少部分，但这个数目可能被低估了，因为该病毒感染引起的疾病不严重，所以很多病例没有被报道。

感染源

感染者的粪便中存在大量的星状病毒，因此星状病毒也会存在于下水道。在水源和饮用水中也能检测出星状病毒。

感染途径：

人类星状病毒通过粪口途径传播。人与人之间的传染是最常见的传播途径。在托儿所、儿科住院病房、家庭、养老院和军队内发现有集中的病例。污染的食物和水也是重要的传染源。

对饮用水的意义

已发现人类星状病毒存在于处理过的饮用水里。因为人类星状病毒通过粪-口途径传播，所以星状病毒感染也可能来源于污染的饮用水，但目前尚未得到证实。人类星状病毒可以在符合常规指示标准的处理、消毒过的饮用水里检出。在水安全计划中，可采用的降低人类星状病毒潜在感染危险的控制措施有保护原水不受人类排泄物的污染，以及采取适当的水处理和消毒措施。这些处理措施的有效性尚需证实。另外也要保护输配水系统免受污染。由于星状病毒对消毒有强抵抗力，大肠杆菌（或耐热的大肠杆菌）不能作为判断饮用水中是否存在人类星状病毒的合适指标。

参考文献

- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and Technology*, 43:1–8.
- Nadan S et al. (2003) Molecular characterization of astroviruses by reverse transcriptase PCR and sequence analysis: comparison of clinical and environmental isolates from South Africa. *Applied and Environmental Microbiology*, 69:747–753.
- Pintó RM et al. (2001) Astrovirus detection in wastewater. *Water Science and Technology*, 43:73–77.

11.2.3 杯状病毒

概述

杯状病毒科是单链RNA病毒，分4个属，无包膜，衣壳直径35nm-40nm，表面呈特征性的杯状结构。人类杯状病毒包括诺罗病毒（Norovirus）属（类诺瓦克病毒(Norwalk-like virus)）和札幌病毒(Sapovirus)属（类札幌病毒(Sapporo-like virus)）。札幌病毒是典型的杯状病毒，具有典型的杯状病毒形态。诺罗病毒的形态不典型，过去被称为小圆形结构病毒。其它两个属的病毒只感染动物，对人类无感染性。人类杯状病毒不能用现有的细胞培养系统扩增，它们最初是使用电镜才得以发现的。有些诺罗病毒用基于杆状病毒表达的衣壳蛋白和ELISA方法可以被检出。通过RT-PCR的方法也可检出人类杯状病毒。

对人类健康的影响

人类杯状病毒是引起急性病毒性肠胃炎的主要病原，所有的年龄组均可发病。症状包括恶心、呕吐和腹部痉挛。通常有40%的患者有腹泻，有些伴随高烧、寒战、头痛和肌痛等症状。有时，患者只呕吐不腹泻，称为“冬季呕吐病”。人类杯状病毒感染引起短期的免疫反应。临床症状通常较轻，极少持续3天以上。爆发的高发病率说明极低剂量的人类杯状病毒即可引起人类感染。

感染源

人类杯状病毒存在于患者的粪便中，因此人类杯状病毒也存在于废水和粪便污染的食物和水（包括饮用水）中。

感染途径

流行病学资料表明，人类杯状病毒最常见的传播途径包括人与人之间的接触和吸入了污染的气溶胶和尘粒，或空气中的呕吐物颗粒。已确认被人类粪便污染的饮用水和多种食物是主要的感染源。有多次疾病暴发与被污染的饮用水、冰、游船上的水以及娱乐场所的水有关。被污水污染的水中捕获的甲壳类

动物也已被确认为疾病暴发的感染源。

对饮用水的意义

很多人类杯状病毒引起的疾病暴发与污染的饮用水有关。在水安全计划中，可采用的降低人类杯状病毒潜在感染危险的控制措施有保护原水不受人排泄物的污染，适当的水处理和消毒措施。这些处理措施的有效性尚需证实。也要保护输配水系统免受污染。由于杯状病毒对消毒有强抵抗力，大肠杆菌（或耐热的大肠杆菌）不能作为判断饮用水中是否存在人类杯状病毒的合适指标。

参考文献

- Berke T et al. (1997) Phylogenetic analysis of the Caliciviridae. *Journal of Medical Virology*, 52:419–424.
- Jiang X et al. (1999) Design and evaluation of a primer pair that detects both Norwalkand Sapporo-like caliciviruses by RT-PCR. *Journal of Virological Methods*, 83:145–154. 11. MICROBIAL FACT SHEETS 253
- Mauer AM, Sturchler DA (2000) A waterborne outbreak of small round-structured virus, *Campylobacter* and *Shigella* co-infections in La Neuveville, Switzerland, 1998. *Epidemiology and Infection*, 125:325–332.
- Monroe SS, Ando T, Glass R (2000) Introduction: Human enteric caliciviruses – An emerging pathogen whose time has come. *Journal of Infectious Diseases*, 181(Suppl. 2):S249–251.

11.2.4 肠道病毒

概述

肠道病毒属是小RNA病毒科的成员之一。肠道病毒属有69个血清型可感染人，包括脊髓灰质炎病毒1-3型，柯萨奇病毒A1-A24型、B1-B6型，艾柯病毒1-33型和肠道病毒EV68–EV73型。这些病毒统称为肠道病毒。肠道病毒属的其它成员只感染动物，对人类无感染性，如牛肠道病毒。肠道病毒是已知的最小的病毒之一，无包膜，含单链RNA基因组，衣壳呈二十面体对称，直径20-30nm。有些肠道病毒成员在细胞培养时可引起细胞病变，如脊髓灰质炎病毒、柯萨奇病毒和艾柯病毒等，所以很容易分离。

对人类健康的影响

肠道病毒是引起人类感染的最常见病原体之一。在美国，每年受感染者达3000万人。可引起多种多样的疾病和症状，从轻度发烧到心肌炎、脑膜脑炎、脊髓灰质炎、疱疹性咽峡炎、手足口病和新生儿多器官衰竭。在慢性感染如多肌炎、扩张性心肌病和慢性疲劳综合症时，肠道病毒是持续存在的。大多数感染，特别是儿童的感染，虽是无症状的，但是因排泄大量的病毒而可能导致其

他人感染患病。

感染源

感染患者的粪便含大量的肠道病毒。在用细胞培养方法可检出的病毒类型中，肠道病毒常常最多并存在于下水道、水源和处理过的饮用水中。在很多食物中也很容易检出肠道病毒。

感染途径：

肠道病毒最主要的传播途径包括人与人之间的接触和吸入空气和呼出物中的病毒。虽然未经证实，肠道病毒经饮用水传播也可能是重要的途径。肠道病毒经水传播被证实发生过两次，那是在二十世纪七十年代，由于儿童在湖中游泳而被证实感染肠道病毒（柯萨奇病毒A16和B5型）。

对饮用水的意义：

肠道病毒可大量存在于原水和处理过的饮用水中。虽未证实，但肠道病毒感染很可能来源于污染的饮用水。对水在肠道病毒传播中的作用知之不多有很多原因，包括复杂的临床症状、无症状感染、肠道病毒血清型的多样性和主要通过人与人之间传播等。肠道病毒可以在符合常规指示标准的处理、消毒过的饮用水里检出。在水安全计划中，可采用的降低肠道病毒潜在感染危险的控制措施有保护原水不受人类排泄物的污染以及适当的水处理和消毒措施。这些处理措施的有效性尚需证实。也要保护输配水系统免受污染。由于肠道病毒对消毒有强抵抗力，大肠杆菌（或耐热的大肠杆菌）不能作为判断饮用水中是否存在肠道病毒的合适指标。

参考文献

- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking water quality guidelines. *Water Science and Technology*, 43:1–8.
- Hawley HB et al. (1973) Coxsackie B epidemic at a boys' summer camp. *Journal of the American Medical Association*, 226:33–36.

11.2.5 甲型肝炎病毒

概述

甲型肝炎病毒是小RNA病毒科肝病毒属的唯一成员。和小RNA病毒科其它的成员一样，甲型肝炎病毒具有同样的结构和形态特征（见肠道病毒的概述）。人和猿猴的甲型肝炎病毒基因型不同。用常规的细胞培养方法不能培养和检测到甲型肝炎病毒。用PCR技术可以检测出环境样品中的甲型肝炎病毒。

对人类健康的影响

甲型肝炎病毒具有极高传染性，感染剂量低。甲型肝炎病毒引起甲型肝炎，也称为“传染性肝炎”。和其它肠道性病毒成员类似，甲型肝炎病毒通过摄食进入胃肠道而感染上皮细胞，然后进入血液和肝脏，导致严重的肝细胞损伤。有90%的感染，特别是儿童的感染只有轻微的肝损伤，所以感染不引起任何临床症状，但可产生终身免疫。通常，甲型肝炎的严重程度随年龄而加剧。肝细胞的损伤导致释放肝特异性酶，如在血液中作为诊断标识的谷丙转氨酶。肝细胞的损伤也导致肝脏不能有效清除血液中的胆红素，而胆红素的累积可引起黄疸和黑尿。甲型肝炎的发作通常发生在28-30天潜伏期后，症状表现为发热、倦怠、恶心、厌食、腹部不适，最后导致黄疸。虽然甲型肝炎的病死率不到1%，但是肝损伤的修复很慢，患者在6个星期或更长的时间丧失劳动能力，造成显著的疾病负担。50岁以上患者的甲型肝炎的病死率偏高。

感染源

甲型肝炎病毒在全世界范围内都存在，但疾病的流行具有典型的地理特征。患者排泄的粪便含甲型肝炎病毒，根据大量的流行病学证据，粪便污染的食物和水是甲型肝炎病毒的常见传染源。在卫生条件差的地区，被感染儿童的年龄很小，无临床症状而变为终身免疫。在卫生条件好的地区，感染发生的时间推迟。

感染途径：

人与人之间的传染是最常见的传播途径，污染的食物和水也是重要的传染源。大量的流行病学证据表明甲型肝炎病毒较其它病毒更易经水传播。经食物传播也常见，传染源包括已感染的食物操作人员，从污染的水中捕获的甲壳类动物和污染的其它产品。人们从卫生条件好的地区旅游到卫生条件差的地区，会使感染的危险性升高。通过使用注射和非注射性毒品，感染可以在吸毒者中传播。

对饮用水的意义：

已经肯定甲型肝炎病毒可通过饮用水传播，水中存在的甲型肝炎病毒对人类健康有极大的危险。在水安全计划中，可采用的降低甲型肝炎病毒潜在感染危险的控制措施有保护原水不受人类排泄物的污染，适当的水处理和消毒措施。这些处理措施的有效性尚需证实。也要保护输配水系统免受污染。由于甲型肝炎病毒对消毒有强抵抗力，大肠杆菌（或耐热的大肠杆菌）不能作为判断饮用水中是否存在甲型肝炎病毒的合适指标。

参考文献

Cuthbert JA (2001) Hepatitis A: Old and new. *Clinical Microbiology Reviews*, 14:38-

58.

WHO (2002) Enteric hepatitis viruses. In: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 18–39.

11.2.6 戊型肝炎病毒

概述

戊型肝炎病毒无包膜，含单链RNA基因组，衣壳呈二十面体对称，直径27-34nm。由于戊型肝炎病毒和很多病毒的性质类似，它的分类是个难题。戊型肝炎病毒曾经归于杯状病毒科，但最近将戊型肝炎病毒分类到一个单独的病毒科，即似戊型肝炎病毒科。戊型肝炎病毒的抗原变异，甚至存在不同的血清型，不过人类戊型肝炎病毒只有一个血清型。戊型肝炎病毒不能用常规的细胞培养方法培养和检测。用PCR技术可检测出环境样品中的戊型肝炎病毒。

对人类健康的影响

戊型肝炎病毒引起肝炎，在很多方面类似于甲型肝炎，不过戊型肝炎的潜伏期长（平均40天），孕妇患者的病死率高达25%。在地方性流行时，第一例感染通常发生在青年而不是儿童。尽管戊型肝炎病毒存在抗原差异性，单次感染可获得终身免疫力。全球戊型肝炎病毒的流行具有特征性的地理分布。戊型肝炎病毒在某些发展中国家引起地方性肝炎，如印度、尼泊尔、中亚、墨西哥和非洲部分地区。在这些区域，戊型肝炎病毒是引发病毒性肝炎最重要的病原。在其它国家，如日本、南非、英国，北美和南美、澳大拉西亚（大洋洲）和中欧，虽然血清阳性率高，但临床病例数和疾病的暴发却很少，其中的原因不明。

感染源

戊型肝炎病毒随感染患者粪便排出，在原水和处理过的污水中可检出病毒。污染的水与疾病的大暴发有关。戊型肝炎病毒与其它肠道病毒不同之处在于它是唯一可感染动物宿主的肠道病毒，动物宿主包括家养动物如猪、还有牛、羊甚至啮齿动物。

感染途径

有报道戊型肝炎病毒可发生继发传播，即从患者传染给接触者，特别是护理人员，但较甲型肝炎病毒少见。戊型肝炎病毒在人与人之间的低水平传播提示粪便污染的水在戊型肝炎病毒传播中较甲型肝炎病毒起到了更重要的作用。已有记载，数千人经水源性传播而引发疾病，这包括1954年发生在印度德里城的暴发，其时有4万人感染。1986-1988年发生在中国新疆地区的暴发，有超过1万人感染。1991年发生在印度坎普尔城的暴发，有79000人感染。动物宿主也是一种

传播途径，但至今尚未阐明在多大程度上人可经动物而感染戊型肝炎病毒。

对饮用水的意义

已证实被污染的水是戊型肝炎病毒的一个来源。存在于饮用水中的戊型肝炎病毒是主要的健康危险。没有实验证据表明戊型肝炎病毒对消毒有抵抗力，但是经水传播而导致疾病暴发的资料提示戊型肝炎病毒和其它肠道病毒一样可能对消毒有抵抗力。在水安全计划中，可采用的降低戊型肝炎病毒潜在感染危险的控制措施有保护原水不受人类和动物排泄物的污染以及适当的水处理和消毒措施。这些处理措施的有效性尚需要证实。也要保护输配水系统免受污染。由于戊型肝炎病毒可能对消毒有强抵抗力，大肠杆菌（或耐热的大肠杆菌）不能作为判断饮用水中是否存在戊型肝炎病毒的合适指标。

参考文献

- Pina S et al. (1998) Characterization of a strain of infectious hepatitis E virus isolated from sewage in an area where hepatitis E is not endemic. *Applied and Environmental Microbiology*, 64:4485–4488.
- Van der Poel WHM et al. (2001) Hepatitis E virus sequence in swine related to sequences in humans, the Netherlands. *Emerging Infectious Diseases*, 7:970–976.
- WHO (2002) Enteric hepatitis viruses. In: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 18–39.

11.2.7 轮状病毒和正呼肠孤病毒

概述

轮状病毒属成员无包膜，含分节段的双链RNA基因组，衣壳呈二十面体对称，直径50-65nm。衣壳被双层壳膜环绕，因外形似车轮，所以取名为轮状病毒。整个病毒的直径大约80nm。轮状病毒属和正呼肠孤病毒属是轮状病毒科与人类感染相关的两个属。正呼肠孤病毒属用细胞培养时因细胞病变效应而容易检出。轮状病毒属分为7个血清组（A-G），每个血清组再分为若干亚组。亚组的某些成员可特异性地感染人类，其它的成员可感染多种动物。A-C血清组在人体内都已发现，其中A组是最重要的人病原体。A组轮状病毒的野毒株不易用细胞培养，用多种基于PCR的方法可检出环境样品中的病毒。

对人类健康的影响

人轮状病毒是引起全世界新生儿死亡的最重要的一个的原因。通常全球因急性肠胃炎而住院的儿童中，50%-60%是人轮状病毒感染。人轮状病毒感染小肠细胞的绒毛，破坏钠离子和葡萄糖的运输。急性感染发病快，伴有水样腹泻、发热、腹痛和呕吐，可发展成脱水和酸中毒，如果处理不当，感染可导致

死亡。人轮状病毒感染造成的疾病负担非常高。正呼肠孤病毒属的多个成员可感染人类，但它们被称为“孤儿病毒”，不引起任何明显的疾病。

感染源

患者粪便排出的人轮状病毒数达 10^{11} /每克粪便，可持续8天。这提示被人粪便污染的污水和环境很可能含有大量的人轮状病毒。在污水、江河、湖泊和处理过的饮用水中可检出人轮状病毒。正呼肠孤病毒大量存在于废水中。

感染途径

人轮状病毒通过粪口途径传播。人与人之间的传播和吸入空气中的人轮状病毒或包含病毒的气溶胶比摄食污染的食物和水要重要得多。这一点通过观察发生在医院儿童住院病房的疾病的快速传播就可以证明，因为通过摄食感染患者粪便污染的食物和水不可能有如此快的传播速度。考虑到污染的水里存在人轮状病毒和病毒感染的患病率，疾病通过污染的水传播的机率比预期的要低。不过，也有零散的经污染的食物和水传播而导致的暴发，如1982-1983年发生在中国的两次大的暴发就与供水污染有关。

对饮用水的意义

虽然摄入饮用水不是人轮状病毒传播的主要途径，但是饮用水中存在的人轮状病毒是人类健康的危险。有证据表明轮状病毒比其它肠道病毒对消毒有更强的抵抗力。在水安全计划中，可采用的降低人轮状病毒潜在感染危险的控制措施有保护原水不受人类排泄物的污染及适当的水处理和消毒措施。这些处理措施的有效性尚需证实。还要保护输配水系统免受污染。由于人轮状病毒对消毒有强抵抗力，大肠杆菌（或耐热的大肠杆菌）不能作为判断饮用水中是否存在人轮状病毒的合适指标。

参考文献

- Baggi F, Peduzzi R (2000) Genotyping of rotaviruses in environmental water and stool samples in southern Switzerland by nucleotide sequence analysis of 189 base pairs at the 5' end of the VP7 gene. *Journal of Clinical Microbiology*, 38:3681–3685.
- Gerba CP et al. (1996) Waterborne rotavirus: a risk assessment. *Water Research*, 30:2929–2940.
- Hopkins RS et al. (1984) A community waterborne gastroenteritis outbreak: evidence for rotavirus as the agent. *American Journal of Public Health*, 74:263–265.
- Hung T et al. (1984) Waterborne outbreak of rotavirus diarrhoea in adults in China caused by a novel rotavirus. *Lancet*, i:1139–1142.
- Sattar SA, Raphael RA, Springthorpe VS (1984) Rotavirus survival in conventionally

treated drinking water. *Canadian Journal of Microbiology*, 30:653–656.

11.3 原虫病原体

原虫和蠕虫是人类和其它动物感染与致病最常见的原因，这些疾病对公共卫生和社会经济影响很大，水对上述部分原虫的传播起着重要的作用。由于大多数病原体会产生包囊、卵囊或虫卵，它们对常用的水消毒处理有抗性，且不易经过滤处理去除，因而对水源性疾病传播的控制构成挑战。有些病原造成“新发疾病”。隐孢子虫病就是在近 25 年中由原虫病原造成的新发疾病最突出的例子。其他例子还有微孢子虫和环孢子虫（圆孢子虫）引起的疾病。由于近些年才不断有这些“新发疾病”水源性传播证据的报道，关于其流行病学、对水处理与消毒处理的反应（效果）等问题尚需阐明。随着人口与动物数量的增长和对饮用水需求量的增加，预期水在此类病原传播中作用的重要性和复杂性也将显著提升。

关于新发疾病的信息可参阅“Emerging Issues in Water and Infections Diseases”（WHO, 2003）及相关文章。

11.3.1 棘阿米巴属

概述

棘阿米巴属是自由生活在淡水中的阿米巴虫，直径为10-50 μm ，也是土壤中的一种主要原虫。该属包括约 20 种，其中 *A.castellanii*, *A.polyphaga* 和 *A.culbertsoni* 为已知的人类病原体。但若考虑到进化分子生物学，其属的分类学可能要变动。棘阿米巴具有吞食、增殖的滋养体，该滋养体在如缺氧等不利条件下又会变成休眠包囊以耐受极端温度（ -20°C 至 56°C ）、消毒和干燥。

对人类健康的影响

棘阿米巴会引起肉芽肿性阿米巴脑炎（GAE），*A.castellanii*与*A.polyphaga*可导致棘阿米巴性角膜炎与葡萄膜炎。

GAE是一种多灶、出血性与坏死性脑炎，通常仅见于衰弱或免疫功能低下者。该病少见但常致命。早期症状包括倦怠、个性改变、严重头痛、颈项僵直、恶心、呕吐、间歇性低热、局部神经体征改变、偏瘫、中风，常伴有神智异常、复视、麻痹、昏睡、共济失调、昏迷等症状。首发症状出现后一周至一年内死亡，常见死因是支气管肺炎。与GAE相关的其它异常改变还有皮肤溃疡、肝病、肺炎、肾功能衰竭和喉炎。

棘阿米巴性角膜炎是一种疼痛性角膜感染，可发生于健康人，尤其是佩戴隐形眼镜者。该病虽少见，但可导致视力损害、致盲。健康人群中棘阿米巴抗体流行病学调查和上呼吸道虫检结果表明，大多数人中普遍存在感染该虫而无症状表现的情况。

感染源

棘阿米巴在自然环境中广泛分布，泥土、空气中的尘埃和水均为潜在的感染源。该虫可在各种水环境如地表水、自来水、游泳池及隐形眼镜浸洗液中检测到。依虫种不同，棘阿米巴生长的水温范围很宽，致病虫种的最适水温是30℃。滋养体在水中通过吞噬细菌、酵母菌及其它微生物而生长繁殖。感染常见于大多数温带和热带地区。

感染途径

棘阿米巴性角膜炎与佩戴以污染的自配生理盐水洗涤或存放于污染的容器中的隐形眼镜有关。虽然污染虫源不明，但自来水是一个可能来源。一些卫生机构已发布警告，告诫配制隐形眼镜洗液必须使用无菌水。GAE的传播机制尚不清楚，水可能不是感染来源，传播途径可能通过原虫寄生的其它感染部位如皮损或肺部的血液。

对饮用水的意义

棘阿米巴性角膜炎与用自来水配制隐形眼镜洗液有关。不能用自来水洗涤隐形眼镜，而应用更高质量的水。与隐孢子虫和贾第虫相比，棘阿米巴虫体较大，可用过滤法将其去除。在供水系统中减少浮游微生物的措施将可采用的降低棘阿米巴的食物来源及其在供水系统中的生长，但它们对水消毒有很强的抵抗力。由于正常饮用水并非重要的感染来源，因此确定针对棘阿米巴的卫生目标似无必要。

参考文献

- Marshall MM et al. (1997) Waterborne protozoan pathogens. *Clinical Microbiology Reviews*, 10:67–85.
- Yagita K, Endo T, De Jonckheere JF (1999) Clustering of *Acanthamoeba* isolates from human eye infections by means of mitochondrial DNA digestion patterns. *Parasitology Research*, 85:284–289.

11.3.2 结肠小袋虫

概述

结肠小袋虫是一种单细胞寄生原虫，长达200μm，是最大的人体肠道原虫。其滋养体呈卵圆形，表面有供运动的纤毛。其包囊长约60-70μm，能抵抗pH和极端温度等不利的环境条件。结肠小袋虫属于最大的原虫群，有7,200余种，已知只有贝氏结肠小袋虫可感染人类。

对人类健康的影响

该虫对人体的感染少见，且大多无症状。滋养体侵袭大肠粘膜和粘膜下

层，繁殖时破坏宿主细胞。虫体繁殖形成小窝或囊肿，破溃后形成卵圆形或不规则溃疡。临床症状包括类似阿米巴样痢疾、结肠炎、腹泻、恶心、呕吐、头痛和食欲不振。感染通常为自限性并可痊愈。

感染源

结肠小袋虫最主要的宿主为人，也可在生活污水中检出。动物宿主，尤其是猪也是造成环境中包囊流行的主要原因。在水源中已检出该虫的包囊，但在自来水中的流行情况不明。

感染途径

结肠小袋虫经粪-口途径传播，接触感染的猪、饮用被污染的水或进食被污染的食物可导致人群间的传播。1971年发生过一次水源性结肠小袋虫病暴发，原因是由于台风后含有猪舍粪便的雨水污染了饮用水供应系统所致。

对饮用水的意义

虽然水在该虫的播散中不起重要作用，但曾有水源性爆发的记载。结肠小袋虫虫体较大，可用过滤法将其去除，但其包囊对消毒有很强抵抗力。在水安全计划中，可采用的降低该虫潜在感染危险的控制措施有预防人和猪的排泄物对原水的污染，辅以适当的水处理措施。由于对消毒的抗性，大肠杆菌（或其它耐热替代微生物）不是确定饮用水供应中是否存在结肠小袋虫的可靠指标。

参考文献

- Garcia LS (1999) Flagellates and ciliates. *Clinics in Laboratory Medicine*, 19:621–638.
- Walzer PD et al. (1973) Balantidiasis outbreak in Truk. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 22:33–41.

11.3.3 隐孢子虫

概述

隐孢子虫是细胞内专一性寄生球虫，其生活史比较复杂，包括有性与无性生殖两阶段。直径 4-6 μm 的厚壁卵囊随粪便排出。隐孢子虫属约有 8 个种，其中微小隐孢子虫感染人类，其它种也偶能致病。隐孢子虫是“新发疾病”致病微生物的一个最好例子。它在 1976 年才被发现感染人类，1984 年首次确定为水源传播。

对人类健康的影响

隐孢子虫通常引起自限性腹泻，有时出现恶心、呕吐和发热，正常健康人

患病一周内会缓解，也可延续一月或更久。隐孢子虫病的严重性依年龄和机体免疫功能而异，严重免疫功能低下者感染可能致命。隐孢子虫病暴发流行时因为涉及人群多，相关的社会经济影响大，因此危害严重。美国密尔奥基地区1993年的暴发流行造成的疾病负担计玖千陆百万美元。

感染源

许多动物都是微小隐孢子虫的保虫宿主，而人类与家畜，尤其幼畜是人类感染最主要的来源。小牛每天可排出 10^{10} 卵囊。曾报道过每升污水中卵囊数高达14,000个，而每升地表水中高达5,800个。卵囊在新鲜水中可存活数周至数月。在许多饮用水供应系统中已检出隐孢子虫卵囊。但许多情况下，难以获得是否存在感染人类虫种的信息。现用的标准分析技术只能间接测定卵囊的活力而不能确定是否对人有感染性。在娱乐性水环境中也检出到卵囊。

感染途径

隐孢子虫经粪-口途径传播。主要感染途径是人与人接触，其它感染来源包括摄取被污染的食物和水以及直接与感染的家畜与宠物接触。暴发流行与饮用水、娱乐用水以及食物的污染有关。1993年隐孢子虫造成有记载的最大的一次水源性疾病暴发，当时由于饮用水供应系统污染，造成美国密尔沃基40万人被感染。隐孢子虫卵囊的感染性较高，对健康志愿者中的研究表明，吞入10个卵囊就可导致感染。

对饮用水的意义

饮用水在隐孢子虫传播以及暴发流行中的作用已很明确，因此对这种寄生虫应引起高度关注。卵囊对氧化性消毒剂如氯有很强的抵抗力，但研究测定其感染性时发现紫外线照射可致卵囊失活。在水安全计划中，可采用的降低该虫潜在感染危险的控制措施有预防人和家畜排泄物对原水的污染，适当的水处理以及保护输配水系统。由于卵囊体积较小，难以用常规的颗粒性过滤装置去除。膜过滤作为一道直接的物理屏障可有效去除隐孢子虫卵囊。由于对消毒有抵抗力，大肠杆菌（或其它替代耐热微生物）不是确定饮用水供应中是否污染隐孢子虫的可靠指标。

参考文献

- Corso PS et al. (2003) Cost of illness in the 1993 waterborne *Cryptosporidium* outbreak, Milwaukee, Wisconsin. *Emerging Infectious Diseases*, 9:426–431
- Haas CN et al. (1996) Risk assessment of *Cryptosporidium parvum* oocysts in drinking water. *Journal of the American Water Works Association*, 88:131–136.
- Leav BA, Mackay M, Ward HD (2003) *Cryptosporidium* species: new insight and old challenges. *Clinical Infectious Diseases*, 36:903–908.

- Linden KG, Shin G, Sobsey MD (2001) Comparative effectiveness of UV wavelengths for the inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water. *Water Science and Technology*, 43:171–174.
- Okhuysen PC et al. (1999) Virulence of three distinct *Cryptosporidium parvum* isolates for healthy adults. *Journal of Infectious Diseases*, 180:1275–1281.
- WHO (2002) Protozoan parasites (*Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*). In: *Guidelines for drinkingwater quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 70–118.

11.3.4 环孢子虫（圆孢子虫）

概述

环孢子虫是一种囊果状的单细胞、专一性、细胞内的寄生原虫，属于艾美虫科。它会产生壁厚直径 8-10 μm 的卵囊，可随感染者粪便排出。环孢子虫是一种新出现的水源性病原体。

对人类健康的影响

易感者摄入卵囊后，在小肠内子孢子由卵囊释出并穿透小肠上皮细胞。临床症状包括水样腹泻、肠绞痛、消瘦、厌食、乏力、偶尔呕吐和/或发热。病情常复发。

感染源

人类是唯一确定的宿主。未成熟卵囊随粪便排出，在外环境中萌发，此过程依环境条件须7至12天完成。只有含成熟子孢子的卵囊才有感染性。因缺少定量技术，关于环孢子虫在环境中流行情况的资料很少，但曾在污水和水源中检出过环孢子虫。

感染途径

环孢子虫经粪-口途径传播。由于卵囊必须在宿主外形成子孢子才有感染性，因此不可能发生人间直接传播。污染的水和食物是主要感染途径。虽未发生过食物来源引起的暴发流行，但由污染的水引起的流行已有数起。饮用水污染也是暴发流行的原因。首例报告是 1990 年美国芝加哥的一名医院员工饮用了被屋顶储水箱中臭水污染的自来水而发病。另一次暴发发生在尼泊尔，14 名士兵中有 12 名因饮用了混有河水的城市用水而发病。

对饮用水的意义

已确证病原体是通过饮用水传播。卵囊能抵抗消毒和饮用水生产中常用的氯化处理。在水安全计划中，可采用的降低该虫潜在感染危险的控制措施有预

防人类排泄物对原水的污染、适当的水处理以及保护输配水系统。由于对消毒的抵抗力，大肠杆菌（或其它替代微生物、耐热微生物）不是确定饮用水供应中是否会有环孢子虫的可靠指标。

参考文献

- Curry A, Smith HV (1998) Emerging pathogens: *Isospora*, *Cyclospora* and microsporidia. *Parasitology*, 117:S143–159.
- Dowd SE et al. (2003) Confirmed detection of *Cyclospora cayetanensis*, *Encephalitozoon intestinalis* and *Cryptosporidium parvum* in water used for drinking. *Journal of Water and Health*, 1:117–123.
- Goodgame R (2003) Emerging causes of traveller's diarrhea: *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Isospora* and microsporidia. *Current Infectious Disease Reports*, 5:66–73.
- Herwaldt BL (2000) *Cyclospora cayetanensis*: A review, focusing on the outbreaks of cyclosporiasis in the 1990s. *Clinical Infectious Diseases*, 31:1040–1057.
- Rabold JG et al. (1994) *Cyclospora* outbreak associated with chlorinated drinking-water [letter]. *Lancet*, 344:1360–1361.
- WHO (2002) Protozoan parasites (*Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*). In: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. *Addendum: Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 70–118.

11.3.5 溶组织内阿米巴

概述

溶组织内阿米巴是全球范围最流行的肠道原虫病原体，属于肉足纲的根足亚纲。该虫为直径10-60 μm 的会吞食与增殖的滋养体，在不利条件下会变成10-20 μm 的休眠包囊。误吞包囊可引起感染。近来采用RNA与DNA探针技术研究结果表明，致病性与非致病性溶组织内阿米巴间有遗传差异，故将后者分出重命名为迪斯帕内阿米巴（*E. dispar*）。

对人类健康的影响

约85-95%溶组织内阿米巴感染者无症状。急性肠阿米巴病的潜伏期为1-14周。阿米巴滋养体穿透胃肠道上皮细胞而发病。约10%感染者表现为痢疾或结肠炎。阿米巴痢疾的症状包括绞痛性肠泻、下腹痛、低热与血便、粘液便。滋养体侵犯组织形成的溃疡加深可形成典型的阿米巴结肠炎的烧瓶样溃疡。溶组织阿米巴可侵犯机体其它部位如肝、肺和脑，有时会致死。

感染源

人类是感染的储存宿主，似无其它动物宿主。急性病人仅排出无感染性的

滋养体。慢性病人和无症状带虫者是最重要的感染源，它们排出包囊有时可多达 1.5×10^7 个/天。溶组织内阿米巴可存在于污水中而污染水源。在适宜的水环境中包囊在低温下可存活数月之久。水源传播的可能性在热带地区高于温带，且带虫者热带地区为50%而非流行区仅为10%。

感染途径

人间接接触和感染者污染食物是最重要的传播途径，但被污染的饮用水也起一定作用。饮用被粪便污染的水和使用污染水浇灌农作物可引起阿米巴病传播。也有报道可以通过性传播（尤其是男性同性恋者间的性行为）。

对饮用水的意义

已确证污染的饮用水可传播溶组织内阿米巴。包囊能抵抗消毒和饮用水生产中常用的氯化处理。在水安全计划中，可采用的降低该虫潜在感染危险的控制措施有预防人类排泄物对原水的污染，适当的水处理以及保护输配水系统。由于对消毒有抵抗力，大肠杆菌（或其它替代性耐热微生物）不是确定饮用水供应中是否污染溶组织内阿米巴的可靠指标。

参考文献

Marshall MM et al. (1997) Waterborne protozoan pathogens. *Clinical Microbiology Reviews*, 10:67–85.

11.3.6 肠贾第鞭毛虫

概述

贾第鞭毛虫是寄生于人类和某些动物胃肠道内的带鞭毛原虫。贾第虫包括若干属，但感染人类的是肠贾第鞭毛虫，或称为兰氏贾第鞭毛虫。贾第鞭毛虫生活史较简单，由带鞭毛的滋养体和感染性的厚壁包囊构成。前者在胃肠道内繁殖，而后者不间断地由粪便大量排出。滋养体呈两侧对称的椭圆形，包囊为8-12 μm 的卵形。

对人类健康的影响

贾第虫被确定为人类寄生虫已有 200 年。包囊吞入后孵出的滋养体附着于胃肠道表面。儿童和成人感染常无症状。在托儿所中多达 20%儿童携带贾第虫，排出包囊但无临床症状。临床症状是由滋养体造成的损伤引起，但该虫导致腹泻和小肠吸收功能障碍的机理尚有争议。症状通常包括腹泻和肠绞痛，儿童中常见小肠吸收功能障碍。大多数病例为自限性，但有些病人可成慢性、迁延 1 年以上。对健康志愿者的研究表明，吞入 10 个包囊即有感染的可能。

感染源

贾第虫能在包括人类的许多动物中繁殖，把包囊排入环境。曾报道在污水中包囊多达88,000个/升，而在地表水体也多达240个/升。这些包囊生活力很强，在新鲜水中可存活数周或数月。已确证在原水和饮用水供应系统中检出包囊，但尚不知是否属于感染人类的虫种。现用的标准分析技术可间接测定包囊活性但无对人类感染性的指标。包囊也可在娱乐性水环境和污染的食物中检出。

感染途径

最常见的传播途径是人间接接触，尤其是儿童。污染的饮用水、娱乐用水和食物都与暴发有关，动物可能是人类感染贾第虫的传染源，但尚需进一步研究确定其作用。

对饮用水的意义

证实饮用水供应污染造成贾第虫病水源性暴发已有 30 余年。贾第虫是美国水源性爆发疾病最常见的病因。该虫的包囊对氧化性消毒剂如氯的抵抗力强于肠道细菌，但弱于隐孢子虫卵囊。余氯浓度为 1mg/L 杀灭 90%包囊需耗时 25-30 分钟。在水安全计划中，可采用的降低该虫潜在感染危险的控制措施有预防人和动物排泄物对原水的污染，适当的水处理以及保护输配水系统。由于对消毒有抵抗力，大肠杆菌（或其它替代性耐热微生物）不是确定饮用水供应中是否污染贾第虫的可靠指标。

参考文献

- LeChevallier MW, Norton WD, Lee RG (1991) Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* species in surface water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*, 57:2610–2616.
- Ong C et al. (1996) Studies of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in two adjacent watersheds. *Applied and Environmental Microbiology*, 62:2798–2805.
- Rimhanen-Finne R et al. (2002) An IC-PCR method for detection of *Cryptosporidium* and *Giardia* in natural surface waters in Finland. *Journal of Microbiological Methods*, 50:299–303.
- Slifko TR, Smith HV, Rose JB (2000) Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *International Journal for Parasitology*, 30:1379–1393.
- Stuart JM et al. (2003) Risk factors for sporadic giardiasis: a case-control study in southwestern England. *Emerging Infectious Diseases*, 9:229–233.
- WHO (2002) Protozoan parasites (*Cryptosporidium*, *Giardia*, *Cyclospora*). In: *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Addendum: *Microbiological agents in drinking water*. Geneva, World Health Organization, pp. 70–118.

11.3.7 贝氏等孢子球虫

概述

贝氏等孢子球虫是与隐孢子虫和环孢子虫相近的囊果样单细胞专一性寄生虫。等孢子球虫的许多属能感染动物，但仅贝氏等孢子球虫感染人类。后者是在人小肠中进行有性生殖的球虫。吞入含子孢子的卵囊后，在小肠上部的粘膜上皮中完成无性和有性生活周期，再由粪便中排出卵囊。

对人类健康的影响

贝氏等孢子球虫引起的病症与隐孢子虫病和贾第氏虫病相似。摄入活包囊 1 周后可出现低热、倦怠、乏力，继之出现轻度腹泻和腹部隐痛。感染常在 1-2 周后自限，但腹泻、消瘦与发热偶尔也可延续达 6 周乃至 6 个月之久。感染在儿童中比在成人中常见。在免疫功能低下病人中常见，且症状更严重，易于复发而转成慢性，导致吸收功能障碍和消瘦。此病通常为散发，常见于热带和亚热带，但其它地方包括工业化国家也时有发生。在中南美洲、非洲和东南亚都有病例报告。

感染源

未成熟卵囊从感染者粪便排出后在环境中 1-2 天内形成子孢子而有感染性。很少见到污水与水源中卵囊污染水平的资料，这是因为尚无定量计数水环境中卵囊数量的敏感而可靠的技术。关于卵囊在水环境中生存情况也所知甚少。

感染途径

卫生条件差、粪便污染食物与水是最可能的感染来源，但水源性传播尚未证实。因为贝氏等孢子球虫的卵囊须在外环境中经 1-2 天形成子孢子才能感染人，卵囊不大可能像隐孢子虫卵囊或贾第虫包囊那样在人间直接传播。

对饮用水的意义

贝氏等孢子球虫的特性提示本病可经污染的饮用水供应系统传播，但这一点尚未证实。关于水处理过程去除贝氏等孢子球虫的效果如何尚无资料可查，但该虫卵囊对消毒的抵抗力可能相当强。由于它比隐孢子虫大得多，可用过滤法去除。在水安全计划中，可采用的降低该虫潜在感染危险的控制措施有预防排泄物对水源的污染，适当的水处理以及保护输配水系统。由于对消毒有抵抗力，大肠杆菌（或其它替代性耐热微生物）不是确定饮用水供应中是否污染贝氏等孢子球虫的可靠指标。

参考文献

Ballal M et al. (1999) *Cryptosporidium* and *Isospora belli* diarrhoea in immunocom

promised hosts. *Indian Journal of Cancer*, 36:38–42.

Bialek R et al. (2002) Comparison of autofluorescence and iodine staining for detection of *Isospora belli* in feces. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 67:304–305.

Curry A, Smith HV (1998) Emerging pathogens: *Isospora*, *Cyclospora* and microsporidia. *Parasitology*, 117:S143–159.

Goodgame R (2003) Emerging causes of traveller's diarrhea: *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Isospora* and microsporidia. *Current Infectious Disease Reports*, 5:66–73.

11.3.8 微孢子虫

概述

“微孢子虫”不是一个分类学的命名，而是通常用来称呼属于微孢子虫门中的一组专一性细胞内寄生的原虫。已鉴定出 100 多属微孢子虫，分出近乎 1,000 余种，可以感染包括脊椎动物在内的绝大部分动物。其中一些属如肠上皮细胞微孢子虫属 (*Enterocytozoon*)，脑炎微孢子虫属 (*Encephalitozoon*) 包括间隔微孢子虫 (*Septata*)，微粒子虫属 (*Nosema*)，匹里虫属 (*Pleistophora*)，*Vittaforma* 和 *Trachipleistophora* 以及一群尚未分类的被认为可以感染人类。微孢子虫是最小的真核细胞之一，它们可产生单细胞直径为 1.0-4.5 μm 的孢子。孢子表面上有一根特殊的卷曲细丝用来把孢子射入宿主细胞而引发感染。在感染细胞内发生复杂的增殖过程而产生新的孢子。因感染种属和部位的不同，这些新生孢子经粪便、尿、呼吸道分泌物或其它体液释出。

对人类健康的影响

微孢子虫是主要在艾滋病人中发现的新出现的人类病原体，但现已认识到它们也能使免疫力正常的宿主致病，全球几乎所有国家均有病例报道。在艾滋病人中最常见的临床表现是严重的肠炎，出现慢性腹泻、脱水和消瘦。曾有报道病程长达 48 个月者。在正常人中感染症状不明显。*Enterocytozoon* 感染通常局限于肠道和胆道上皮细胞。*Encephalitozoon* 可感染多种细胞，包括上皮细胞、内皮细胞、纤维细胞、肾小管细胞、巨噬细胞等。异常并发症包括角膜结膜炎、肌炎和肝炎。

感染源

感染人类的微孢子虫来源不明。微孢子似由粪、尿和呼吸道分泌物中排出。由于尚无定量检测技术，因此关于微孢子虫孢子体在水环境中流行的资料很少。但在污水和水源中曾检出微孢子虫。有迹象表明它们在污水中的数量可能与隐孢子虫和贾第虫相似，并在某些水环境中可存活数月。某些动物，尤其是猪，可成为感染人类微孢子虫的宿主。

感染途径

关于微孢子虫的传播所知甚少。人间接接触和摄入被人粪、尿污染的水和食物中的孢子体可能是重要的接触途径。1995 年夏天在法国里昂曾发生一次波及 200 余人的微孢子虫病水源性暴发，但未查明病原体的来源和饮用水供应系统中粪便污染情况。经吸入空气中或气溶胶中污染的孢子体而传播也有可能。动物向人类传播该病的作用尚不清楚。流行病学调查和在哺乳动物的实验研究结果提示，*Encephalitozoon* 可经胎盘由母代传给子代。虽缺乏孢子感染性的资料，但参考相近种属孢子体的感染性，微孢子虫的感染性可能相当强。

对饮用水的意义

已有水源性传播的报道，污染的饮用水引起感染尚不确定。关于微孢子虫对水处理过程的反应知之甚少。有一项研究提示孢子体可能对氯敏感，因体积小，用过滤法难以将它们去除。在水安全计划中，可采用降低该虫潜在感染危险的控制措施有预防人畜排泄物对原水的污染，适当的水处理以及保护输配水系统。由于对消毒有抵抗力，大肠杆菌（或其它替代性耐热微生物）不是确定饮用水供应中是否污染微孢子虫的可靠指标。

参考文献

- Coote L et al. (2000) Waterborne outbreak of intestinal microsporidiosis in persons with and without human immunodeficiency virus infection. *Journal of Infectious Diseases*, 180:2003–2008.
- Dowd SE et al. (2003) Confirmed detection of *Cyclospora cayetanensis*, *Encephalitozoon intestinalis* and *Cryptosporidium parvum* in water used for drinking. *Journal of Water and Health*, 1:117–123.
- Goodgame R (2003) Emerging causes of traveller's diarrhea: *Cryptosporidium*, *Cyclospora*, *Isospora* and microsporidia. *Current Infectious Disease Reports*, 5:66–73.
- Joynson DHM (1999) Emerging parasitic infections in man. *The Infectious Disease Review*, 1:131–134.
- Slifko TR, Smith HV, Rose JB (2000) Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *International Journal for Parasitology*, 30:1379–1393.

11.3.9 福氏耐格里原虫

概述

耐格里原虫是广泛分布于环境中自由生活的阿米巴鞭毛虫。耐格里原虫有好几种，其中福氏耐格里虫是主要的感染性虫种。它们有滋养体、鞭毛体和包裹三个阶段。滋养体（10-20 μm ）通过突出假足而运动并吞食细菌，通过二分裂法繁殖。滋养体能转变成带有二根前鞭毛的鞭毛体。在不利的环境条件下，

滋养体会转变成圆形包囊（7-15 μm ），从而抵抗恶劣的环境条件。

对人类健康的影响

福氏耐格里虫在健康人中引起原发性阿米巴脑炎（PAM）。阿米巴体穿透嗅粘膜和筛板进入大脑。病人发病急，常常还未等查清病原就在 5-10 天内死亡。治疗很困难。虽然这种感染少见，但每年都有新病例报道。

感染源

福氏耐格里虫是嗜热性虫，在高达 45 $^{\circ}\text{C}$ 的环境中生长良好。温度适宜可在自然新鲜水中存活，其流行仅间接地与影响水温或促进细菌（虫的食物来源）繁殖的人类活动有关。许多国家报道过这种病原体，通常与温热的污染水环境如地热水或温水游泳池有关。但在饮用水供应系统中也检出过此虫，尤其当水温高达 25-30 $^{\circ}\text{C}$ 时更易检出。水是唯一的已知感染源。最早的阿米巴性脑炎是在 1965 年澳大利亚和美国佛罗里达确诊的，从那时至今全球已报道约 100 例 PAM。

感染途径

福氏耐格里虫感染几乎无一例外地是通过鼻腔接触污染水源引起的。感染主要与包括游泳池和矿泉浴等娱乐用水以及日照加温的表面水、工业冷却水或地热水有关。少数病例找不出与娱乐用水的关系。在炎夏，许多人参与水中娱乐而水温又有利于该虫大量繁殖，此时是 PAM 的高发时期。摄入污染的水或食物以及人与人之间的接触不是传播途径。

对饮用水的意义

曾在饮用水供应系统中检出福氏耐格里虫。虽未经证实，但源于饮用水的微生物的直接或间接作用还是有可能的，例如使用游泳池水。任何水供应若在某一季节超过 30 $^{\circ}\text{C}$ 或持续高于 25 $^{\circ}\text{C}$ 都有助于福氏耐格里虫的生长。在此种情况下，定期检测是有价值的。倘若持续地在供水系统中消毒，游离氯或一氯胺残余高于 0.5mg/L 也可控制福氏耐格里虫。此外还可采取措施限制细菌的存在以减少虫的食物来源从而控制它们在供水系统中的生长。由于这种阿米巴的环境特性，大肠杆菌（或其它替代性耐热微生物）不是确定饮用水供应中是否污染福氏耐格里虫的可靠指标。

参考文献

- Behets J et al. (2003) Detection of *Naegleria* spp. and *Naegleria fowleri*: a comparison of flagellation tests, ELISA and PCR. *Water Science and Technology*, 47:117-122.
- Cabanes P-A et al. (2001) Assessing the risk of primary amoebic meningoencephalitis from swimming in the presence of environmental *Naegleria fowleri*. *Applied and*

Environmental Microbiology, 67:2927–2931.

Dorsch MM, Cameron AS, Robinson BS (1983) The epidemiology and control of primary amoebic meningoencephalitis with particular reference to South Australia.

Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 77:372–377.

Martinez AJ, Visvesvara GS (1997) Free-living amphizoic and opportunistic amebas.

Brain Pathology, 7:583–598.

Parija SC, Jayakeerthee SR (1999) *Naegleria fowleri*: a free living amoeba of emerging medical importance. *Communicable Diseases*,

11.3.10 刚地弓形虫

概述

在已描述过的许多种弓形虫和类弓形虫中似乎只有刚地弓形虫会感染人类。刚地弓形虫是囊果样寄生虫，猫是其终宿主。在猫体内该虫寄生于小肠并进行有性繁殖。在人类宿主中活跃增殖的无性体是一种直径为 3-6 μm 的专一性细胞内寄生虫，称为速殖子。当速殖子转变成缓慢增殖的缓殖子并最终在宿主组织中发育成包囊时，病程就转为慢性。在自然生活史中，含有感染性包囊的小鼠和大鼠被猫吞食后，在猫体内进入有性期。包囊壁被消化后，缓殖子钻入小肠上皮细胞，在细胞内繁殖数代后，发育成小配子体和大配子体。猫吞入包囊后最早 5 天，大配子体受精并发育出卵囊可在粪便中排出。卵囊在外界环境中须 1-5 天生成子孢子。含子孢子的卵囊和组织中的包囊都可感染易感的宿主。

对人类健康的影响

刚地弓形虫病在人类中通常无症状。少数病例在吞入包囊或卵囊后 5-23 天可出现感冒样症状、淋巴腺病和肝脾肿大。当免疫系统受抑制时，原发感染后，在器官组织中的休眠包囊可被激活，引起波及中枢神经系统和肺在内的播散性疾病，导致严重的神经系统障碍或肺炎。当这些部位被感染时，在免疫功能低下的患者可能导致死亡。先天性刚地弓形虫病大多无症状，但可产生脉络膜视网膜炎、大脑钙化、脑积水、血小板严重减少和惊厥。妊娠早期的原发感染可导致自发性流产、死胎或畸胎。

感染源

刚地弓形虫病遍布全球。在世界上许多地方，估计 15-30%的羊肉和猪肉感染弓形虫包囊。有 1%的猫为卵囊携带者。30 岁以上的欧洲人约 50%被感染，而在法国感染率近 80%。刚地弓形虫卵囊可在被感染猫的粪便污染的水源和供水系统中检出。由于缺乏检测刚地弓形虫卵囊的可行方法，对卵囊在原水和处理过的供水中的流行情况知之甚少，也不了解卵囊在水环境中存活情况和习性的细节。然而，已有报道粪便污染水中存在卵囊的证据，结果表明刚地弓形虫

卵囊与其它相关寄生虫卵囊一样可在不利的水环境条件下存活。

感染途径

由猫排出的含孢子的刚地弓形虫卵囊及组织来源的包囊都有感染性。人们直接接触或通过接触污染的泥土或水而误吞入卵囊后可被感染。两次弓形虫病暴发都与饮用污染水有关。在巴拿马的一次暴发中被丛林中野猫排泄的卵囊污染的溪水被确定为最可能的感染源，而 1995 年加拿大的一次暴发则与饮用被家猫或野猫排泄物污染的蓄水池水有关。巴西的一项研究表明，1997-1999 年间饮用未过滤的饮用水是刚地弓形虫血清学反应阳性的一个危险因子。更常见的是人们食用含有刚地弓形虫包囊的未煮熟的肉或生肉而患上弓浆虫病。弓形虫可经胎盘感染子代。

对饮用水的意义

污染的饮用水已被确定为刚地弓形虫病的来源。关于刚地弓形虫对水处理过程的反应（效果）几无所知。它们的卵囊比隐孢子虫卵囊大，应可以用过滤法去除。在水安全计划中，可采用降低该虫潜在危险的控制措施有预防水源被野猫和家猫排泄物污染，适当的水处理以及保护输配水系统。由于对消毒缺乏抵抗力，大肠杆菌（或其它替代性耐热微生物）不是确定饮用水供应中是否污染弓形虫的可靠指标。

参考文献

- Aramini JJ et al. (1999) Potential contamination of drinking water with *Toxoplasma gondii* oocysts. *Epidemiology and Infection*, 122:305–315.
- Bahia-Oliveira LMG et al. (2003) Highly endemic, waterborne toxoplasmosis in North Rio de Janeiro State, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 9:55–62.
- Bowie WR et al. (1997) Outbreak of toxoplasmosis associated with municipal drinking water. The BC Toxoplasma Investigation Team. *Lancet*, 350:173–177.
- Kourenti C et al. (2003) Development and application of different methods for the detection of *Toxoplasma gondii* in water. *Applied and Environmental Microbiology*, 69:102–106.

11.4 蠕虫病原体

“蠕虫”来源于希腊语，是指自由生活和寄生的所有蠕虫。主要的寄生性蠕虫分类属线形动物门和扁形动物门（包括吸虫），寄生蠕虫在全球感染大量人群和动物。对大多数蠕虫而言，饮用水不是主要传播途径，但有两个例外：即麦地那龙线虫（几内亚蠕虫）和片形吸虫（肝片形吸虫和巨大片形吸虫）。麦地那龙线虫和片形吸虫都需中间宿主以完成其生活史，但都能由不同的机制经饮用水传播。其它蠕虫病有的通过接触水而传播的如血吸虫病，有的与未处理的

农业用水有关如蛔虫病、鞭虫病、钩虫病和粪园线虫病，但通常都不是通过饮用水传播的。

11.4.1 麦地那龙线虫

麦地那龙线虫通常称为“几内亚线虫”，属线形动物门，是唯一的主要由饮用水传播的线虫。到 1995 年全球消灭麦地那龙线虫感染是国际饮用水供应与卫生十年规划（1981-1990）的目标，世界卫生大会也在 1991 年确定了这个目标。这个规划的实施，已大大减少了病例数，如 1986 年全球共计有 330 万病人，1990 年为 62 万，至 2002 年只剩不到 6 万例，后者主要在苏丹。现在麦地那龙线虫病仅局限于非洲撒哈拉以南中央带的国家。

概述

麦地那龙线虫寄生在感染者的皮肤与皮下组织，雌虫可长达 700 μm 而雄虫 25 μm 。当雌虫要排出幼虫（胚胎）时，其前端出现一个肿泡或溃疡，通常位于患者足部或下肢。当此部位肢体浸入水中时，就会释放出大量杆状幼虫。幼虫在水中存活约 3 天，在此期间可被多种剑水蚤吞食。幼虫穿入剑水蚤血腔，脱皮两次后成为感染性幼虫，在 2 周内进入新宿主。此时假如饮用含有剑水蚤的水，幼虫在人胃中释出，穿过小肠和腹壁寄生于皮下。

对人类健康的影响

初始症状发生于虫体寄生的局部。早期症状如荨麻疹、红斑、呼吸困难、呕吐、瘙痒和眩晕等过敏性表现。约 50% 病例成虫在数周内挤出，病灶迅速愈合，仅有短暂的行动不便。但其余病例会出现并发症，虫体所经过的部位会继续感染，严重炎症反应引发脓肿，伴有持续数月难以忍受的疼痛。此病极少致死，但可因肌腱挛缩和慢性关节炎而永久致残，造成重大经济损失。有一项研究报告显示东尼日利亚一个地区因此病致稻米年产量下降 11%，损失达 2 千万美元。

感染源

麦地那龙线虫感染在地理位置上局限于非洲撒哈拉以南的中央带国家。感染的剑水蚤污染饮用水是麦地那龙线虫感染的唯一来源。此病典型发生在没有自来水供应的农村。因水源的变化，传播呈高度季节性。例如，在年降雨量为 800mm 的马里干燥大草原带，在早期雨季传播率最高；但在年降雨量高于 1300mm 的南尼日利亚的潮湿大草原区，传播率却在旱季最高。根治策略综合了各种干预措施，包括综合监测系统，强化病例管理，供应安全的饮用水和健康教育。

感染途径

本病唯一的感染途径是饮用含有感染了麦地那龙线虫幼虫剑水蚤的不洁饮用水。

对饮用水的意义

麦地那龙线虫病是通过提供安全饮用水而在不久的将来可被根除的唯一的人类寄生虫病。一些较简单的干预措施可预防其感染，包括防止感染者中的雌虫向水中释放幼虫和水中养鱼以控制剑水蚤，还可通过掘井提供安全饮用水来预防。井水和泉水应加建水泥护栏，禁止在其中沐浴或洗东西。其他干预措施还有过滤掉水中的剑水蚤或以氯处理杀死饮用水中的剑水蚤。

参考文献

- Cairncross S, Muller R, Zagaria N (2002) Dracunculiasis (guinea worm disease) and the eradication initiative. *Clinical Microbiology Reviews*, 15:223–246
- Hopkins DR, Ruiz-Tiben E (1991) Strategies for dracunculiasis eradication. *Bulletin of the World Health Organization*, 69:533–540.

11.4.2 片形吸虫属

片形吸虫病是由肝片形吸虫和巨大片形吸虫两种吸虫引起的，肝片形吸虫分布在欧洲、非洲、亚洲、美洲和大洋洲；巨大片形吸虫主要分布在非洲和亚洲。上世纪九十年代中期以前人类吸虫病被认为继发于动物传染病。在大多数地区，吸虫病是食源性疾病。但是在重流行区，包括南美洲的安第斯高原（Andean Altiplano）地区的水中发现漂浮的囊蚴，表明在某些地区饮用水也可成为重要传播途径。

概述

肝片形吸虫和巨大片形吸虫的生活史约 14-23 周，须经两个宿主。其生活史包括 4 期，第一期：终宿主吞入囊蚴后，囊蚴在肠道中孵化出来，迁移入肝和胆道，3-4 月后吸虫达到性成熟而产卵，卵被排入胆汁和肠道。吸虫成虫在宿主中可生存 9-14 年。第二期：人或动物排出虫卵，卵在新鲜水中孵化出毛蚴。第三期：毛蚴钻入中间宿主螺内发育成尾蚴，再释放入水中。第四期：尾蚴在水中游动直至达到适宜的附着物（水生植物），在水生植物表面发育成囊蚴，囊蚴在 24 小时内有感染性。有的囊蚴不附着在植物而漂浮在水中。

对人类健康的影响

片形吸虫寄生在胆道和胆囊中。感染的急性期和慢性期症状不同。侵入期或急性期可延续 2-4 月，其症状以消化不良、呕心、呕吐、腹痛和高热（可达 40℃）为特征，也可见贫血和变态反应（如紫斑、荨麻疹）。儿童急性感染症状严重，有时可致死亡。梗阻期或慢性期（感染后数周至数年）症状以痛性肝肿

大为特征。一些病例中可发生阻塞性黄疸、胸痛、消瘦和胆石症。最重要的病理变化是肝损害与纤维化以及慢性胆管炎，未成熟的吸虫幼虫在移行过程中可误入其它器官和在皮下组织形成异位片形吸虫病。片形吸虫病可以甲苯达唑类药物治疗。

感染源

人类病例已在五大洲的 51 个国家有报道。根据在许多非洲和亚洲的非定量流行情况调查，感染片形吸虫病的人数估计约 240 万至 1700 万或更多。病例的地理分布分析显示，动物和人类吸虫病的发生只是在基本的水平上呈现相关。人群发病率高并不一定表示当地家畜中该病严重流行。片形吸虫病的主要健康危害发生于南美的玻利维亚、秘鲁、智利、厄瓜多尔、加利比海的古巴、北非的埃及、近东的伊朗及其相邻国家以及西欧的葡萄牙、法国和西班牙。

感染途径

人们在摄食生的水生植物（有时陆生植物如由污染的水浇灌的生菜）、饮用污染的生水、使用污染水洗过的器具时摄入了感染性卵囊或食用了带未成熟吸虫的生肝就可能感染片吸虫。

对饮用水的意义

水常被列举为人类的感染源。在玻利维亚高原（Altiplano）地区，13%的囊蚴是在水中漂浮的。高流行区未处理的饮用水中常含有漂浮囊蚴，例如穿过 Altiplano 地区的一条小河中每 500ml 水含 7 个囊蚴。有间接证据表明水在传播片吸虫病中的重要性。在安第斯山脉周边国家与埃及，肝片吸虫感染与其它水源性原虫和线虫感染间呈显著正相关。在美洲的许多高发区，人们并无食用豆瓣菜或其它水生植物的历史。在尼罗河三角洲，住在有管道供水屋内的人们曾有较高的感染危险。囊蚴对氯消毒有抵抗力，但应该可以通过各种过滤处理而去除。例如，在埃及的 Tiba 地区，在向特别建造的洗涤房提供过滤水后显著降低了该病在人群中的流行。

参考文献

- Mas-Coma S (2004) Human fascioliasis. In: *Waterborne zoonoses: Identification, causes, and controls*. IWA Publishing, London, on behalf of the World Health Organization, Geneva.
- Mas-Coma S, Esteban JG, Bargues MD (1999) Epidemiology of human fascioliasis: a review and proposed new classification. *Bulletin of the World Health Organization*, 77(4):340–346.
- WHO (1995) Control of foodborne trematode infections. Geneva, World Health Organization (WHO Technical Report Series 849).

11.5 有毒蓝藻

关于有毒蓝藻更详细的资料可查阅 1.3 节支持性文件《水中的有毒蓝藻》。

概述

有毒蓝藻是光合作用性细菌，与海藻有某些共性。显然，它们具有叶绿素-a，在光合作用时释放氧。最初认识的菌种是蓝绿色的，因此它们统称为蓝绿藻。但由于产生的色素不同，其中许多不是蓝绿色，它们的颜色可从兰绿直至棕黄和红色。大多数蓝藻是需氧的光能利用菌，但也有些是异营养性生长。它们可呈分散的单细胞生长或呈多细胞的丝状或菌落状，在显微镜下根据它们的形态区分种属。有些种属在水面形成“水华”或浮渣状而另一些则混居在水中或水底。有些蓝藻能通过细胞内气泡调节其浮力，而另一些则能固定溶于水中的元素氮。就公共卫生意义而言，蓝藻最重要的特性是其中有些种属能产生毒素。

对人类健康的影响

如表 11.1 所示，许多蓝藻能产生毒素。在 8.5.6.节中也谈到蓝藻毒素。每种毒素有其特性，涉及肝损害、神经毒性和促癌作用。报道的急性中毒症状有胃肠功能紊乱、发热和皮肤、耳、眼、咽喉、呼吸道刺激。蓝藻在人体内不能增殖，因此没有感染性。

表 11.1 蓝藻产生的毒素

有毒藻种	蓝藻毒素
鱼腥藻 <i>Anabaena</i> spp. (潜在的)	鱼腥藻毒素-a(S) Anatoxin-a(S), 鱼腥藻毒素-a anatoxin-a, 微囊藻毒素 microcystins, 石房蛤毒素 saxitoxins
米伦项圈藻 <i>Anabaenopsis millenii</i>	Microcystins 微囊藻毒素
束丝藻 <i>Aphanizomenon</i> spp.	鱼腥藻毒素-a Anatoxin-a, 石房蛤毒素 saxitoxins, 柱孢藻毒素 cylindrospermopsin
柱孢藻 <i>Cylindrospermum</i> spp.	柱孢藻毒素 Cylindrospermopsin, 石房蛤毒素 saxitoxins, 鱼腥藻毒素-a anatoxin-a
鞘丝藻 <i>Lyngbya</i> spp.	石房蛤毒素 Saxitoxins, 鞘丝藻毒素 lyngbyatoxins
微囊藻 <i>Microcystis</i> spp.	微囊藻毒素 Microcystins, 鱼腥藻-a anatoxin-a, (少量)
节球藻 <i>Nodularia</i> spp.	节球藻毒素 Nodularins
念珠藻 <i>Nostoc</i> spp.	微囊藻毒素 Microcystins
颤藻 <i>Oscillatoria</i> spp.	鱼腥藻毒素-a Anatoxin-a, 微囊藻毒素 microcystins
浮颤藻 <i>Planktothrix</i> spp.	鱼腥藻-a Anatoxin-a, 类毒素同系物 homoanatoxin-a, 微囊藻毒素 microcystins
弯形尖头藻 <i>Raphidiopsis curvata</i>	柱孢藻毒素 Cylindrospermopsin
梅崎藻 <i>Umezakia natans</i>	柱孢藻毒素 Cylindrospermopsin

感染源

蓝藻广泛分布于各种环境中，包括土壤、海水并以淡水环境最多。某些环境条件如日照、气候温暖、水流平缓与富营养状态都能促进其生长。依种属不同，由于悬浮细胞密度很高会使水的绿色褪色，有时会形成水面浮渣。这样的细胞集聚会导致毒素浓度增高。

感染途径

公共卫生的关注在于通过摄入饮用水、娱乐用水、淋浴、还可能因服用藻类食品补充剂而接触毒素。对许多种毒素所关心的问题主要是反复、慢性的接触，但有时急性中毒性更为重要（例如鞘丝藻毒素、神经毒素、膝沟藻毒素和变形毒素）。曾发生肾透析病人用了含高浓度毒素而未适当处理的水而致死的事例。牙科接触可导致皮肤和粘膜刺激以及变态反应。

对饮用水的意义

在大多数水表都存在低密度的毒性蓝藻。但在适宜的环境条件下会出现高密度的“水华”。富营养状态会促进毒性蓝藻生成水华（参见 8.5.6 节）。

参考文献

Backer LC (2002) Cyanobacterial harmful algal blooms (CyanoHABs): Developing a public health response. *Lake and Reservoir Management*, 18:20–31.

Chorus I, Bartram J, eds. (1999) *Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. Published by E & FN Spon, London, on behalf of the World Health Organization, Geneva.

Lahti K et al. (2001) Occurrence of microcystins in raw water sources and treated drinking water of Finnish waterworks. *Water Science and Technology*, 43:225–228.

11.6 指示菌和指标微生物

由于获取结果的复杂性、成本和时限问题，对特殊病原菌的检测一般仅限于确认，通常采用监测的方法来确定一种水处理或其它处理工艺对于去除目标微生物是否有效。如某种特殊的水处理或处理工艺已经有效，偶尔也采用致病菌检测对其进行确证。然而，作为操作和确证（包括监督）监测的一部分，微生物检测通常仅限于指示性微生物，或对控制措施的效果进行测评，或作为粪便污染的指标。

指示微生物作为粪便污染指标在饮用水水质评价中得到了良好的应用。作为指示微生物需要满足的条件是其本身不能是致病菌，并且：

- 通常在人和动物粪便中大量存在
- 在自然界水体中不能繁殖

- 在水中的存活时间与粪中病原菌相当
- 数量比粪病原菌多
- 对水处理工艺的与粪病原菌类似
- 检测方法简单、经济

上述标准体现了这样一种假设：同一种指示微生物既可用作粪便污染的指示菌又可以作为水处理/工艺效果评价的指示菌。但现已证明一种指示菌不可能同时满足上述两种要求。传统指示菌包括作为肠道病毒和原虫指示菌的大肠杆菌等，这些指示菌的不足越来越引起人们的关注，已有人建议使用噬菌体、细菌芽孢等作为这些病原的替代指示菌。另外，评价水处理方法和处理工艺是否能去除细菌、病毒、原虫和线虫等粪便微生物的一些指标参数更可信。

将用于检测粪便致病菌的微生物实验与评价水处理方法/处理工艺效果的实验区分开来是非常重要的。首先，提出了“指标微生物”和“指示微生物”这两个不同的名词，这是因为：

- 指标微生物指示致病性微生物的存在，如作为粪致病菌存在的指标；
- 指示微生物用于评价某种处理的有效性，如处理或消毒指示微生物。

这些名词还可用于非微生物参数，因此，混浊度可用于过滤的指示参数。

关于指标和指示微生物的进一步讨论见支持性文件《饮用水微生物安全评价》（见 1.3 节）。

11.6.1 总大肠菌群

概述

总大肠菌群是指可在较高浓度的胆盐培养基上生长，35~37℃培养 24h 能发酵乳糖产生酸或乙醛的一群需氧和兼性厌氧、革兰氏阴性、无芽胞的杆菌。埃希氏大肠杆菌和耐热大肠杆菌是能在较高温度（见 11.6.2 节）下发酵乳糖的总大肠菌群的一个亚群。作为乳糖发酵的一部分，总大肠菌群产生 β-半乳糖水解酶。传统上认为大肠杆菌属于埃希氏菌属、柠檬酸杆菌属、克雷伯菌属和肠杆菌属，但种类繁多，涵盖了诸如沙雷菌属和哈夫尼亚菌属等更多的属。总大肠菌群包括了粪便和环境中的多个种。

作为指示微生物的意义

总大肠菌群包括能够在水中存活和生长的微生物，因此，它们不能作为粪便致病菌的指标，但可以用作评价水处理效果、输配水系统清洁度、完整性和生物膜存在与否的指示菌，而用于上述目的评价还有更好的指示菌。作为消毒效果的指示菌，检测总大肠菌群既耗时结果又不可信，不如直接检测消毒剂残留量。另外，与肠道病毒和原虫相比，总大肠菌群对消毒过于敏感。HPC 检测

的菌谱更宽，被认为是评价输配水系统清洁度和完整性的更好指示菌。

感染源

总大肠菌群（包括埃希氏大肠杆菌）在污水和自然水体中都可检出，该群中的某些菌可随人或动物的粪便排出，且许多细菌是异养性的，可在水和土壤中繁殖。总大肠菌群也可在输配水系统中存活和生长，尤其是在有生物膜存在的情况下更易生长繁殖。

实际应用

通常检测 100 mL 水样中的总大肠菌群。根据发酵乳糖产酸或产 β -半乳糖水解酶的情况，可以进行多种相对简单的检测，包括膜过滤后，将滤膜在选择性培养基上于 35~37℃ 培养，24h 后进行菌落计数。备选的方法包括利用试管或微量滴定板以及 P/A（有/无）试验的最大可能数法。用于野外检测的试剂盒也已面世。

对饮用水的意义

消毒后的水立即测试不应该有总大肠菌群检出，一旦检出则表明水处理不当。输配水系统和储水装置中检出总大肠菌群，提示有细菌再生、可能有生物膜形成或水入口处被异物（土壤或植物）污染。

参考文献

- Asholt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality: Guidelines, standards and health-Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. WHO Water Series. London, IWA Publishing, pp. 289-315.
- Grabow WOK (1996) Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control. *Water SA*, 22:193-202.
- Sueiro RA et al. (2001) Evaluation of Coli-ID and MUG Plus media for recovering *Escherichia Coli* and other coliform bacteria from groundwater samples. *Water Science and Technology*, 43:213-216.

11.6.2 埃希氏大肠杆菌和耐热大肠菌

概述

能够在 44~45℃ 发酵乳糖的所有大肠菌称为耐热大肠杆菌。多数水体中的优势种为埃希氏菌属，但柠檬酸杆菌属、克雷伯菌属和肠杆菌属的某些型也属于耐热大肠杆菌。埃希氏大肠杆菌可分解色氨酸产生吲哚或产生 β -半乳糖水解酶，据此可将该菌与其它耐热大肠杆菌鉴别开来。埃希氏大肠杆菌在人和动物

的粪便中大量存在，尽管有证据显示该菌在热带土壤中能够生长，但在没有粪便污染的情况下很少被检出。耐热大肠杆菌（而非埃希氏大肠杆菌）种中还包
括某些环境微生物。

作为指示微生物的意义

埃希氏大肠杆菌被认为是指示粪便污染的最理想指标。多数情况下，耐热大肠菌群中的主要优势菌为埃希氏大肠杆菌，虽然人们认为这一菌群可靠性较差，但作为粪便污染指标还是可以接受的。包括饮用水水质监测在内的监测项目确认中，首选的指示性微生物为埃希氏大肠杆菌（亦可为耐热大肠杆菌）。这些微生物还被用作消毒指示菌，只是不如直接检测消毒剂残留更快、更可靠。此外，与肠道病毒和原虫相比，埃希氏大肠杆菌对消毒更敏感。

感染源

埃希氏大肠杆菌在人和动物的粪便、污水和近期被粪便污染的水中大量存在。水温和饮用水输配水管道系统中的营养条件不太可能支持这些微生物的生长。

实际应用

通常检测 100 mL 水样中的埃希氏大肠杆菌（或耐热大肠杆菌）。根据发酵乳糖产酸产气或产 β -半乳糖水解酶的情况，可以进行多种相对简单的检测，包括膜过滤后，将滤膜在选择性培养基上于 44~45℃ 培养，24h 后进行菌落计数。备选的方法包括利用试管或微量滴定板和 P/A 实验的最大可能数法，还有一些针对 100 mL 以上水样的检测方法。已经有适于野外检测使用的试剂盒面世。

对饮用水的意义

大肠杆菌（亦可为耐热大肠杆菌）的存在证明最近有粪便污染，检出后应该考虑采取进一步的行动，包括进一步取样、调查潜在污染源、是否有水处理不够充分或输配水系统管道破裂等原因。

参考文献

- Asholt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality: Guidelines, standards and health-Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. WHO Water Series. London, IWA Publishing, pp. 289-315.
- George I et al. (2001) Use of rapid enzymatic assays to study the distribution of faecal coliforms in the Seine river (France). *Water Science and Technology*, 43:77-80
- Grabow WOK (1996) Waterborne diseases: Update on water quality assessment and

control. *Water SA*, 22:193-202.

Sueiro RA et al. (2001) Evaluation of Coli-ID and MUG Plus media for recovering *Escherichia Coli* and other coliform bacteria from groundwater samples. *Water Science and Technology*, 43:213-216.

11.6.3 异氧菌平皿计数

已经有内容丰富的关于 HPC 应用的综述 (Bartram et al., 2003)。

概述

HPC 检测的异养性微生物菌谱范围很广，包括细菌和真菌。其原理是测定微生物在特定的温度下、指定的培养时间内、能够在营养丰富且不含抑制性或选择性成分的培养基上生长的能力。HPC 方法检测的微生物包括对消毒敏感的微生物如肠道细菌，对消毒有抵抗力的微生物如产芽孢的细菌，以及那些在处理过、无消毒剂残留的水中能快速增殖的微生物。该实验只能检测水中存活的一小部分微生物。检测到的菌落数依实验方法和条件不同而异。尽管建立了许多标准检测方法，但国际上还没有统一、标准的 HPC 方法。可供使用的培养基很多，培养温度范围为 20℃~37℃，培育时间从数小时至 7 天或更长。

作为指示微生物的意义

该检测作为指示致病菌存在的指标意义不大，但非常适合作为水处理或消毒操作监测的指示菌，其目的是使菌数尽可能保持在低水平。另外，HPC 检测还可用于评价输配水系统清洁度、完整性以及是否存在生物膜。

感染源

异养性微生物包括水环境中天然存在的微生物菌丛（有代表性的是那些无害微生物）中的某些菌以及许多污染源中的微生物。它们在未经处理的水源中大量存在，用 HPC 方法测定时，其结果依采样地点及定期连续采集的样品不同而异。一些饮用水处理过程如凝结和沉降可以降低水中的 HPC 微生物量，但其它水处理措施如生物活性炭和沙滤过程中，微生物可能会繁殖。诸如氯、臭氧和紫外线照射等消毒措施可以明显降低 HPC 微生物的数量。但实际工作中，消毒过程不可能完全杀灭水中的微生物，在适宜的条件下，如水中无消毒剂残留时，HPC 微生物就会快速生长。HPC 微生物可以在水中或与水接触的生物膜表面生长。生长或再生的主要决定因素是温度、营养素利用率（包括可同化的有机碳）、无消毒剂残留和水流停滞等。

实际应用

无需设备精良的实验仪器或训练有素的实验操作人员。根据试验程序的特性，采用简单的需氧琼脂平皿培养，在数小时至数天内可出结果。

对饮用水的意义

预期消毒后水中的微生物数量应该下降，但采用 HPC 试验结果时，多数情况下在特定地点测得的微生物数的变化值较实际测得的数值更有意义。在输配水系统中，微生物数量的增加意味着水清洁度恶化、水流可能停滞和有生物膜形成。HPC 可以包括潜在的条件致病菌如不动杆菌属、气单胞菌属、黄杆菌属、克雷伯菌属、莫拉菌属、沙雷菌属、假单胞菌属和黄单胞菌属，但尚无资料证明人饮用含有这些微生物的水可导致胃肠道感染。

参考文献

- Asholt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality: Guidelines, standards and health-Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. WHO Water Series. London, IWA Publishing, pp. 289-315.
- Bartram J et al., eds. (2003) *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: the significance of HPCs for water quality and human health*. WHO Emerging Issues in Water and Infectious Disease Series. London, IWA Publishing.

11.6.4 肠球菌

概述

肠球菌是粪链球菌的一个亚群，包括链球菌属的一些种，均是革兰氏阳性菌，能在氯化钠含量高的培养基和碱性条件下生长。它们兼性厌氧，单个细胞、成对或以短链形式出现。粪链球菌包括与 Lancefield D 群抗血清反应阳性、可从哺乳类动物粪便中分离到的所有肠球菌。肠球菌亚群包括粪肠球菌、屎肠球菌、耐久肠球菌和海氏肠球菌的某些种，因它们是指示粪便污染的相对特异微生物，故可与其它粪链球菌相区别。但是从水中分离出的一些肠球菌偶尔也可从其它没有被粪便污染的介质如土壤中分离到。

作为指示微生物的意义

肠球菌可用作粪便污染的指标，多数菌种不能在水中繁殖。人粪便中的肠球菌数量比大肠菌群低一个数量级。该菌群的主要优点是在水中存活的时间比大肠杆菌（或耐热大肠杆菌）长，对干燥和氯的抵抗力更强。肠球菌已被用于检测生水中存活时间比大肠杆菌长以及饮用水中大肠杆菌检测有争议的粪致病菌指标。另外，它们还用于输配水系统维修后或新输配水管线铺设后水质的检测。

感染源

肠球菌是人或哺乳类动物粪便排出的特征性菌群，该群中的某些种在没有被粪便污染的土壤中也检测到。肠球菌在污水、被污水污染的环境、人和动

物活动产生的废水中大量存在。

实际应用

可以用简单、经济的培养方法检测肠球菌，这些方法只需基本的细菌学实验设施即可。通常使用的方法包括膜滤、将滤膜置于选择性培养基上 35℃~37℃培养 48h 后进行菌落计数。其它方法包括微量滴定板测得的最大可能数法，原理是基于肠球菌在乙酸铊和萘啶酸存在的条件下，41℃36h 内水解 4-甲基伞形酮酰-β-D 葡糖醛酸苷的能力。

对饮用水的意义

链球菌的存在表明最近有粪便污染，检出后应考虑采取进一步措施，包括深层次采样并对可能的污染来源（如水处理不充分、输配水系统可能存在裂缝、缺口等）进行调查。

参考文献

- Asholt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality: Guidelines, standards and health-Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. WHO Water Series. London, IWA Publishing, pp. 289-315.
- Grabow WOK (1996) Waterborne diseases: Update on water quality assessment and control. *Water SA*, 22:193-202.
- Junco TT et al. (2001) Identification and antibiotic resistance of faecal enterococci isolated from water samples. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 203:363-368.
- Pinto B et al. (1999) Characterization of “faecal streptococci” as indicators of faecal pollution and distribution in the environment. *Letters in Applied Microbiology*, 29:258-263

11.6.5 产气荚膜梭菌

概述

梭菌属是革兰氏阳性、需氧、能够还原亚硫酸盐的细菌。它们能够产生芽孢，对不良的水环境条件如紫外线照射、温度、极端 pH 和诸如氯消毒过程等有很强的抵抗力。该属中的典型代表是产气荚膜梭菌，该菌是 13%-35% 的人和其温血动物正常肠道菌丛的组分，其它梭菌并非仅来源于粪便。同大肠杆菌一样，产气荚膜梭菌在大多数水体中不繁殖，而且是粪便污染的特异性指示菌。

作为指示微生物的意义

鉴于产气荚膜梭菌芽孢对消毒过程和其它不良环境条件有强抵抗力，该菌被提议作为检测处理后的饮用水供水系统中肠道病毒和原虫的指标。另外，产气荚膜梭菌还可作为以前粪便污染的指标，预示水源存在被间歇性污染的可能。由于产气荚膜梭菌芽孢的生存时间过长，远远超过了包括病毒和原虫在内的肠道致病微生物的生存时间，因此不推荐将该菌作为常规监测的指标。产气荚膜梭菌芽孢比原虫的包囊（卵囊）小，可用作过滤效果评价的指标。某些水源水中产气荚膜梭菌芽孢含量较低，提示产气荚膜梭菌芽孢仅适用于对水处理过程的确认而不是常规监测。

感染源

事实上，产气荚膜梭菌及其芽孢始终存在于污水中，在水环境中不繁殖。产气荚膜梭菌在一些动物如狗的粪便中比在人的粪便中更为常见且数量庞大，在许多其它哺乳动物粪便中较少见。该菌在粪便中的排泄量通常低于大肠杆菌。

实际应用

通常用膜滤技术检测植物细胞和产气荚膜梭菌芽孢，在严格厌氧条件下置滤膜于选择性培养基上培养。这些检测方法不如其它指示菌（如大肠杆菌和肠球菌）的检测方法简单经济。

对饮用水的意义

饮用水中出现产气荚膜梭菌可以作为间歇性粪便污染的指标，应该调查潜在的污染源。用于去除肠道病毒或原虫的过滤处理工艺也应该能够去除产气荚膜梭菌。调查滤过设备性能时，可对处理后的水立即进行产气荚膜梭菌检测。

参考文献

- Araujo M et al. (2001) Evaluation of fluorogenic TSC agar for recovering *Clostridium perfringens* in groundwater samples. *Water Science and Technology*, 43:201-204
- Asholt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality: Guidelines, standards and health-Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. WHO Water Series. London, IWA Publishing, pp. 289-315.
- Nieminski EC, Bellamy WD, Moss LR (2000) Using surrogates to improve plant performance. *Journal of the American Water Works Association*, 92(3):67-78.
- Payment P, Franco E (1993) *Clostridium perfringens* and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking-water treatment for viruses and protozoan cysts. *Applied and Environment Microbiology*, 59:2418-2424.

11.6.6 大肠杆菌噬菌体

概述

噬菌体是以细菌细胞为宿主进行复制的病毒。大肠杆菌噬菌体是以大肠杆菌和其近缘种为宿主，随后被这些宿主细胞排放到人和其它哺乳动物粪便中。水质评估中使用的大肠杆菌噬菌体分为体细胞大肠杆菌噬菌体和 F-RNA 大肠杆菌噬菌体两个主要群，这两个群的区别在于感染途径的差异。

体细胞大肠杆菌噬菌体通过粘附于宿主细胞壁上的永久性受体而启动感染，它们在哺乳类动物胃肠道中频繁复制，而且在水中也能复制。体细胞大肠杆菌噬菌体包括一系列形态各异的噬菌体（有肌尾噬菌体科、长尾噬菌体科、短尾噬菌体科和微噬菌体科中的某些属）。

F-RNA 大肠杆菌噬菌体通过粘附于大肠杆菌的生殖（F-，性）菌毛启动感染。只有携带生殖（F-）质粒的细菌才会产生这些 F-菌毛。由于 F-菌毛只有在 30℃ 以上的细菌对数生长期才能产生，因此 F-RNA 大肠杆菌噬菌体在除哺乳动物胃肠道以外的环境中不能复制。F-RNA 大肠杆菌噬菌体由紧密相关的一个限定噬菌体群组成，这些噬菌体属于光滑噬菌体科，由单链 RNA 染色体组组成，形态上类似于小核糖核酸病毒的二十面体衣壳。F-RNA 大肠杆菌噬菌体分 1~4 四个血清型，还可通过分子生物学技术如基因探针杂交技术将其鉴定为不同的基因型。到目前为止，血清型 1 和 2 仅从动物粪便中检出，血清型 3 在人类粪便中检出，血清型 4 可在人类粪便和 28% 的猪粪中被检测到，而其他动物的粪便中未检测到 4 型大肠杆菌噬菌体。这种尚不明了的特异性，为在一定条件下和限制范围内区别人源和动物源粪便污染提供了一种可能的手段。

作为指示微生物的意义

噬菌体与人类病毒有许多共同之处，尤其是组成、形态、结构和复制方式，因此大肠杆菌噬菌体成为评估水中肠道病毒习性、对水处理和消毒过程敏感性的有用模式微生物或替代生物，在这方面，它们优于粪便细菌。但尚未发现大肠杆菌噬菌体与肠道病毒在数量上有直接相关性。另外，大肠杆菌噬菌体不能作为指示肠道病毒的绝对可信指标，这一点已得到证实，在已处理和消毒过的饮用水供系统中，大肠杆菌噬菌体常规检测结果是阴性，而仍然分离出肠道病毒。

F-RNA 大肠杆菌噬菌体提供了一种比体细胞大肠杆菌噬菌体更特异的粪便污染指标。另外，在指示水中肠道病毒习性、对水处理和消毒过程的反应效果方面，F-RNA 大肠杆菌噬菌体比体细胞大肠杆菌噬菌体好，这在进行 F-RNA 大肠杆菌噬菌体、体细胞大肠杆菌噬菌体、粪便细菌和肠道病毒习性与存活力的比较研究中被证实。有资料显示，人和动物排泄物中 F-RNA 血清群（基因型）的特异性可用来区别人类和动物源粪便污染。但仍有一些不足和矛盾的资料需要进一步研究解决，该方法在实践中的应用范围也需要明确。由于大肠杆菌噬菌体的局限性，最好用于实验室调查、预试验和可能的确认实验中，而不

适于操作性或确证性（包括监测）的监控。

感染源

人或动物排出的大肠杆菌噬菌体量较少。由于复制模式不同和宿主的特异性，体细胞大肠杆菌噬菌体通常由大多数人或动物粪便排出，而能够排泄 F-RNA 大肠杆菌噬菌体的人或动物的比例较低，排出的量也不确定。有资料显示，在生物群中，10%的人、45%的牛、60%的猪和 70%的禽类粪便中可检出 F-RNA 大肠杆菌噬菌体。水中体细胞大肠杆菌噬菌体的数量通常比 F-RNA 大肠杆菌噬菌体高 5 倍，比致细胞病变的人类病毒高 500 倍，这些比值的变化很大。每升污水中含有 10^6 - 10^8 个体细胞大肠杆菌噬菌体。一项研究发现，从屠宰场排出的废水中体细胞大肠杆菌噬菌体数达 10^{10} 个/L。有迹象表明大肠杆菌噬菌体能在污水中繁殖，体细胞大肠杆菌噬菌体也可在自然水环境中利用腐生宿主进行繁殖。经检测，湖水和河水中体细胞大肠杆菌噬菌体和 F-RNA 大肠杆菌噬菌体的量可达 10^5 个/L。

实际应用

体细胞大肠杆菌噬菌体可以用简单、经济的空斑实验进行检测，24h 内即可出结果。该实验用于 F-RNA 大肠杆菌噬菌体检测时并不简单，因需将宿主细菌在 30℃ 以上的温度条件下培养至对数生长期，以确保产生 F-菌毛。对 100 mL 样品形成的空斑数进行定量的空斑实验需要使用大量平皿，已建立的 P/A 实验可以检测 500 mL 或更大量样品中的空斑数。

对饮用水的意义

由于大肠杆菌噬菌体能够特异性地在人或哺乳动物胃肠道内复制，它们在饮用水中的存在可作为指示粪便污染的指标，同时也是肠道病毒和其它可能致病菌潜在污染的指标。饮用水中出现大肠杆菌噬菌体提示，用于去除肠道病毒的水处理和消毒过程存在缺陷。F-RNA 大肠杆菌噬菌体是指示粪便污染更为特异的指标，处理后的饮用水中不含大肠杆菌噬菌体不能确定其中也不含肠道病毒或原虫。

参考文献

- Asholt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality: Guidelines, standards and health-Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. WHO Water Series. London, IWA Publishing, pp. 289-315.
- Grabow WOK (2001) Bacteriophages: Update on application as models for viruses in water. *Water SA*, 27:251-268.
- Mooijman KA et al. (2001) Optimisation of the ISO-method on enumeration of

somatic coliphages (draft ISO 10705-2). *Water Science and Technology*, 43:205-208.

Schaper M et al. (2002) Distribution of genotypes of F-specific RNA bacteriophages in human and non-human sources of faecal pollution in South Africa and Spain. *Journal of Applied Microbiology*, 92:657-667.

Storey MV, Ashbolt NJ (2001) Persistence of two model enteric viruses (B40-8 and MS-2 bacteriophages) in water distribution pipe biofilms. *Water Science and Technology*, 43:133-138

11.6.7 脆弱拟杆菌噬菌体

概述

拟杆菌寄生于人类胃肠道内，其数量超过大肠杆菌，每克粪便中含拟杆菌和大肠杆菌的量分别为 10^9 - 10^{10} 个和 10^6 - 10^8 个。拟杆菌在有氧环境中很快灭活，但拟杆菌噬菌体对不良的环境条件抵抗力强。脆弱拟杆菌噬菌体有两个群被用于作为水质评估状况的指示微生物，一群是特异地以脆弱拟杆菌 HSP40 为宿主的限制性噬菌体，这种噬菌体的存在是唯一的，仅在人粪便中发现，其它动物的粪便中不存在，污水中的数量较低，在某些地区几乎没有检出。脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体属于长尾噬菌体科，具有灵活的不能收缩的尾巴，DNA 为双链，衣壳最大直径达 60nm。另一群脆弱拟杆菌噬菌体是以脆弱拟杆菌 RYC2056 为宿主，这一群噬菌体的菌谱非常宽，广泛存在于人和许多其它动物粪便中，该群噬菌体在污水中的数量通常比脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体要多。

作为指示微生物的意义

由于拟杆菌噬菌体与粪便的特殊相关性及其对环境条件有较强的抵抗力，因此被提议作为粪便污染的可能指标，特别是脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体仅在人类粪便中检出。作为脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体中的代表，脆弱拟杆菌噬菌体 B40-8 对氯的抵抗力比脊髓灰质炎病毒 I 型、猿轮状病毒 SA11、大肠杆菌噬菌体 f2、大肠杆菌和粪链球菌强。脆弱拟杆菌株 RYC2056 噬菌体对消毒的抵抗力似乎与脆弱拟杆菌噬菌体 B40-8 相当。拟杆菌噬菌体，尤其是脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体作为指示微生物的不足是他们在污水和被污染的水环境中含量较低。在脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体常规检测阴性的饮用水输配水系统中，能检出人类肠道病毒。由于拟杆菌噬菌体的局限性，最适合用于实验室调查、预试验和可能的确认实验中，不适于操作性或确证性的（包括监测）监控中。

感染源

在世界上某些地区，有 10%-20% 的人可排出脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体，因此它们在污水中的数量较体细胞大肠杆菌噬菌体和 F-RNA 大肠杆菌噬菌体低。有报道被污水污染的河水中脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体的平均含量是 67 个

∕L，而在其他地区，污水中根本检不出脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体。脆弱拟杆菌 RYC2056 噬菌体可随粪便大量排出，检出较普遍，平均 25% 以上的人可以排出该噬菌体。对水环境的一次调查研究结果显示，水中脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体的平均水平比致细胞病变的肠道病毒高 5 倍。理论上，废水中脆弱拟杆菌噬菌体的实际水平高于其检测值。造成这种差异的原因可能是空斑实验过程不可能始终保持必要的厌氧条件，要提高污水和被污染的水体中脆弱拟杆菌噬菌体的检出率，尚需对检测方法进行改进。

实际应用

与大肠杆菌噬菌体相比，脆弱拟杆菌噬菌体的缺点是其检测方法复杂、费用高，选择培养时需使用抗生素，培养及整个空斑实验过程必须在厌氧条件下进行，上述条件无疑增加了检测成本。空斑实验通常在 24h 出结果，而大肠杆菌噬菌体实验仅需 8h。

对饮用水的意义

饮用水中检出脆弱拟杆菌噬菌体，证明水被粪便污染，同时也显示水处理与消毒过程存在着不足。另外，脆弱拟杆菌 HSP40 噬菌体的存在是人类粪便污染的强有力证据。但脆弱拟杆菌噬菌体在污水、被污染的水环境和饮用水水源中含量相对较低，这一结果提示，处理后的饮用水供水系统中不含脆弱拟杆菌噬菌体并不意味着不含肠道病毒或原虫等其他病原微生物。

参考文献

- Bradley G et al. (1999) Distribution of the human faecal bacterium *Bacteroides fragilis* and their relationship to current sewage pollution indicators in bathing waters. *Journal of Applied Microbiology*, 90S-100S.
- Grabow WOK (2001) Bacteriophages: Update on application as models for viruses in water. *Water SA*, 27:251-268.
- Puig A et al. (1999) Diversity of *Bacteroides fragilis* strains in their capacity to recover phages from human and animal wastes and from fecally polluted wastewater. *Applied and Environmental Microbiology*, 65:1772-1776.
- Storey MV, Ashbolt NJ (2001) Persistence of two model enteric viruses (B40-8 and MS-2 bacteriophages) in water distribution pipe biofilms. *Water Science and Technology*, 43:133-138
- Tartera C, Lucena F, Jofre J (1989) Human origin of *Bacteroides fragilis* Bacteriophages present in the environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 10:2696-2701.

11.6.8 肠道病毒

概述

本文所指的病毒是指感染人胃肠道、主要通过粪-口途径传播的病毒群，其中人所共知的包括肠道病毒、星状病毒、肠腺病毒、肠弧病毒、轮状病毒、杯状病毒、甲型肝炎病毒和戊型肝炎病毒等。肠道病毒包括的范围很广，其中的某些病毒是世界范围内导致人类发病和死亡的主要原因。不同肠道病毒的结构、成份、核酸组成和形态各异，随粪便排出的数量和频率、在环境中的存活力以及对水处理过程的抵抗力也不尽相同。肠道病毒表面具有坚固的衣壳，确保它们能够在不利的环境条件下生存，同时也使其能够顺利通过酸性、富含蛋白水解酶的胃环境到达十二指肠，在十二指肠内感染易感的上皮细胞而发病。

作为指示微生物的意义

肠道病毒作为指示微生物或指标微生物是因为现有的指示微生物存在着不足，粪便中细菌的存活以及对水处理和消毒过程的敏感性与肠道病毒不同，因此对肠道病毒群中一种或多种有代表性的病毒进行监测，对评价水中污染的任何肠道病毒以及这些病毒对控制措施的反应效果非常有价值。

感染源

在世界各地，肠道病毒以一定的频率和数量从生物体中排出，由此导致许多病毒在废水中广泛大量存在，但某种病毒的流行在很大程度上取决于感染率和排泄速度，暴发事件中的病毒数量往往特别高。

实际应用

尚未建立对输配水系统中多种肠道病毒进行常规监测的方法，目前可检测的病毒包括肠道病毒、肠腺病毒和肠弧病毒，这些病毒在被污染的环境中大量存在，可用合理、适当、中等花费的检测方法进行检测，这些方法均是基于病毒对培养细胞的致病作用，3~12 天出结果（出结果的时间取决于病毒的类型）。另外，技术及专业技能的发展使检测成本朝着降低的趋势发展，从大量饮用水中检测肠道病毒的成本已普遍下降。一些技术——例如玻璃棉吸附-洗脱的方法费用很低，细胞培养过程的花费也已下降，因此对饮用水供水系统进行有致细胞病变作用病毒的实验已用于多种检测目的。某些情况下，作为处理过程绩效验证特殊调查研究的一部分，该实验尚可用于水处理过程有效性的确认。培养时间、实验成本、实验的相对复杂程度意味着对肠道病毒的测试不适于操作过程或确认（包括监测）的监控。在水环境中检测到的其他呼吸道肠道病毒（如脊髓灰质炎病毒的疫苗株）的优点是不会对实验室工作人员的健康构成威胁。

对饮用水的意义

饮用水中检出任何一种肠道病毒，应作为存在其它肠道病毒潜在污染的一

个指标，是粪便污染的决定性证据，提示水处理和消毒过程存在缺陷。

参考文献

- Asholt NJ, Grabow WOK, Snozzi M (2001) Indicators of microbial water quality. In: Fewtrell L, Bartram J, eds. *Water quality: Guidelines, standards and health-Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*. WHO Water Series. London, IWA Publishing, pp. 289-315.
- Grabow WOK, Taylor MB, de Villiers JC (2001) New methods for the detection of viruses: call for review of drinking-water quality guidelines. *Water Science and Technology*, 43:1-8.