·营养与食品卫生·

2021—2024 年河南省市售淡水鱼兽药残留监测及暴露风险评估

张利锋,翟志雷,杨瑞春,马青青,王谢,苏永恒
河南省疾病预防控制中心 河南省食品安全风险监测与评价重点实验室,河南 郑州 450016

摘要:目的 了解 2021—2024 年河南省市售淡水鱼兽药残留状况,并评估膳食暴露风险。**方法** 2021—2024 年随机采集淡水鱼样品 186 份,依据《国家食品污染和有害因素风险监测工作手册》中的标准程序检测 6 种喹诺酮类抗生素、2 种麻醉剂和 2 种镇静催眠剂,通过 Excel 和 SAS 软件进行一般性描述分析和 χ^2 检验;结合河南省居民淡水鱼消费量,运用蒙特卡洛原理模拟计算兽药暴露量的概率分布,采用危害商评估健康风险。**结果** 186 份淡水鱼样品中 152 份检出兽药残留,检出率为 81.72%;不合格样品 39 份,不合格率为 20.97%。兽药检出率从高到低依次为恩诺沙星、丁香酚>地西泮>氧氟沙星、奥沙西泮(χ^2=309.867,P<0.001),地西泮的不合格率最高(χ^2=61.822,P<0.001)。不同年度的检出率和不合格率均有统计学差异(χ^2=24.962、19.731,均 P<0.001)。农贸市场和商店淡水鱼兽药的检出率和不合格率差异均无统计学意义(χ^2=0.806,P=0.369;χ^2=2.788,P=0.095)。河南省成年人食用淡水鱼恩诺沙星的 P_{95} 暴露量为 0.11 μg/(kg·BW),占每日允许摄入量(ADI)的 1.77%。丁香酚 P_{95} 暴露量为 4.02 μg/(kg·BW),占 ADI 的 0.16%。**结论** 河南省市售淡水鱼存在一定的兽药残留,但暴露风险总体较低,危害商均小于 1。

关键词:喹诺酮;丁香酚;地西泮;概率评估
中图分类号:R155.5 **文献标志码**:A **文章编号**:1003-8507(2025)15-2755-06
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202503579

Veterinary drug residue monitoring and exposure risk assessment of freshwater fishes on sale in Henan Province from 2021 to 2024

ZHANG Li-feng, ZHAI Zhi-lei,YANG Rui-chun, MA Qing-qing, WANG Xie, SU Yong-heng
Henan Center for Disease Contor and Prevention, Henan Key Laboratory of Food Safety Risk Monitoring and Assessment, Zhengzhou, Henan 450016, China

Abstract: Objective To investigate the veterinary drug residue status of commercially available freshwater fish in Henan Province from 2021 to 2024 and evaluate the dietary exposure risk. **Methods** A total of 186 samples of freshwater fish were randomly collected from 2021 to 2024, and six quinolone antibiotics, two anesthetics and two sedative-hypnotics were detected according to the standard procedures in the "National Food Contamination and Hazardous Factors Risk Monitoring Operation Manual". General descriptive analysis and χ^2 tests were performed using Excel and SAS software. The probability distribution of drug exposure was calculated using Monte Carlo combined with the consumption of freshwater fish in Henan Province, and the health risk was evaluated using the hazard quotient (HQ). **Results** A total of 152 out of 186 freshwater fish samples were detected with veterinary drug residues, with a detection rate of 81.72%; 39 samples were unqualified, with an unqualified rate of 20.96%. The veterinary drug detection rates in descending order were: enrofloxacin, eugenol > diazepam > ofloxacin, oxazepam (χ^2=309.867, P < 0.001), and the unqualified rate of diazepam was the highest (χ^2=61.822, P < 0.001). There were significantly statistical differences in the detection rates and unqualified rates in different years (χ^2=24.962; χ^2=19.731, all P < 0.001). There were no statistically significant differences in the detection rates and unqualified rates of veterinary drugs in freshwater fish between farmers' markets and stores (χ^2=0.806, P=0.369; χ^2=2.788, P=0.095). The P_{95} exposure amount of enrofloxacin in freshwater fish consumed by adults in Henan Province was 0.11 μg/(kg·BW), accounting for 1.77% of the ADI. The P_{95} exposure of eugenol was 4.02 μg/(kg·BW), accounting for 0.16% of the ADI. **Conclusion** Veterinary drug residues were present in freshwater fish sold in Henan Province, but the overall exposure risk was low, with all HQ less than 1.

Keywords: Quinolone; Eugenol; Diazepam; Probability assessment

基金项目:河南省医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20190677)
作者简介:张利锋(1985—),女,硕士,副主任技师,研究方向:食品安全及食品营养监测
通信作者:张利锋,E-mail:zlf201@163.com

随着全球水产养殖业的快速发展,淡水鱼作为重要的蛋白质来源,在满足人类日益增长的食品需求方面发挥着重要作用。然而,为了提高养殖效率和预防疾病,部分养殖户和商家可能会违规使用药物,其中喹诺酮类、丁香酚类和地西泮类药物的使用尤为引人关注。这些药物虽然在短期内能够有效控制疾病,提高鱼虾存活率,但残留可能对人类健康和生态环境构成潜在威胁。

喹诺酮类药物作为一类高效广谱抗菌剂,在水产养殖中被广泛用于防治细菌性疾病。然而,大量研究表明[1–2],喹诺酮类药物残留可能导致细菌耐药性增加,进而降低人类临床治疗的效果。丁香酚类化合物具有麻醉、抗应激等特性,广泛用于鱼类的运输和暂养过程中。有报道[3],丁香酚具有肝毒性、胚胎毒性、并能导致代谢性酸中毒。地西泮类化合物作为一种苯二氮卓类中枢神经系统抑制剂,被用于水产养殖和运输过程中。然而,地西泮类药物在鱼体内残留是永久性的,可通过食物链传递给人类,可能引起人体嗜睡疲乏、动作失调、精神混乱等症状[4]。

近年来,多地[5–7]的淡水鱼检测结果显示,喹诺酮类药物尤其是恩诺沙星(恩诺沙星与环丙沙星之和)的使用频率较高。此外,丁香酚类和地西泮类药物在鱼类运输过程中具有显著的镇静等作用,应用前景广阔,已成为研究热点。值得注意的是,我国目前对丁香酚作为渔用麻醉剂的使用尚无明确规定。然而,河南省关于淡水鱼中上述兽药残留的研究相对较少。为全面了解河南省市售淡水鱼中兽药残留现状,本研究对 2021—2024 年河南地区淡水鱼中 10 种兽药(包括喹诺酮类、丁香酚类、地西泮类)的监测结果进行分析,并采用概率评估方法对残留兽药的膳食暴露风险进行科学评估,旨在为有关部门加强监管和制定限量标准提供科学依据和数据支撑。

1　材料与方法

1.1　样本来源　参考国家食品化学污染物监测计划，结合河南省地域特征和人口分布情况,2021—2024 年在河南省郑州市、济源市、开封市、洛阳市、南阳市、平顶山市、信阳市、新乡市、周口市、安阳市、漯河市、三门峡市和商丘市共计 13 个地市随机采集鲜活淡水鱼样品 186 份,其中农贸市场 102 份,商店(超市、便利店、专营店)84 份。2021 年 45 份,2022 年 45 份,2023 年 46 份,2024 年 50 份。

1.2　检测方法　参照《国家食品污染和有害因素风险监测工作手册》的标准程序分别监测淡水鱼中 6 种喹诺酮类抗生素(恩诺沙星、环丙沙星、诺氟沙星、氧氟沙星、培氟沙星、洛美沙星)、2 种麻醉剂[丁香酚、3– 氨基苯甲酸乙酯甲基磺酸盐(MS–222)]、2 种镇静催眠剂(地西泮、奥沙西泮),采用超高效液相色谱 – 串联质谱法分别进行测定,内标法定量。

1.3　评价标准　依据《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》(GB 31650—2019)[8] 中恩诺沙星(恩诺沙星与环丙沙星之和)≤100 μg/kg、地西泮不得检出(允许做治疗使用,但不得在动物性食品中检出),《食品安全国家标准 食品中 41 种兽药最大残留限量》(GB 31650.1—2022)[9]中洛美沙星、诺氟沙星、氧氟沙星、培氟沙星均为≤2 μg/kg，农业农村部第 176 号公告《禁止在饲料和动物饮用水中使用的药物品种目录》[10]中奥沙西泮禁止使用。对有限量标准的兽药,残留量超过标准限值即判定为不合格;禁止检出的兽药,检出则判定为不合格。丁香酚在水产品的应用我国目前暂无相关标准，因此暂不做合格评价，仅考虑检出情况。

1.4　评估方法

1.4.1　概率评估　采用联合国粮食及农业组织和世界卫生组织(FAO/WHO)推荐的《食品中化学物风险评估原则和方法》中概率评估方法[11]建立淡水鱼中兽药摄入评估模型:$EDIc=(Ci \times Fi)/BW$。$EDIc$ 为人群通过淡水鱼暴露于兽药的量[μg/(kg·BW·d)],Ci 为食品中兽药含量(μg/kg),Fi 为食物消费量(g/d),BW 为成年人体重(kg)。利用 Crystal ball 软件进行变量分布拟合,采用拉丁超立方抽样方法,随机抽取 10 000 次,利用 Monte Carlo 模拟得到成人通过淡水鱼兽药暴露量概率分布。

1.4.2　风险特征描述　用危害商（hazard quotient, HQ)评估食用淡水鱼中兽药暴露风险,计算公式为:$HQ=EDIc/ADI$,ADI（每日允许摄入量）为健康指导值。$HQ<1$,认为药物暴露风险较低,可以接受;$HQ \geq 1$,认为药物暴露风险较高,应予以关注。

1.5　统计分析　用 EXCEL 录入样品信息及数据信息,用 SAS 9.2 软件进行统计分析,用平均值、中位数、P_{75}、P_{90}、P_{95}、最大值进行定量描述，用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法比较率间差异,检验水准 $\alpha=0.05$。

1.6　质量控制　分析实际样品前，对检测方法进行方法确认,确保其适用性和可靠性;参加国家有关机构组织的能力验证,保证实验室达到可接受的准确度和精密度水平。实际分析样品时,每 15 个样品做一次方法空白试验、一个平行样、一个标准点、一个加标样品、一个质控样品(标准参考物质),以监测实验过程的稳定性和准确性，各试验结果应在预期范围内,否则需要查找原因并重新进行实验。

2　结　果

2.1　总体情况　186 份淡水鱼样品共 152 份检出兽药残留,检出率为 81.72%;不合格样品 39 份,不合格率为 20.97%。检出样品中,64 份样品检出 2 种兽药,占检出样品的 42.10%;15 份样品检出 3 种兽药,占检出样品的 9.87%。不合格样品中,5 份样品恩诺沙星超出限量标准, 占比为 12.82%;29 份样品检出地西泮,占比为 74.36%;3 份样品检出奥沙西泮,占比为 7.69%;2 份样品检出地西泮及恩诺沙星超出限量标准,占比为 5.13%。

2.2　淡水鱼中兽药残留情况　共检出 5 种兽药残留,恩诺沙星、氧氟沙星、丁香酚、地西泮、奥沙西泮的检出率差异有统计学意义(χ^2=309.867,P<0.001),检出率从高到低依次为恩诺沙星、丁香酚>地西泮>氧氟沙星、奥沙西泮。3 种兽药残留不符合国家限量标准,恩诺沙星、地西泮、奥沙西泮的不合格率差异有统计学差异(χ^2=61.822,P<0.001),地西泮的不合格率最高。诺氟沙星、培氟沙星、洛美沙星、MS-222 没有检出。见表 1。

表 1　淡水鱼中不同种类兽药残留情况

Table 1　Residue situations of different types of veterinary drugs in freshwater fish

兽药类别	检出数	检出率(%)	不合格数	不合格率(%)	检测值(μg/kg)					
					平均值	中位数	P_{75}	P_{90}	P_{95}	最大值
恩诺沙星	112	60.22	7	3.77	17.04	3.00	10	52.21	71.13	432
氧氟沙星	1	0.54	0	0	ND	ND	ND	ND	ND	1.39
丁香酚	99	53.22	—	—	362.26	3.52	139	1 022	2 333	9 345
地西泮	31	16.67	31	16.67	0.71	ND	ND	0.55	1.03	11.80
奥沙西泮	3	1.61	3	1.61	ND	ND	ND	ND	ND	3.12

注:ND 为未检出;—表示无限量标准,无法判定。

2.3　不同年度淡水鱼中兽药残留情况　2021—2024 年淡水鱼中兽药的检出率分别为 60.00%(27/45)、77.78%(35/45)、97.83%(45/46)、90.00%(45/50),不合格率分别为 4.44%(2/45)、31.1%(14/45)、37.8%(17/46)、12.0%(6/50)。年度检出率和不合格率差异均有统计学意义(χ^2=24.962、19.731,P 均<0.001)。其中,2023 和 2024 年的检出率高于 2021 和 2022 年,2023 年的不合格率最高。见表 2。

表 2　不同年度淡水鱼中兽药残留情况(%)

Table 2　Situation of veterinary drug residues in freshwater fish in different years (%)

年度(年)	恩诺沙星		氧氟沙星		丁香酚		地西泮		奥沙西泮	
	检出率	不合格率	检出率	不合格率	检出率	不合格率	检出率	不合格率	检出率	不合格率
2021	33.33 (15/45)	4.44 (2/45)	0	0	37.78 (17/45)	—	0	0	0	0
2022	60.00 (27/45)	4.44 (2/45)	0	0	31.11 (14/45)	—	20.00 (9/45)	20.00 (9/45)	6.67 (3/45)	6.67 (3/45)
2023	80.43 (37/46)	4.35 (2/46)	0	0	71.74 (33/46)	—	34.78 (16/46)	34.78 (16/46)	0	0
2024	66.00 (33/50)	2.00 (1/50)	2.00 (1/50)	0	70.00 (35/50)	—	12.00 (6/50)	12.00 (6/50)	0	0

注:ND 为未检出;—表示无限量标准,无法判定。

2.4　不同流通环节淡水鱼中兽药监测情况　农贸市场淡水鱼样品的兽药检出率为 79.41%(81/102),不合格率为 25.49%(26/102);商店(超市、便利店、专营店)的检出率为 84.52%(71/84),不合格率为 15.48%(13/84)。农贸市场和商店淡水鱼兽药的检出率和不合格率差异均无统计学意义(χ^2=0.806,P=0.369;χ^2=2.788,P=0.095)。见表 3。

2.5　膳食暴露风险评估结果　本研究仅对检出率较高且具有 ADI 值的恩诺沙星和丁香酚开展暴露评估。暴露风险评估中的变量拟合分布见表 4。由表 5 可见,河南省成年人每天通过淡水鱼恩诺沙星的平均暴露量为 0.03 μg/(kg·BW), 占 ADI (6.2 [μg/(kg·BW·d)]) 的 0.48%,P_{95} 暴露量为 0.11 μg/(kg·BW),占 ADI 的 1.77%。河南省成年人每天通过淡水鱼丁香酚的平均暴露量为 1.25 μg/(kg·BW), 占 ADI(2.5 [mg/(kg·BW·d)]) 的 0.05%,P_{95} 暴露量为 4.02 μg/(kg·BW),占 ADI 的 0.16%。河南省成年人食用淡水鱼暴露量均未超过对应的 ADI 值,HQ 均小于 1,提示河南省成年人通过淡水鱼暴露恩诺沙星、丁香酚的风险较低。

表 3　不同流通环节淡水鱼中兽药残留情况(%)

Table 3　Veterinary drug residues in freshwater fish at different circulation links (%)

流通环节	恩诺沙星		氧氟沙星		丁香酚		地西泮		奥沙西泮	
	检出率	不合格率	检出率	不合格率	检出率	不合格率	检出率	不合格率	检出率	不合格率
农贸市场	54.90 (56/102)	4.90 (5/102)	0	0	52.94 (54/102)	—	19.61 (20/102)	19.61 (20/102)	1.96 (2/102)	1.96 (2/102)
商店	66.67 (56/84)	2.38 (2/84)	1.19 (1/84)	0	53.57 (45/84)	—	13.10 (11/84)	13.10 (11/84)	1.19 (1/84)	1.19 (1/84)

表 4　淡水鱼中兽药膳食暴露评估各变量拟合分布

Table 4　Fitting distribution of various variables in veterinary drug dietary exposure assessment of freshwater fish

变量名称	拟合分布	数据来源
恩诺沙星浓度(μg/kg)	Lognorm(1.50,2.07)	食品安全风险监测
丁香酚浓度(μg/kg)	Lognorm(3.15,4.30)	食品安全风险监测
淡水鱼摄入量(g/d)	Uniform(40,75)	居民营养与健康监测
体重(kg)	Uniform(59,69)	居民营养与健康监测

表 5　成人恩诺沙星和丁香酚的暴露量概率分布[μg/(kg·BW·d)]

Table 5　Probability distribution of exposure amounts of enrofloxacin and eugenol in adults [μg/(kg·BW·d)]

兽药	均值	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}	P_{95}
恩诺沙星	0.03	0.00	0.01	0.02	0.06	0.11
丁香酚	1.25	0.02	0.10	0.43	1.69	4.02

3　讨　论

监测结果显示，186 份样品中兽药的检出率为 81.72%，提示淡水鱼中兽药的普遍使用。检出样品中，检出 2 种及 2 种以上兽药比例为 51.97%；不合格样品中，两种兽药均不合格占比为 5.13%。提示需警惕联合用药所带来的毒性增强、耐药性增加等多种复杂风险。

监测结果显示，淡水鱼中恩诺沙星和丁香酚的检出率均大于 50%，分别为 60.22%和 53.22%，恩诺沙星的不合格率为 3.77%。表明这两种药物在水产养殖和运输中被广泛使用。对比国内其它省、市研究结果[12-14]，表明不同地区的检测结果存在一定的差异。这种差异与多方面的因素有关，一是各地不同的养殖模式和用药习惯是影响兽药残留的关键因素。池塘养殖、网箱养殖等不同的养殖方式、预防用药和规范用药等不同的给药习惯直接影响药物的使用频率和残留水平。二是土壤和水体等环境因素对兽药的残留水平也有重要影响。不同地区水质、土壤成分的差异，可能会影响药物的代谢和残留情况。三是各地监管力度存在差异。严格的监管能有效降低药物滥用和残留风险，而监管相对薄弱的地区可能面临着更高的药物残留。四是样本种类、采集时间不同也会导致检测结果的差异。不同种类的淡水鱼对药物的代谢能力不同，且药物残留水平可能随时间变化。恩诺沙星残留最大值为 432 μg/kg，超过限量标准的 4 倍。丁香酚残留最大值为 9 345 μg/kg，中位数为 3.52 μg/kg，相差 2 654 倍，检出残留差异较大。我国于 2021 年发布了水产品中丁香酚的检测标准，但尚未制定其在淡水鱼中的残留标准。目前，世界各国对丁香酚能否作为鱼类麻醉剂存有争议，日本、澳大利亚、芬兰等国家允许丁香酚作为合法的水产麻醉剂，但通常要求经过一定的休药期后才可上市；欧盟、美国对丁香酚的使用则较为谨慎。有研究表明，丁香酚对啮齿动物有致癌性或潜在的致癌性[15]，因此存在一定的安全隐患，亟待有关部门开展淡水鱼中丁香酚的健康风险评估并制定相应的残留限量标准，加强监管，确保人民群众的生命健康。

监测结果显示，地西泮的不合格率最高，为 16.67%，残留最大值为 11.80 μg/kg。奥沙西泮不合格率为 1.61%，检出最大值为 3.12 μg/kg。提示地西泮的使用存在违规现象，如不遵守休药期、超剂量使用等。地西泮化学性质稳定，半衰期长，在生物体内难以代谢掉。奥沙西泮作为地西泮的活性代谢产物，性质不如地西泮稳定，其残留量也相对较低。

监测结果显示，2023 和 2024 年淡水鱼中兽药的检出率高于 2021 和 2022 年，年度检出率有增高的趋势，这可能是一是因为检测方法的灵敏度和准确性不断提高，能够检测到更低浓度的兽药残留，从而导致检出率上升。二是滥用兽药，尤其是用于活鱼运输的麻醉剂丁香酚因无限量标准，存在监管盲区，其在 2023 和 2024 年的检出率是 2021 和 2022 年的二倍左右。三是长期使用兽药可能导致环境中药物残留累积，进而通过土壤、水等途径污染养殖环境，最终影

响淡水鱼质量。另外,2023 年的不合格率最高,提示地西泮的违规使用,需引起高度重视并加以严格监管。

监测结果显示,农贸市场和商店市售淡水鱼中兽药检出率和不合格率差异均无统计学意义,表明这两种销售渠道均存在兽药残留问题，提示监管力度相当,养殖源头可能相同、运输和存养等条件也可能较为相似。

研究结果显示,河南省成年人每天通过淡水鱼恩诺沙星的 P_{95} 暴露量为 0.11 μg/（kg·BW）,*HQ* 为 0.017 7;丁香酚的 P_{95} 暴露量为 4.02 μg/(kg·BW),*HQ* 为 0.001 6。两者的 *HQ* 均小于 1,提示河南省食用淡水鱼人群恩诺沙星和丁香酚的健康暴露风险较低。本研究采用基于蒙特卡洛模拟的概率评估方法研究检出率较高的恩诺沙星和丁香酚的暴露风险,与传统的点评估相比较，该方法在样本量较少的情况下,通过计算不同结果的概率分布,能提供相对可靠和科学的评估,更好的反映实际情况,并更全面的反应不确定性,从而为风险管理和决策提供更有力的支持。

综上,本监测研究的是 2021—2024 年河南省 13 个地市市售淡水鱼的兽药残留,样品覆盖商店和农贸市场,代表性好;检测前接受全国统一质控,数据质量高;概率评估暴露风险更具科学性和实用性。但由于本次评估中使用的数据和资料的原因,存在一定的局限性和不确定性。一是未考虑未成年人的膳食暴露风险;二是评估模型中使用的膳食摄入量和体重数据来源于 2015 年河南省居民营养和健康监测，而非基于最新建立的完整的摄入量和体重数据库。随着时间的推移，居民的体重分布和膳食结构会发生变化,这可能会影响评估结果的准确性。此外,兽药暴露风险还来源于畜肉、禽肉等多种动物性食品,仅评估淡水鱼中兽药残留风险是不够的,需考虑多种动物性食品的累积暴露风险,以更全面的评估居民的健康风险。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] 曲梅,田祎,黄瑛,等. 2018-2021 年北京市沙门菌血清型及喹诺酮类耐药表型和基因型分析 [J]. 现代预防医学,2022,49(13):2413-2419.
Qu M, Tian Y, Huang Y, et al. Serotypes and quinolone resistant phenotypes and genotypes of Salmonella strains in Beijing, 2018-2021 [J]. Modern Preventive Medicine, 2022, 49 (13): 2413-2419.(In Chinese)

[2] 张利锋,杨瑞春,袁鹏,等. 2016-2019 年河南省市售猪肉中喹诺酮类抗生素残留水平和膳食暴露评估[J]. 河南预防医学杂志,2021,32(9):662-665.
Zhang LF, Yang RC, Yuan P, et al. Residual level and exposure assessment of quinolone antibiotics in pork sold in Henan province from 2016 to 2019 [J]. Henan Journal of Preventive Medicine, 2021, 32(9): 662-665.(In Chinese)

[3] Program NT. NTP toxicology and carcinogenesis studies of methyleugenol (CAS NO.93-15-2)in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies)[J]. National Toxicology Program Technical Report Series, 2000, 491: 1-412.

[4] 周华,黄琴,吴香伦,等. 分散固相萃取 - 液相色谱 - 串联质谱法快速同时测定淡水鱼中 7 种渔用麻醉剂和 2 种镇静剂[J]. 中国食品卫生杂志,2023,35(4):522-528.
Zhou H, Huang Q, Wu XL, et al. Rapid and simultaneous determination of 7 kinds of fishery anesthetics and 2 kinds of sedatives in freshwater fish by dispersive solid phase extraction liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2023, 35(4): 522-528.(In Chinese)

[5] 徐文珍,倪承珠,郝伟,等. 台州市养殖水产品中喹诺酮类残留分析及评价[J]. 中国卫生检验杂志,2022,32(3):382-384.
Xu WZ, Ni CZ, Hao W, et al. Residual analysis and risk evaluation of quinolone antibiotics in aquatic products in Taizhou City[J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2022, 32 (3): 382-384.(In Chinese)

[6] 贝亦江,周钦,周以琳,等. 2018—2019 年浙江省养殖水产品中 6 种喹诺酮类药物残留分析及风险评估[J]. 食品安全质量检测学报,2021,12(5):2011-2017.
Bei YJ, Zhou Q, Zhou YL, et al. Analysis and risk assessment of 6 quinolones residues in aquatic products in Zhejiang province from 2018 to 2019 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(5): 2011-2017.(In Chinese)

[7] 方兰云,潘胜东,陆蓓蓓,等. 2018-2020 年宁波市动物源性食品中喹诺酮和四环素类兽药残留污染状况及暴露评估 [J]. 卫生研究,2022,51(1):113-117.
Fang LY, Pan SD, Lu BB, et al. Contamination status and the health risk evaluation of dietary exposure of quinolone and tetracycline antibiotics in animal derived foods in Ningbo City from 2018 to 2020 [J]. Journal of Hygiene Research, 2022, 51(1): 113-117.(In Chinese)

[8] 中华人民共和国农业农村部,中华人民共和国国家卫生健康委员会,国家市场监督管理总局. GB 31650-2019 食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量[S]. 北京:中国标准出版社,2020.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. GB 31650-2019 National food safety standard-Maximum residue limits for veterinary drugs in foods [S]. Beijing: Standards Press of China, 2020. (In Chinese)

[9] 中华人民共和国农业农村部,中华人民共和国国家卫生健康委员会，国家市场监督管理总局. GB 31650.1-2022 食品安全国家标准 食品中 41 种兽药最大残留限量[S]. 北京:中国标准出版社,2023.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. GB 31650.1-2022 National food safety standard—Maximum residue limits for 41 veterinary drugs in foods[S]. Beijing: Standards Press of China, 2023.(In Chinese)

[10] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业部公告 第 176 号 公 告 [EB/OL]. [2025-05-25]. https://www.gov.cn/zhengce/

zhengceku/2019-10/22/content_5443551.htm.
Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Announcement No. 176 of the ministry of agriculture of the People's Republic of China [EB/OL]. [2025-05-25]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-10/22/content_5443551.htm.(In Chinese)
[11] FAO. WHO principles and methods for the risk assessment of chemicals in food[M]. Geneva: World Health Organization, 2012.
[12] 翟纹静,朱振华,陈娟,等. 2018 年江苏部分地区流通环节水产品中麻醉剂和多种抗生素残留检测[J]. 卫生研究,2020,49(2):313-316.
Zhai WJ, Zhu ZH, Chen J, et al. Detection of anesthetics and multiple antibiotic residues in aquatic products in the circulation link in some areas of Jiangsu in 2018 [J]. Journal of Hygiene Research, 2020, 49(2): 313-316.(In Chinese)
[13] 纪律,刘晓俊,万正杨,等. 2021 年湖北省 4 个城市市售淡水鱼中兽药及非法添加残留监测结果分析 [J]. 职业与健康,2022,38(23):3292-3295.
Ji L, Liu XJ, Wan ZY, et al. Analysis on motoring results of veterinary drugs and illegal additives residues in commercially available freshwater fish in four cities of Hubei Province in 2021[J]. Occupation and Health, 2022, 38(23): 3292-3295.(In Chinese)
[14] 柏品清,任亚萍,胡卉,等. 2021-2022 年上海市浦东新区市售淡水鱼中麻醉剂的残留状况及膳食暴露风险评估[J]. 职业与健康,2023,39(20):2778-2780.
Bai PQ, Ren YP, Hu H, et al. Status and dietary exposure risk assessment of anesthetic residues in commercially available freshwater fish in Pudong New Area of Shanghai from 2021-2022[J]. Occupation and Health, 2023, 39(20): 2778-2780.(In Chinese)
[15] 邵曼,姚欢,余晓琴. 水产品及养殖水中丁香酚类化合物风险研究[J]. 食品安全质量检测学报,2021,12(8):3352-3357.
Shao M, Yao H, Yu XQ. Research on the risk of eugenol drug residues in aquatic products and aquaculture water [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(8): 3352-3357.(In Chinese)

收稿日期:2025-03-31

(上接第 2748 页)

Clin Sleep Med, 2022, 18(2): 541-551.
[15] Sun RC, Zhang CL, Lv KY, et al. Identifying the risk features for occupational stress in medical workers: a cross-sectional study[J]. International Archives of Occupational and Environmental Health, 2022, 95(2): 451-464.
[16] 孙瑞灿,吕柯瑶,陈小方,等. 工作适配、职业紧张在医务人员职业性疲劳和抑郁症状间的链式中介效应分析[J]. 现代预防医学,2024,51(9):1665-1670, 1688.
Sun RC, Lv KY, Chen XF, et al. Analysis of chain mediating effect of job adaptation and occupational stress between occupational fatigue and depression in medical staff [J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(9): 1665-1670, 1688.(In Chinese)
[17] 孙瑞灿,吕柯瑶,丰国文,等. 工作适配在医务人员职业应激与焦虑症状关系间的中介效应分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志,2022,40(7):495-500.
Sun RC, Lv KY, Feng GW, et al. The mediating role of worker-occupation fit between occupational stress and anxiety symptoms in medical staff [J]. Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 2022, 40(7): 495-500.(In Chinese)
[18] 孙瑞灿, 兰亚佳. 护理人员工作适配与职业紧张的关联研究[J]. 中华预防医学杂志,2020,54(11):1197-1201.
Sun RC, Lan YJ. The correlation between worker-occupation fit and occupational stress in nurses [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2020, 54(11): 1197-1201.(In Chinese)
[19] 陈小方,孙瑞灿,吕柯瑶,等. 职业幸福感在医务工作者职业紧张与抑郁症状关系间的中介效应分析 [J]. 现代预防医学,2023,50(4):582-585, 675.
Chen XF, Sun RC, Lv KY, et al. Mediating role of occupational well-being in the relationship between occupational stress and depression symptoms in medical staff [J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(4): 582-585, 675.(In Chinese)
[20] 孙瑞灿. 职业紧张健康效应 - 工作适配作用模型研究[D]. 成都:四川大学,2020.
Sun RC. The model of worker-occupation fit effects on occupational stress and related disorders [D]. Chengdu: Sichuan University, 2020. (In Chinese)
[21] Karasek RA. Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job redesign [J]. Administrative Science Quarterly, 1979, 24(2): 285-308.
[22] Demerouti E, Bakker AB, Nachreiner F, et al. The job demands-resources model of burnout [J]. The Journal of Applied Psychology, 2001, 86(3): 499-512.
[23] Siegrist J.Adverse health effects of high-effort/low-reward conditions [J]. Journal of Occupational Health Psychology, 1996, 1(1): 27-41.
[24] 戴俊明,傅华. 职业紧张评估方法研究进展[J]. 环境与职业医学,2006,23(3):278-281.
Dai JM, Fu H. Advances in the assessment method of occupational stress [J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2006, 23(3): 278-281.(In Chinese)
[25] Karasek R, Brisson C, Kawakami N, et al. The job content questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics [J]. Journal of Occupational Health Psychology, 1998, 3(4): 322-355.
[26] Siegrist J, Starke D, Chandola T, et al. The measurement of effort-reward imbalance at work: European comparisons [J]. Social Science & Medicine, 2004, 58(8): 1483-1499.
[27] Chuang A, Shen CT, Judge TA. Development of a multidimensional instrument of person-environment fit: the perceived person-environment fit scale (PPEFS)[J]. Applied Psychology, 2016, 65(1): 66-98.
[28] D'ettorre G, Pellicani V, Caroli A, et al. Shift work sleep disorder and job stress in shift nurses: implications for preventive interventions[J]. La Medicina del Lavoro, 2020, 111(3): 195-202.
[29] Le huu P, Bellagamba G, Bouhadfane M, et al. Meta-analysis of effort-reward imbalance prevalence among physicians [J]. International Archives of Occupational and Environmental Health, 2022, 95(3): 559-571.
[30] Yu SJ, Zhao M, Li Y, et al. The interaction of occupational stress and job burnout on depressive symptoms in railway workers in Fuzhou city[J]. BMC Public Health, 2024, 24(1): 1432.

收稿日期:2025-03-09