

典型抗菌药物在不同品种肉鸡羽毛和皮脂中的残留规律研究

陈大伟^{1,2}, 张静^{1,2}, 刘茵茵^{1,2}, 马丽娜^{1,2}, 唐修君^{1,2}, 陆俊贤^{1,2}, 赵敏^{1,2}, 万玉^{1,2}, 高玉时^{1,2*}

(1.江苏省家禽科学研究所, 江苏扬州 225125; 2.农业农村部禽类产品质量安全风险评估实验室(扬州), 江苏扬州 225125)

摘要 [目的]探索典型抗菌药物在不同品种肉鸡羽毛和皮脂中的残留规律,评价羽毛在肉鸡兽药残留监控中的意义。[方法]选择雪山鸡和AA肉鸡于出栏前21 d投喂氟苯尼考和恩诺沙星,测定停药后不同时间羽毛和皮脂中的药物残留量。[结果]停药后第1天2个品种肉鸡羽毛中氟苯尼考及其代谢物(氟苯尼考胺)的残留总量达到最高水平,且含量相当。停药后第1天雪山鸡羽毛中恩诺沙星及其代谢物(环丙沙星)残留总量达到峰值,AA肉鸡于停药后第3天达到峰值,且雪山鸡羽毛中药物残留总量峰值远高于AA肉鸡。此后,羽毛中药物残留总量逐渐下降,停药后第14天氟苯尼考及其代谢物在AA肉鸡和雪山鸡羽毛中的残留总量分别为281.37和424.30 μg/kg,恩诺沙星及其代谢物残留总量分别为16.03和26.21 μg/kg。皮脂中2种药物的残留规律与羽毛中2种药物的残留规律类似,提示通过监测羽毛中的药物残留量可以间接推断可食用组织的药物残留情况。[结论]同种药物在不同品种肉鸡羽毛中的代谢规律存在差异,羽毛中药物残留量可作为监测肉鸡产品中药物残留水平的参考。

关键词 氟苯尼考;恩诺沙星;羽毛;皮脂;残留规律

中图分类号 TS251.7 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2024)22-0085-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2024.22.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Study on the Residual Laws of Typical Antibacterial Drugs in the Feather and Sebum of Different Broiler Breeds**CHEN Da-wei^{1,2}, ZHANG Jing^{1,2}, LIU Yin-yin^{1,2} et al (1. Jiangsu Institute of Poultry Science, Yangzhou, Jiangsu 225125; 2. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Poultry Products (Yangzhou), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yangzhou, Jiangsu 225125)

Abstract [Objective] To explore the residual laws of typical antibacterial drugs in the feather and sebum of different broiler breeds, and evaluate the significance of feathers in monitoring the veterinary drug residues of broilers. [Method] Xueshan Chicken and AA broilers were fed with flufenicol or enrofloxacin for 21 days before slaughter, and drug residues in the feather and sebum at different time after withdrawal were determined. [Result] The residues of flufenicol and its metabolites (flufenicolamide) in the feathers of the two broiler breeds reached the highest level on the first day after drug withdrawal, and the contents were close. The total residue of enrofloxacin and its metabolites (ciprofloxacin) in the feathers of Xueshan Chicken reached its peak on the first day after withdrawal, and that in AA chicken reached its peak on the third day after withdrawal. The peak residual amount of drugs in the feather of Xueshan Chicken was greatly higher than that in AA broilers. Then the drug residual amount in the feather gradually decreased. On the 14th day after withdrawal, the residues of flufenicol and its metabolites in the feathers of AA broilers and Xueshan Chicken were 281.37 and 424.30 μg/kg respectively, the content of enrofloxacin and its metabolites were 16.03 and 26.21 μg/kg, respectively. The residual laws of the two drugs in the sebum were similar to those in the feathers, suggesting that monitoring drug residues in the feathers could indirectly infer drug residues in edible tissues. [Conclusion] There were differences in the metabolism of the same drug in the feathers of different breeds of broilers, and the drug residues in the feathers could be used as the reference for monitoring the drug residues in broiler products.

Key words Flufenicol; Enrofloxacin; Feather; Sebum; Residue laws

恩诺沙星和氟苯尼考是2种常见兽用抗菌药,在临床上应用非常广泛^[1-4]。近年来,恩诺沙星和氟苯尼考在禽产品中常有检出,是影响禽肉质量安全的重要风险因子^[5]。抗菌药物的使用不仅会导致禽肉等可食用组织中产生兽药残留,非食用组织(如羽毛等)中同样会产生兽药残留^[6]。羽毛作为养禽业的副产品,可以制作羽毛粉用作饲料。羽毛粉可广泛用于畜禽、水产等高质量蛋白质饲料,蛋白质含量高达80%,氨基酸组分比较齐全,除赖氨酸、组氨酸、色氨酸、蛋氨酸含量低于进口鱼粉外,其余氨基酸含量均高于进口鱼粉,胱氨酸的含量居所有天然饲料之首,是很好的蛋白质饲料来源^[7-9]。

肉鸡羽毛是制备羽毛粉的重要原料,羽毛中的抗菌药物残留对畜禽产品质量安全产生潜在威胁。目前羽毛粉的卫生指标主要参考GB 13078—2017《饲料卫生标准》^[10],但该

标准中并没有规定羽毛中相关兽药残留的限量。按照现行抗菌药物的休药期规定,肉鸡按氟苯尼考休药期8 d、恩诺沙星休药期5 d执行后^[11],目前羽毛中药物残留水平尚无相关报道。不同品种肉鸡羽毛中药物残留量是否存在差异有待研究。笔者选择雪山鸡和AA肉鸡2个肉鸡品种,监测了典型抗菌药物氟苯尼考和恩诺沙星在肉鸡羽毛和皮脂中的残留量,研究抗菌药物在肉鸡羽毛中的残留代谢规律,旨在为羽毛粉的安全使用提供技术支撑,同时也为科学监测鸡群药物残留水平提供借鉴。

1 材料与方法**1.1 材料**

1.1.1 药品与试剂。氟苯尼考粉(含量20%,广东大华动物保健品股份有限公司);恩诺沙星可溶性粉(含量10%,合肥中龙神力动物药业有限公司);氟苯尼考、恩诺沙星、环丙沙星标准品,均购自德国Dr. Ehrenstorfer公司;氟苯尼考胺标准品、氟苯尼考胺肟代物标准品、恩诺沙星D5标准品、氟苯尼考肟代物标准品均购自德国Witega公司。色谱纯级甲醇、乙腈、乙酸乙酯、正己烷均购自德国默克公司;氨水(分析纯,上海阿拉丁生物科技股份有限公司);试验用超纯水(电阻率

基金项目 扬州市社会发展项目(YZ2023078, YZ2022066);江苏现代农业产业技术体系建设专项(JATS[2022]402);江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(21)2011);江苏省种业振兴揭榜挂帅项目(JBGS[2021]109)。

作者简介 陈大伟(1983—),男,江苏沭阳人,副研究员,博士,从事禽产品质量安全风险评价工作。*通信作者,研究员,博士,从事家禽品质调控与评价、质量安全研究。

收稿日期 2024-01-02

18.2 MΩ·cm)。

1.1.2 试验动物。1日龄AA肉鸡和雪山鸡各50只,由国家家禽生产性能测定站提供。

1.1.3 仪器与设备。液相色谱-质谱联用仪(TSQ QUANTUM ACCESS MAX,美国 Thermo Fisher);高速冷冻离心机(3-30K,德国 Sigma);氮吹仪(N-EVAP,美国 Organomation 公司);超纯水仪(型号 Milli-Q Academic,美国 Millipore 公司)。

1.2 方法

1.2.1 动物分组与处理。试验前对鸡舍全面杀菌消毒,并空置7d;各种器具设备(如饲料桶和拌料设备等)使用前,清洁消毒。除该试验给药外,不使用任何药物。饲养管理按照标准程序进行。于出栏日龄(AA肉鸡和雪山鸡的出栏日龄分别为42、120d)前21d饮水给药,氟苯尼考给药剂量为25 mg/kg,恩诺沙星给药剂量为10 mg/kg,连用5d。

1.2.2 样品采集。分别于停药后第1、3、5、7、10、14天采样,每个品种每个时间点随机选择6只进行屠宰,采集背部和翅膀羽毛以及背部和胸部皮肤,皮肤样品经充分均质后作为油脂样品,-20℃下冷冻保存待测。

1.2.3 样品检测。羽毛经蒸馏水充分清洗后于60℃下烘干至恒重,用粉碎机充分粉碎。羽毛中氟苯尼考及其代谢物(氟苯尼考胺)残留量检测参考国家标准方法^[12],恩诺沙星及其代谢物(环丙沙星)残留量检测参考文献^[6]方法。

1.2.4 数据处理。试验结果均以“平均值±标准差”表示。采用Excel软件进行数据制图,使用WT 1.4软件计算脂质休药期。

2 结果与分析

2.1 羽毛中氟苯尼考和氟苯尼考胺的残留消除规律 从图1可以看出,停药后第1天AA肉鸡和雪山鸡羽毛中氟苯尼考及其代谢物(氟苯尼考胺)的残留量达到最高水平,且含量相当。此后,AA肉鸡和雪山鸡羽毛中氟苯尼考和氟苯尼考胺残留总量逐渐下降,停药后第7天较第1天分别下降了49.02%和42.03%,停药后第14天AA肉鸡和雪山鸡羽毛中的药物残留总量分别为281.37和424.30 μg/kg。

2.2 羽毛中恩诺沙星和环丙沙星的残留消除规律 从图2可以看出,停药后第1天雪山鸡羽毛中恩诺沙星和环丙沙星残留总量达到峰值,AA肉鸡于停药后第3天达到峰值。雪山鸡羽毛中药物残留总量峰值远高于AA肉鸡。此后逐渐

下降,停药后第7天AA肉鸡和雪山鸡羽毛中药物残留量较第1天分别下降了23.32%和49.32%,停药后第14天恩诺沙星和环丙沙星残留总量分别为16.03和26.21 μg/kg。

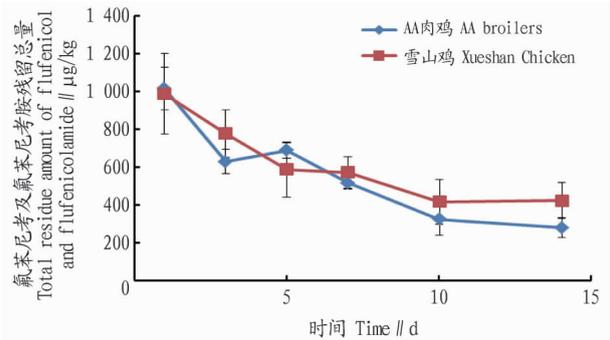


图1 AA肉鸡和雪山鸡羽毛中氟苯尼考及氟苯尼考胺的残留规律
Fig.1 Residue laws of flufenicol and flufenicolamide in the feathers of AA broilers and Xueshan Chicken

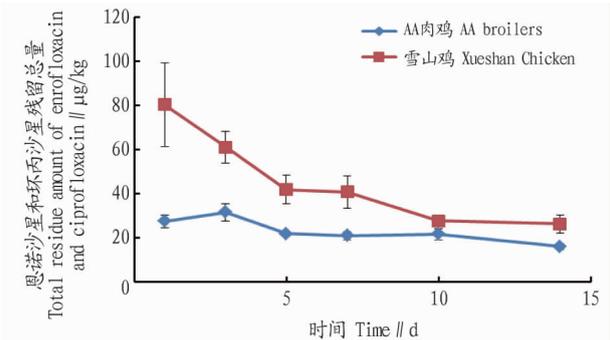


图2 AA肉鸡和雪山鸡羽毛中恩诺沙星和环丙沙星的残留规律
Fig.2 Residue laws of enrofloxacin and ciprofloxacin in the feathers of AA broilers and Xueshan Chicken

2.3 皮脂中氟苯尼考和氟苯尼考胺的残留规律 由表1可知,停药后第1天雪山鸡和AA肉鸡皮脂中氟苯尼考及氟苯尼考胺残留总量达到峰值,雪山鸡皮脂中药物残留总量峰值明显高于AA肉鸡,此后快速下降,至停药后第7天分别降至残留总量峰值的4.69%和3.67%;停药后第14天雪山鸡皮脂中氟苯尼考及氟苯尼考胺残留总量为2.15 μg/kg,而AA肉鸡皮脂中未检出。通过休药期软件计算出氟苯尼考和氟苯尼考胺的休药期分别为1.98和2.87d。

表1 AA肉鸡和雪山鸡皮脂中氟苯尼考和氟苯尼考胺的残留规律

Table 1 The residue laws of florfenicol and flufenicolamide in the sebum of AA broilers and Xueshan Chicken

单位:μg/kg

品种 Breed	停药后时间 Time after withdrawal					
	第1天	第3天	第5天	第7天	第10天	第14天
雪山鸡 Xueshan Chicken	255.30±23.85	33.38±8.17	24.64±4.35	11.98±3.30	6.71±1.53	2.15±0.72
AA肉鸡 AA broilers	187.52±21.33	24.19±6.28	14.54±2.81	6.88±1.61	1.81±0.79	—

2.4 皮脂中恩诺沙星和环丙沙星的残留规律 由表2可知,停药后第1天雪山鸡和AA肉鸡皮脂中恩诺沙星和环丙沙星残留总量达到峰值,雪山鸡皮脂中药物残留总量峰值明显高于AA肉鸡,此后快速下降,至停药后第7天分别降至药物残留总量峰值的6.57%和2.81%。停药后第10天雪山鸡皮脂

中恩诺沙星和环丙沙星残留总量为20.67 μg/kg,而AA肉鸡皮脂中未检出。通过休药期软件计算出恩诺沙星和环丙沙星的休药期分别为1.67和10.29d。

3 讨论

羽毛(毛发)采样对动物具有非侵入性和非损伤性的特

点。此外,毛发分析具有收集操作简单,稳定性好,储存和运输时不用专门预防处理(如 pH 控制、冷藏、使用抗菌试剂)等优点^[6]。研究表明,羽毛是家禽抗生素残留很有前途的检测样品,是监测家禽养殖中抗生素使用情况的良好材料。其原因在于家禽羽毛空管状的结构使得代谢变得缓慢,导致其中兽药残留容易形成累积效应。因此,将家禽羽毛作为检测抗生素残留的靶组织具有较大的优势;此外,羽毛采样安全便捷,更适合进行活体检验,在鸡养殖环节、用药期及休药期等安全检验方面的意义尤为突出。该研究发现 2 个肉鸡品种羽毛中氟苯尼考的起始残留量相当,下降规律类似,后期

雪山鸡羽毛中药物降解速度略慢于 AA 肉鸡。2 个品种羽毛中恩诺沙星和环丙沙星的起始残留量差异较大,停药后第 14 天 2 个肉鸡品种羽毛中恩诺沙星及其代谢物残留水平相当。同时,笔者也发现 2 个品种肉鸡皮脂中药物代谢时间存在较大差异,雪山鸡皮脂中氟苯尼考和恩诺沙星相同时间点的残留量均高于 AA 肉鸡,因而药物消除速率比 AA 肉鸡慢。因此,由于不同品种肉鸡药物代谢规律存在差异,通过监测羽毛中药物残留水平推断可食用组织的药物残留量必须针对不同品种进行反复验证。

表 2 AA 肉鸡和雪山鸡皮脂中恩诺沙星和环丙沙星的残留消除规律

Table 2 The residue laws of enrofloxacin and ciprofloxacin in the sebum of AA broilers and Xueshan Chicken

单位: $\mu\text{g}/\text{kg}$

品种 Breed	停药后时间 Time after withdrawal					
	第 1 天	第 3 天	第 5 天	第 7 天	第 10 天	第 14 天
雪山鸡 Xueshan Chicken	415.02±158.06	86.25±21.06	53.25±31.90	27.25±12.97	20.67±9.59	16.17±6.09
AA 肉鸡 AA broilers	68.96±20.42	10.98±1.82	7.13±1.55	1.94±0.76	—	—

AA 肉鸡属于国外引进的快大型白羽肉鸡,特点是生长速度快,一般 40 日龄出栏,饲养量大,市场占有率高^[13]。雪山鸡属于慢速型黄羽肉鸡,100 日龄以上出栏^[14]。羽毛的迅速生长发育期为 3~6 周龄^[15],AA 肉鸡给药后正处于该时期,迅速生长发育期代谢速度快可能是其羽毛中停药后第 14 天药物残留量均低于雪山鸡的原因。雪山鸡给药后已超出羽毛的迅速生长发育期,代谢速度下降,导致其羽毛中药物残留量较高。羽毛的毛囊分布在皮肤下。家禽从雏鸟长成成鸟后,会发生羽毛蜕变等变化,但羽毛会固定下来,羽柄开始变硬。在整个发育过程中,毛囊的数量是固定的,是胚胎发育过程形成的,这也是药物进入羽毛的重要途径。研究发现,白羽肉鸡的毛囊密度要低于黄羽肉鸡^[16],这可能导致单位面积皮脂中药物转移进入羽毛的量存在差异。该研究发现,与恩诺沙星相比,氟苯尼考更容易在羽毛中蓄积。黄羽肉鸡转移进入羽毛中的药物残留量比 AA 肉鸡多。Gratacós-Cubarsí 等^[17]认为药物一旦进入到毛发中,它将退出代谢和排泄过程。该研究结果发现,不论氟苯尼考还是恩诺沙星进入羽毛后残留量整体随着时间的延长而逐渐下降。该研究结果与宋占腾^[18]在北京油鸡上的研究结果较为接近。该研究羽毛中药物残留总量下降的原因可能有以下方面:一是该研究中采集的羽毛没有区分不同类型的羽毛,为混合采集。绒羽和正羽的更新导致部分高残留量的羽毛被新羽毛代替,逐渐降低了羽毛中的药物残留量。二是总羽毛量增加导致药物残留量降低。如果按照规定的休药期执行,根据该研究结果中最邻近的时间点推断,雪山鸡检测时羽毛中氟苯尼考及其代谢物残留总量可能高达 571.68 $\mu\text{g}/\text{kg}$,恩诺沙星及其代谢物残留总量可能为 41.84 $\mu\text{g}/\text{kg}$;AA 肉鸡羽毛中氟苯尼考及其代谢物残留总量为 516.57 $\mu\text{g}/\text{kg}$,恩诺沙星及其代谢物残留总量为 21.89 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。由此可见,投喂氟苯尼考且按规定休药期进行休药后,将雪山鸡羽毛添加在饲料中可能存在一定的卫生和环境污染风险。

综上所述,同种药物在不同品种肉鸡羽毛中代谢规律存在差异,羽毛中药物残留量可作为监测肉鸡用药的参考。

参考文献

- [1] 孙继超,陈晨,张东辉,等.氟苯尼考的研究进展[J].江苏农业科学,2020,48(20):31-36.
- [2] 柏雪,陈宇,赵立军,等.氟苯尼考在鸡蛋和蛋鸡组织中的残留规律及预测模型建立[J].食品科学,2021,42(13):26-33.
- [3] 孙红洋,白玉惠,尹晖,等.恩诺沙星可溶性粉在北京油鸡体内残留消除规律研究[J].中国家禽,2023,45(2):65-70.
- [4] 杨浩,李慧素,彭丽,等.两种氟苯尼考注射液在鸡体内比较药动学研究[J].中国兽药杂志,2022,56(6):15-20.
- [5] 王玉东,宋翠平,戴延灿,等.我国近年来禽肉产品主要药物风险因素分析及控制[J].中国动物检疫,2022,39(1):42-47.
- [6] 向建军,袁丽娟,廖且根,等.液相色谱串联质谱分析肉鸡毛发中诺氟沙星残留[J].分析试验室,2020,39(5):556-559.
- [7] 陈忱,何雄飞,曾润颖.羽毛角蛋白提取工艺及应用研究现状[J].生物学杂志,2015,32(4):73-76,56.
- [8] 刘玉芬,仇德勇,徐伟,等.羽毛粉加工工艺与开发[J].畜牧与饲料科学,2010,31(1):87-88.
- [9] BHARI R,KAUR M,SARUP S R,et al.Chicken feather waste hydrolysate as a superior biofertilizer in agroindustry[J].Curr Microbiol,2021,78(6):2212-2230.
- [10] 农业部.动物性食品中兽药最高残留限量:农业部公告[2002]235号[A].北京:农业部,2002-12-24.
- [11] 农业部.兽药停药期规定:农业部公告[2003]278号[A].北京:农业部,2003-05-23.
- [12] 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.食品安全国家标准 动物性食品中氟苯尼考及氟苯尼考胺残留量的测定 液相色谱-串联质谱法:GB 31658.5—2021[S].北京:中国标准出版社,2021.
- [13] 邹强强,王铁良,孟维爽,等.饲养密度对叠层笼养白羽肉鸡生长性能、血液生化指标以及经济效益的影响[J].畜牧与兽医,2022,54(9):38-42.
- [14] 袁春友,白皓,白蒙,等.屠宰型雪山鸡体尺、屠宰性能、胴体外观和肉品质的测定与相关性分析[J].甘肃农业大学学报,2022,57(5):17-28.
- [15] 谢文燕,王修启,严会超,等.家禽羽毛生长发育规律及其调控机制[J].动物营养学报,2017,29(10):3452-3459.
- [16] 姬改革,栾德琴,刘一帆,等.不同品种(配套系)黄羽肉鸡皮肤毛囊密度性状发育规律[J].中国家禽,2023,45(6):19-23.
- [17] GRATACÓS-CUBARSÍ M,CASTELLARI M,VALERO A,et al.Novel approach to control sulfamethazine misuse in food-producing animals by hair analysis[J].Food Addit Contam,2006,23(10):981-987.
- [18] 宋占腾.鸡羽毛及组织中典型抗生素的残留代谢研究[D].北京:中国农业科学院,2021.