

广东省水生动物中的维氏气单胞菌和无乳链球菌的耐药性评估

吕观¹, 石磊¹, 徐力文², 颜远义³, 常彦磊¹, 肖雅文¹

(1. 暨南大学食品安全与营养研究院, 广东广州 510632) (2. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东广州 510300) (3. 广东省水生动物疫病预防控制中心, 广东广州 511453)

摘要: 为研究广东省水生动物中的维氏气单胞菌 (*Aeromonas veronii*) 和无乳链球菌 (*Streptococcus agalactiae*) 对不同种类抗生素的药物敏感性, 从广东省 9 个地区人工养殖的水生动物体内分离维氏气单胞菌及无乳链球菌。其中分离出 32 株维氏气单胞菌和 16 株无乳链球菌。利用药敏纸片法检测分离菌株对 14 种抗生素的药物感受性, 发现两种病菌对其中的 7 种抗菌药物有明显的敏感性。利用最小抑菌浓度法检测分离菌株对 7 种敏感抗生素的耐药性, 发现 32 株维氏气单胞菌对甲砒霉素 (29%) 部分耐药, 盐酸土霉素 (41%) 和交沙霉素 (38%) 部分敏感, 对盐酸环丙沙星 (82%)、强力霉素 (82%)、氟苯尼考 (75%) 和磺胺二甲嘧啶 (100%) 都敏感。16 株链球菌对甲砒霉素 (100%) 全部耐药, 对交沙霉素 (25%) 部分敏感, 对盐酸环丙沙星 (100%)、强力霉素 (100%)、盐酸土霉素 (100%)、氟苯尼考 (100%) 和磺胺二甲嘧啶 (88%) 都敏感。本研究的研究可以对今后抗生素在维氏气单胞菌与无乳链球菌的使用中提供一定的参考, 促进抗生素的合理使用。

关键词: 水生动物; 维氏气单胞菌; 无乳链球菌; 耐药性

文章编号: 1673-9078(2019)05-289-295

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.5.040

Antibiotic Resistance of *Aeromonas veronii* and *Streptococcus agalactiae* in Aquatic Animals from Guangdong

LYU Guan¹, SHI Lei¹, XU Li-wen², YAN Yuan-yi³, CHANG Yan-lei¹, XIAO Ya-wen¹

(1. Institute of Food Safety and Nutrition Jinan University, Guangzhou 510632, China)

(2. South China Sea Fisheries Research Institute, Guangzhou 510300, China)

(3. Guangdong Provincial Aquatic Animal Epidemic Disease Prevention and Control Center, Guangzhou 511453, China)

Abstract: To evaluate the antibiotic sensitivity of *Aeromonas veronii* and *Streptococcus agalactiae* from aquatic animals in Guangdong Province, *Aeromonas veronii* and *Streptococcus agalactiae* were isolated from aquatic animals cultured in 9 areas of Guangdong Province. Among them, 32 strains of *Aeromonas veronii* and 16 strains of *Streptococcus agalactiae* were isolated. The sensitivity of these strains to 14 different antibiotics was determined using drug-sensitive disk method. It was found that the two strains of bacteria were sensitive to 7 kinds of antibiotics. Based on the detection of drug resistance of isolated strains to 7 sensitive antibiotics by minimum inhibitory concentration (MIC) method. 32 strains of *Aeromonas veronii* were found to be resistant to thiamphenicol (29%), sensitive to oxytetracycline hydrochloride (41%) and josamycin (38%), ciprofloxacin hydrochloride (82%), doxycycline hydrochloride (82%), florfenicol (75%) and sulfamethazine (100%). All of 16 *Streptococcus agalactiae* strains were found to be resistant to thiamphenicol (100%), but sensitive to josamycin (25%), and ciprofloxacin hydrochloride (100%), doxycycline hydrochloride (100%), oxytetracycline hydrochloride (100%), florfenicol (100%) and sulfamethazine (100%). This study provides some reference for the future use of antibiotics in *Aeromonas veronii* and *Streptococcus agalactiae*, and promotes the rational use of antibiotics.

Key words: aquatic animals; *Aeromonas veronii*; *Streptococcus agalactiae*; drug resistance

收稿日期: 2018-12-14

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFF0104904)

作者简介: 吕观 (1995-), 男, 在读研究生, 研究方向: 致病菌快速检测与细菌耐药性

通讯作者: 颜远义 (1962-), 男, 博士, 高级工程师, 研究方向: 水产动物疾病防控

近年来,我国有关维氏气单胞菌(*Aeromonas veronii*)病例的报道逐年增多,其危害性不断增大,成为了一种严重的人及水生生物共患病原菌^[1]。该菌种是弧菌科中的气单胞菌属,是一种常见的革兰氏阴性短杆菌,具有较高的致死率,可导致鲤鱼、草鱼、罗非鱼、黄颡鱼等多种水生动物发病,造成多种淡水鱼类大量死亡,患病鱼多表现为出血和腹水的症状^[2],还可感染人,导致胃肠炎、伤口和软组织感染、肌肉感染、败血症和皮肤病等^[3]。随着人们对抗生素的滥用,维氏气单胞菌产生耐药性,已给我国鱼类养殖造成了严重的经济损失^[4]。同时在食物链中流行的耐药气单胞菌,会对人类的公共卫生安全产生严重的威胁^[5]。

无乳链球菌(*Streptococcus agalactiae*)是一种革兰氏阳性球菌,亦称B群链球菌(*Group B streptococcus*, GBS),能引发奶牛乳腺炎,造成产奶量下降,也一直是感染新生儿和女性生殖道的重要病菌,尤其是新生儿时期的感染可以危及生命,其病发症包括败血症、肺炎和脑膜炎等^[6]。罗非鱼具有适应性强、生长快、易繁殖,食性广和产量高等优点^[7],可是近年来罗非鱼的无乳链球菌感染,已经对中国罗非鱼养殖业造成了巨大的经济损失^[8]。人们在水生动物中使用抗菌药物可以促进细菌耐药性的发展,抗药性基因可以被转移到致病菌中,从而降低由这些致病菌引起的人类和动物疾病的治疗效果^[9]。同时各种抗生素被人们不科学的使用,导致维氏气单胞菌^[10]与无乳链球菌^[11]的耐药情况日益严重,甚至出现多重耐药的现象,造成了水源污染、耐药性增强和食品安全等诸多问题。

本研究从广东省多个地区的养殖场饲养的水生动物体内,分离出32株维氏气单胞菌和16株罗非鱼源无乳链球菌,并利用药敏纸片法和最小抑菌浓度法检测分离菌株对14种抗生素的耐药性。其研究目的是为了了解广东省水生动物中的维氏气单胞菌和无乳链球菌的药敏性情况,为以后抗生素的科学使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验菌株

2017年4~8月,在广东省9个地方进行采样,从当地的水生动物体内分离出32株维氏气单胞菌(*Aeromonas veronii*)和16株无乳链球菌(*Streptococcus agalactiae*),其中的16株无乳链球菌

全部分离于罗非鱼体内。

1.1.2 抗菌药物

喹诺酮类:盐酸环丙沙星(5 μg),恩诺沙星(5 μg);大环内酯类:硫氰酸红霉素(10 μg),交沙霉素(15 μg);氯霉素类:氟苯尼考(30 μg);氨基糖苷类:硫酸新霉素(10 μg);磺胺类:磺胺嘧啶(25 μg),磺胺二甲嘧啶(25 μg),磺胺间甲氧嘧啶(25 μg),磺胺甲噁唑(25 μg);四环素类:盐酸土霉素(30 μg),强力霉素(30 μg);青霉素类:氨苄西林钠(5 μg);酰胺醇类:甲砒霉素(10 μg)。选用的14种抗菌药物由全国水产技术推广总站提供,购自杭州天和微生物试剂有限公司。

1.1.3 培养基与仪器设备

胰蛋白胨大豆琼脂培养基,脑心琼脂培养基,脑心浸液培养基,胰蛋白胨液体培养基,相关培养基均购于广东环凯微生物科技有限公司;新华1号定性滤纸购于杭州沃华滤纸有限公司;手提式电热压力蒸汽灭菌锅,上海生银医疗器械设备有限公司;EL104电子天平,梅特勒-托利多仪器有限公司;SW-CT-IF型单人双面净化工作台,苏州净化设备有限公司;微量移液枪,塞默飞世尔科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 不同抗菌药物药液的配制

对于实验过程中所使用的14种水产用抗菌药物,分别选取适当的溶剂及稀释剂进行溶解和稀释^[12],然后用灭菌生理盐水分别稀释至1000.0 mg/L。

1.2.2 菌悬液的制备

将采集的维氏气单胞菌在TSA培养基上活化后接种至胰蛋白胨液体培养基中,采集的无乳链球菌在脑心琼脂培养基上活化后接种至脑心浸液培养基中,37℃震荡培养24 h。吸取各试验菌株的培养好的原菌液1 mL至无菌试管中,加入生理盐水进行菌液浓度梯度的稀释,利用麦氏比浊法测定菌液浓度,得到浓度为0.5麦氏浊度的活菌液。

1.2.3 药敏纸片法检测细菌敏感性

取新华1号定性滤纸,用打孔器将其打成6.0 mm直径的圆形纸片。取50片放入清洁干燥的青霉素空瓶中,瓶口以单层牛皮纸包扎。经高压消毒后,烘干。接着向上述含有50片滤纸的青霉素瓶内加入药液0.25 mL,并翻动滤纸,使其充分浸透药液,标记好药物名称后,放在37℃温箱过夜72 h,干燥后密封^[13]。取100 μL稀释好的维氏气单胞菌和无乳链球菌菌液分别均匀涂布于营养琼脂平板和脑心琼脂平板上,贴上不同的药敏纸片,28℃恒温培养24 h后测

量抑菌直径, 该试验重复 3 次^[14]。药敏性的判断结果参照 2010 年 CLSI 标准, 抑菌圈直径大于 20 mm 的为极敏感, 在 15~20 mm 的为高敏感, 10~14 mm 为中敏感, 低于 10 mm 的为不敏感^[15]。

1.2.4 微量稀释法测定供试菌株最小抑菌浓度

在无菌条件下, 用胰蛋白胨液体培养基将抗菌药物稀释 10 倍, 使药物的浓度达到 100.0 mg/L 的浓度, 再 2 倍稀释药物。最后, 吸取 0.1 mL 的活菌液加入试管中, 摇匀, 25 °C 条件下培养 72 h, 经肉眼观察证实无细菌生长试管中的最低药物浓度, 即为药物的最小抑菌浓度 (minimum inhibitory concentration, MIC)。试验的结果参照 CLSI 标准对不同抗生素的耐药性判定范围进行划分^[16], 划分标准如下: 氟苯尼考及硫酸

新霉素 (S 敏感: MIC≤2 μg/mL, I 中敏: MIC=4 μg/mL, R 耐药 MIC≥8 μg/mL); 诺氟沙星类及盐酸多西环素 (S 敏感: MIC≤4 μg/mL, I 中敏: MIC=8 μg/mL, R 耐药 MIC≥16 μg/mL); 交沙霉素、甲砒霉素 (S 敏感: MIC≤8 μg/mL, I 中敏: MIC=16 μg/mL, R 耐药 MIC≥32 μg/mL); 强力霉素、磺胺类 (S 敏感: MIC≤9.5 μg/mL, I 中敏: MIC=38 μg/mL, R 耐药 MIC≥76 μg/mL)。

2 结果与讨论

2.1 维氏气单胞菌对 14 种抗生素的药敏纸片

结果

表 1 维氏气单胞菌对 14 种抗生素感受性测定结果

Table 1 Results of 14 antibiotic susceptibility test by *Aeromonas veronii*

抗生素	极敏感	高敏感	中敏感	不敏感
磺胺嘧啶	0	0	0	32 (100%)
甲砒霉素	16 (50.0%)	3 (9.3%)	1 (3.2%)	12 (37.5%)
磺胺间甲氧嘧啶	0	0	0	32 (100%)
盐酸环丙沙星	15 (46.9%)	8 (25.0%)	3 (9.3%)	6 (18.8%)
硫氰酸红霉素	0	1 (3.1%)	0	31 (96.9%)
硫酸新霉素	0	0	0	32 (100%)
氨苄西林钠	0	0	0	32 (100%)
强力霉素	3 (9.4%)	9 (28.1%)	7 (21.9%)	13 (40.6%)
盐酸土霉素	1 (3.1%)	7 (21.9%)	4 (12.5%)	20 (62.5%)
交沙霉素	3 (9.4%)	8 (25%)	1 (3.1%)	20 (62.5%)
恩诺沙星	0	0	0	32 (100%)
氟苯尼考	24 (75.0%)	1 (3.1%)	4 (12.5%)	3 (9.4%)
磺胺二甲嘧啶	19 (59.4%)	12 (37.5%)	1 (3.1%)	0
磺胺甲噁唑	1 (3.1%)	0	1 (3.1%)	30 (93.8%)

注: 表中括号前为菌株数, 括号内数字为百分比。

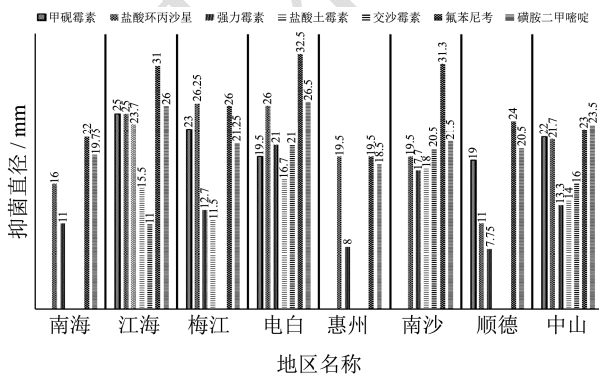


图 1 8 个地区的维氏气单胞菌对各种抗生素是抑菌直径柱状图

Fig.1 The bacteriostatic diameter histogram of *Aeromonas veronii* to antibiotics in 8 areas

使用药敏纸片法检测维氏气单胞菌对 14 种抗菌药物的感受性, 其药敏纸片抗生素抑菌结果见表 1。

结果表明, 32 株维氏气单胞菌对甲砒霉素、盐酸环丙沙星、强力霉素、盐酸土霉素、交沙霉素、氟苯尼考、磺胺二甲嘧啶, 这 7 种抗菌药物有较强的敏感性, 从中可见维氏气单胞菌对氟苯尼考与磺胺二甲嘧啶最为敏感。而对磺胺嘧啶、磺胺间甲氧嘧啶、硫氰酸红霉素、硫酸新霉素、氨苄西林钠、恩诺沙星、磺胺甲噁唑, 这 7 种抗菌药物不敏感。

8 个地区的维氏气单胞菌对氟苯尼考 (19.5~31.3 mm)、磺胺二甲嘧啶 (18.5~26.5 mm) 和强力霉素 (8~23.7 mm) 的敏感度基本相同; 甲砒霉素对佛山南海、惠州和广州南沙地区的菌株无明显效果; 盐酸环丙沙星对江门江海 (23.7 mm)、梅州梅江 (26.25 mm)、茂名电白 (26 mm) 和中山 (26 mm) 四个地区的菌株敏感度最高; 盐酸土霉素对佛山南海、惠州

和佛山顺德的菌株无明显效果；交沙霉素对江门江海（11 mm）、茂名电白（21 mm）、广州南沙（20.5 mm）和中山（16 mm）的菌株效果良好，其余地区无显著效果（图 1）。

2.2 维氏气单胞菌对抗菌药物的最小抑菌浓度

表 2 维氏气单胞菌对 7 种抗生素感受性测定结果

Table 2 Results of 7 antibiotic susceptibility determination of

Aeromonas veronii

抗生素	S 敏感株	I 中敏株	R 耐药株
甲砒霉素	8 (25%)	5 (16%)	9 (29%)
盐酸环丙沙星	26 (82%)	1 (4%)	1 (4%)
强力霉素	26 (82%)		
盐酸土霉素	13 (41%)		
交沙霉素	12 (38%)	1 (4%)	
氟苯尼考	24 (75%)		6 (19%)
磺胺二甲嘧啶	32 (100%)		

注：表中括号前为菌株数，括号内数字为百分比。

维氏气单胞菌是引起水生动物细菌性败血症等疾病的致病细菌。32 株维氏气单胞菌对 7 种药物的最小抑菌浓度的分析结果如表 2 所示。结果表明，32 株维氏气单胞菌中，9 株对甲砒霉素耐药，1 株对盐酸环丙沙星耐药，6 株对氟苯尼考的耐药；对盐酸环丙沙星，强力霉素敏感，氟苯尼考，磺胺二甲嘧啶的敏感率为 82%，82%，75%，100%。吴亚锋等在浦口对 59 株维氏气单胞菌的测试结果表明，其分离菌株对甲砒霉素耐药率（45.76%）相对较高，对氟苯尼考（66.10%）和强力霉素（54.24%）敏感性相对较高^[17]，与本文的结果一致，这可能与现阶段水产养殖过程中频繁使用甲砒霉素有关，也说明了强力霉素和氟苯尼考对维氏气单胞菌有良好的抑制效果。彭博文等在武汉对维氏气单胞菌的测试表明，其分离的菌株对盐酸环丙沙星和氟苯尼考高度敏感^[18]，其结论与本文结论基本一致，但本次实验已经发现了 6 株对氟苯尼考耐药维氏气单胞菌，需要引起人们的警惕，预防更多的耐氟苯尼考的菌株出现。

抗生素的 MIC 值越低，说明药效越好，由图 2 可知，不同地域分离的维氏气单胞菌菌株对实验的 7 种抗菌药物的结果存在显著差异。8 个地区的维氏气单胞菌对盐酸环丙沙星（0.125~7.03 mg/L）、强力霉素（0.1~3.13 mg/L）、氟苯尼考（0.2825~25 mg/L）和磺胺二甲嘧啶（0.125~0.345 mg/L）四种药物的 MIC 值较低，对维氏气单胞菌效果明显；惠州地区氟苯尼

考的 MIC 值最高，达到了 25 mg/L，对维氏气单胞菌效果不强。甲砒霉素的 MIC 值在江门江海、梅州梅江、茂名电白与佛山顺德普遍都高（最高达 25 mg/L），对中山的菌株 MIC 值较低（为 0.88 mg/L）。广州南沙与中山地区的 7 种药物 MIC 值都较低，说明该地区这 7 种抗生素的药效良好。

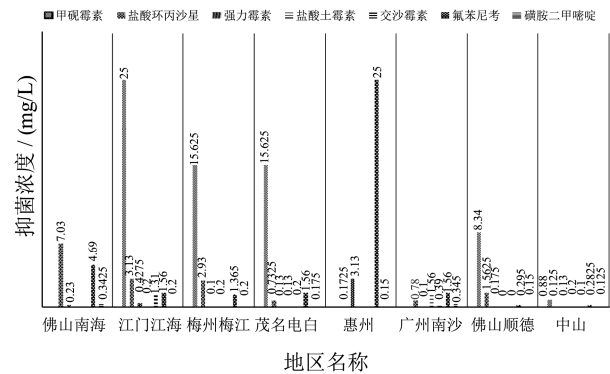


图 2 8 个地区的维氏气单胞菌对 7 种抗生素的 MIC 值

Fig.2 MIC of *Aeromonas veronii* against 7 antibiotics in 8 regions

2.3 无乳链球菌对 14 种抗生素的药敏纸片结果

使用药敏纸片法检测无乳链球菌对 14 种抗菌药物的感受性，其药敏纸片抗生素抑菌结果见表 3。结果表明，16 株无乳链球菌对甲砒霉素、盐酸环丙沙星、强力霉素、盐酸土霉素、氟苯尼考、磺胺二甲嘧啶，这 6 种抗菌药物有较强的敏感性，对交沙霉素部分菌株极敏感，从中可见无乳链球菌对盐酸土霉素、氟苯尼考与磺胺二甲嘧啶最为敏感；而对磺胺嘧啶、磺胺间甲氧嘧啶、硫氰酸红霉素、氨苄西林钠、恩诺沙星、磺胺甲噁唑，这 6 种抗菌药物不敏感，对硫酸新霉素部分菌株不敏感。

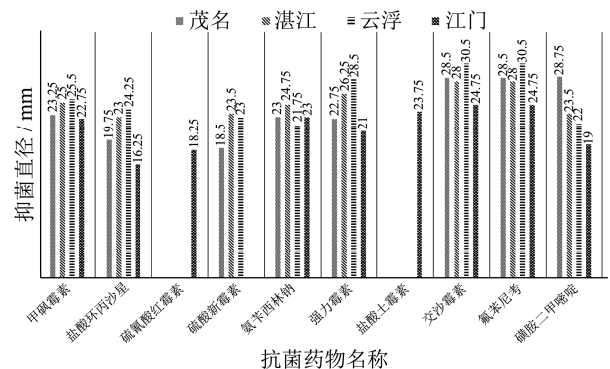


图 3 4 个地区的无乳链球菌对各抗生素是抑菌直径柱状图

Fig.3 Diameter histogram of *Streptococcus agalactiae* against antibiotics in 4 areas

4 个地区的无乳链球菌对甲砒霉素（极敏 22.75~

25.5 mm)、盐酸环丙沙星(高极敏 16.25~24.25 mm)、氨苄西林钠(极敏 21.75~24.75 mm)、强力霉素(极敏 21~28.5 mm)、交沙霉素(极敏 24.75~30.5 mm)、氟苯尼考(极敏 24.75~30.5 mm)和磺胺二甲嘧啶(极敏 19~28.75 mm)的敏感度基本相同。硫氰

酸红霉素(高敏 18.25 mm)和盐酸土霉素(极敏 23.75 mm)仅对江门的菌株有抑菌作用;与此截然不同是,硫酸新霉素对江门的菌株无抑菌效果,对其它三个地区的菌株抑菌效果良好(18.5~23.5 mm)(图3)。

表3 无乳链球菌对14种抗生素感受性测定结果

Table 3 Results of 14 antibiotic susceptibility test by *Streptococcus agalactiae*

抗生素	极敏感	高敏感	中敏感	不敏感
磺胺嘧啶	0	0	0	16 (100%)
甲砒霉素	13 (81.3%)	3 (18.7%)	0	0
磺胺间甲氧嘧啶	0	0	0	16 (100%)
盐酸环丙沙星	8 (50.0%)	6 (37.5%)	2 (12.5%)	0
硫酸红霉素	1	3	0	12 (75.0%)
硫酸新霉素	8 (50.0%)	2 (12.5%)	0	6 (37.5%)
氨苄西林钠	0	0	0	16 (100%)
强力霉素	13 (81.3%)	3 (18.7%)	0	0
盐酸土霉素	14 (87.5%)	2 (12.5%)	0	0
交沙霉素	4 (25.0%)	0	0	12 (75.0%)
恩诺沙星	0	0	0	16 (100%)
氟苯尼考	16 (100%)	0	0	0
磺胺二甲嘧啶	12 (75.0%)	4 (25.0%)	0	0
磺胺甲噁唑	0	0	0	16 (100%)

注:表中括号前为菌株数,括号内数字为百分比。

2.4 无乳链球菌对各种抗菌药物的最小抑菌

浓度

表4 无乳链球菌对7种抗生素感受性测定结果

Table 4 Results of 7 antibiotic susceptibility determination of

Streptococcus agalactiae

抗生素	S敏感株	I中敏株	R耐药株
甲砒霉素			16 (100%)
盐酸环丙沙星	16 (100%)		
强力霉素	16 (100%)		
盐酸土霉素	16 (100%)		
交沙霉素	4 (25%)		
氟苯尼考	16 (100%)		
磺胺二甲嘧啶	14 (88%)		

注:表中括号前为菌株数,括号内数字为百分比。

无乳链球菌是引起水生动物特别是罗非鱼等细菌性疾病的重要病原菌。16株无乳链球菌对7种药物的最小抑菌浓度的分析结果如表4所示。结果表明,16株无乳链球菌对甲砒霉素的耐药率分别为100%,对盐酸环丙沙星,强力霉素,盐酸土霉素与氟苯尼考的敏感率都为100%,对交沙霉素和磺胺二甲嘧啶的敏

感率为25%跟88%。黄艳华等对2011~2016年广西罗非鱼源无乳链球菌的耐药结果显示,对盐酸环丙沙星和氟苯尼考的耐药率分别为72.9%和20.8%^[19],与本文的结果不一致,这可能是由于用药习惯和养殖环境的不同,不同地域的无乳链球菌对多种抗菌药物的耐药性存在差异。

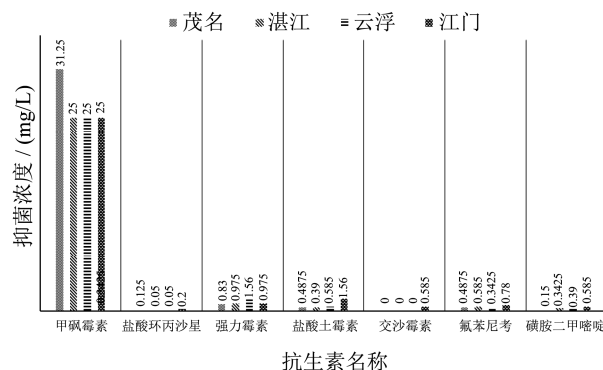


图4 4个地区的无乳链球菌对7种抗生素的MIC值

Fig.4 MIC of *Streptococcus agalactiae* to 7 antibiotics in 4 regions

由图4可知,盐酸环丙沙星(0.05~0.2 mg/L)、强力霉素(0.83~1.56 mg/L)、盐酸土霉素(0.39~1.56 mg/L)、氟苯尼考(0.3425~0.78 mg/L)和磺胺二甲嘧啶(0.15~0.585 mg/L)五种药物对4个地区的无乳链

球菌菌株的 MIC 值低且差不多相同。甲砒霉素对 4 个地区的 MIC 值均高, 最高为茂名。交沙霉素对江门地区的菌株 MIC 值低, 为 0.585 mg/L, 其余三个地方无效果。

3 结论

3.1 磺胺嘧啶、磺胺间甲氧嘧啶、硫氰酸红霉素、硫酸新霉素、氨苄西林钠、恩诺沙星、磺胺甲噁唑这 7 种抗生素已对实验菌株无明显效果抑菌效果, 应引起人们的重视。

3.2 氟苯尼考、磺胺二甲嘧啶和强力霉素这三种抗生素对不同地区的 32 株维氏气单胞菌与 16 株无乳链球菌效果明显, 其余抗生素药物则出现了明显的地区差异, 因此不同地区的抗生素用药可根据当地情况适当进行调整, 使抗生素发挥更好的效果。

3.3 维氏气单胞菌与无乳链球菌对同一药物的敏感度有明显差异, 因而针对不同的致病菌要选择相应的抗生素。建议在以后的抗生素使用中可以选择四环素类、氟苯尼考和磺胺二甲嘧啶抗菌药物进行气单胞菌细菌性疾病的治疗, 可以选用四环素类、氟苯尼考、强力霉素和磺胺二甲嘧啶抗菌药物进行链球菌细菌性疾病的治疗。

3.4 32 株维氏气单胞菌对甲砒霉素部分耐药, 16 株链球菌对甲砒霉素全部耐药, 建议在以后的抗生素的使用过程中, 减少甲砒霉素的用量, 来预防耐药菌株的增加和蔓延。

3.5 水生动物中维氏气单胞菌和无乳链球菌耐药菌株的不断出现导致水产用抗生素的滥用, 而抗生素的滥用又是耐药菌株出现的原因, 如此形成恶性循环, 严重威胁着人类的食品安全和生态环境, 应加强对水产用抗生素使用的监管和科学指导, 防止更多耐药菌株的出现。

参考文献

- [1] 康元环,张冬星,杨滨僮,等.维氏气单胞菌最新研究进展[J].中国人兽共患病学报,2018,34(05):452-459+465
KANG Yuan-huan, ZHANG Dong-xing, YANG Bin-tong, et al. Latest research progress on *Aeromonas victorium* [J]. Chinese Journal of Zoonoses, 2018, 34(5): 452-459, 465
- [2] 宋彦仪,何宏轩,杜迎春.鱼源维氏气单胞菌的分离鉴定和药敏研究[J].科学养鱼,2018,2:59-60
SONG Yan-yi, HE Hong-xuan, DU Ying-chun. Isolation, identification and drug sensitivity of *Aeromonas vaginalis* from fish sources [J]. Scientific Fish Culture, 2018, 2: 59-60
- [3] Anda J M, Abbott S L. The genus *Aeromonas*: taxonomy, pathogenicity, and infection [J]. Clinical Microbiology Reviews, 2010, 23(1): 35-73
- [4] 吴同垒,单晓枫,孟庆峰,等.维氏气单胞菌研究进展[J].中国兽药杂志,2011,45(7):41-44
WU Tong-lei, SHAN Xiao-feng, MENG Qing-feng, et al. Advance in *Aeromonas victorii* [J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2011, 45(7): 41-44
- [5] Isonhood J H, Drake M. *Aeromonas* species in foods [J]. Journal of Food Protection, 2002, 65(3): 575-582
- [6] 沈定树,周雪艳.无乳链球菌的研究进展[J].中国微生物学杂志,2008,20(5):518-519,521
SHEN Ding-shu, ZHOU Xue-yan. Research progress of *Streptococcus agalactiae* [J]. Chinese Journal of Microecology, 2008, 20(5): 518-519, 521
- [7] Marshall B M, Levy S B. Food animals and antimicrobials: impacts on human health [J]. Clinical Microbiology Reviews, 2011, 24(4): 718-733
- [8] 张红燕,袁永明,贺艳辉,等.中国罗非鱼生产与贸易现状分析及建议[J].中国渔业经济,2015,33(3):95-100
ZHANG Hong-yan, YUAN Yong-ming, HE Yan-hui, et al. Analysis and suggestion on the status quo of Chinese tilapia production and trade [J]. China Fisheries Economy, 2015, 33(3): 95-100
- [9] 王蓓,黎源,陈贺,等.我国华南地区罗非鱼源无乳链球菌分子流行病学研究[J].水产科学,2014,33(12):741-749
WANG Bei, LI Yuan, CHEN He, et al. Molecular epidemiology of pathogen *Streptococcus agalactiae* from tilapia in southern china [J]. Fisheries Science, 2014, 33(12): 741-749
- [10] 王海娟,王利,苟小兰,等.鱼源维氏气单胞菌的耐药性研究[J].中国畜牧兽医,2013,40(8):159-164
WANG Hai-juan, WANG Li, GOU Xiao-lan, et al. Study on drug resistance of *Aeromonas vaginalis* in fish source [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2013, 40(8): 159-164
- [11] 邓永强,汪开毓.鱼类无乳链球菌病的研究进展[J].中国畜牧兽医,2016,43(9):2490-2495
DENG Yong-qiang, WANG Kai-yu. Research progress on fish *Streptococcus agalactiae* disease [J]. China Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2016, 43(9): 2490-2495
- [12] Clinical and Laboratory Standards Institute. CLSI document VET01-A4 Performance Standards for Antimicrobial Disk and Dilution Susceptibility Tests for Bacteria Isolated From Animals; Approved Standard-Fourth Edition [S]. CLSI, 2013
- [13] 谭瑶,赵清,舒为群,等.K-B 纸片扩散法药敏试验[J].检验医

- 学与临床,2010,7(20):2290-2291
- TAN Yao, ZHAO Qing, SHU Wei-qun, et al. K-B paper diffusion method for drug susceptibility test [J]. Laboratory Medicine and Clinical Medicine, 2010, 7(20): 2290-2291
- [14] 杨移斌,艾晓辉,宋怿.水产动物病原药物敏感性实验技术[J].渔业致富指南,2017,21:57-58
- YANG Yi-bin, AI Xiao-hui, SONG Yi. Experimental technique of pathogenic drug sensitivity of aquatic animals [J]. Fishery Guide to be Rich, 2017, 21: 57-58
- [15] Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for antimicrobial dilution and disk susceptibility testing of infrequently isolated or fastidious bacteria: M45A-A2 [S]. CLSI,2010
- [16] Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard-Ninth Edition: M07-A9 [S]. CLSI, 2012
- [17] 吴亚锋,陈静,方苹.浦口某养殖场气单胞菌的分离鉴定和耐药特性分析[J].安徽农业大学学报,2018,45(4):626-632
- WU Ya-feng, CHEN Jing, FANG Ping. Isolation, identification and drug-resistance analysis of *Aeromonas* of a fishery in Pukou area [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2018, 45(4): 626-632
- [18] 彭博文,杨移斌,艾晓辉,等.克氏原螯虾源维氏气单胞菌分离鉴定及药敏特性研究[J].海洋湖沼通报,2018,4:108-114
- PENG Bo-wen, YANG Yi-bin, AI Xiao-hui, et al. Isolation, Identification and Drug sensitivity of *Aeromonas viridis* from *Procambarus clarkii* [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2018, 4: 108-114
- [19] 黄艳华,马沙,韩书煜,等.2011~2016年广西罗非鱼源无乳链球菌的耐药谱型分析[J].南方农业学报,2018,49(5):1023-1031
- HUANG Yan-hua, MA Sha, HAN Shu-yu, et al. Antibiogram types of *Streptococcus agalactiae* strains isolated from *Oreochromis* spp. in Guangxi during 2011-2016 [J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(5): 1023-1031

(上接第 45 页)

- [44] Qiu T, Ma X, Ye M, et al. Purification, structure, lipid lowering and liver protecting effects of polysaccharide from *Lachnum*, YM281 [J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 98(1): 922-930
- [45] 刘静娜,夏文水,张家骊.壳聚糖物化性质对其体外结合脂类和胆酸盐能力的影响[J].食品科学,2008,29(1):45-49
- LIU Jing-na, XIA Wen-shui, ZHANG Jia-li. Effects of chitosan physicochemical properties on the binding capacity of lipids and cholates *in vitro* [J]. Food Science, 2008, 29(1): 45-49
- [46] Lindström C, Holst O, Hellstrand P, et al. Evaluation of commercial microbial hydrocolloids concerning their effects on plasma lipids and caecal formation of SCFA in mice [J]. Food Hydrocolloids, 2012, 28(2): 367-372
- [47] Brahe L K, Astrup A, Larsen L H. Can we prevent obesity-related metabolic diseases by dietary modulation of the gut microbiota? [J]. Advances in Nutrition, 2016, 7(1): 90-101
- [48] Gargari G, Deon V, Taverniti V, et al. Evidence of dysbiosis in the intestinal microbial ecosystem of children and adolescents with primary hyperlipidemia and the potential role of regular hazelnut intake [J]. Fems Microbiology Ecology, 2018, 94(5)
- [49] Wang Z, Klipfell E, Bennett B J, et al. Gut flora metabolism of phosphatidylcholine promotes cardiovascular disease [J]. Nature, 2011, 472(7341): 57
- [50] 李丽.乳杆菌通过调节肠道菌群抑制肥胖小鼠骨吸收作用的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2017
- LI Li. *Lactobacillus* inhibits bone resorption in obese mice by regulating intestinal flora [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2017

(上接第 74 页)

- [30] Albuquerque K F, Marinovic M P, Morandi A C, et al. Green tea polyphenol extract *in vivo* attenuates inflammatory features of neutrophils from obese rats [J]. European Journal of Nutrition, 2016, 55(3): 1261-1274
- [31] WU J H, XU C, SHAN C Y, et al. Antioxidant properties and PC12 cell protective effects of APS-1, a polysaccharide from *Aloe vera* var. *chinensis* [J]. 3 2936Life Sci, 2006, 78(6): 622-630
- [32] Lowe P P, Gyongyosi B, Satishchandran A, et al. Reduced gut microbiome protects from alcohol-induced neuroinflammation and alters intestinal and brain inflammasome expression [J]. Journal of Neuroinflammation, 2018, 15(1): 298

现代食品科技