

# 浅谈食源性疾病的传播和耐药性

付燕燕, 张茂俊\*

(中国疾病预防控制中心传染病预防控制所, 传染病预防控制国家重点实验室, 北京 102206)

**摘要:** 世界卫生组织认为, 凡是通过摄食进入人体的各种致病因子引起的, 通常具有感染性的或中毒性的一类疾病, 都称之为食源性疾病。食源性疾病是目前世界上最广泛的卫生问题, 包括食物中毒、肠道传染病、人兽共患传染病、寄生虫病等, 其中以食源性致病菌最为突出。食源性疾病影响人的身体健康, 轻则腹泻, 重则导致人体中毒, 甚至死亡。随着中国经济的发展, 食品的消费水平持续增长, 食品安全问题显得尤为重要。由于抗生素有促生长作用, 导致畜牧业中滥用抗生素的情况非常严重。在日常生活中, 由于管理体制等原因, 抗生素滥用导致食源性致病菌对多种抗生素产生耐药性。食品中的多重耐药致病菌传播到人体中的情况日益严重, 应从各方面入手杜绝耐药。

**关键词:** 食源性疾病; 耐药; 抗生素

## Discussion on the spread and resistance of foodborne diseases

FU Yan-Yan, ZHANG Mao-Jun\*

(State Key of Laboratory of Infectious Disease Prevention and Control, National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China)

**ABSTRACT:** The World Health Organization believes that any type of disease, which is infectious or toxic and caused by ingestion of various pathogenic factors, is called foodborne disease. Foodborne diseases are the most widespread health problems in the world, including food poisoning, intestinal infectious diseases, zoonotic infectious diseases, parasitic diseases, etc. Among them, foodborne pathogens are the most prominent. Foodborne diseases affect people's health, which can cause diarrhea, human poisoning or even death. With the development of China's economy, the level of food consumption continues to grow. Therefore, food safety is particularly important. Because of the growth promoting effect of antibiotics, the abuse of antibiotics in animal husbandry is very serious. In daily life, due to management system and other reasons, antibiotic abuse leads to foodborne pathogens resistant to a variety of antibiotics. The situation of spread of multidrug-resistant pathogens in food to the human body is becoming more and more serious. We should start from all aspects to prevent resistance.

**KEY WORDS:** food-borne diseases; resistant; antibiotic

## 1 引言

2011年6月17号, 湖南省某幼儿园的学生先后出现

腹泻、腹痛、发热等症状, 发病患儿共132例, 采集20份患儿粪便标本做细菌培养, 其中13份检出福氏志贺氏细菌, 经过检查与17号午餐中的酱牛肉有关系。由于天气比

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2013CB127204)

Fund: Supported by the National Basic Research Program of China(973 Program) (2013CB127204)

\*通讯作者: 张茂俊, 博士, 研究员, 主要研究方向为弯曲菌感染的疾病控制、细菌分子流行病学及群体遗传学。E-mail: zhangmaojun@icdc.cn

\*Corresponding author: ZHANG Mao-Jun, Ph.D, Professor, Chinese Center for Disease Control and Prevention, 155 Changbai Road Changping District, Beijing 102206, China. E-mail: zhangmaojun@icdc.cn

较炎热,酱牛肉没有经过加热,也没有冷藏,而直接食用<sup>[1]</sup>。这就是典型的食源性疾病的暴发。

食源性疾病涵盖范围非常广泛,是一个日益严重的全球性公共卫生问题,造成了较重的疾病负担<sup>[2]</sup>。据世界卫生组织估算,全球每10人中就有1人因食用被污染的食物而患病,每年约42万人因患食源性疾病而死亡<sup>[3]</sup>。

## 2 食源性致病菌

国际上通常将食源性疾病划分为2大类:一类是食物中毒类,由食物中生物或化学因素引起;一类是感染性腹泻病类,由食品中生物因素引起<sup>[4]</sup>。近10多年,国内重大食品安全事件的暴发由250种致病因子引起,其中包括细菌、病毒和寄生虫引起的感染性疾病,毒素、金属污染物、农药等有毒化学物质引起的中毒性疾病<sup>[5-7]</sup>。这些致病因子引起的食源性疾病可导致对人体的伤害,如呕吐、头晕、腹泻,甚至是畸形、致命,给人体造成了极大的威胁<sup>[8,9]</sup>。

### 2.1 “生冷”的沙门氏菌

沙门氏菌不仅可以反映食品致病菌污染状况,也是为防制食源性疾病而需重点防控的对象<sup>[10]</sup>。沙门氏菌在自然中分布广泛,主要存在于动物肠道内,如鸟类、家畜、鼠类、人类和爬行动物等<sup>[10-13]</sup>。动物粪便及肠道内容物被认为是食品沙门氏菌污染的首要污染源<sup>[13]</sup>。近年来国内报道的许多文献中,反映出零售生鲜畜禽肉类食品受沙门氏菌污染较为普遍:各地的检出率约为20%<sup>[14-30]</sup>,甚至有报道称检出率可达49.7%<sup>[18]</sup>和58.1%<sup>[19]</sup>。在各类零食生鲜肉中,鸡肉类食品受污染的情况相对更严重,检出率可高达34.0%~52.2%<sup>[31-33]</sup>。

### 2.2 “不怕热”的弯曲菌

人类弯曲菌病主要是由空肠弯曲菌和结肠弯曲菌导致,家禽、家畜是人类弯曲菌病的主要宿主来源<sup>[34,35]</sup>。空肠弯曲菌是一种人畜共患病原菌,也是全球食源性急性细菌胃肠炎的主要致病菌之一<sup>[36]</sup>。人类感染弯曲菌后主要的症状是腹泻性肠炎,大多数可自愈。但是严重的感染和被拖延了的肠炎、败血症都需要抗生素治疗<sup>[37]</sup>。格林巴利综合征(Guillain-Barre syndrome, GBS)是空肠弯曲菌感染后引起的严重继发病症之一,目前越来越多的研究证明空肠弯曲菌的感染与GBS密切相关<sup>[38]</sup>。在欧美等发达国家,空肠弯曲菌在腹泻病人中分离率已超过了沙门菌和志贺氏菌<sup>[39]</sup>。在中国,空肠弯曲菌也是主要的腹泻病原菌之一<sup>[40]</sup>。

### 2.3 “亦敌亦友”的大肠杆菌

大肠杆菌是人肠道中最主要、数量最多的一种细菌,约占所有肠道菌的1%。大肠杆菌在婴儿刚出生的几个小时内便可随着母乳进入肠道,并且在肠道内定居。正常情况下,大多数大肠杆菌是不会给身体健康带来任何危害,还能竞争性抵御致病菌的进攻。一些特殊血清型的大肠杆

菌对人和动物有致病性,引起严重腹泻、肾炎、新生儿脑膜炎和败血症等<sup>[41]</sup>。致病性大肠杆菌可以引发许多疾病,并可以通过食物、水传播,从而引起疫情<sup>[42-44]</sup>。其中,大肠杆菌O157:H7已成为最重要的食源性致病菌之一<sup>[45]</sup>。1982年,大肠杆菌O157:H7在美国首次被发现,主要通过污染的水源及食物感染人体,在世界各地多次暴发流行疾病<sup>[46,47]</sup>。近年来,由于抗菌药的滥用导致大肠杆菌耐药率不断提高,多重耐药情况严重,耐药谱不断增大<sup>[48]</sup>。食源性大肠杆菌已成为耐药基因在人体和环境间转移的重要媒介<sup>[49-51]</sup>。

### 2.4 “口味重”的副溶血弧菌

副溶血弧菌又称为“嗜盐菌”,在近海地区广泛存在。副溶血弧菌的发病呈世界性分布,尤其是在沿海地区发病率较高,且呈上升趋势。该菌是一类条件致病菌,夏秋季海水温度高,适合细菌生长繁殖,故夏秋季为副溶血弧菌病高发期<sup>[52]</sup>。感染副溶血弧菌以发病急、腹痛、呕吐、腹泻及水样便为主要症状。腹泻每日3~20次不等,大便性状多样,多数为黄水样或黄糊便。近几年,副溶血弧菌引起的食物中毒事件在全球范围内频发,已成为较为严重的公共卫生问题<sup>[53,54]</sup>。

### 2.5 “杀伤力强”的志贺菌

我们经常说的“细菌性痢疾”就是由志贺菌属细菌引起的,发展中国家的发病率显著高于发达国家。志贺菌致病性很强,通常10~150个细菌就可使人发病。

## 3 食源性致病菌的传播

传染病传播时需要3个环节:传染源、传播途径和易感人群。通过控制传染源、切断传播途径和保护易感人群可以控制疾病的传播。食源性致病菌是通过食物来传播的致病菌。但是,每一种菌的具体传染源和传播途径又各不相同,见表1。

## 4 食源性致病菌的耐药情况

### 4.1 超级细菌

所谓“超级细菌”,是指一类耐药性极强,对绝大多数目前应用的抗菌药物均具有耐药性的细菌。超级细菌中最著名的是耐甲氧西林金黄色葡萄球菌(食源性细菌)<sup>[55]</sup>。食源性耐药细菌从动物及其食品中分离的报道日益增多<sup>[56,57]</sup>,包括中国的报道<sup>[58,59]</sup>。

### 4.2 耐药原因

抗生素刚刚问世的时候,其在治疗人类和动物的传染病方面具有显著功效,在美国曾一度被誉为“灵丹妙药”。当发现抗生素还有促进动物生长的功能以后,美国的畜牧养殖业进入了大规模使用抗生素的时代。在中国,由

表 1 不同食源性致病菌的传播源和传播途径  
Table 1 Sources and routes of transmission of different foodborne pathogens

分类	传染源	传播途径
沙门菌	患者以及感染的食品	粪-口途径
空肠弯曲菌	污染的食物和水	粪-口途径
大肠杆菌	患者及无症状带菌者	粪-口途径
副溶血弧菌	患者	经食物传播, 主要的食物是海产品或盐腌制品
志贺菌	患者、污染的食物和水	与患者接触、污染水源、食物及苍蝇等生物媒介传播

于养殖密度大, 监管不严格导致抗生素过度使用甚至滥用。据统计, 中国每年生产 21 万吨抗菌药, 半数以上为兽用抗菌药<sup>[60]</sup>。不仅是养殖业, 在人类中也存在滥用抗生素的情况。医生大量使用抗生素, 患者在自我治疗的时候, 也会大量使用抗生素。

### 4.3 抗生素滥用和耐药的关系

基因突变是产生耐药细菌的根本原因, 在某一细菌群体中会有少数的耐药突变的菌株, 大部分的突变没有效果。而滥用抗生素会破坏细菌的群体生态平衡, 敏感菌株都被杀灭了, 不敏感的菌株存留下来, 耐药菌就变成优势菌, 这样整个菌种就产生了耐药性。抗生素用于畜牧业, 给牛、羊、鸡等动物吃抗生素避免其生病而影响产量, 造成抗生素在农业领域的滥用, 使得农场成为了培养“新型耐药菌”的试管, 并最终通过泥土等环境回到人类身上<sup>[61]</sup>。研究显示由于饲料中大量添加抗生素, 美国农场养殖牛的四环素和红霉素的耐药率分别为 42.9% 和 12.7%<sup>[62]</sup>。

## 5 食品中的抗生素

科学研究证明, 将抗生素用于畜牧业后, 对人类的危害有 3 个方面。第一, 抗生素在动物中长期低剂量的使用可加速耐药细菌的出现, 耐药菌一旦在养殖动物中出现并在动物间传播, 将使大规模养殖动物成为庞大的耐药基因储藏库, 如美国市售鸡肉中分离的沙门菌和空肠弯曲菌已普遍对多种抗生素耐药<sup>[63,64]</sup>。这些耐药菌可以通过粪便直接污染环境、水、食品, 还可以通过人与动物直接接触、被污染的水或食品传给人, 导致耐药菌引起的人类感染不断增加; 第二, 耐药基因可以通过食品传递给人体肠道内的细菌, 使人体内细菌变异为耐药菌; 第三, 抗生素残留在食品中, 消费者尽管没有大量服用抗生素, 体内菌群的耐药性也会不知不觉增强。

## 6 敲响抗生素滥用警钟, 杜绝耐药

面对细菌的耐药性问题日益严重, 首先必须要减少畜牧业抗生素的使用。用药之前应该先确定引起感染的病

原体, 再选择具有对应抗菌谱、敏感高效的抗菌药, 而不应盲目选用抗菌药<sup>[65]</sup>。其次, 要加强教育和宣传。民众缺乏医药知识, 对滥用抗菌药物的危害了解甚少, 各相关的政府部门要充分发挥各媒体的力量, 向公众宣传合理使用抗菌药物的知识, 正确地传达科学的信息, 从而在思想上提高全社会合理使用抗菌药物的意识, 从根本上遏制抗菌药物滥用问题<sup>[66]</sup>。

### 参考文献

- [1] 戚杰. 某幼儿园食源性细菌性痢疾暴发的调查[J]. 大家健康, 2013, (12): 41-42.  
Qi J. Investigation on outbreak of food-borne bacillary dysentery in a kindergarten [J]. For All Health, 2013, (12): 41-42.
- [2] 毛雪丹, 胡俊峰, 刘秀梅. 我国细菌性食源性疾病疾病负担的初步研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(2): 132-136.  
Mao XD, Hu JF, Liu XM. Epidemiological burden of bacterial food borne diseases in China-preliminary study [J]. Chin J Food Hyg, 2011, 23(2): 132-136.
- [3] WHO Food-borne disease [EB/OL]. <http://www.who.int/topics/foodbornediseases/zh/>. 2016-02-03.
- [4] Lancet T. Food safety in China: a long way to go [J]. Lancet, 2012, 380(9837): 2371-2381.
- [5] Zaidi AKM, Thaver D, Ali SA, et al. Pathogens associated with sepsis in newborns and young infants in developing countries [J]. Pediatr Infect Dis J, 2009, 28(1 Suppl): S10.
- [6] Chen Y, Guo Y, Wang Z, et al. Food borne disease outbreaks in 2006 report of the national food borne disease surveillance network, China [J]. J Hyg Res, 2010, 39(3): 331.
- [7] 胡萍. 中国香港 1997-2009 年食物中毒情况分析[J]. 中国预防医学杂志, 2011, 12(10): 887-888.  
Hu P. Food poisoning case analysis of Hong Kong in 1997-2009 [J]. Chin J PreMed, 2011, 12(10): 887-888.
- [8] Lam HM, Remais J, Fung MC, et al. Food supply and food safety issues in China [J]. Lancet, 2013, 381(9882): 2044-2053.
- [9] Calvin L, Gale F, Hu D, et al. Food safety improvements underway in China [J]. Amber Waves, 2006, 4(5): 16.

- [10] 韩晗, 韦晓婷, 魏跃, 等. 沙门氏菌对食品的污染及其导致的食源性疾病[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5): 15-20.  
Han H, Wei XT, Wei Y, *et al.* Food contamination and food-borne disease by *Salmonella* [J]. Jiangsu Agric Sci, 2016, 44(5): 15-20.
- [11] 雷, 布恩亚, 江汉湖. 基础食品微生物学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2014.  
Ray B, Bhunia A, Jiang HH. Basic food microbiology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2014.
- [12] Jin H, Jawale C, Lee JH. Antimicrobial resistance of *Salmonella*, isolated from food animals: a review [J]. Food Res Int, 2012, 45(2): 819-830.
- [13] 徐建国. 现场细菌学[M]. 北京: 科学出版社, 2011.  
Xu JG. Field bacteriology [M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [14] Lin D, Yan M, Lin S, *et al.* Increasing prevalence of hydrogen sulfide negative *Salmonella*, in retail meats [J]. Food Microbiol, 2014, 43: 1-4.
- [15] Yang B, Xi M, Wang X, *et al.* Prevalence of *Salmonella* on raw poultry at retail markets in China [J]. J Food Prot, 2011, 74(10): 1724-1728.
- [16] Yang B, Cui Y, Shi C, *et al.* Counts, serotypes, and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolates on retail raw poultry in the People's Republic of China [J]. J Food Prot, 2014, 77(6): 894-902.
- [17] Wang Y, Chen Q, Cui S, *et al.* Enumeration and characterization of *Salmonella* isolates from retail chicken carcasses in Beijing, China [J]. Food borne Pathog Dis, 2014, 11(2): 126-132.
- [18] 石颖, 杨保伟, 师俊玲, 等. 陕西关中畜禽肉及凉拌菜中沙门氏菌污染分析[J]. 西北农业学报, 2011, 20(7): 22-27.  
Shi Y, Yang BW, Shi JL, *et al.* Analysis of *Salmonella* contamination in poultry and meat dishes in Guanzhong area of Shanxi [J]. Northwest Agric J, 2011, 20(7): 22-27.
- [19] 陈玲, 张菊梅, 杨小鹏, 等. 南方食品中沙门氏菌污染调查及分型[J]. 微生物学报, 2013, 53(12): 1326-1333.  
Chen L, Zhang JM, Yang XJ, *et al.* Investigation and classification of *Salmonella* contamination in food in South China [J]. J Microbiol, 2013, 53(12): 1326-1333.
- [20] Li YC, Pan ZM, Kang XL, *et al.* Prevalence, characteristics, and antimicrobial resistance patterns of *Salmonella* in retail pork in Jiangsu Province, eastern China [J]. J Food Prot, 2014, 77(2): 236-245.
- [21] 吴双志, 刘洋, 胡锋, 等. 2011-2013年牡丹江市食品中沙门氏菌的分布调查[J]. 医学动物防制, 2015, 3(9): 1005-1007.  
Wu SZ, Liu Y, Hu F, *et al.* Distribution of *Salmonella* in food of Mudanjiang in 2011-2013 [J]. J Med Pest Control, 2015, 3(9): 1005-1007.
- [22] 吕素玲, 韦程媛, 姚雪婷, 等. 2010年广西食品中沙门氏菌污染状况和血清型分布及耐药谱的研究[J]. 应用预防医学, 2012, 18(3): 137-141, 170.  
Lv SL, Wei CY, Yao XT, *et al.* Study on the contaminative status and serotype distribution and drug resistant spectrum of *Salmonella* in food in Guangxi, 2010 [J]. J Appl Prev Med, 2012, 18(3): 137-141, 170.
- [23] 尹明远, 张晓燕, 艾乃叶拉, 等. 2010-2012年新疆乌鲁木齐地区零售生肉中沙门氏菌污染情况调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(2): 172-175.  
Yin MY, Zhang XY, Ai NYL, *et al.* Investigation of *Salmonella* contamination in retail meats in Urumqi, Xinjiang in 2010-2012 [J]. Chin J Food Hyg, 2014, 26(2): 172-175.
- [24] 陈玉贞, 邵坤, 关冰. 2003-2008年山东省流通领域食品沙门氏菌污染状况调查[J]. 中国公共卫生管理, 2010, 6(2): 163-165.  
Chen YZ, Shao K, Guan B. Investigation on *Salmonella* contamination in food industry in Shandong Province from 2003 to 2008 [J]. Chin J Public Health Manag, 2010, 6(2): 163-165.
- [25] 孙吉昌, 游兴勇, 曾艳兵, 等. 2009年至2011年江西省食品中沙门氏菌污染状况调查[J]. 实验与检验医学, 2012, 30(2): 126-129.  
Sun JC, You XY, Zeng YB, *et al.* Analysis of contamination status of food borne *Salmonella* surveillance within Jiangxi Province from 2009 to 2011 [J]. Exp Lab Med, 2012, 30(2): 126-129.
- [26] Shi Q, Wang QY, Zhang Y, *et al.* Situation of *Salmonella* contamination in food in Hebei Province of China from 2009-2010 [J]. J Anim Vet Adv, 2012, 11(6): 746-749.
- [27] 琪木格. 八类食品中沙门氏菌污染状况分析[J]. 内蒙古医学杂志, 2012, 44(2): 3.  
Qi MG. Analysis of *Salmonella* contamination in eight kinds of food [J]. Inner Mongolia Med J, 2012, 44(2): 3.
- [28] 杨德胜, 张险朋, 黄炳焱, 等. 动物产品沙门氏菌污染情况调查[J]. 中国畜牧兽医, 2010, 37(10): 202-203.  
Yang DS, Zhang XP, Huang BZ, *et al.* Investigation of animal products contamination of *Salmonella* [J]. Chin Anim Husb Vet Med, 2010, 37(10): 202-203.
- [29] 贺漓漓, 杨小养, 康富俊, 等. 2007-2011年桂林市零售食品中沙门氏菌的监测[J]. 华夏医学, 2012, 25(3): 301-303.  
He LL, Yang XY, Kang FJ, *et al.* Surveillance of *Salmonella* in retail foods in Guilin from 2007 to 2011 [J]. Acta Med Sin, 2012, 25(3): 301-303.
- [30] 张文宇, 杜雄伟, 岳微微. 大连地区食源性沙门氏菌耐药性检测[J]. 畜牧兽医科技信息, 2014, (2): 35-36.  
Zhang WY, Du XW, Yue WW. Detection of food resistance of food borne *Salmonella* in Dalian [J]. Chin J Anim Husb Vet Med, 2014, (2): 35-36.
- [31] Abd-Elghany SM, Sallam KI, Abd-Elkhalek A, *et al.* Occurrence, genetic characterization and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from chicken meat and giblets [J]. Epidemiol Infect, 2015, 143(5): 997-1003.
- [32] Siriken B, Turk H, Yildirim T, *et al.* Prevalence and characterization of *Salmonella* isolated from chicken meat in Turkey [J]. J Food Sci, 2015, 80(5): 1044-1050.
- [33] Fearnley E, Raupach J, Lagala F, *et al.* *Salmonella* in chicken meat, eggs and humans; Adelaide, South Australia, 2008 [J]. Int J Food Microbiol, 2011, 146(3): 219-227.
- [34] Zhao S, Mukherjee S, Chen Y, *et al.* Novel gentamicin resistance genes in campylobacter isolated from humans and retail meats in the USA [J]. J Antimicrob Chemoth, 2015, 70(5): 1314-1321.
- [35] Bywater R, Deluyker H, Deroover E, *et al.* A European survey of antimicrobial susceptibility among zoonotic and commensal bacteria isolated from food-producing animals [J]. J Antimicrob Chemoth, 2004, 54(4): 744-754.
- [36] 陈云鹏, 林雯, 邓建平, 等. 空肠弯曲杆菌中喹诺酮类抗生素耐药基因

- 检测与耐药性研究[J]. 现代检验医学杂志, 2015, (2):27-29.
- Chen YP, Lin W, Deng JP, *et al.* Study on the quinolone antibiotic resistance and its relative genes in campylobacter jejuni [J]. Mod Lab Med, 2015, (2): 27-29.
- [37] Bolton D, Patriarchi A, Áine Fox, *et al.* A study of the molecular basis of quinolone and macrolide resistance in a selection of campylobacter, isolates from intensive poultry flocks [J]. Food Control, 2013, 30(1): 222-226.
- [38] Rees JH. Campylobacter jejuni infection and guillain-barre syndrome – reply [J]. New Engl J Med, 1996, 334(12): 802-802.
- [39] 蒋月, 盛鹏飞, 张陆. 空肠弯曲杆菌对氟喹诺酮类和大环内酯类药物耐药机制研究进展[J]. 中国人兽共患病学报, 2013, 29(9):924-928.
- Jiang Y, Sheng PF, Zhang L. Research progress on mechanisms of fluoroquinolone and macrolide resistance in campylobacter jejuni [J]. Chin J Zoonoses, 2013, 29(9): 924-928.
- [40] 韩新锋, 刘书亮, 张晓利, 等. 鸡肉空肠弯曲杆菌的分离鉴定及耐药性分析[J]. 中国人兽共患病学报, 2012, 28(1): 31-36.
- Han XF, Liu SL, Zhang XL, *et al.* Isolation, identification and antibiotic resistance analysis of campylobacter jejuni originated from chicken [J]. Chin J Zoonoses, 2012, 28(1): 31-36.
- [41] 杜冬冬. 一株猪源大肠杆菌的分离鉴定及耐药性分析[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- Du DD. Isolation and identification of a porcine *Escherichia coli* and analysis of drug resistance [D]. Tai'an: Shangdong Agricultural University, 2012.
- [42] 安徽, 张秀英, 李蕊, 等. 致病性大肠杆菌毒力因子和耐药性研究进展[J]. 畜牧与兽医, 2013, 45(8):106-110.
- An W, Zhang XY, Li R, *et al.* Research progress on virulence factors and antimicrobial resistance of pathogenic *Escherichia coli* [J]. Anim Husb Vet Med, 2013, 45(8): 106-110.
- [43] 张金宝, 李晓娜, 王桂琴. 大肠埃希菌毒力基因研究进展[J]. 动物医学进展, 2014, (8): 70-74.
- Zhang JB, Li XN, Wang GQ. Advance in virulence genes of *Escherichia coli* [J]. Prog Vet Med, 2014, 35(8): 70-74.
- [44] Bugarel M, Martin A, Fach P, *et al.* Virulence gene profiling of enterohemorrhagic (EHEC) and enteropathogenic (EPEC) *Escherichia coli* strains: a basis for molecular risk assessment of typical and atypical EPEC strains [J]. BMC Microbiol, 2011, 11(1): 142.
- [45] Eppinger M, Cebula TA. Future perspectives, applications and challenges of genomic epidemiology studies for food-borne pathogens: A case study of *Enterohemorrhagic Escherichia coli* (EHEC) of the O157:H7 serotype [J]. Gut Microbes, 2015, 6(3): 194-201.
- [46] Wang X, Gautam R, Pinedo PJ, *et al.* A stochastic model for transmission, extinction and outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 in cattle as affected by ambient temperature and cleaning practices [J]. J Math Biol, 2014, 69(2): 501-532.
- [47] Masanori W, Junko I, Keiko K, *et al.* Characterization of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O111 and O157 strains isolated from outbreak patients in Japan [J]. J Clin Microbiol, 2014, 52(8): 2757-2763.
- [48] 教郁, 高维凡, 胡彩光. 大肠杆菌耐药性研究进展[J]. 现代畜牧兽医, 2013, (5): 53-58.
- Jiao Y, Gao WF, Hu CG. The research progress on mechanism of drug-resistance of *Escherichia coli* [J]. Mod J Anim Husb Vet Med, 2013, (5): 53-58.
- [49] Pavlickova S, Dolezalova M, Holko I. Resistance and virulence factors of *Escherichia coli* isolated from chicken [J]. J Environ Sci Heal, 2015, 50(6): 417-421.
- [50] Silbergeld EK, Graham J, Price LB. Industrial food animal production, antimicrobial resistance, and human health [J]. Annu Rev Pub Heal, 2008, 29(1): 151-159.
- [51] Dutil L, Irwin R, Finley R, *et al.* Ceftiofur resistance in *Salmonella enterica* serovar Heidelberg from chicken meat and humans, Canada [J]. Emerg Infect Dis, 2010, 16(1): 48-54.
- [52] 蒋蔚, 李欣彤, 何再平, 等. 副溶血弧菌 SHJLA 株的分离鉴定及致病性分析[J]. 中国动物传染病学报, 2013, (6): 26-32.
- Jiang W, Li XT, He ZP, *et al.* Isolation, identification and pathogenicity of vibrio parahaemolyticus strain SHJLA [J]. Chin J Vet Parasitol, 2013, (6): 26-32.
- [53] Kaneko T, Colwell RR. Ecology of vibrio parahaemolyticus in Chesapeake Bay [J]. J Bacteriol, 1973, 113(1): 24-32.
- [54] Koralage MS, Alter T, Pichpol D, *et al.* Prevalence and molecular characteristics of *Vibrio* spp. isolated from preharvest shrimp of the Northwestern Province of Sri Lanka [J]. J Food Prot, 2012, 75(10): 1846-1850.
- [55] 高德伟, 徐立宁. 超级细菌: 逐步升级的挑战[J]. 中华保健医学杂志, 2011, 13(1): 4-7.
- Gao DW, Xu LN. Super bacteria: challenges of gradual escalation [J]. Chin J Health Care Med, 2011, 13(1): 4-7.
- [56] Holzbauer S, Chiller T. Antimicrobial resistance in bacteria of animal origin [J]. Emerg Infect Dis, 2006, 12(7): 1180-1181.
- [57] Li XZ. Antimicrobial resistance in *Salmonella*: features and mechanisms [M]. *Salmonella Infections: New Research*, 2008.
- [58] 王茂起, 再陆, 王竹天, 等. 2001 年中国食源性致病菌及其耐药性主动监测研究[J]. 卫生研究, 2004, 33(1): 49-54.
- Wang MQ, Ran L, Wang TZ, *et al.* Study on national active monitoring for food-borne pathogens and antimicrobial resistance in 2001 [J]. J Hyg Res, 2004, 33(1): 49-54.
- [59] 金少鸿, 马越. 国内细菌耐药性监测研究的回顾与展望[J]. 中国抗生素杂志, 2005, 30(5): 257-259.
- Jin SH, Ma Y. Retrospect and prospect in surveillance and research on antimicrobial resistance in China [J]. Chin J Antibiot, 2005, 30(5): 257-259.
- [60] 杜鹃, 谢峻, 郑颖城, 等. 《抗生素耐药:全球监测报告 2014》解读与反思[J]. 华南国防医学杂志, 2014, (8): 814-817.
- Du J, Xie J, Zheng YC, *et al.* The interpretation and reflection of "antibiotic resistance: global monitoring report in 2014" [J]. Mil Med J South China, 2014, (8): 814-817.
- [61] 王辉, 王革. 滥用抗生素常见原因与对策[J]. 中国误诊学杂志, 2008,

- 8(6): 1503–1505.
- Wang H, Wang G. Common reasons and countermeasures of antibiotics abuse [J]. *Chin J Misdiag*, 2008, 8(6): 1503–1505.
- [62] 王云鹏, 马越. 养殖业抗生素的使用及其潜在危害[J]. *中国抗生素杂志*, 2008, 33(9): 519–523.
- Wang YP, Ma Y. Potential public hazard of using antibiotics in livestock industry [J]. *Chin J Antibiot*, 2008, 33(9): 519–523.
- [63] Luo N, Sahin O, Lin J, *et al.* *In vivo* selection of campylobacter isolates with high levels of fluoroquinolone resistance associated with *gyrA* mutations and the function of the CmeABC efflux pump [J]. *Antimicrobol Agents Chem*, 2003, 47(1): 390–394.
- [64] Cui S, Ge B, Zheng J, *et al.* Prevalence and antimicrobial resistance of campylobacter spp. and *Salmonella* serovars in organic chickens from Maryland retail stores [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2005, 71(7): 4108–4111.
- [65] 王帅兵, 熊良伟, 陈晓兰. 畜牧养殖中细菌耐药性产生机制与对策[J]. *动物医学进展*, 2009, 30(6): 105–109.
- Wang SB, Xiong LW, Chen XL. Mechanism and countermeasure of antibacterial drug resistance in animal husbandry and breeding [J]. *Prog Vet Med*, 2009, 30(6): 105–109.
- [66] 李玮, 胡成平. 细菌耐药性的产生及预防对策[J]. *医学与哲学*, 2009, 30(2): 21–23.
- Li W, Hu CP. The emergence of the bacterial resistance and preventive measures [J]. *Med Philos*, 2009, 30(2): 21–23.

(责任编辑: 杨翠娜)

## 作者简介



付燕燕, 硕士研究生, 主要研究方向为弯曲菌耐药。

E-mail: 285537392@qq.com



张茂俊, 博士, 研究员, 主要研究方向为弯曲菌感染的疾病控制、细菌分子流行病学及群体遗传学。

E-mail: zhangmaojun@icdc.cn