◇ 基础研究 ◇

http://www.cjcpt.com
2026 Aug; 31(8): 1064-1069

三种喹诺酮类药物的体外抗菌活性和防突变能力评价

罗开萍[1,2]，徐　杰[3]，张险峰[3]，石　新[1]，杭永付[1,2]

[1] 苏州大学附属第一医院 药学部，苏州 215006，江苏；
[2] 苏州大学药学院，苏州 215006，江苏；
[3] 苏州大学附属第一医院 临床检测中心，苏州 215006，江苏

摘要　目的：探讨奈诺沙星、左氧氟沙星及莫西沙星三种喹诺酮类抗菌药物对革兰氏阳性菌（G^+）和革兰氏阴性菌（G^-）的体外抑菌效果，为临床合理使用提供依据。**方法：**采用微量肉汤稀释法（broth microdilution method）对 292 株临床分离菌株[包括甲氧西林敏感金黄色葡萄球菌（methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus*，MSSA）、表皮葡萄球菌、屎肠球菌、纹带棒状杆菌、大肠埃希菌、肺炎克雷伯菌、铜绿假单胞菌和鲍曼不动杆菌]进行药物敏感性试验，比较三种药物的最低抑菌浓度（MIC）分布、药效学特征。用琼脂稀释法进一步测定部分菌株的防突变浓度（MPC），评估防突变能力。**结果：**在 G^+菌中，奈诺沙星对金黄色葡萄球菌（MIC_{90}=16 μg/mL）、表皮葡萄球菌（MIC_{90}=2 μg/mL）及纹带棒状杆菌（MIC_{90}=4 μg/mL）的活性均优于左氧氟沙星和莫西沙星。在耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*，MRSA）菌株中，奈诺沙星的敏感率达 66.96%。在 G^-菌中，铜绿假单胞菌对左氧氟沙星的 MIC_{90} 为 2 μg/mL，低于奈诺沙星和莫西沙星（均为 4 μg/mL）；肺炎克雷伯菌、大肠埃希菌及鲍曼不动杆菌对三药的 MIC_{90} 多为 64 μg/mL，整体敏感性较低。在防突变能力方面，MSSA 中奈诺沙星的 MPC_{90} 为 2 μg/mL，低于莫西沙星（4 μg/mL）和左氧氟沙星（16 μg/mL），其选择指数（selection index，SI）的范围最小；在耐药 G^-菌中三药 MPC_{90} 普遍较高，SI 也明显增大。但左氧氟沙星对耐药铜绿假单胞菌的 MPC_{90}（16 μg/mL）低于莫西沙星（32 μg/mL）和奈诺沙星（64 μg/mL）。**结论：**奈诺沙星在金黄色葡萄球菌（含 MRSA）等 G^+菌中显示出更强的抗菌活性，且在 MSSA 中表现出最强的防突变能力。左氧氟沙星在铜绿假单胞菌中维持了较好的抗菌活性，且其防突变浓度在受试药中相对较低。临床应用中应结合病原体类型和耐药风险进行选择。

关键词　奈诺沙星；左氧氟沙星；莫西沙星；最低抑菌浓度；防突变浓度

中图分类号：R965.2
文献标志码：A
文 章 编 号：1009-2501(2026)08-1064-06
doi: 10.12092/j.issn.1009-2501.2026.08.006

喹诺酮类抗菌药物是临床治疗社区及医院获得性感染的主力药物。然而，随着左氧氟沙星、莫西沙星等药物的广泛使用，细菌对该类药物的耐药率逐年上升，尤其是针对金黄色葡萄球菌[含耐甲氧西林金黄色葡萄球菌（methicillin-resistant Staphylococcus aureus，MRSA）]、铜绿假单胞菌等临床常见致病菌的敏感性出现了不同程度的下降[1]。如何根据病原菌种类选择更具针对性的喹诺酮类药物，并制定能有效延缓耐药发生的给药策略，是当前临床面临的重要课题。

奈诺沙星、左氧氟沙星与莫西沙星分别代表了喹诺酮类药物在不同研发阶段或结构设计下的产物。左氧氟沙星在革兰氏阴性菌，特别是铜绿假单胞菌中具有传统优势[2]；莫西沙星在呼吸道感染病原菌中显示出均衡的活性[3]；而作为 1.1 类新药的奈诺沙星，因其无氟结构及对双靶点

2025-12-30 收稿　2026-02-24 修回
江苏省医学重点学科（ZDXK202247）；白求恩公益基金会－社区感染性疾病科研能力建设项目（BCF-XC-SQ-20221206-10）
罗开萍，女，硕士研究生在读，研究方向：临床药学。
E-mail: 20245226037@stu.suda.edu.cn
石新，通信作者，女，主管药师，研究方向：医院药学。
E-mail: 306828072@qq.com
杭永付，共同通信作者，男，硕士，副主任药师，研究方向：临床药学。
E-mail: hangyongfu1986@163.com

的抑制作用，在革兰氏阳性菌中表现出较强的体外活性，并且尤其对 MRSA、耐喹诺酮肺炎链球菌（quinolone-resistant *Streptococcus pneumoniae*，QRSP）及耐青霉素肺炎链球菌（penicillin-resistant *Streptococcus pneumoniae*，PRSP）展现出强大的体外抑菌活性，同时具有良好的药代动力学特性和高口服生物利用度[4-6]。

目前，评价这些药物的常规标准多为最低抑菌浓度（minimum inhibitory concentration，MIC），但 MIC 无法全面反映药物在杀菌过程中对耐药突变株的选择抑制能力。防耐药突变浓度（mutant prevention concentration，MPC）及耐药突变选择窗（mutant selection window，MSW）理论的提出，为评价抗菌药物的药效学特征提供了更完整的视角。

本研究旨在通过测定奈诺沙星、左氧氟沙星及莫西沙星对 292 株临床分离菌的体外 MIC 及 MPC 值，客观比较三者在针对不同革兰氏阳性菌及阴性菌时的抗菌效能与防突变能力差异。通过横向对比，为临床针对特定病原体选择最合适的药物、优化治疗方案提供实验依据。

1　材料与方法

1.1　药品与试剂　奈诺沙星（浙江医药股份有限公司，批号 8240709，规格 0.25 g/粒）、左氧氟沙星（批号：100986-85-4，规格：每瓶 5 g，有效成分 > 98%）、莫西沙星（批号 151096-09-2，规格：每瓶 1 g，有效成分 98%）。三药均购自上海阿拉丁生化科技股份有限公司。M-H 琼脂（OXOID 公司、批号 6112632、规格：每瓶 500 g）、M-H 肉汤（青岛海博生物技术有限公司、批号 20241126、规格：每瓶 250 g）。

1.2　仪器　细菌浊度仪（生物梅里埃 bioMérieux 公司）、MITP-60P 细菌接种仪（日本佐久间公司）。

1.3　临床菌株　来自经苏州大学附属第一医院微生物室鉴定的 292 株临床菌株：148 株金黄色葡萄球菌（包括 MRSA）、14 株表皮葡萄球菌、17 株屎肠球菌、17 株纹带棒状杆菌、10 株铜绿假单胞菌、42 株肺炎克雷伯菌、21 株大肠埃希菌和 23 株鲍曼不动杆菌。

1.4　质控菌株　金黄色葡萄球菌质控菌株为 ATCC29213，大肠埃希菌 ATCC25922。

1.5　MIC 测定　根据美国临床和实验室标准协会（CLSI）M07-Ed11[7]，采用琼脂稀释法测定奈诺沙星、左氧氟沙星和莫西沙星对于菌株的 MIC。每个药物测试 15 个倍比稀释浓度，分别为 64、32、16、8、4、2、1、0.5、0.25、0.125、0.06、0.03、0.015、0.008、0.004 μg/mL。

取冻干实验菌株，在血琼脂平板上复苏。从新鲜过夜培养的细菌平板上挑取 4 ~ 5 个菌落，接种至 MH 肉汤中增菌 6 h 培养。生长后的菌液用 MH 肉汤调至 0.5 麦氏浓度，再以 MH 肉汤稀释至含菌量为 10^6 CFU/mL。稀释后的受试菌和质控菌菌液在 15 min 内接种，保证接种点细菌数为 10^4 CFU/mL。每批实验质控菌株与实验菌株同时测定。接种后的平板待自然干燥后置 35 ℃ 孵育 18 h，观察记录 MIC 结果。以无菌生长平皿的最低浓度为该药对该株细菌的 MIC。

1.6　MPC 测定　用琼脂稀释法测定奈诺沙星、左氧氟沙星和莫西沙星三者的 MPC[8]。每个药物测试 8 个倍比稀释浓度，分别为 1/2MIC、MIC、2MIC、4MIC、8MIC、16MIC、32MIC、64MIC。每个药物浓度需要平行四个药板。

取冻干实验菌株，在血琼脂平板上复苏。从新鲜过夜培养的细菌平板上挑取单个菌落接种于 20 mL MH 肉汤中震荡过夜培养，离心弃上清，再悬浮在 200 mL MH 肉汤中，震荡培养 6 h，菌液浓度可达（6 ~ 9）×10^9 CFU/mL，4 000 r/min 离心 5 min 后富集，将菌液浓度调整为 3×10^{10} CFU/mL。取 100 μL 菌液均匀涂抹在含有抗菌药物的 MH 平板上，每个药物浓度四个药板，使每个药物浓度的细菌接种量为 1.2×10^{10} CFU。

1.7　结果判定　药物的敏感性折点参照 CLSIM100-Ed34[9]推荐，左氧氟沙星对于肺炎克雷伯菌和大肠埃希菌的 MIC≤0.5 μg/mL；对于金黄色葡萄球菌（包括 MRSA）、表皮葡萄球菌、纹带棒状杆菌、铜绿假单胞菌和鲍曼不动杆菌的 MIC≤1 μg/mL。莫西沙星对于大肠埃希菌、金黄色葡萄球菌（包括 MRSA）、表皮葡萄球菌、肺炎克雷伯菌和纹带棒状杆菌的 MIC≤0.5 μg/mL；对于铜绿假单胞菌和鲍曼不动杆菌的 MIC≤1 μg/mL[10-11]。奈诺沙星为新上市 1.1 类新药，CLSI、美国食品药品监督管理局（FDA）及 EUCAST 均无资料，故其敏感性折点参照文献推荐[5,12-14]：对表皮葡萄球菌的 MIC≤0.5 μg/mL；对金黄色葡萄球菌（包括 MRSA）和屎肠球菌的 MIC≤1 μg/mL。

用 MPC 和 MSW 对防细菌耐药突变能力进行评价[15]。MSW 为 MIC 与 MPC之间的范围，选择指数（selection index，SI）为 MPC/MIC。

2　结果

2.1　左氧氟沙星、莫西沙星和奈诺沙星的 MIC　3 种药物对金黄色葡萄球菌（包含 MRSA）、表皮葡萄球菌、屎肠球菌和纹带棒状杆菌的 MIC 见 Tab.1。在金黄色葡萄球菌（含 MRSA）中，奈诺沙

星的抗菌效果优于莫西沙星和左氧氟沙星。其 MIC_{90} 为 16 μg/mL, 而莫西沙星和左氧氟沙星的 MIC_{90} 分别为 64 μg/mL 和≥64 μg/mL; MSSA 菌株中, 奈诺沙星 MIC_{90} 为 2 μg/mL, 敏感率 83.33%, 为三药中最佳。对表皮葡萄球菌, 奈诺沙星 MIC_{90} 为 2 μg/mL, 敏感率为 85.71%, 明显优于左氧氟沙星(≥64 μg/mL, 21.43%)与莫西沙星(8 μg/mL, 35.71%)。在屎肠球菌中, 奈诺沙星 MIC_{90} 为 16 μg/mL, MIC_{50} 为 2 μg/mL, 相较左氧氟沙星和莫西沙星的 MIC_{50}(32, 8 μg/mL)更具优势。在纹带棒状杆菌中, 奈诺沙星 MIC_{90} 为 4 μg/mL, 为三药中最低; 莫西沙星为 16 μg/mL, 左氧氟沙星为 32 μg/mL。

Tab.1 MICs of the three drugs against four Gram-positive bacteria

Strain types	Antibacterials	MIC_{50}	MIC_{90}	Range	Sensitivity rate
Staphylococcus aureus (*n*=148)	Levofloxacin	0.5	≥64	0.125 - >64	56.08%
	Moxifloxacin	0.125	64	0.03 - >64	60.81%
	Nemonoxacin	0.125	16	0.03 - 16	70.95%
MRSA (*n*=112)	Levofloxacin	1	≥64	0.25->64	51.79%
	Moxifloxacin	0.125	64	0.03- >64	56.25%
	Nemonoxacin	0.125	16	0.03 - 16	66.96%
MSSA (*n*=36)	Levofloxacin	0.25	32	0.125- >64	69.44%
	Moxifloxacin	0.06	8	0.03 - 64	75%
	Nemonoxacin	0.06	2	0.03 - 16	83.33%
Staphylococcus epidermidis (*n*=14)	Levofloxacin	4	≥64	0.125 - >64	21.43%
	Moxifloxacin	1	8	0.06 - 32	35.71%
	Nemonoxacin	0.25	2	0.03 - 4	85.71%
Enterococcus faecium (*n*=17)	Levofloxacin	32	64	0.25 - >64	-
	Moxifloxacin	8	32	0.06- 64	-
	Nemonoxacin	2	16	0.06- 32	-
Corynebacterium striatum (*n*=17)	Levofloxacin	32	32	16- >64	0%
	Moxifloxacin	8	16	4 - 64	0%
	Nemonoxacin	2	4	1-8	-

3 种药物对铜绿假单胞菌、肺炎克雷伯菌、大肠埃希菌和鲍曼不动杆菌的 MIC 分别见 Tab.2。4 种 G^-菌中, 对于铜绿假单胞菌, 左氧氟沙星 MIC_{90} 为 2 μg/mL, 敏感率 72.73%; 奈诺沙星和莫西沙星 MIC_{90} 均为 4 μg/mL。在肺炎克雷伯菌中, 奈诺沙星 MIC_{90} 为 64 μg/mL, 左氧氟沙星和莫西沙星也均为 64 μg/mL, 敏感率分别为 40.48%、42.86%, 提示总体敏感性较低。在大肠埃希菌中, 奈诺沙星和莫西沙星 MIC_{90} 均为 64 μg/mL, 左氧氟沙星为 16 μg/mL。对鲍曼不动杆菌, 三药 MIC_{90} 均为 64 μg/mL, 左氧氟沙星和莫西沙星敏感率仅为 26.09%, 无显著差异。

2.2 左氧氟沙星、莫西沙星和奈诺沙星的 MPC 结果 3 种药物对前述部分金黄色葡萄球菌(敏感)、肺炎克雷伯菌(多重耐药)、铜绿假单胞菌(耐药)和大肠埃希菌(耐药)的 MPC 及 SI 见 Tab.3, 可以看出, 在 MSSA 中, 奈诺沙星 MPC_{90} 为 2 μg/mL, 最低; 莫西沙星为 4 μg/mL, 左氧氟沙星为 16 μg/mL, 三者均表现出一定的防突变能力。在多重耐药肺炎克雷伯菌中, 三药 MPC_{90} 均为 32 μg/mL, 起始 MPC 值略有差异, 其中奈诺沙星 MPC 起始值为 4 μg/mL, 略高于左氧氟沙星(2 μg/mL)和莫西沙星(2 μg/mL)。在耐药铜绿假单胞菌中, 左氧氟沙星 MPC_{90} 为16 μg/mL, 莫西沙星 MPC_{90} 为 32 μg/mL, 奈诺沙星 MPC_{90} 最大, 为 64 μg/mL。在耐药大肠埃希菌中, 奈诺沙星和莫西沙星 MPC_{90} 均为 32 μg/mL, 左氧氟沙星为 16 μg/mL, 整体 MPC 水平相对较高。

3 讨论

本研究比较了奈诺沙星、左氧氟沙星和莫西沙星对 292 株临床分离菌的体外抗菌活性及防耐药突变能力, 结果显示三种喹诺酮类药物在 G^+菌

Tab.2 MICs of the three drugs against four Gram-negative bacteria

Strain types	Antibacterials	MIC_{50}	MIC_{90}	Range	Sensitivity rate
Pseudomonas aeruginosa (*n*=10)	Levofloxacin	0.5	2	0.25 - 4	72.73%
	Moxifloxacin	1	4	1 - 16	54.55%
	Nemonoxacin	2	4	1 -8	-
Klebsiella pneumoniae (*n*=42)	Levofloxacin	2	64	0.015 - >64	40.48%
	Moxifloxacin	2	64	0.03 - >64	42.86%
	Nemonoxacin	8	64	0.008 - >64	-
Escherichia coli (*n*=21)	Levofloxacin	8	16	0.25 - 32	14.29%
	Moxifloxacin	16	64	0.125- 64	9.52%
	Nemonoxacin	16	64	1 -64	-
Acinetobacter baumannii (*n*=23)	Levofloxacin	8	64	0.06 - >64	26.09%
	Moxifloxacin	16	64	0.015 - >64	26.09%
	Nemonoxacin	16	64	0.06- >64	-

Tab.3 MPCs of the three drugs against five bacterial strains

Strain types	Antibacterials	MPC_{range}	MPC_{50}	MPC_{90}	SI
MSSA (*n*=20)	Levofloxacin	0.5-32	2	16	2 - 32
	Moxifloxacin	0.25 -8	0.5	4	2 - 33.33
	Nemonoxacin	0.125- 4	0.5	2	2 - 16.67
Resistant *Klebsiella pneumoniae* (*n*=8)	Levofloxacin	2 - 32	8	32	4 - 64
	Moxifloxacin	2- 32	16	32	4 - 64
	Nemonoxacin	4- 64	16	32	4- 32
Resistant *Pseudomonas aeruginosa* (*n*=6)	Levofloxacin	8-64	16	16	8 - 32
	Moxifloxacin	16-64	32	32	2 - 32
	Nemonoxacin	16-64	32	64	8 -32
Resistant *Escherichia* coli (*n*=6)	Levofloxacin	2- 64	4	16	4 - 16
	Moxifloxacin	2-128	4	32	2 - 16
	Nemonoxacin	8 -128	16	32	4- 32

和 G^-菌中均呈现不同的活性特征，其中奈诺沙星在多种 G^+菌中表现最为突出，而左氧氟沙星和莫西沙星在部分 G^-菌中保持一定优势。

在 G^+菌方面，奈诺沙星整体表现优于左氧氟沙星和莫西沙星，尤其在金黄色葡萄球菌及 MRSA 中更为显著。本研究中奈诺沙星对金黄色葡萄球菌的 MIC_{90} 为 16 μg/mL，远低于另两种药物的≥ 64 μg/mL；对 MSSA 的 MIC_{90} 仅为 2 μg/mL，敏感率高达 83.33%。这一结果与既往报道一致[5,12-14,16]，相关研究已证实奈诺沙星在结构上去除 C-6 位氟原子、引入 C-8 位甲氧基后，可同时增强对 DNA 旋转酶和拓扑异构酶Ⅳ的抑制作用，从而在 MRSA 等多类 G^+菌中均具有较高活性。此外，本研究显示奈诺沙星在表皮葡萄球菌、纹带棒状杆菌中亦表现出较低的 MIC_{90}，说明其对常见凝固酶阴性葡萄球菌也具有较好的抑菌效果。

在 G^-菌中，三药的总体活性低于 G^+菌，但表现各有不同。左氧氟沙星在铜绿假单胞菌中仍保持较好活性（MIC_{90}=2 μg/mL，敏感率 72.73%），与其作为典型第二代/第三代喹诺酮在非发酵菌中作用较强的特点相符[17]。然而，在肺炎克雷伯菌、大肠埃希菌及鲍曼不动杆菌中，三药 MIC_{90} 均较高（多为 64 μg/mL），敏感率亦偏低，提示临床来源的阴性菌株已普遍存在较高程度的喹诺酮耐药。奈诺沙星在 G^-菌中的表现明显弱于 G^+菌，与其结构设计更偏向 G^+菌靶点的特性一致[12,16]。

在防耐药突变能力方面，本研究通过选择指数 SI 反映三种药物的突变选择压力大小。SI 越低，意味着从 MIC 到 MPC 的跨度越小，即 MSW 越窄，药物在达到抑菌浓度时更容易覆盖潜在突变体，进而更有利于抑制耐药产生[15]。研究结果显示，在 MSSA 中，奈诺沙星的 SI 范围最小（2 ~ 16.67），莫西沙星次之（2 ~ 33.33），左氧氟沙星最高（2 ~ 32）。这提示在三药中奈诺沙星在金黄色葡萄球菌中具有最窄的 MSW，更强的突变抑制能力，莫西沙星次之，而左氧氟沙星的 MSW 相对更宽。

在耐药 G^-菌中，三药的 SI 均明显高于 MSSA，显示其 MSW 整体更宽，这与阴性菌拥有外膜屏障、外排泵活性强等耐药机制相关[18]。尤其是在耐药肺炎克雷伯菌和耐药铜绿假单胞菌中，三药的 SI 普遍处于较高范围（多为 4 ~ 64 或 8 ~ 32），表明要完全覆盖突变体需要较高的药物浓度，突变抑制难度增大。

本研究在评价防耐药突变能力方面尚存在一定的局限性。受限于实验条件与临床分离株的代表性，本研究中测定 MPC 的革兰氏阴性菌株数量相对较少，且主要集中于部分耐药表型明显的代表菌。由于革兰氏阴性菌中存在复杂的耐药机制差异（如外排泵高表达、孔蛋白缺失等），不同分离株之间可能存在一定的异质性。因此，本实验结果在阐述革兰氏阴性菌防突变特征时可能仅具有初步参考价值。未来有必要进一步扩大样本量，涵盖更多不同基因型的革兰氏阴性临床分离株，以更全面地验证奈诺沙星等药物对该类细菌的防耐药突变特性，并为临床精准用药提供更稳健的药效学支撑。

综上，通过对三种喹诺酮类药物的评价，发现新型无氟喹诺酮药物奈诺沙星对金黄色葡萄球菌（含 MRSA）等常见革兰氏阳性菌表现出优异的体外抗菌活性，且在 MSSA 中具有较强的防耐药突变能力。左氧氟沙星在抗铜绿假单胞菌感染中仍保持较佳的活性及相对较低的 MPC。在临床实际应用中，不能仅参考 MIC 报告的“敏感”结论。对于高载量感染或易产生耐药的部位，应结合 MPC 数据选择 SI 值较小的药物（如奈诺沙星针对 G^+菌），并采取优化给药方案（如提高单次剂量或缩短给药间隔），力求使血药浓度迅速超越 MPC 或尽可能缩短在 MSW 内的停留时间，从而在杀灭敏感菌的同时，有效遏制耐药突变株的产生与富集。

参考文献

[1] Tang K, Zhao H. Quinolone antibiotics: resistance and therapy [J]. Infect Drug Resist, 2023, 16: 811-820.

[2] She P, Luo Z, Chen L, et al. Efficacy of levofloxacin against biofilms of Pseudomonas aeruginosa isolated from patients with respiratory tract infections *in vitro* [J]. Microbiologyopen, 2019, 8(5): e00720.

[3] Sionidou M, Manika K, Pitsiou G, et al. Moxifloxacin in chronic obstructive pulmonary disease: pharmacokinetics and penetration into bronchial secretions in ward and intensive care unit patients [J]. Antimicrob Agents Chemother, 2019, 63(3): e01974-18.

[4] 郝敏, 秦晓华. 无氟喹诺酮类抗菌新药—奈诺沙星 [J]. 中国感染与化疗杂志, 2018, 18(6): 663-671.

[5] Chen PY, Ho MW, Lu PL, et al. Comparative in vitro antibacterial activity of nemonoxacin and other fluoroquinolones in correlation with resistant mechanisms in contemporary thicillin-resistant Staphylococcus aureus blood isolates in Taiwan [J]. Ann Clin Microbiol Antimicrob, 2025, 24(1): 5.

[6] Li Y, Zhu D, Sun S, et al. A multicentre, randomised, double-blind, double-dummy, parallel-controlled, phase 3 clinical trial assessing the efficacy and safety of intravenous nemonoxacin malate vs. levofloxacin for community-acquired pneumonia in adult patients [J]. Int J Antimicrob Agents, 2024, 64(2): 107235.

[7] Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically; Approved standard—11th edition [S]. CLSI document M07-Ed11. Wayne, PA: CLSI; 2018.

[8] Kawamura M, Fujimura S, Tokuda K, et al. Mutant selection window of disinfectants for Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa [J]. J Glob Antimicrob Resist, 2019, 17: 316-320.

[9] Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; 34th Informational Supplement. CLSI document M100-Ed34 [S]. Wayne, PA: CLSI; 2024.

[10] Grillon A, Schramm F, Kleinberg M, et al. Comparative activity of ciprofloxacin, levofloxacin and moxifloxacin against Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa and Stenotrophomonas maltophilia assessed by minimum inhibitory concentrations and time-kill studies [J]. PLoS One, 2016, 11(6): e0156690.

[11] Ibrahim NH, Somily AM, Bassyouni RH, et al. Comparative study assessing the effect of tigecycline and moxifloxacin in prevention of Acinetobacter baumannii biofilm [J]. Life Sci, 2012, 9(3): 1016-1024.

[12] Jean SS, Chang LW, Hsueh PR. Tentative clinical breakpoints and epidemiological cut-off values of nemonoxacin for Streptococcus pneumoniae and Staphylococcus aureus isolates associated with community-acquired pneumonia [J]. J Glob Antimicrob Resist, 2020, 23: 388-393.

[13] Qin X, Huang H. Review of nemonoxacin with special

focus on clinical development [J]. Drug Des Devel Ther, 2014, 8: 765-774.
[14] Chen YH, Liu CY, Lu JJ, et al. In vitro activity of nemonoxacin (TG-873870), a novel non-fluorinated quinolone, against clinical isolates of Staphylococcus aureus, enterococci and Streptococcus pneumoniae with various resistance phenotypes in Taiwan [J]. J Antimicrob Chemother, 2009, 64(6): 1226-1229.
[15] 张菁, 吕媛, 于凯江, 等. 抗菌药物药代动力学/药效学理论临床应用专家共识 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41(6): 409-446.
[16] Yang JJ, Cheng A, Tai HM, et al. Selected mutations by nemonoxacin and fluoroquinolone exposure among relevant Gram-positive bacterial strains in Taiwan [J]. Microb Drug Resist, 2020, 26(2): 110-117.
[17] Hooper DC, Jacoby GA. Mechanisms of drug resistance: quinolone resistance [J]. Ann NY Acad Sci, 2015, 1354(1): 12-31.
[18] 曾静, 魏海燕, 马丹, 等. 革兰氏阴性菌耐药机制初探 [J]. 中国口岸科学技术, 2022, 4(S2): 4-10.

Evaluation of the *in vitro* antibacterial activity and mutant prevention potential of three quinolone antibiotics

LUO Kaiping[1,2], XU Jie[3], ZHANG Xianfeng[3], SHI Xin[1], HANG Yongfu[1,2]

[1] Department of Pharmacy, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu, China; [2] School of Pharmacy, Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu, China; [3] Center of Clinical Laboratory, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu, China

ABSTRACT **AIM**: To evaluate the *in vitro* antibacterial efficacy of three quinolones—nemonoxacin, levofloxacin, and moxifloxacin—against Gram-positive (G^+) and Gram-negative (G^-) bacteria, providing a scientific basis for rational clinical use. **METHODS**: Drug susceptibility tests were conducted on 292 clinical isolates (including *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecium*, *Corynebacterium striatum*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Acinetobacter baumannii*) using the broth microdilution method to compare the distribution of minimum inhibitory concentrations (MICs) and pharmacodynamic characteristics. The mutant prevention concentration (MPC) of selected strains was further determined by the agar dilution method to evaluate their mutant prevention capabilities. **RESULTS**: For G^+ bacteria, nemonoxacin exhibited superior activity against *Staphylococcus aureus* (MIC_{90}=16 μg/mL), *Staphylococcus epidermidis* (MIC_{90}=2 μg/mL), and *Corynebacterium striatum* (MIC_{90}=4 μg/mL) compared to levofloxacin and moxifloxacin. In MRSA strains, the susceptibility rate of nemonoxacin reached 66.96%. For G^- bacteria, the MIC_{90} of levofloxacin against *P. aeruginosa* was 2 μg/mL, which was lower than that of nemonoxacin and moxifloxacin (both 4 μg/mL). For *K. pneumoniae*, *E. coli*, and *A. baumannii*, the MIC_{90} values for all three drugs were mostly 64 μg/mL, indicating overall low susceptibility. In terms of mutant prevention, nemonoxacin showed an MPC_{90} of 2 μg/mL in MSSA, which was lower than that of moxifloxacin (4 μg/mL) and levofloxacin (16 μg/mL), with the narrowest range of selection index (SI). In resistant G– bacteria, the MPC_{90} and SI values for all three drugs were generally higher. However, the MPC_{90} of levofloxacin against resistant *P. aeruginosa* (16 μg/mL) was lower than that of moxifloxacin (32 μg/mL) and nemonoxacin (64 μg/mL). **CONCLUSION**: Nemonoxacin demonstrates stronger antibacterial activity against G^+ bacteria such as *S. aureus* (including MRSA) and possesses the most potent mutant prevention capability in MSSA. Levofloxacin maintains favorable antibacterial activity against *P. aeruginosa*, and its MPC is relatively lower among the tested drugs. Clinical selection should be based on the specific pathogen type and the risk of resistance.

KEYWORDS nemonoxacin; levofloxacin; moxifloxacin; minimum inhibitory concentration; mutant prevention concentration