·药物安全与合理应用·

亚胺培南/西司他丁/瑞来巴坦治疗呼吸机相关肺炎和医院获得性肺炎的药物经济学研究

张羽曦[1],张冉冉[1],张　菁[2],高胜男[3],高　宁[1],冯　冰[1],刘　冉[1],刘国强[1*]
(1 河北医科大学第三医院药学部,石家庄 050051;2 河北医科大学,石家庄 050017;
3 河北省药物与卫生技术综合评估学会,石家庄 050051)

[摘要] **目的:**评估亚胺培南/西司他丁/瑞来巴坦(imipenem/cilastatin/relebactam,IMI/REL)在医院获得性细菌性肺炎(hospital-acquired bacterial pneumonia,HABP)和呼吸机相关肺炎(ventilator-associated pneumonia,VAP)患者中的成本效益,并以哌拉西林/他唑巴坦(PIP/TAZ)为对照,评估其在中国医疗体系下的经济性。**方法:**基于中国卫生体系视角,构建决策树-马尔科夫模型,模拟 IMI/REL 与 PIP/TAZ 从平均发病年龄至死亡的长期健康结局。疗效和安全性数据来源于一项Ⅲ期临床试验(NCT03583333),成本与效用参数则基于文献回顾与专家访谈确定。采用成本-效用分析方法,同时开展单因素和概率敏感性分析以验证结果稳健性。参考公开渠道可获取的销售价格(1 240 元·瓶$^{-1}$)设定 IMI/REL 单价,进行基础与情景分析。**结果:**基础分析显示,IMI/REL 组总治疗成本为 164 275.71 元,质量调整生命年(QALY)为 4.32;PIP/TAZ 组总成本为 143 946 元,QALY 为 4.13,增量成本-效益比(ICER)为 104 991.37 元·QALY^{-1},低于我国 3 倍人均 GDP 阈值。情景分析结果表明,在未治愈患者部分存活的假设下,IMI/REL 的经济性结论依然稳健。**结论:**在当前可得价格设定下,IMI/REL 相较于 PIP/TAZ 具有良好的成本效益,为我国 HABP/VAP 治疗策略优化与医保支付政策制定提供了参考依据。

[关键词] 亚胺培南/西司他丁/瑞来巴坦;肺炎;药物经济学;成本-效用分析
[中图分类号] R969.3　　[文献标志码] A　　[文章编号] 1003－3734(2026)09－0994－08

Pharmacoeconomic study and drug pricing of imipenem/cilastatin/relebactam in the treatment of ventilator-associated pneumonia and hospital-acquired pneumonia

ZHANG Yu-xi[1],ZHANG Ran-ran[1],ZHANG Jing[2],GAO Sheng-nan[3],GAO Ning[1],FENG Bing[1],
LIU Ran[1],LIU Guo-qiang[1*]
(1 *Department of Pharmacy, The Third Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang* 050051, *China*;
2 *Hebei Medical University, Shijiazhuang* 050017, *China*; 3 *Hebei Society for Integrated Drug and Health Technology Assessment, Shijiazhuang* 050051, *China*)

[**Abstract**] **Objective**: To evaluate the cost-effectiveness of imipenem/cilastatin/relebactam (IMI/REL) in patients with hospital-acquired bacterial pneumonia (HABP) and ventilator-associated pneumonia (VAP), using piperacillin/tazobactam (PIP/TAZ) as a comparator, and to assess its economic viability within the Chinese healthcare

[基金项目] 河北省自然科学基金资助项目(H2021206407)
[作者简介] 张羽曦,女,硕士研究生,研究方向:药物经济学。E-mail:1679563607@qq.com。
[通讯作者] *刘国强,男,主任药师,硕士生导师,研究方向:药物经济学、卫生技术评估、合理用药。E-mail:36700774@hebmu.edu.cn。
[DOI]10.20251/j.cnki.1003-3734.2026.09.013

system. **Methods**: From the perspective of the Chinese healthcare system, a hybrid decision tree-Markov model was constructed to simulate the long-term health outcomes of IMI/REL and PIP/TAZ from the mean age of disease onset until death. Efficacy and safety data were derived from a Phase Ⅲ clinical trial (NCT03583333), while cost and utility parameters were obtained based on literature reviews and expert interviews. Cost-utility analysis was performed, and one-way and probabilistic sensitivity analyses were conducted to validate the robustness of the results. The unit price of IMI/REL was set at 1 240 yuan per vial based on publicly available sales prices, and which both base-case and scenario analyses were conducted. **Results**: The base-case analysis showed that the total treatment cost in the IMI/REL group was 164 275.71 yuan with a quality-adjusted life year (QALY) of 4.32, while the total cost in the PIP/TAZ group was 143 946 yuan with a QALY of 4.13. The incremental cost-utility ratio (ICER) was 104 991.37 yuan per QALY, which was lower than the threshold of three times China's per capita gross domestic product (GDP). The scenario analysis indicated that under the assumption of partial survival among uncured patients, the cost-effectiveness conclusion of IMI/REL remained robust. **Conclusion**: Under the currently available price setting, IMI/REL demonstrates favorable cost-effectiveness compared with PIP/TAZ, providing a reference for optimizing treatment strategies and informing medical insurance payment policies for HABP/VAP in China.

[**Key words**] imipenem/cilastatin/relebactam; pneumonia; pharmacoeconomics; cost-utility analysis

医院获得性肺炎(hospital-acquired pneumonia, HAP)是指患者入院时不存在、也不处于潜伏期,而在入院≥48 h 后发生的肺实质感染[1]。全国性医院感染横断面调查显示,我国住院患者医院获得性感染发生率为 3.22% ~5.22%,其中下呼吸道感染占比 1.76% ~1.94%,是最常见的医院感染类型之一。这类感染不仅严重威胁患者生命安全,更给社会造成了沉重的经济负担[2-3]。

根据《中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南(2018)》(以下简称"指南")[2],HAP 主要分为医院获得性细菌性肺炎(hospital-acquired bacterial pneumonia, HABP)和呼吸机相关性肺炎(ventilator-associated pneumonia, VAP)。其中,HABP 是指由细菌感染引起的 HAP,而 VAP 作为 HAP 的特殊类型,主要发生于接受机械通气的患者,其感染风险和耐药菌检出率均显著升高[4]。指南指出,当前 HABP/VAP 的治疗主要依赖广谱抗菌药物,包括头孢菌素类(头孢呋辛、头孢曲松)、β-内酰胺/β-内酰胺酶抑制剂(哌拉西林/他唑巴坦)、碳青霉烯类(亚胺培南、美罗培南)、多黏菌素类(多黏菌素)、糖肽类(万古霉素)和噁唑烷酮类(利奈唑胺)[2]。然而,CHINET 2024 年数据显示,我国碳青霉烯耐药肠杆菌科细菌、耐碳青霉烯铜绿假单胞菌和耐碳青霉烯鲍曼不动杆菌的检出率持续居高不下,加之抗菌药物的广泛使用,多重耐药革兰阴性菌的传播已严重限制了传统抗生素的治疗效果。这不仅缩小了 HABP/VAP 的可选治疗范围,还显著延长了住院时间并提高了死亡率[5-7]。面对这一挑战,合理用药、优化抗菌治疗策略及引入新型抗生素变得尤为重要。

亚胺培南/西司他丁/瑞来巴坦(imipenem/cilastatin/relebactam, IMI/REL)于 2024 年 12 月获批在中国上市,是一种新型的复方制剂,由碳青霉烯类抗生素亚胺培南、肾脏脱氢肽酶抑制剂西司他丁和β-内酰胺酶抑制剂瑞来巴坦组成。其中,亚胺培南对多种革兰阴性菌及部分革兰阳性菌具有广谱抗菌作用;西司他丁可以抑制肾脏脱氢肽酶,防止亚胺培南在体内被降解,延长药效;瑞来巴坦能够有效抑制β-内酰胺酶,提高亚胺培南对耐药菌的活性[8]。有研究表明,IMI/REL 在治疗耐多药革兰阴性菌感染方面具有良好疗效,可作为传统抗生素疗效受限情况下的替代方案。此外,与现有抗菌方案相比,IMI/REL 在降低住院时间、减少 ICU 住院天数及降低不良反应风险方面展现出一定优势[9]。

尽管 IMI/REL 在国外已有一定的药物经济学研究,但由于各国医保支付政策、医疗资源配置及疾病负担不同,这些研究结论难以直接应用于中国。目前中国尚缺乏针对 IMI/REL 的药物经济学评估,特别是在本土医疗环境、医保支付体系及患者疾病负担等方面的数据。因此,有必要开展基于中国实际情况的药物经济学研究,以评估其临床价值及经济性,为医保决策和临床应用提供科学依据。

资料与方法

1 目标人群与治疗方案

本研究的目标人群与一项多中心、随机、双盲、平行对照评估 IMI/REL 与哌拉西林/他唑巴坦(PIP/TAZ)治疗 HABP 或 VAP 的临床试验(NCT03583333)人群一致[10],即 18 岁及以上的 HABP 或 VAP 成人患者,且其感染由多药耐药的革兰阴性菌所致,如耐多药铜绿假单胞菌和肠杆菌科细菌。由于该临床试验的大部分患者来自中国,其研究结果更能反映中国的临床实际情况。

在随机、双盲对照试验中,患者按 1∶1 随机分组接受治疗。IMI/REL 组静脉注射剂量为 500 mg/250 mg,每 6 h 1 次,疗程 7 ~ 14 d;PIP/TAZ 组剂量为 4 000 mg/500 mg,每 6 h 1 次,疗程相同。当病原体对初始治疗耐药、临床反应不佳或病情持续恶化时,患者需切换至替代疗法。本研究假设多黏菌素 + 亚胺培南/西司他丁(colistin, imipenem/cilastatin, CMS + IMI)作为替代方案,其中 IMI 剂量为 500 mg,每 6 h 1 次,CMS 剂量为 150 mg,每 12 h 1 次。

2 研究方法与产出

本研究采用成本-效用分析法(cost-utility analysis,CUA),基于中国卫生体系视角,利用决策树-马尔科夫复合模型评估 IMI/REL 与 PIP/TAZ 的成本效益。通过文献检索及医院管理系统获取直接医疗成本数据,涵盖药品费用、住院费用、不良反应管理费用等;临床效果参数则主要依据 NCT03583333 临床试验数据[10],核心终点指标包括 28 d 全因死亡率(all-cause mortality at day 28, ACM)、临床缓解率(clinical response rate, CR)及不良事件发生率(adverse event incidence)。

经济评价方面,本研究通过质量调整生命年(QALY)和增量成本-效益比(ICER)评估 IMI/REL 相较于 PIP/TAZ 的经济性。成本和效益均采用半周期校正,并采用《中国药物经济学评价指南(2020)》推荐的 5% 贴现率进行远期调整。支付意愿(willingness to pay, WTP)设定为 3 倍 2024 年中国人均 GDP,即 287 247 元·$QALY^{-1}$。

3 模型结构与参数来源

为全面评估治疗策略的短期与长期经济性,本研究参考 Yang 等[11]基于 3 位感染病学专家访谈所建立的 IMI/REL 治疗碳青霉烯非敏感革兰阴性菌感染的药物经济学模型,并结合我国临床路径进行了参数本土化调整。研究构建了决策树-马尔科夫混合模型,整体结构分为 2 个阶段。

第一阶段为短期决策树模型(见图 1),用于模拟患者在 28 d 内的初始治疗路径。患者随机接受 IMI/REL 或 PIP/TAZ 治疗,模型设置不同治疗方案下的临床结局分支,包括治愈、未治愈及死亡。治愈的患者进入长期马尔科夫模型,继续模拟其远期健康结局;未治愈患者则需接受替代治疗,若替代治疗仍失败,假设其将在 1 年内死亡。该建模逻辑能够在缺乏长期随访数据的背景下,较为现实地反映严重感染患者的远期预后风险。本研究在延续上述模型结构的基础上,结合中国医疗实际对相关参数进行了适当调整。同时,在情景分析中进一步引入“未治愈患者部分存活并进入长期状态”的假设,用以评估不同疾病进展路径设定下模型结果的稳定性与适应性。

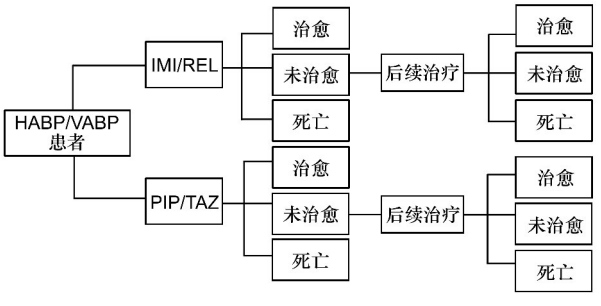


图 1 决策树模型

第二阶段为长期马尔科夫模型(见图 2),用于追踪治愈患者的生命周期健康状态。模型周期设定为 1 年,模拟从患者平均年龄至死亡的全过程,假设治愈患者的长期转移概率遵循中国人群的自然死亡率,以评估治愈后的远期健康效益及经济负担。

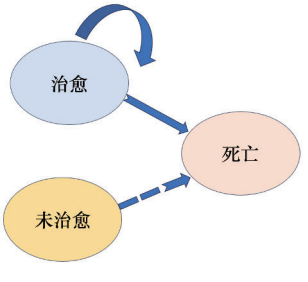


图 2 马尔科夫模型

表 1 纳入了模型的主要参数,包括临床参数(临床疗效、后续疗效、住院时间)、不良反应参数(贫血、

腹泻等不良事件发生率)和成本参数(药物成本、住院成本、不良反应成本)。此外,模型中补充纳入了CMS + IMI 方案相关参数,其中后续治愈率和死亡率分别为 0.353 和 0.242,用药天数为 6.1 d[12-13];CMS 和 IMI 的药品成本均来源于药智网,分别为 18 179.84 和 1 097.5 元。

表 1 模型主要参数表

参数	IMI/REL	PIP/TAZ	来源
临床参数			
d 28 临床治愈率	0.716	0.684	文献[10]
d 28 全因死亡率	0.112	0.059	文献[10]
后续 CMS + IMI 治愈率	0.353		文献[12,13]
后续 CMS + IMI 死亡率	0.242		文献[12,13]
治愈患者普通病房住院天数/d	4.26	4.93	文献[13,14]
治愈患者 ICU 病房住院天数/d	11.74	11.07	文献[13,14]
未治愈患者普通病房住院天数/d	3.92	2.13	文献[13,14]
未治愈患者 ICU 病房住院天数/d	19.8	22.87	文献[13,14]
死亡患者普通病房住院天数/d	0.16	0.16	文献[13,14]
死亡患者 ICU 病房住院天数/d	9.41	9.6	文献[13,14]
不良反应发生率/%			
腹泻	15.7	16.2	文献[10]
贫血	14.2	13.2	文献[10]
低钾血症	9.7	12.5	文献[10]
肝功能异常	12.7	9.6	文献[10]
便秘	11.2	6.6	文献[10]
低钠血症	12.7	6.6	文献[10]
成本参数			
腹泻治疗成本/元	16.2	16.7	医生咨询
贫血治疗成本/元	443.13	411.92	医生咨询
低钾血症治疗成本/元	194	250	医生咨询
肝功能异常治疗成本/元	126.24	95.42	医生咨询
便秘治疗成本/元	42.3	24.93	文献[15]
低钠血症治疗成本/元	1 380.3	717.3	文献[16]
ICU 住院成本(每天)/元	4 017.23		文献[17]
普通病房住院成本(每天)/元	1 393.76		文献[18]
药品成本	1 240	62.5	药智网
门诊复查费/元	3 073.92		文献[19]
效用值			
治愈患者效用值	0.89		文献[20]
未治愈患者效用值	0.73		文献[14]

4 不确定性分析

为评估研究结果的稳健性,本研究进行了不确定性分析,包括单因素敏感性分析和概率敏感性分析。在单因素敏感性分析中,成本变量在 ±10% 范围内变化,而效用值和转移概率变量则在 ±5% 范围内波动,并通过龙卷风图展示各变量对 ICER 的影响。在概率敏感性分析中,采用蒙特卡洛模拟进行 1 000 次迭代,并通过成本-效果散点图和成本-效果可接受曲线展示。

结　果

1　基础结果

在基础情景下,PIP/TAZ 方案的总成本为 143 946 元,获得 4.13 个 QALYs;IMI/REL 方案的总成本为 164 275.71 元,获得 4.32 个 QALYs。与 PIP/TAZ 方案相比,IMI/REL 方案增加成本 20 329.71 元,增加效用 0.19 QALYs,对应的 ICER 为 104 991.37 元·QALY^{-1},见表 2。考虑到该值低于我国 2024 年 3 倍人均 GDP,即 287 247 元,IMI/REL 方案在当前价格设定下具有较好的成本效益。

表 2　基础分析结果

治疗方案	成本/元	效用/QALYs	增量成本/元	增量效用/QALYs	ICER/元·QALY^{-1}
PIP/TAZ	143 946	4.13	—	—	—
IMI/REL	164 275.71	4.32	20 329.71	0.19	104 991.37

2　单因素敏感性分析

本研究开展了单因素敏感性分析,共涉及包括转移概率、成本和效用值等在内的 31 个关键参数。敏感性分析结果以龙卷风图形式展示(见图 3),横轴代表 ICER 的变化范围,纵轴代表不同的敏感性参数,条形长度反映各参数变动对 ICER 的影响程度。从单因素敏感性分析的结果来看,主要影响因素包括患者使用 IMI/REL 治愈的概率、患者使用 PIP/TAZ 治愈的概率和贴现率等,见图 3。

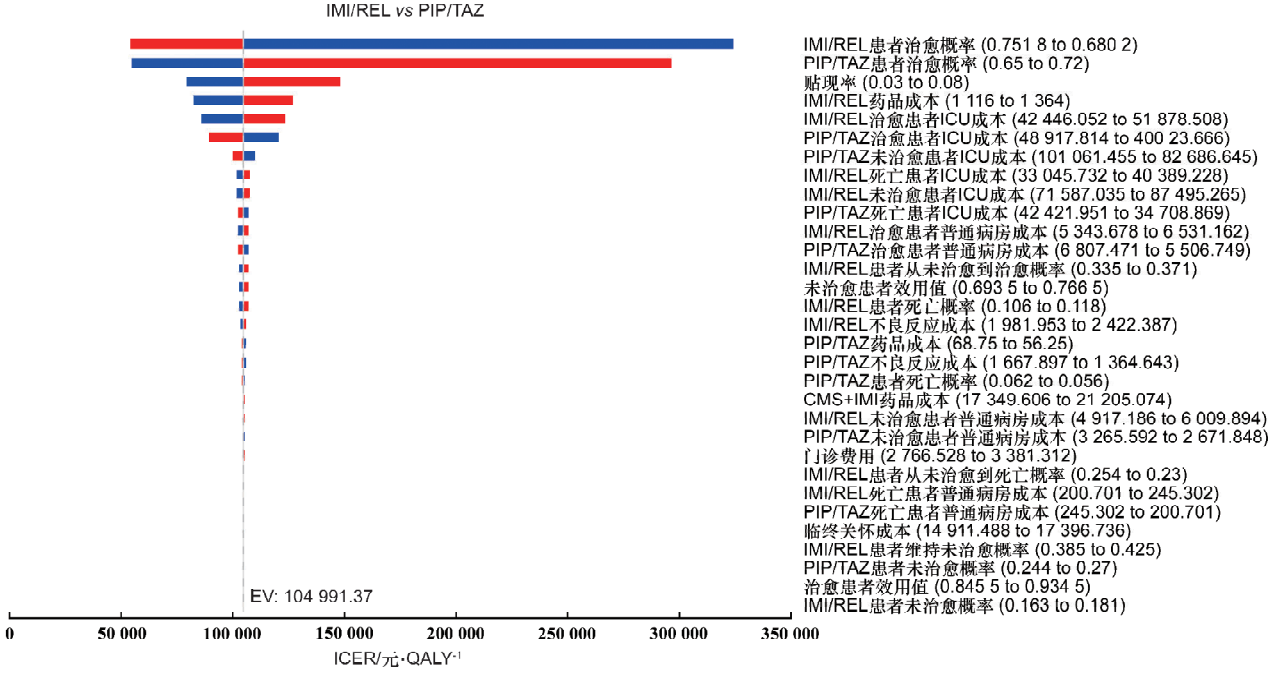


图 3　单因素敏感性分析龙卷风图

3　概率敏感性分析

当 WTP 设定为 3 倍 2024 年人均 GDP 时,IMI/REL 治疗方案相较于 PIP/TAZ 治疗方案的概率敏感性分析结果见图 4 和图 5。概率敏感性分析散点图(见图 4)表明,在蒙特卡洛模拟的 1 000 次迭代中,有 91.2% 的散点位于 WTP 线下方,意味着当 WTP 阈值为 3 倍 2024 年我国人均 GDP 时,IMI/REL 方案的经济性概率为 91.2%。成本-效果可接受曲线(见图 5)进一步展示了不同 WTP 阈值下各方案的经济性概率,结果显示,当 WTP 阈值高于 11 000 元·QALY^{-1}时,IMI/REL 方案的经济性概率持续提升,并始终高于 PIP/TAZ 方案。

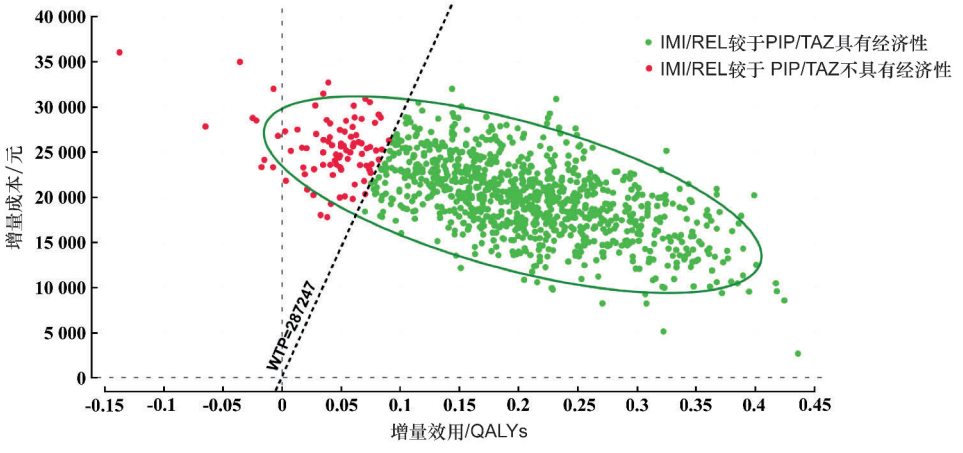


图 4 概率敏感性分析散点图

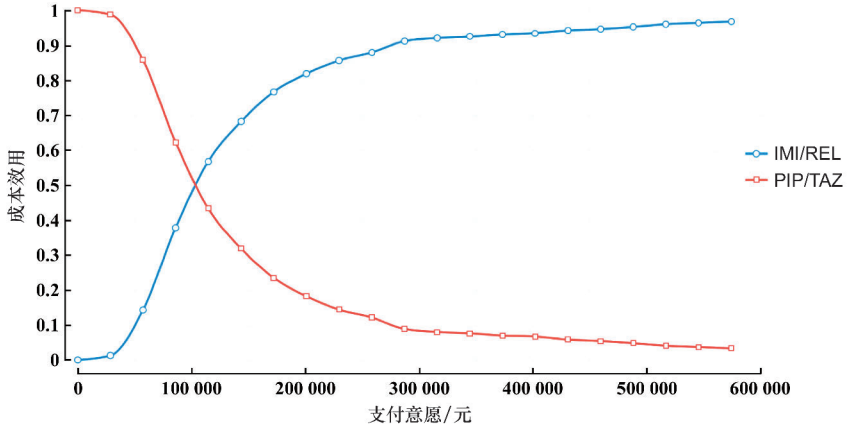


图 5 成本效果可接受曲线

4 情景分析

考虑到基础模型中对“非治愈患者”路径的简化可能低估了患者的长期健康结局及相关成本，本文进一步开展情景分析，假设替代治疗失败的未治愈患者中，仅 50% 在一年内死亡，另有 50% 患者转入长期健康状态模型，模拟其后续生命周期的成本和效用。该设定旨在更贴近临床实际中部分重症感染患者在初始治疗失败后，仍可能存活并接受长期管理的情境。

在该情景下，IMI/REL 组的总治疗成本为 169 061.25 元，累计 QALYs 为 4.46；PIP/TAZ 组的总治疗成本为 140 324.58 元，累计 QALYs 为 4.05。其中 IMI/REL 相较于 PIP/TAZ 的成本增量为 28 736.66 元，效用增量为 0.41 QALY，对应 ICER 为 70 091.02 元·QALY^{-1}，仍远低于我国设定的 3 倍人均 GDP 阈值，与基础结果的 ICER 相比，情景分析中的 ICER 值更低（见表 3），表明即便在更保守的假设下，IMI/REL 方案仍具有良好的成本效益特征。

表 3 情景分析结果

治疗方案	成本/元	效用	增量成本/元	增量效用/QALYs	ICER/元·QALY^{-1}
PIP/TAZ	140 324.58	4.05	—	—	—
IMI/REL	169 061.25	4.46	28 736.66	0.41	70 091.02

讨　论

目前,国际上已有多项研究对 IMI/REL 的药物经济学价值进行了评估。其中,一项在美国背景下开展的药物经济学研究比较了 PIP/TAZ 与 IMI/REL 的成本效益,结果表明,IMI/REL 在提高治愈率、降低死亡率方面具有优势,同时可获得更多 QALYs。尽管 IMI/REL 的治疗成本更高,但其 ICER 值低于美国通常采用的 WTP,因此在美国环境下,IMI/REL 相较于 PIP/TAZ 更具经济性。另一项在美国背景下开展的药物经济学研究,分析了 CMS/IMI 与 IMI/REL 这 2 种方案的经济性,同样发现尽管 IMI/REL 的药品成本较高,但其可缩短患者住院时长,并减少不良事件,从而降低医疗总成本,使其在经济性方面更具优势。

然而,目前国内尚缺乏针对 IMI/REL 的药物经济学评价,针对这一研究空白,本研究基于中国医疗体系对 IMI/REL 的经济性进行了系统评估。研究结果显示,在 IMI/REL 的药品价格为 1 240 元·瓶$^{-1}$的前提下,IMI/REL 方案相较于 PIP/TAZ 方案可带来更高的 QALY(4.32 *vs* 4.13),对应的 ICER 为 104 991.37 元·QALY^{-1},显著低于我国 2024 年 3 倍人均 GDP 的支付意愿阈值(即 287 247 元·QALY^{-1}),表明其在当前市场价格水平下具有良好的成本效益性。单因素敏感性分析结果显示,影响 ICER 变动幅度最大的因素包括 IMI/REL 治愈概率、PIP/TAZ 治愈概率以及贴现率,表明本研究中有效性参数和时间贴现参数是模型结果的关键因素。其中,治愈概率直接决定了患者进入长期健康状态的比例,对总体 QALY 和长期成本的影响显著;贴现率则关系到远期成本与效用的现值换算,对生命周期内的经济性评估起到核心调节作用。

此外,IMI/REL 药品成本,以及 IMI/REL 与 PIP/TAZ 治愈患者的 ICU 住院成本,在一定范围内也对模型结果产生波动,提示治疗全流程中直接医疗费用的变动同样不容忽视。这一结果强调,在药物经济学评价中,单纯基于药品价格进行成本效益分析是片面的,应综合考虑治疗方案对疗效、住院资源消耗和长期健康结局的影响。

本研究也存在一定的局限性:① 本研究中使用的模型代表了患者治疗过程中的相关临床特征。然而,由于数据有限,该模型是对复杂治疗路径的一种简化。在实际情况中,患者可能会接受多种抗菌治疗。② 本研究假设治愈患者的长期健康状态符合一般人群的死亡率,但在实际临床中,重症感染患者即使治愈后,仍可能面临长期健康风险,这可能影响长期 QALY 计算的准确性。因此,未来研究可结合真实世界数据,采用动态队列研究方法,进一步完善对 IMI/REL 长期经济性的评价。③ 本研究长期模型对于未治愈患者的疾病进展路径进行了简化,假设治疗失败后患者将在一年内死亡。该建模策略参考了 Yang 等[11]基于临床专家访谈的研究,模型结论的稳健性已通过验证。然而,该假设仍可能低估部分患者在接受进一步治疗后带病生存的可能性,进而影响对 QALY 的估计精度。

尽管本研究存在一定局限性,但作为首次在中国针对 HABP/VAP 患者开展的 IMI/REL 的药物经济学评估,结合临床试验数据,并采用决策树-马尔科夫模型进行长期成本效益分析。结果表明,在当前价格水平下,IMI/REL 在提高临床治愈率、降低死亡率的同时展现出较好的成本效益特征,为我国 HABP/VAP 的治疗决策、医保政策制定及临床实践提供了经济学证据。未来,仍需结合真实世界数据进一步验证 IMI/REL 的长期经济性,并探索不同支付模式对其成本效益的影响,以优化其在中国医疗体系中的应用。

[参 考 文 献]

[1] SOCIETY AT, AMERICA IDSO. Guidelines for the management of adults with hospital-acquired, ventilator-associated, and healthcare-associated pneumonia[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2005, 171(4): 388 – 416.

[2] 中华医学会呼吸病学分会感染学组. 中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南 (2018 年版)[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41(4): 255 – 280.

[3] SAFDAR N, DEZFULIAN C, COLLARD HR, *et al*. Clinical and economic consequences of ventilator-associated pneumonia: a systematic review[J]. *Crit Care Med*, 2005, 33(10): 2184 – 2193.

[4] XIE JF, YANG Y, HUANG YZ, *et al*. The current epidemiological landscape of ventilator-associated pneumonia in the intensive care unit: a multicenter prospective observational study in China[J]. *Clin Infect Dis*, 2018, 67(suppl_2): S153 – S161.

[5] 王荣, 谢柏梅, 王娟. 老年重症肺炎合并呼吸衰竭患者血小板内皮细胞粘附分子-1、多配体蛋白聚糖-1 表达水平及意义分析[J]. 中国医药导刊, 2026, 28(2): 176 – 180.

[6] 王曼卿, 袁玉, 田雪, 等. 阿奇霉素联合头孢哌酮舒巴坦钠对儿童细菌感染性重症肺炎免疫功能的影响[J]. 中国医药导刊, 2026, 28(3): 337 – 343.

[7] 高良玉, 倪永丰, 张良兵, 等. 呼吸机相关性肺炎患者病原菌耐药性及其与 PI3K/AKT 通路的关系[J]. 中华医院感染学杂志, 2024, 34(19): 2908 – 2912.

[8] SMITH JR, RYBAK JM, CLAEYS KC. Imipenem-cilastatin-relebactam: a novel β-lactam-β-lactamase inhibitor combination for the treatment of multidrug-resistant gram-negative infections[J]. *Pharmacotherapy*, 2020, 40(4): 343 – 356.

[9] YANG QX, YANG YQ, HE R, *et al*. Efficacy and safety of novel carbapenem-β-lactamase inhibitor combinations: imipenem-

cilastatin/relebactam results from randomized controlled trials [J]. *Front Med* (*Lausanne*), 2023, 10: 1304369.
[10] LI JJ, WEI F, XIANG P, *et al*. A phase III, randomized, controlled noninferiority trial to study the efficacy and safety of imipenem/cilastatin/relebactam (IMI/REL) vs piperacillin/tazobactam (PIP/TAZ) in patients with hospital-acquired bacterial pneumonia (HABP) or ventilator-associated bacterial pneumonia (VABP)[J]. *Int J Infect Dis*, 2025, 153: 107357.
[11] YANG J, NAIK J, MASSELLO M, *et al*. Cost-effectiveness of imipenem/cilastatin/relebactam compared with colistin in treatment of gram-negative infections caused by carbapenem-non-susceptible organisms[J]. *Infect Dis Ther*, 2022, 11(4): 1443 – 1457.
[12] MOTSCH J, MURTA DE OLIVEIRA C, STUS V, *et al*. RESTORE-IMI 1: a multicenter, randomized, double-blind trial comparing efficacy and safety of imipenem/relebactam vs colistin plus imipenem in patients with imipenem-nonsusceptible bacterial infections[J]. *Clin Infect Dis*, 2020, 70(9): 1799 – 1808.
[13] TITOV I, WUNDERINK RG, ROQUILLY A, *et al*. A randomized, double-blind, multicenter trial comparing efficacy and safety of imipenem/cilastatin/relebactam versus piperacillin/tazobactam in adults with hospital-acquired or ventilator-associated bacterial pneumonia (RESTORE-IMI 2 study)[J]. *Clin Infect Dis*, 2021, 73(11): e4539 – e4548.
[14] NAIK J, DILLON R, MASSELLO M, *et al*. Cost-effectiveness of imipenem/cilastatin/relebactam for hospital-acquired and ventilator-associated bacterial pneumonia[J]. *J Comp Eff Res*, 2023, 12(3): e220113.
[15] 余香, 陈小龙, 林秀云, 等. 滑肠通便片联用健胃益肠宁治疗慢传输型便秘的成本-效果分析[J]. 中国药物经济学, 2018, 13(3): 18 – 20.
[16] LEE MY, KANG HJ, PARK SY, *et al*. Cost-effectiveness of tolvaptan for euvolemic or hypervolemic hyponatremia[J]. *Clin Ther*, 2014, 36(9): 1183 – 1194.
[17] 王丹, 朱丹, 夏敏, 等. 预防综合 ICU 多重耐药菌医院感染的成本效益分析[J]. 中国感染控制杂志, 2021, 20(12): 1119 – 1125.
[18] 陈志辉, 吴红梅, 王晨红, 等. 基于倾向评分法研究医院获得性肺炎对患者临床结局及医疗成本的影响[J]. 中国医院统计, 2020, 27(3): 236 – 241.
[19] 智研咨询. 2021—2027 年中国医疗卫生行业市场竞争格局及未来发展趋势报告[EB/OL]. [2025 – 03 – 18]. https://m.chyxx.com/view/700710.html.
[20] 刘梅, 李灵清. 云南省居民健康相关生命质量及影响因素研究[J]. 中国健康教育, 2021, 3(3): 199 – 204.

编辑:蒋欣欣/接受日期:2025 – 05 – 14