

综述

养殖淡水鱼源 ST283 型 B 群链球菌引发食物相关侵袭性
疾病风险及防控张鑫昊^{1,2}, 刘丽莎¹, 李辉¹, 李冰妍^{1,3}, 白莉¹

(1. 国家食品安全风险评估中心, 国家卫生健康委员会食品安全风险评估重点实验室, 中国医学科学院创新单元(2019RU014), 北京 100022; 2. 中国医学科学院北京协和医学院, 群医学及公共卫生学院, 营养与食品卫生学系, 北京 100730; 3. 新疆农业大学动物医学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: B 群链球菌存在于多种动物中, 是能感染人类的一种重要条件致病菌, 主要引起孕产妇及新生儿多种侵袭性疾病。ST283 是近年来在东南亚地区的养殖淡水鱼中出现的一种 B 群链球菌型别, 由于其可引起人类食物相关侵袭性疾病而受到广泛关注。我国作为淡水鱼养殖和食用大国, 虽内陆尚无相关病例报道, 仍需引起重视。本文就各国现有资料对 ST283 型 B 群链球菌进行阐述, 为我国制定 B 群链球菌监测及评估标准提供参考。

关键词: B 群链球菌; ST283; 罗非鱼; 食物相关侵袭性疾病

中图分类号: R155 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8456(2023)06-0950-07

DOI: 10.13590/j.cjfh.2023.06.025

Risk and control of food-related invasive diseases caused by group B *Streptococcus* sequence type 283 from cultured freshwater fishZHANG Xinhao^{1,2}, LIU Lisha¹, LI Hui¹, LI Bingyan^{1,3}, BAI Li¹

(1. NHC Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment, Chinese Academy of Medical Sciences Research Unit (No. 2019RU014), China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China; 2. Department of Nutrition and Food Hygiene, School of Population Medicine and Public Health, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100730, China; 3. College of Veterinary Medicine, Xinjiang Agricultural University, Xinjiang Urumqi 830052, China)

Abstract: Group B *Streptococcus* (GBS) is an important opportunistic pathogen that exists in a variety of animals and can infect humans, mainly causing a variety of invasive diseases in pregnant women and newborns. ST283 is a sequence type of GBS that has been found from freshwater fish cultured in Southeast Asia in recent years, and has attracted widespread attention because this type of GBS is suggested to cause food-related invasive diseases in human. As a major country in freshwater fish farming and consumption, China still needs to pay attention although no relevant cases have been reported in the inland. This paper elaborates on the available information on GBS ST283 in various countries to provide reference for the development of GBS monitoring and evaluation criteria in China.

Key words: Group B *Streptococcus*; sequence type 283; Tilapia; food-related invasive disease

B 群链球菌 (Group B *Streptococcus*, GBS), 又称无乳链球菌 (*Streptococcus agalactiae*), 广泛存在于哺乳动物、鱼类、两栖类等动物中, 是一种重要的条件致病菌。GBS 可定植于人体胃肠道和泌尿生殖

道, 约 15%~30% 的健康成人携带该菌^[1], 主要感染妊娠期女性及其胎儿, 以及有基础性疾病的人群^[2-3]。

2015 年, 新加坡首次报道序列型 (Sequence type, ST) 283 GBS 导致人体侵袭性感染事件^[4], 因其可通过食物链传播且较其他 GBS 型别更易导致健康人群侵袭性感染而引发关注^[1]。ST283 型 GBS 在人类和鱼类中发现, 已在多个东南亚国家 (新加坡、泰国、越南、老挝) 和中国香港特别行政区 (以下简称中国香港) 的淡水鱼中检出, 我国内陆地区仅在

收稿日期: 2022-07-25

基金项目: 国家食品安全风险评估中心高层次人才队伍建设项目

作者简介: 张鑫昊 女 在读研究生 研究方向为食品微生物

E-mail: zhx1226yunho@163.com

通信作者: 白莉 女 研究员 研究方向为食品微生物

E-mail: baili@cfsa.net.cn

广州养殖的虎纹蛙中分离出与 ST283 型密切相关的 ST739 型 GBS 菌株。其中泰国、老挝、新加坡、中国香港等地曾报道数起鱼源 ST283 型 GBS 导致的食物相关疾病暴发事件,造成侵袭性感染及多人死亡^[5],目前我国内陆地区尚无 ST283 型 GBS 导致食源性疾病暴发事件的报道。自 2007 年以来,GBS 已成为我国多地水产养殖场中罗非鱼链球菌病的主要病原菌。我国作为淡水鱼消费大国,特别是 2021 年中国香港暴发了 ST283 型 GBS 感染人群事件,其在我国淡水鱼中的流行特征及潜在接触性和食源性疾病致病风险应引起高度重视^[6-7]。

本文将从 B 群链球菌的基本特性、ST283 型 GBS 所致食物相关疾病暴发事件及淡水产品中 ST283 型 GBS 的风险防控开展论述,为淡水产品中 ST283 型 GBS 风险评估提供理论基础。

1 B 群链球菌基本情况

1.1 生物学特性

根据 Lancefield 分型,GBS 含有的多糖类 C 物质属抗原结构的 B 群,根据特异性多糖抗原 GBS 又可分为 Ia、Ib、II-IX 等血清型。GBS 为革兰氏阳性兼性厌氧菌,显微镜下呈单、双和链状排列^[8],有荚膜,在血琼脂平板上 36 °C 培养 18~24 h,形成 0.5~1.0 mm、灰白色、半透明、光滑、表面突起、圆形、边缘整齐的小菌落,有透明的 β 溶血环,部分菌株为 α 或 γ 溶血^[9]。GBS 可耐受 0~5.5% NaCl 及较大范围的 pH 值(3~11)^[10],最佳生长温度为 28 °C~37 °C,高于 45 °C 即可使其灭活,-70 °C 下仍可存活^[11]。GBS 的主要致病因子包括荚膜多糖、溶血素、CAMP 因子、透明质酸酶、超氧化物歧化酶和丝氨酸/苏氨酸蛋白激酶等^[12]。

1.2 鉴定方法

目前有两类方法鉴定 GBS:第一种为传统鉴定方法^[13-14],包括协同溶血试验(CAMP 试验)、马尿酸钠试验、选择性增菌培养等,根据 GBS 的生物学特性对其进行分离鉴定,由于耗时较长,现在不常被临床所使用;第二种为分子生物学鉴定方法^[15-16],基于核酸扩增技术对编码 C5a 肽酶的 *scpB*、编码 CAMP 因子的 *cfb* 和编码 Sip 表面免疫蛋白的 *sip* 等基因进行检测,从而能直接从样本中检测 GBS,因其速度快、灵敏度和特异性高,在临床诊断中被广泛应用。

1.3 分型方法

血清分型、基质辅助激光解吸飞行时间质谱(Matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometer, MALDI-TOF MS)、多位点序列分型

(Multilocus sequence typing, MLST)和全基因组测序(Whole genome sequencing, WGS)现已用于 GBS 的分型研究^[17]。GBS 根据荚膜多糖抗原性分为 10 种血清型(Ia、Ib、II~IX),我国临床分离的人源 GBS 主要为 Ia、Ib、III、IV 和 V 型^[18],牛源主要为 III 型,罗非鱼中主要为 Ia、Ib 和 III 型^[19]。不同宿主源 ST 分型有较大差异,我国人源 GBS 主要 ST 分型为 ST1、ST10、ST12、ST17、ST19、ST23、ST24^[18,20],鱼源 GBS 主要 ST 分型为 ST1 和 ST7^[4,21]。

ST283 型 GBS 是目前已知唯一可引起食物相关侵袭性疾病的型别,且相较于其他 GBS 型别,ST283 更易导致健康成人侵袭性感染,对人体健康的损害远超其他型别。目前 ST283 型 GBS 仅在人类、鱼类和蛙类中报道,其血清分型归属为 III 型^[5]。

1.4 人体中定植分布特征

GBS 主要定植在人胃肠道和泌尿生殖系统中,人群携带率约为 15%~30%。其他定植部位包括皮肤、咽喉和肛门边缘处^[22]。GBS 感染可引起孕产妇子宫内膜炎、产褥感染等疾病;通过母婴垂直传播引起新生儿脑膜炎、败血症及肺炎等;当人体免疫力下降或皮肤存在溃疡或伤口时可进入到身体的其他部位如血液、大脑和关节等,导致侵袭性感染。我国《预防围产期 B 族链球菌病(中国)专家共识》中推荐对孕 35~37 周的孕妇进行 GBS 筛查。

2 ST283 型 GBS 引发的感染事件

ST283 型 GBS 已在新加坡、泰国等地区引发食物链相关的感染事件,造成截肢、死亡等严重疾病结局,自 1993—2022 年全球报道与 ST283 型 GBS 相关感染事件详见表 1。已有暴发事件表明,相较于非 ST283 型 GBS 菌血症病例中合并症高达 98.1%,ST283 型 GBS 病例中合并症仅为 21.9%;此外暴发事件多因生食淡水鱼引起,这与东南亚独特的饮食习惯有关,也表明生食淡水鱼可能是 ST283 型 GBS 的易感途径。目前尚无 ST283 型 GBS 在人体中的剂量-反应关系数据,且东南亚当地医疗保健、诊断、细菌分型和报告基础设施等也十分有限,无法获得关于 ST283 型 GBS 流行病学的可靠数据。因此对 ST283 型 GBS 在人群中导致暴发性感染事件的因素知之甚少,如人为因素、毒理特性、传播方式和剂量等^[7]。

2.1 ST283 型 GBS 的疾病特征

除免疫力低下人群是侵袭型 GBS 感染的高风险人群外,ST283 型 GBS 感染者年龄更小且更易引起健康成人严重的侵袭性感染,导致脓毒性关节炎、脑膜炎、心内膜炎、败血症、脊椎炎、蜂窝组织炎

表1 1993—2022年全球ST283型GBS相关的感染事件

Table 1 Global ST283 GBS-related infection events from 1993 to 2022

国家地区	年份	研究样本	发病人数	死亡人数	感染者特点	年龄/岁	感染来源	ST283感染率/%	参考文献
中国香港	1993—2003	GBS感染患者 (n=136)	—	—	ST283均分离自非妊娠成人	—	—	27.4	[23]
法国	2002—2007	GBS感染患者 (n=119)	—	—	ST283感染者均为皮肤或骨关节感染	—	—	1.6	[24]
新加坡	2001—2016	GBS侵袭性感染患者 (n=707)	—	—	ST283感染者更易出现高烧和肌肉骨骼疼痛	—	食用生鱼或未熟的鱼	18	
泰国	2007—2015	GBS侵袭性感染患者 (n=139)	—	—	—	—	食用生鱼或未熟的鱼	73	[5]
越南	2015—2017	GBS侵袭性感染患者 (n=13)	—	—	—	—	食用生鱼或未熟的鱼	31	
老挝	2000—2017	GBS侵袭性感染患者 (n=38)	—	—	ST283感染者中21例为健康成人	—	食用生鱼或未熟的鱼	76	
泰国	2012—2018	GBS感染患者(n=12)	—	—	—	16~86	—	100	[25]
老挝	2018	GBS感染患者(n=2)	—	—	均出现肌肉和关节酸痛	55, 58	食用生鱼或未熟的鱼	100	[26]
中国香港	2021	GBS感染患者(n=92)	92	7	—	ST283感染患者年龄分布在31~90岁	食用生鱼或未熟的鱼	49	[27]

注：“—”为无该项数据

和尿路感染等疾病,其中脓毒性关节炎为GBS感染最常见的病症(23%~39%),其次是脑膜炎(10%~35%)和心内膜炎(4.5%~10%)^[5],严重者将导致骨骼坏死、截肢或死亡^[28-30]。新加坡2011—2015年回顾性队列研究408例侵袭性GBS病例中,发现146例为ST283型GBS感染,其中20%以上感染ST283型GBS的患者为健康成人,且ST283感染者更易出现高烧和肌肉骨骼疼痛等症状^[31]。东南亚多国GBS感染临床研究报告显示:97%的ST283感染者为成人,20%~64%的患者有合并症。

2.2 ST283型GBS的传播途径

研究表明,哺乳动物、两栖动物、硬骨鱼类和软骨鱼类均能携带GBS^[32],但ST283型GBS目前仅在人、鱼类、牡蛎和青蛙中被检出^[5,33-34]。流行病学研究显示,人群感染ST283型GBS多与生食淡水鱼有关^[5,32],大部分感染者均有食用生鱼片或未熟透的烤鱼等饮食习惯。新加坡、越南、老挝、泰国、中国香港等地暴发的ST283型GBS感染均与食用或接触生鱼有关^[4,35]。新加坡一项侵袭性GBS感染患者(n=22)病例对照分析表明,食用生鱼片是ST283型感染患者(n=9)的关键危险因素,非ST283型感染患者(n=13)均未食用生鱼片^[36]。2015年新加坡发生的侵袭性GBS暴发事件与食用生鱼片之间同样存在较强的流行病学关联,在当地停售生鱼后疫情迅速缓解,这表明食用生鱼片和感染ST283型有密切关联^[29,36]。这些结果皆证实人群感染ST283型GBS的主要途径为食物摄入,其传播来源为携带ST283

型的淡水鱼类。因此加强对淡水鱼中GBS的监测和污染防治对预防严重侵袭性GBS感染至关重要。

3 淡水鱼中ST283型GBS检出情况

在水环境中,GBS主要来源于人类或动物粪便污染^[21],小部分源自土壤和其他环境的沉积物^[20]。自2001年GBS感染导致阿拉伯海湾的野生鲷鱼大量死亡以来^[37],全球已出现数起GBS感染鱼类事件。广州市于2007年首次暴发养殖罗非鱼感染GBS事件,2010年再次从当地罗非鱼养殖场的病鱼中分离到GBS菌株^[38]。此外,2014年广西多个城市罗非鱼GBS的总检出率为4.46%^[39]。鱼类感染GBS被认为是一种“温水”链球菌病,水温过高时易致鱼应激,降低鱼对GBS的免疫力,同时较高水温也有益于GBS生存。此外因温度过高和养殖密度过大,易发生水质恶化、水中溶氧度降低、鱼群体表受损等使鱼群更易感染GBS。巴西和马来西亚水产养殖的监测数据表明,当水温高于27℃时,养殖罗非鱼更易感染GBS^[40-41]。在广东省、广西等南方沿海地区或部分夏季天气炎热的省市,淡水鱼也易发生GBS感染。罗非鱼感染GBS的主要症状为脑神经组织损伤、经血液循环导致机体多处代谢器官损伤、全身性出血等^[42]。我国鱼源GBS主要流行型别为ST1和ST7。

ST283及ST1311、ST491等重要变体型的GBS主要流行于东南亚地区,已在新加坡市售淡水鱼(草鱼、白鲢、胖头鱼和罗非鱼)、泰国、马来西亚、越

南、巴西的罗非鱼养殖场中检出^[5],在中国香港销售食用的淡水鱼中同样能够检出,详见表 2。此外,在我国广东地区养殖的虎纹蛙中也有检出相关变体 ST739 型 GBS 的报道^[43]。我国内陆地区尚未报道

ST283 型 GBS 导致的鱼类或人群感染事件,但鉴于 ST283 的高致病性和以食物为传播媒介的特点,在我国人群及鱼类中的感染率与感染水平尚不明确,需加大对该病原菌的关注及防治。

表 2 鱼类 GBS 相关的感染事件

Table 2 Fish GBS-related infection events

国家/地区	年份	研究样本	样本来源	样本数量(n)	感染后症状	GBS 分型	参考文献
泰国	2000—2010	罗非鱼	—	—	—	ST283	[35]
新加坡	2015—2016	罗非鱼、亚洲鳊鱼、草鱼、黑鲢等	港口 消费市场	港口 (586) 消费市场 (393)	—	ST283 港口 1%,新鲜农产品市场 28.2%,小吃摊淡水鱼 14.3%	[44]
马来西亚	2007—2008	罗非鱼	9 个农场	28	—	ST283	[5]
越南	2016	罗非鱼	5 个农场	34	游泳不稳定或眼球突出	ST283	
广州	2010	罗非鱼	—	19	游泳不稳定或眼球突出	—	[38]
广西	—	罗非鱼	—	672	—	GBS 检出率 4.46%	[39]

注:“—”为无该项数据

4 淡水鱼 ST283 型防控措施

我国水产养殖规模和水产品出口额常年居世界首位,其中淡水养殖占我国整体市场的 47.6%^[45]。2020 年我国渔业经济总产值达 27 543.47 亿元,水产品总产量 6 549.02 万吨,呈逐年增长趋势^[45-46],2021 年我国水产品出口 375 万吨,出口额 218.79 亿美元,同比增长 14.91%^[46,47]。此外,我国水产品消费方式以鲜活或冷冻淡水鱼类为主,鱼生是部分沿海地区极具特色的传统美食,当地居民及外来游客有食用鱼生的习惯。东南亚多国报道的食源性 ST283 型 GBS 感染涉及的淡水鱼种类多为罗非鱼,罗非鱼也是我国主要养殖的水产品种^[48]。此外,在新加坡的草鱼、白鲢、胖头鱼等鱼类中也曾检出 ST283 型 GBS,上述鱼类也是我国广泛养殖的淡水鱼品种^[5]。虽暂未在我国内陆地区检出 ST283 型,但随着全球贸易和流通的飞速增长,新发食源性疾病和食物相关疾病存在跨区域传播风险,因此预防新发传染病传播风险尤为重要。

既往出现 GBS 感染事件的城市,因淡水鱼在捕捞、运输和加工等环节的操作不规范,使养殖水产品及其相关工作人员感染 GBS,进而在销售过程中引起食物相关接触性疾病的发生和传播。相关单位应加强对养殖、运输及加工等步骤的安全监管并制定和完善相关政策法规。

良好的渔场管理能有效地预防和控制 GBS 的引入、繁殖和传播。在引入鱼苗时,应先对养殖场所和设备进行物理清洗和干燥;养殖过程中需选择合适的消毒方式定期对养殖场进行消毒并及时清理病鱼死鱼。良好的水质是水产养殖系统中的重要因素,当水质较差时水生环境中各种致病菌的生长速度加快,增加了养殖鱼感染 GBS 的风险。鱼类产品应在冷链中以严格的卫生标准储存、分配和处

理,同时不同品种鱼类产品应分别存放避免交叉污染。消费者在处理 and 食用淡水鱼过程中,应避免被生鱼划伤或与身体伤口接触,并将其烹饪至全熟,避免摄入携带 GBS 病原体的食物。

此外,研究表明接种疫苗^[49]可以有效抑制养殖鱼类发生 GBS 感染。但由于成本高、知识有限及疫苗的可获得性有限,尚不能普遍地使用疫苗接种法来降低 GBS 的感染率。

5 展望

食源性疾病是指通过摄食而进入人体的有毒有害物质等致病因子所造成的疾病。除摄入被污染食品引起疾病以外,还可通过接触被污染食品引起。如 2005 年,四川省暴发了猪链球菌导致的新发突发传染病重大疫情中,报告有因接触病死猪后引发休克性感染病例^[50]。近 3 年暴发的新冠疫情也提示,在特定条件下,冷链食品贸易、物流物品及其包装可成为远距离传播引发新冠疫情的载体^[51-52]。食品及其包装作为致病菌传播载体的风险引起科学家的关注。

2021 年,中国香港 ST283 型 GBS 感染引起的食物相关侵袭性暴发事件提示我国内陆地区可能存在潜在的风险。ST283 型 GBS 是目前已知且唯一可以引起食物相关侵袭性疾病的型别,已在多个东南亚国家引起感染暴发事件,目前 ST283 型在我国内陆虽食物暴露途径较少,但中国香港及世界多国报告的事件中有较多因接触淡水鱼引起的感染。对此,我们必须提高关于 ST283 型 GBS 在淡水鱼中的污染情况及其对人群造成感染危害的风险意识。

我国作为淡水鱼养殖和食用大国,对淡水鱼类食品进行安全检测过程中应采用更精准有效的方法。目前 WGS 方法能够有效识别致病菌的型别

(血清或 ST 型)、毒力基因及耐药基因等信息,有助于在暴发食物相关疾病时对致病菌进行快速鉴定和溯源。此外,在我国以水产养殖为主要经济来源的地区,需对淡水鱼传染病及食物相关疾病采用有效的防治措施。在养殖环节,对淡水鱼类水产养殖人员做好培训,提高从业人员传染病防控意识,要时刻注意养殖期间的消毒和防护,力求从源头上杜绝传染源。在生产加工环节,推行危害分析与关键控制点监测体系,对所有工艺流程进行严格把控。在消费环节,建议消费者在食用淡水鱼过程中选择安全食材、注意处理鱼类食材过程中的个人防护、避免与其他食材发生交叉污染、不要生食或食用未熟透鱼类及注意鱼类食材的保存条件。

目前,GBS 并未纳入我国食源性致病菌监测的范畴,且我国尚未发现食源性 GBS 感染事件,其评估数据存在巨大缺口。GBS 感染事件现仅在东南亚等国出现,但随着水产养殖业的扩大和全球经济发展,该类传染病可能传播至世界其他国家。应加强 ST283 型 GBS 检验及分型能力的储备,建立淡水鱼类中该菌株的监测、预警和溯源能力。全面了解关于 ST283 型与淡水鱼生产、加工和消费之间的关系以及关注危害方面存在哪些重大数据缺口,提前做好技术和数据的储备工作,保障消费者的健康和产业安全发展。

参考文献

- [1] TAN S, LIN Y J, FOO K, et al. Group B *Streptococcus* serotype III sequence type 283 bacteremia associated with consumption of raw fish, Singapore[J]. *Emerging Infectious Diseases*, 2016, 22(11): 1970-1973.
- [2] FURFARO L L, CHANG B J, PAYNE M S. Perinatal *Streptococcus agalactiae* epidemiology and surveillance targets[J]. *Clinical Microbiology Reviews*, 2018, 31(4): e00049-e00018.
- [3] JAUNEIKAITE E, KAPATAI G, DAVIES F, et al. Serial clustering of late-onset group B streptococcal infections in the neonatal unit: A genomic re-evaluation of causality[J]. *Clinical Infectious Diseases*, 2018, 67(6): 854-860.
- [4] WANG R, LI L P, HUANG T, et al. Genomic comparison of virulent and non-virulent serotype V ST1 *Streptococcus agalactiae* in fish[J]. *Veterinary Microbiology*, 2017, 207: 164-169.
- [5] BARKHAM T, ZADOKS R N, AZMAI M N A, et al. One hypervirulent clone, sequence type 283, accounts for a large proportion of invasive *Streptococcus agalactiae* isolated from humans and diseased tilapia in Southeast Asia [J]. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2019, 13(6): e0007421.
- [6] 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 Y Q, WANG K Y. Research progress on fish *Streptococcus agalactiae* disease. *China Animal Husbandry & Veterinary Medicine*, 2016, 43(9): 2490-2495.
- [7] Risk Profile Group B *Streptococcus* (GBS) *Streptococcus agalactiae* sequence type (ST) 283 in freshwater fish[R]. FAO, 2021.
- [8] 陆承平. 兽医微生物学[M]. 4版. 北京: 中国农业出版社, 2007.
LU C P. *Veterinary microbiology*[M]. 4th edition. Beijing: China Agriculture Press, 2007.
- [9] 张行, 李新圃, 杨峰, 等. 无乳链球菌研究进展[J]. *中国兽医学报*, 2020, 40(4): 864-872.
ZHANG H, LI X P, YANG F, et al. Research progress of *Streptococcus agalactiae* [J]. *Chinese Journal of Veterinary Science*, 2020, 40(4): 864-872.
- [10] 杨育芳, 梁琳琳, 孙雪南, 等. B群链球菌的培养及优化研究[J]. *微生物学杂志*, 2006, 26(3): 31-34.
YANG Y F, LIANG L L, SUN X N, et al. Culture of group B *Streptococcus* and its optimization[J]. *Journal of Microbiology*, 2006, 26(3): 31-34.
- [11] ZHAN X M, ZHU Z W, SUN D W. Effects of pretreatments on quality attributes of long-term deep frozen storage of vegetables: A review[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2019, 59(5): 743-757.
- [12] 赵晶, 韩先乐. 无乳链球菌致病因子的研究进展[J]. *安徽农学通报*, 2019, 25(10): 77-78.
ZHAO J, HAN X L. Advances in research on pathogenic factors of *Streptococcus agalactiae* [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2019, 25(10): 77-78.
- [13] 吴汉勇. B群链球菌四种鉴定方法比较[J]. *中国人兽共患病杂志*, 1997, 13(6): 43-44.
WU H Y. Comparison of four identification methods for group B *Streptococcus* [J]. *Chinese Journal of Zoonoses*, 1997, 13(6): 43-44.
- [14] HEELAN J S, STRUMINSKY J, LAURO P, et al. Evaluation of a new selective enrichment broth for detection of group B streptococci in pregnant women [J]. *Journal of Clinical Microbiology*, 2005, 43(2): 896-897.
- [15] 许基平, 王频佳. B群链球菌快速检测方法研究进展[J]. *检验医学与临床*, 2011, 8(19): 2380-2381.
XU J P, WANG P J. Research progress on rapid detection methods of group B *Streptococcus* [J]. *Laboratory Medicine and Clinic*, 2011, 8(19): 2380-2381.
- [16] KE D B, MENARD C, PICARD F J, et al. Development of conventional and real-time PCR assays for the rapid detection of group B streptococci [J]. *Clinical Chemistry*, 2000, 46(3): 324-331.
- [17] ROTHEN J, SAPUGAHAWATTE D N, LI C, et al. A simple, rapid typing method for *Streptococcus agalactiae* based on ribosomal subunit proteins by MALDI-TOF MS [J]. *Scientific Reports*, 2020, 10(1): 8788.
- [18] LU B, WANG D, ZHOU H, et al. Distribution of pilus Islands and alpha-like protein genes of group B *Streptococcus* colonized in pregnant women in Beijing, China [J]. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 2015, 34(6): 1173-1179.
- [19] 袁伟. 中国罗非鱼源无乳链球菌流行特征及耐药性研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017.

- YUAN W. Epidemiological characteristics and drug resistance of *Streptococcus agalactiae* isolated from *Tilapia* in China [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2017.
- [20] NI T E, HO C M, LIN H J, et al. Multilocus sequence typing of invasive group B *Streptococcus* in central area of Taiwan [J]. Journal of Microbiology Immunology, and Infection=Wei Mian Yu Gan Ran Za Zhi, 2011, 44(6): 430-434.
- [21] SAPUGAHAWATTE D N, LI C, DHARMARATNE P, et al. Prevalence and characteristics of *Streptococcus agalactiae* from freshwater fish and pork in Hong Kong wet markets [J]. Antibiotics (Basel, Switzerland), 2022, 11(3):397.
- [22] VAN DER MEE-MARQUET N, FOURNY L, ARNAULT L, et al. Molecular characterization of human-colonizing *Streptococcus agalactiae* strains isolated from throat, skin, anal margin, and genital body sites[J]. Journal of Clinical Microbiology, 2008, 46(9): 2906-2911.
- [23] IP M, CHEUK E S C, TSUI M H Y, et al. Identification of a *Streptococcus agalactiae* serotype III subtype 4 clone in association with adult invasive disease in Hong Kong[J]. Journal of Clinical Microbiology, 2006, 44(11): 4252-4254.
- [24] SALLOUM M, VAN DER MEE-MARQUET N, DOMELIER A S, et al. Molecular characterization and prophage DNA contents of *Streptococcus agalactiae* strains isolated from adult skin and osteoarticular infections [J]. Journal of Clinical Microbiology, 2010, 48(4): 1261-1269.
- [25] AIEWSAKUN P, RUANGCHAI W, THAWORNWATTANA Y, et al. Genomic epidemiology of *Streptococcus agalactiae* ST283 in Southeast Asia[J]. Scientific Reports, 2022, 12(1): 4185.
- [26] LUANGRAJ M, HIESTAND J, RASPHONE O, et al. Invasive *Streptococcus agalactiae* ST283 infection after fish consumption in two sisters, Lao PDR[J]. Wellcome Open Research, 2022, 7: 148.
- [27] 卫生防护中心汇报侵入性乙型链球菌菌群爆发个案最新情况[N]. 香港特别行政区政府新闻公报, 2021-10-21.
The Centre for Health Protection (CHP) reports an update on the outbreak of invasive B *Streptococcus*. Press releases of the Hong Kong Special Administrative Region Government, 2021-10-21.
- [28] ESKANDARIAN N, NEELA V, ISMAIL Z, et al. Group B streptococcal bacteremia in a major teaching hospital in Malaysia: A case series of eighteen patients [J]. International Journal of Infectious Diseases, 2013, 17(9): e777-e780.
- [29] KALIMUDDIN S, CHEN S L, LIM C T K, et al. 2015 epidemic of severe *Streptococcus agalactiae* sequence type 283 infections in Singapore associated with the consumption of raw freshwater fish: A detailed analysis of clinical, epidemiological, and bacterial sequencing data [J]. Clinical Infectious Diseases, 2017, 64(suppl_2): S145-S152.
- [30] FARLEY M M, HARVEY R C, STULL T, et al. A population-based assessment of invasive disease due to group B *Streptococcus* in nonpregnant adults[J]. The New England Journal of Medicine, 1993, 328(25): 1807-1811.
- [31] ONG S W, BARKHAM T, KYAW W M, et al. Characterisation of bone and joint infections due to Group B *Streptococcus* serotype III sequence type 283[J]. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases, 2018, 37(7): 1313-1317.
- [32] RICHARDS V P, VELSKO I M, ALAM T, et al. Population gene introgression and high genome plasticity for the zoonotic pathogen *Streptococcus agalactiae* [J]. Molecular Biology and Evolution, 2019, 36(11):2572-2590.
- [33] PEREIRA U P, MIAN G F, OLIVEIRA I M, et al. Genotyping of *Streptococcus agalactiae* strains isolated from fish, human and cattle and their virulence potential in Nile tilapia[J]. Veterinary Microbiology, 2010, 140(1-2): 186-192.
- [34] CHAU M L, CHEN S L, YAP M, et al. Group B *Streptococcus* in retail food-beyond ST283 and raw fish [J]. Food Control, 2022, 133: 108625.
- [35] DELANNOY C M J, CRUMLISH M, FONTAINE M C, et al. Human *Streptococcus agalactiae* strains in aquatic mammals and fish[J]. BMC Microbiology, 2013, 13: 41.
- [36] RAJENDRAM P, MAR KYAW W, Leo Y S, et al. Group B *Streptococcus* sequence type 283 disease linked to consumption of raw fish, Singapore[J]. Emerging Infectious Diseases, 2016, 22(11): 1974-1977.
- [37] GLIBERT P M, LANDSBERG J H, EVANS J J, et al. A fish kill of massive proportion in Kuwait Bay, Arabian Gulf, 2001: The roles of bacterial disease, harmful algae, and eutrophication [J]. Harmful Algae, 2002, 1(2): 215-231.
- [38] 陈荣荣. 广州地区罗非鱼无乳链球菌分离鉴定及致病生物学研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
CHEN R R. Isolation, identification of *Streptococcus agalactiae* from *Tilapia* in Guangzhou and pathobiologic characterization [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.
- [39] 彭民毅. 广西罗非鱼无乳链球菌病原分离、鉴定及毒力基因检测分析[D]. 南宁: 广西大学, 2014.
PENG M Y. Isolation, identification and detection, analysis of virulence gene of *Tilapia* in Guangxi with *Streptococcus agalactiae* disease[D]. Nanning: Guangxi University, 2014.
- [40] AMAL M N A, SAAD M Z, ZAHRAH A S, et al. Water quality influences the presence of *Streptococcus agalactiae* in cage cultured red hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus* [J]. Aquaculture Research, 2015, 46(2): 313-323.
- [41] MIAN G F. Diversidade populacional, vias de transmissão e virulência de *Streptococcus agalactiae* isolados de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) [J]. Archives De Pédiatrie, 2009, 21(5): 170-171.
- [42] 张新艳, 樊海平, 钟全福, 等. 罗非鱼无乳链球菌的分离、鉴定及致病性研究[J]. 水产学报, 2008, 32(5): 772-779.
ZHANG X Y, FAN H P, ZHONG Q F, et al. Isolation, identification and pathogenicity of *Streptococcus agalactiae* from tilapia[J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(5): 772-779.
- [43] 张德锋, 可小丽, 刘志刚, 等. 中国七种水生动物源无乳链球菌的分子特征及其对斑马鱼的致病性[J]. 水产学报, 2017, 41(11): 1788-1797.
ZHANG D F, KE X L, LIU Z G, et al. Molecular characteristics and the pathogenicity to zebrafish of *Streptococcus agalactiae* strains isolated from seven aquatic animals in China [J]. Journal of Fisheries of China, 2017, 41(11): 1788-1797.

- [44] CHAU M L, CHEN S L, YAP M, et al. Group B *Streptococcus* infections caused by improper sourcing and handling of fish for raw consumption, Singapore, 2015—2016[J]. *Emerging Infectious Diseases*, 2017, 23(12): 2002-2010.
- [45] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2021中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
Ministry of Agriculture and Rural Fisheries Administration, National Fisheries Technology Extension Station, Chinese Fisheries Society. *China Fishery Statistical Yearbook 2021* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2021.
- [46] 万涌蓉. 我国城镇居民水产品消费影响机理研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
WAN Y R. Analysis on influencing mechanism of China's seafoods consumption[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2018.
- [47] 宗禾. 我国渔业经济总产值超2.75万亿元[N]. 中国财经报, 2021-08-12(8).
ZONG H. The total output value of China's fishery economy exceeded 2.75 trillion yuan [N]. *China Financial News*, 2021-08-12(8).
- [48] 张宗锋. 以湛江、茂名海南为例探究我国凡纳滨对虾、罗非鱼养殖现状及面临的问题[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
ZHANG Z F. Take Zhanjiang, Maoming Hainan in China for examples to explore *litopenaeus vannamei's*, and *Tilapia's* culture status and faced problems[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2012.
- [49] PAOLETTI L C, PINEL J, JOHNSON K D, et al. Synthesis and preclinical evaluation of glycoconjugate vaccines against group B *Streptococcus* types VII and VIII [J]. *The Journal of Infectious Diseases*, 1999, 180(3): 892-895.
- [50] 吕强, 吴建林, 袁珩, 等. 四川省人感染猪链球菌病流行病学调查分析[J]. 预防医学情报杂志, 2005, 21(4): 379-383.
LV Q, WU J L, YUAN H, et al. Epidemiological analysis of human infection with swine *Streptococcus* in Sichuan Province [J]. *Journal of Preventive Medicine Information*, 2005, 21(4): 379-383.
- [51] 贾海先, 赵耀. 新冠肺炎通过冷链食品传播的风险研判研究进展[J]. 中国卫生监督杂志, 2021, 28(4): 310-315.
JIA H X, ZHAO Y. Research progress on risk assessment of COVID-19 transmission through cold chain food [J]. *Chinese Journal of Health Inspection*, 2021, 28(4): 310-315.
- [52] 王崇民. 中国疾病预防控制中心在冷链食品外包装分离出新冠活病毒[J]. 食品安全导刊, 2020(31): 14.
WANG C M. A novel coronavirus living virus isolated from cold chain food packaging by China Center for Disease Control and Prevention[J]. *China Food Safety Magazine*, 2020(31): 14.