·专题报道——儿童疫苗接种保护效果研究·

# 2024—2025 年深圳市龙岗区小学生接种三价灭活流感疫苗保护效果：基于监测数据的回顾性队列评价

李武[1]，曾愉[1]，庄春燕[1]，谭惠玲[1]，叶碧莉[1]，王小丽[1]，赵雪彤[2]，谢旭[3]，刘峰[1]，韦厚明[1]，李刚[1]

1. 深圳市龙岗区疾病预防控制中心，深圳 518172；
2. 北京大学公共卫生学院，北京 100191；
3. 深圳市疾病预防控制中心，深圳 518073
通信作者：谭惠玲，E-mail：987178534@qq.com

**【摘　要】目的** 评价 2024—2025 年广东省深圳市龙岗区小学生接种三价灭活流感疫苗（TIV）预防流行性感冒（简称“流感”）的保护效果（VE），为流感疫苗（InfV）公费项目的成本效果评价提供依据。**方法** 收集深圳市龙岗区学生健康监测信息系统、中国疾病预防控制信息系统和深圳市免疫规划信息管理系统中龙岗区 2024 年 8 月—2025 年 7 月的在校小学生名单及其流感发病信息和 InfV 接种信息，按班级 InfV 接种率将学生分为<50.00%组、50.00%～74.99%组、75.00%～100%组和总体组，采用倾向性评分匹配法均衡 TIV 接种组和未接种组间协变量建立可比的现实世界回顾性队列，应用多因素 Cox 回归模型分析 TIV 预防流感的调整后 VE（aVE）。**结果** 经倾向性评分匹配后，总体组中 TIV 接种组和未接种组各纳入研究对象 159 336 人，流感发病密度分别为 1.40/100 人年和 2.35/100 人年；班级 InfV 接种率为<50.00%组、50.00%～74.99%组、75.00%～100%组和总体组小学生接种 TIV 预防流感的 aVE（95%*CI*）分别为 29.83%（21.00%～37.67%）、37.84%（31.39%～43.67%）、41.06%（36.23%～45.53%）和 40.31%（36.44%～43.95%）；6～8 岁和 9～12 岁小学生接种 TIV 预防流感的 aVE（95%*CI*）分别为 46.75%（42.22%～50.93%）和 28.76%（21.34%～35.48%）；上年度未接种 InfV 和接种过 InfV 小学生接种 TIV 预防流感的 aVE（95%*CI*）分别为 46.52%（41.15%～51.40%）和 35.78%（30.20%～40.92%），小学生接种 TIV 预防甲型流感、乙型流感和甲乙型混合流感的 aVE（95%*CI*）分别为 42.33%（37.48%～46.80%）、35.64%（23.43%～45.90%）和 21.00%（−22.46%～49.04%）。**结论** 2024—2025 年深圳市龙岗区小学生接种 TIV 预防流感具有较好的保护效果，建议每年在流感流行季节来临前尽早接种 InfV 并维持较高的接种率。

**【关键词】** 三价灭活流感疫苗（TIV）；接种；流行性感冒；预防；保护效果；评价；小学生；深圳市龙岗区

# Effectiveness of trivalent inactivated influenza vaccine among primary school students in Longgang district, Shenzhen city during the 2024–2025 influenza season: a retrospective cohort study based on surveillance data

LI Wu[1], ZENG Yu[1], ZHUANG Chunyan[1], TAN Huiling[1], YE Bili[1], WANG Xiaoli[1], ZHAO Xuetong[2], XIE Xu[3], LIU Feng[1], WEI Houming[1], LI Gang[1] (*1. Center for Disease Control and Prevention of Longgang*, *Shenzhen* 518172, *China*; *2. School of Public Health*, *Peking University*, *Beijing* 100191, *China*; *3. Shenzhen Center for Disease Control and Prevention*, *Shenzhen* 518073, *China*)
Corresponding author: TAN Huiling, E-mail: 987178534@qq.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the vaccine effectiveness (VE) of trivalent inactivated influenza vaccine (TIV) against influenza among primary school students in Longgang district, Shenzhen city, Guangdong province during the 2024–2025 academic year, thus providing evidence for the cost-effectiveness evaluation of publicly funded influenza vaccine (InfV) programs. **Methods** Data on the roster of in-school primary school students in Longgang district from August 2024 to July 2025, together with their influenza incidence and InfV vaccination records, were extracted from the Longgang District Student Health Monitoring Information System, the China Information System for Disease Control and Prevention, and the Shenzhen Immunization Program Information Management System. According to class-level InfV vaccination coverage, students were stratified into four groups: <50.00%, 50.00%–74.99%, 75.00%–100%, and an overall group. Propensity score matching (PSM) was employed to balance covariates between the TIV-vaccinated and unvaccinated groups, forming a comparable real-world retrospective cohort. Multivariable Cox regression models were employed to estimate the adjusted vaccine effectiveness (aVE) of TIV against influenza. **Results** After PSM, the overall group comprised 159 336 participants in both the TIV-vaccinated and unvaccinated groups, with influenza incidence

开放获取：CC BY-NC-ND 4.0 DOI：10.11847/zgggws1149359
基金项目：深圳市科技计划资助（JCYJ20250604185402003）；深圳市龙岗区科技创新专项资金医疗卫生技术攻关项目（LGKCYLWS2023033）
第一作者：李武（1990—），副主任医师，硕士，研究方向：传染性疾病防治。
收稿日期：2025-11-18 修回日期：2026-01-29 录用日期：2026-04-04
利益冲突：不存在 伦理审查：已获取 出版授权：全体作者已与编辑部签署作者贡献声明及版权转让协议

densities of 1.40 and 2.35 per 100 person-years, respectively. The aVE (95%*CI*) of TIV against influenza by class-level vaccination coverage was 29.83% (21.00% to 37.67%) for the < 50.00% group, 37.84% (31.39% to 43.67%) for the 50.00%–74.99% group, 41.06% (36.23% to 45.53%) for the 75.00%–100% group, and 40.31% (36.44% to 43.95%) for the overall group. By age subgroups, the aVE (95%*CI*) was 46.75% (42.22% to 50.93%) for students of 6 to 8 years old and 28.76% (21.34% to 35.48%) for students of 9 to 12 years old. By vaccination history, the aVE (95%*CI*) was 46.52% (41.15% to 51.40%) for those unvaccinated the previous year and 35.78% (30.20% to 40.92%) for those vaccinated previously. Against influenza A, B, and mixed A+B, the aVE (95%*CI*) was 42.33% (37.48% to 46.80%), 35.64% (23.43% to 45.90%), and 21.00% (−22.46% to 49.04%), respectively. **Conclusions** TIV vaccination conferred substantial protective effects against influenza among primary school students in Longgang district during the 2024–2025 academic year. Annual timely administration of InfV before the influenza epidemic season and maintenance of high vaccination coverage are recommended.

【**Keywords**】 trivalent inactivated influenza vaccine; vaccination; influenza; prevention; vaccine effectiveness; evaluation; primary school students; Longgang district, Shenzhen city

流行性感冒(简称“流感”)是流感病毒引起的对人群健康危害严重的急性呼吸道传染病。据报道，中国每年季节性流感流行可造成 6%～11% 人口感染[1]，导致近 300 万例的超额门急诊就诊、234 万例的严重急性呼吸道感染住院和 9 万例的呼吸系统疾病超额死亡[2]，其中造成的疾病负担以 0～14 岁人群最为严重[3]。流感疫苗(influenza vaccine, InfV)接种作为预防流感危害最经济有效的措施之一，世界卫生组织[4]和《中国流感疫苗预防接种技术指南(2025—2026)》[5]均建议将学龄儿童作为优先人群在每年流感季来临前进行接种。既往研究表明，学龄儿童接种三价灭活流感疫苗(trivalent inactivated influenza vaccine, TIV)在 4 个月内预防流感的保护效果(vaccine effectiveness, VE)高达 62.68%[6]，且 VE 持续 1 年后差异仍有统计学意义[7]。此外，学龄儿童接种 TIV 还可使学生因病缺课的相对风险减少 26.39%，具有良好的卫生经济效益[8]。目前，我国批准上市使用的 InfV 生产均采用成熟的鸡胚培养生产工艺，但疫苗株在鸡胚培养过程中的适应性突变[9–10]造成疫苗株与病毒株匹配度降低[11]，进而影响了 InfV 接种的 VE。此外，每年 InfV 接种的 VE 还与流感病毒的抗原易变和免疫逃逸等特性[12]以及人群免疫背景和易感性[13–15]等因素有关，故每年仍需对 VE 进行现实世界评价。为评价 2024—2025 年广东省深圳市龙岗区小学生接种 TIV 预防流感的 VE，为 InfV 公费项目的成本效果评价提供依据，本研究收集深圳市龙岗区学生健康监测信息系统、中国疾病预防控制信息系统和深圳市免疫规划信息管理系统中龙岗区 2024 年 8 月—2025 年 7 月在校小学生名单及其流感发病信息和 InfV 接种信息，按班级 InfV 接种率将学生分为<50.00% 组、50.00%～74.99% 组、75.00%～100% 组和总体组，采用倾向性评分匹配法均衡 TIV 接种组和未接种组间协变量，建立可比的现实世界回顾性队列，应用多因素 Cox 回归模型分析 TIV 预防流感的调整后 VE(adjusted VE, aVE)。

## 1 资料与方法

1.1 资料来源　依据 2024—2025 年深圳市龙岗区小学生名单(性别、年龄、民族、学校和班级等)、流感监测病例信息(发病日期、病例分类、感染型别等)和疫苗接种信息(InfV、肺炎疫苗、新型冠状病毒疫苗的接种日期、疫苗种类等)，分别从深圳市龙岗区学生健康监测信息系统、中国疾病预防控制信息系统和深圳市免疫规划信息管理系统获取。流感监测病例根据《流行性感冒诊疗方案(2025 年版)》[16]的诊断标准分为实验室确诊病例和临床诊断病例，每日由工作人员对流感监测病例分类进行审核和订正，包括现住址统计和报告单位统计流感报告病例；根据流感确诊病例备注信息中的流感病毒实验室检测结果(抗原或核酸)，将部分确诊病例分为甲型流感、乙型流感和甲乙型混合流感。研究对象接种的 InfV 包括 TIV 和四价灭活流感疫苗(quadrivalent inactivated influenza vaccine, QIV)，新冠病毒疫苗均为新冠灭活疫苗(Vero 细胞)，肺炎疫苗包括 13 价肺炎球菌多糖结合疫苗和 23 价肺炎球菌多糖疫苗。龙岗区 2024—2025 年在校小学生共 301 606 人，排除疫苗接种和流感发病记录无法匹配 1 756 人；2024 年 8 月—2025 年 7 月接种 QIV 者 3 862 人和流感发病日期距 InfV 接种日期<14 d 者 414 例后共纳入 295 574 人作为研究对象。对上述获取的数据进行脱敏、剔重、匹配，构建 2024—2025 年龙岗区小学生接种 InfV 和流感发病的时序数据。基于深圳市的气候特点和流感流行规律[17]，同时为便于与既往研究结果对比[6–7]，将 2024—2025 年定义为 2024 年 8 月—2025 年 7 月。根据研究对象在 2024—2025 年接种 InfV 的情况统计各班级 InfV 接种率，按班级 InfV 接种率将各班级以整体为单位分为<50.00% 组、50.00%～74.99% 组和 75.00%～100% 组，各班级学生分别纳入相应班级 InfV 接种率组，将不按班级 InfV 接种率

分组的全部研究对象作为总体组。在总体组和 3 个班级 InfV 接种率组中，根据研究对象在 2024—2025 年是否接种 TIV 分为接种组和未接种组。在回顾性队列中，接种组和未接种组个案的研究起始时间分别为 TIV 接种日期和基于倾向性评分匹配为同一亚组（subclass）的接种组个案的 TIV 接种日期；研究截止时间均为 2025 年 7 月 31 日，研究终点定义为个案在研究截止时间前报告流感发病，个案在研究截止时间未报告流感发病定义为右删失类型。研究对象的上年度流感发病和 InfV 接种分别指在 2023—2024 年度（2023 年 8 月—2024 年 7 月）个案是否流感发病和 InfV 接种情况。研究对象的肺炎疫苗和新冠疫苗接种史分别指个案在 2024 年 8 月前接种≥1 剂肺炎疫苗和新冠疫苗。本研究通过深圳市龙岗区疾病预防控制中心伦理委员会审查批准（批号：LGCDCE#20230928）。在数据收集和处理等环节对敏感信息脱敏与匿名化处理，并严格保密。

1.2 统计分析 应用 R 4.5.2 软件进行数据清洗、整合和分析。分别采用 MatchIt 和 Survival 功能包进行倾向性评分匹配和多因素 Cox 回归分析。对班级 InfV 接种率为<50.00% 组、50.00%～74.99% 组、75.00%～100% 组和总体组接种 TIV 的 VE 进行评价。在既往研究的协变量（性别、年龄、民族、上年度流感发病史、上年度 InfV 接种史和新冠疫苗接种史）基础上[7]，新增研究对象的肺炎疫苗接种史作为匹配变量，对协变量在 TIV 接种组与未接种组间进行倾向性评分匹配，以均衡 2 组的可比性。在倾向性评分匹配过程中，设置参数随机数种子（seed）为 1、卡钳值（caliper）为 0.02，应用逻辑回归模型计算个案的倾向性得分，根据最邻近匹配（nearest）方法进行匹配。当班级 InfV 接种率为<50.00% 组时，由于接种组样本量小于未接种组，为避免损失未接种组个案样本，设置匹配比例为 1:2，并计算各匹配样本的权重；当班级 InfV 接种率为 50.00%～74.99% 组、75.00%～100% 组和总体组中，由于未接种组样本量小于接种组，为避免损失接种组个案样本，故设置每例未接种组个案最多可匹配分别不超过 2 例、3 例和 3 例接种组个案，设置匹配比例为 1:1。采用 $\chi^2$ 检验比较总体组和各班级 InfV 接种率组中 TIV 接种组与未接种组间协变量分布构成差异。研究对象的观察人年数=（流感发病日期或研究截止时间－研究起始时间）÷365 d，流感发病密度=（流感发病例数÷累计观察人年数）×100。通过视图法判定各组协变量的 Kaplan-Meier 曲线无交叉，认为随访数据满足风险比例假定（采用 Schoenfeld 残差检验对全局和每个协变量进行检验，发现 $\chi^2$< 1.15，$P$>0.28）。对个案按匹配后的权重系数加权，以是否流感发病和观察人年数为因变量，将匹配的协变量纳入多因素 Cox 回归模型，分析总体组、不同班级 InfV 接种率组及各变量亚组的校正风险比（adjusted hazard ratio, *aHR*）及其 95%*CI*，aVE=（1−*aHR*）×100%[18]。检验水准为双侧检验 $\alpha$=0.05。

## 2 结 果

2.1 深圳市龙岗区小学生倾向性评分匹配前后 TIV 接种组和未接种组分布特征（表 1） 深圳市龙岗区小学生的 TIV 平均接种率为 74.68%（220 723/295 574），其中班级 InfV 接种率<50.00% 组、50.00%～74.99% 组和 75.00%～100% 组小学生的 TIV 平均接种率分别为 27.72%（3 483/12 565）、65.41%（72 553/110 913）和 84.07%（144 687/172 096）。倾向性评分匹配后，总体组中 TIV 接种组和未接种组小学生均为 159 336 人；班级 InfV 接种率<50.00% 组、50.00%～74.99% 组、75.00%～100% 组中 TIV 接种组和未接种组小学生分别为 3 483 人和 6 480 人、56 538 人和 56 538 人、111 847 人和 111 847 人，总体组和 3 个班级 InfV 接种率组中 TIV 接种组与未接种组小学生在性别、年龄、民族、上年度流感发病史、上年度 InfV 接种史、新冠病毒疫苗接种史和肺炎疫苗接种史中分布差异均无统计学意义（均 $P$>0.05）。

**表 1** 深圳市龙岗区小学生倾向性评分匹配前后 TIV 接种组和未接种组分布特征

**Table 1** Distribution characteristics of primary school students in the trivalent inactivated influenza vaccine (TIV) vaccinated group versus the unvaccinated group in Longgang District, Shenzhen city before and after propensity score matching

| 特征 | 分类 | 匹配前 | | | | 匹配后 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 接种组（$n$=220 723） | | 未接种组（$n$=74 851） | | 接种组（$n$=159 336） | | 未接种组（$n$=159 336） | |
| | | 例数 | 构成比/% | 例数 | 构成比/% | 例数 | 构成比/% | 例数 | 构成比/% |
| 性别 | 男性 | 117 505 | 53.24 | 41 788 | 55.83 | 87 213 | 54.74 | 87 213 | 54.74 |
| | 女性 | 103 218 | 46.76 | 33 063 | 44.17 [a] | 72 123 | 45.26 | 72 123 | 45.26 |
| 年龄/岁 | 6～8 | 96 497 | 43.72 | 36 818 | 49.19 | 79 880 | 50.13 | 79 880 | 50.13 |
| | 9～12 | 124 226 | 56.28 | 38 033 | 50.81 [a] | 79 456 | 49.87 | 79 456 | 49.87 |

**续表 1**
**Table 1** Continued

| 特征 | 分类 | 匹配前 | | | | 匹配后 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 接种组（*n*=220 723） | | 未接种组（*n*=74 851） | | 接种组（*n*=159 336） | | 未接种组（*n*=159 336） | |
| | | 例数 | 构成比/% | 例数 | 构成比/% | 例数 | 构成比/% | 例数 | 构成比/% |
| 民族 | 汉族 | 211 898 | 96.00 | 71 831 | 95.97 | 152 988 | 96.02 | 152 988 | 96.02 |
| | 其他民族 | 8 825 | 4.00 | 3 020 | 4.03 | 6 348 | 3.98 | 6 348 | 3.98 |
| 上年度流感发病史 | 无 | 196 725 | 89.13 | 66 465 | 88.80 | 141 606 | 88.87 | 141 606 | 88.87 |
| | 有 | 23 998 | 10.87 | 8 386 | 11.20 | 17 730 | 11.13 | 17 730 | 11.13 |
| 上年度InfV接种史 | 无 | 60 986 | 27.63 | 42 047 | 56.17 | 60 986 | 38.28 | 60 986 | 38.28 |
| | 有 | 159 737 | 72.37 | 32 804 | 43.83 [a] | 98 350 | 61.72 | 98 350 | 61.72 |
| 新冠病毒疫苗接种史 | 无 | 25 069 | 11.36 | 14 140 | 18.89 | 22 364 | 14.04 | 22 364 | 14.04 |
| | 有 | 195 654 | 88.64 | 60 711 | 81.11 [a] | 136 972 | 85.96 | 136 972 | 85.96 |
| 肺炎疫苗接种史 | 无 | 171 240 | 77.58 | 60 716 | 81.12 | 125 171 | 78.56 | 125 171 | 78.56 |
| | 有 | 49 483 | 22.42 | 14 135 | 18.88 [a] | 34 165 | 21.44 | 34 165 | 21.44 |

注：各组内比较，a *P*<0.001。

2.2　2024—2025 年深圳市龙岗区小学生接种 TIV 预防流感保护效果评价（表 2）　2024—2025 年深圳市龙岗区小学生总体组中 TIV 接种组和未接种组的流感发病密度分别为 1.40/100 人年和 2.35/100 人年。多因素 Cox 回归分析结果显示，小学生接种 TIV 预防流感的总体 aVE=40.31%，95%*CI*=36.44%～43.95%。深圳市龙岗区不同特征小学生比较，不同年龄和上年度 InfV 接种史小学生 aVE 差异均有统计学意义（$\chi^2$=109.12、31.16，均 *P*<0.001）；不同性别、民族、上年度流感发病史、新冠病毒疫苗接种史、肺炎疫苗接种史、流感病例分类、流感病例分型和班级 InfV 接种率 aVE 差异均无统计学意义（均 *P*>0.05）。

**表 2**　2024—2025 年深圳市龙岗区小学生 TIV 接种预防流感的 aVE
**Table 2**　Adjusted vaccine effectiveness (aVE) of the trivalent inactivated influenza vaccine (TIV) against influenza among primary school students in Longgang district, Shenzhen city during the 2024–2025 academic year

| 变量 | 接种组 | | | 未接种组 | | | $\beta$ | $S_{\bar{x}}$ | Wald $\chi^2$值 | *P*值 | aVE/% | 95%*CI*/% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 发病例数 | 观察人年数/人年 | 发病密度/（1/100人年） | 发病例数 | 观察人年数/人年 | 发病密度/（1/100人年） | | | | | | |
| 性别 | | | | | | | | | | | | |
| 男性 | 881 | 60 902.27 | 1.45 | 1 434 | 60 626.62 | 2.37 | −0.486 | 0.043 | 128.980 | <0.001 | 38.52 | 33.14～43.47 |
| 女性 | 673 | 50 379.04 | 1.34 | 1 174 | 50 138.47 | 2.34 | −0.553 | 0.048 | 130.776 | <0.001 | 42.50 | 36.78～47.70 |
| 年龄/岁 | | | | | | | | | | | | |
| 6～8 | 884 | 55 601.72 | 1.59 | 1 663 | 55 219.80 | 3.01 | −0.630 | 0.042 | 228.785 | <0.001 | 46.75 | 42.22～50.93 |
| 9～12 | 670 | 55 679.60 | 1.20 | 945 | 55 545.30 | 1.70 | −0.339 | 0.051 | 45.023 | <0.001 | 28.76 | 21.34～35.48 |
| 民族 | | | | | | | | | | | | |
| 汉族 | 1 482 | 106 857.36 | 1.39 | 2 482 | 106 368.44 | 2.33 | −0.514 | 0.033 | 244.549 | <0.001 | 40.18 | 36.20～43.91 |
| 其他民族 | 72 | 4 423.96 | 1.63 | 126 | 4 396.65 | 2.87 | −0.563 | 0.148 | 14.528 | <0.001 | 43.08 | 23.95～57.40 |
| 上年度流感发病史 | | | | | | | | | | | | |
| 无 | 1 310 | 98 956.94 | 1.32 | 2 200 | 98 520.33 | 2.23 | −0.516 | 0.035 | 218.230 | <0.001 | 40.30 | 36.07～44.25 |
| 有 | 244 | 12 324.37 | 1.98 | 408 | 12 244.77 | 3.33 | −0.519 | 0.081 | 41.078 | <0.001 | 40.50 | 30.26～49.24 |
| 上年度InfV接种史 | | | | | | | | | | | | |
| 无 | 645 | 42 447.44 | 1.52 | 1 198 | 42 171.26 | 2.84 | −0.626 | 0.049 | 164.223 | <0.001 | 46.52 | 41.15～51.40 |
| 有 | 909 | 68 833.88 | 1.32 | 1 410 | 68 593.84 | 2.06 | −0.443 | 0.043 | 108.404 | <0.001 | 35.78 | 30.20～40.92 |
| 新冠病毒疫苗接种史 | | | | | | | | | | | | |
| 无 | 197 | 15 611.73 | 1.26 | 351 | 15 523.01 | 2.26 | −0.585 | 0.093 | 66.837 | <0.001 | 44.29 | 34.90～52.04 |
| 有 | 1 357 | 95 669.59 | 1.42 | 2 257 | 95 242.09 | 2.37 | −0.512 | 0.034 | 197.939 | <0.001 | 40.08 | 35.91～44.15 |
| 肺炎疫苗接种史 | | | | | | | | | | | | |
| 无 | 1 173 | 87 468.92 | 1.34 | 1 897 | 87 105.06 | 2.18 | −0.477 | 0.037 | 164.735 | <0.001 | 37.94 | 33.25～42.30 |
| 有 | 381 | 23 812.39 | 1.60 | 711 | 23 660.04 | 3.01 | −0.628 | 0.064 | 97.697 | <0.001 | 46.64 | 39.57～52.89 |

**续表 2**
**Table 2** Continued

| 变量 | 接种组 | | | 未接种组 | | | $\beta$ | $S_{\bar{x}}$ | Wald $\chi^2$值 | $P$值 | aVE/% | 95%*CI*/% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 发病例数 | 观察人年数/人年 | 发病密度/（1/100人年） | 发病例数 | 观察人年数/人年 | 发病密度/（1/100人年） | | | | | | |
| 流感病例分类 | | | | | | | | | | | | |
| 临床诊断病例 | 364 | 110 902.42 | 0.33 | 548 | 110 189.77 | 0.50 | −0.411 | 0.068 | 36.925 | <0.001 | 33.71 | 24.31～41.95 |
| 实验室确诊病例 | 1 190 | 111 147.06 | 1.07 | 2 060 | 110 606.05 | 1.86 | −0.547 | 0.036 | 225.228 | <0.001 | 42.12 | 37.84～46.11 |
| 流感病例分型 | | | | | | | | | | | | |
| 甲型流感 | 930 | 111 049.19 | 0.84 | 1 618 | 110 467.96 | 1.46 | −0.550 | 0.041 | 178.751 | <0.001 | 42.33 | 37.48～46.80 |
| 乙型流感 | 209 | 110 851.72 | 0.19 | 325 | 110 138.51 | 0.30 | −0.441 | 0.089 | 24.738 | <0.001 | 35.64 | 23.43～45.90 |
| 甲乙型混合流感 | 35 | 110 780.24 | 0.03 | 45 | 110 045.41 | 0.04 | −0.236 | 0.224 | 1.062 | 0.303 | 21.00 | −22.46～49.04 |
| 班级InfV接种率/% | | | | | | | | | | | | |
| <50.00 | 38 | 2 363.37 | 1.61 | 100 | 4 384.30 | 2.28 | −0.354 | 0.060 | 34.034 | <0.001 | 29.83 | 21.00～37.67 |
| 50.00～74.99 | 642 | 39 170.48 | 1.64 | 1 027 | 38 975.82 | 2.63 | −0.475 | 0.050 | 89.298 | <0.001 | 37.84 | 31.39～43.67 |
| 75.00～100 | 983 | 78 398.45 | 1.25 | 1 660 | 78 077.15 | 2.13 | −0.529 | 0.040 | 172.585 | <0.001 | 41.06 | 36.23～45.53 |

## 3 讨 论

本研究结果显示，2024—2025 年深圳市龙岗区小学生接种 TIV 预防流感的 aVE 为 40.31%，高于龙岗区 2022—2023 年和 2023—2024 年中小学生接种 TIV 预防流感 aVE 的 10.47% 和 24.05%[6–7] 以及四川省 2022—2023 年中小学生接种 InfV 预防流感 aVE 的 26.0%[19]，但低于深圳市南山区 2021—2022 年中小学生接种预防流感 TIV 的 VE（61.14%）[20]，与 2024—2025 年流感季美国和德国具有急性呼吸道感染症状<18 岁人群接种 InfV 预防流感 aVE 的 27%～60% 和 58%[21–23] 亦有差异，这可能与不同疫苗技术路线、人群特征、病毒株流行和研究设计等有关。因此，未来应基于不同研究设计和流感病毒基因组检测开展 InfV 的 VE 评价[19–20]。

本研究按班级 InfV 接种率将小学生分为< 50.00% 组、50.00%～74.99% 组和 75.00%～100% 组，发现 3 组小学生预防流感的 aVE 分别为 29.83%、37.84% 和 41.06%，随着班级 InfV 接种率的提高，aVE 有所上升，但差异无统计学意义，表明龙岗区 2022—2023 年[6] 和 2023—2024 年[7] 不按接种率分组评估 aVE 的可靠性。一般而言，人群 InfV 接种率越高，易感人群比例越低，则阻断流感疫情传播效果越好。Plans-Rubió P[24] 认为建立流感群体免疫所维持 InfV 覆盖率需考虑流感在易感者中的基本再生数（$R_0$）、InfV 的 VE 和流感流行情况 3 个因素。由于 InfV 的 VE 每年不同且免疫不牢固，而学龄儿童具有流感易感性和发病率高等特点，故每年建立流感群体免疫所需维持的接种率阈值不同，应尽量保持较高的 InfV 覆盖率。

本研究发现，2024—2025 年龙岗区小学生 TIV 接种预防流感的 aVE 在不同年龄和上年度 InfV 接种史中差异均有统计学意义（$\chi^2$=109.12 和 31.16，均 $P$<0.001），但在不同性别、民族、上年度流感发病史、新冠病毒疫苗接种史、肺炎疫苗接种史、流感病例分类、流感病例分型和班级 InfV 接种率中差异均无统计学意义（均 $P$>0.05）与既往研究[6–7] 结果一致。其中，6～8 岁小学生 TIV 接种预防流感的 aVE 为 46.75%，明显高于 9～12 岁小学生 TIV 接种预防流感 aVE 的 28.76%，与低龄儿童接种 TIV 的 VE 高于大龄儿童的结论一致[6–7,25]。上年度 InfV 接种小学生 TIV 接种预防流感的 aVE 明显低于上年度未接种 InfV 的小学生，这可能和世界卫生组织推荐北半球 2023—2024 年[26] 与 2024—2025 年[27] 流感季基于鸡胚生产 TIV 的疫苗株仅 A/Darwin/9/2021（H3N2）株和 A/Thailand/8/2022（H3N2）株的区别有关，因重复接种基于鸡胚培养的 TIV 可能导致机体增强适应鸡胚的抗原表位免疫应答[14] 和降低 HA1 域抗体亲和力成熟[28]，或通过免疫调节机制抑制后续疫苗的应答强度[29]。本研究还发现，2024—2025 年小学生接种 TIV 对不同病例分型的 aVE 无显著区别，区别于 2023—2024 年 TIV 接种对乙型流感的 aVE 高于甲型流感[7]，可能与流感病毒流行株/疫苗株匹配度不同和既往免疫效应[13–14, 28–29] 等因素有关；而不同流感病例分类的 aVE 差异无统计学意义则说明 2024—2025 年流感监测病例分类未影响疫苗效果评价。

综上所述，2024—2025 年深圳市龙岗区小学生接种 TIV 对预防流感具有显著保护效果。建议开展家长对学生接种 InfV 的意愿调查并采取措施以提高疫苗接种率[30]。未来应持续开展 InfV 接种 VE 监测以评估接种项目的实施效果。本研究通过倾向性评分匹配建立均衡可比的回顾性队列，发现接种 TIV 预防流感的 aVE 在既往有无新冠病毒疫苗和肺炎疫苗接种史小学生中的差异均无统计学意义，可侧面反映监测病例作为结局指标的准确性和可靠性。通过按班级 InfV 接种率分组 aVE 差异均无统计学意义的结果则证实龙岗区 2022—2023 年[6] 和 2023—2024 年[7]aVE

评价的准确性。但本研究仍具有一定的局限性：一是使用流感监测报告病例作为结局，存在未就诊未报告等情形引起的漏诊漏报，从而低估 aVE；二是本研究未考虑小学生患其他可能影响免疫效果的疾病情况，可能造成 aVE 的有偏估计；三是本研究未对 TIV 接种后不同时间窗口（如 3 个月后和 6 个月后）进行 aVE 估计，不能评估 aVE 随时间的衰减趋势；四是病例未全部经实验室确诊和部分病例感染毒株分型不明确，无法完整进行病毒株与疫苗株的匹配度分析。因此，在今后的研究中应基于多种方法学设计，如检测阴性设计或前瞻性队列设计和病毒基因组检测进行 InfV 的效果评价，以降低各类偏倚对评价结果的干扰。

**数据可用性声明**　本研究数据包含了研究对象的个人基本信息、预防接种和健康状态等敏感内容。在整个研究过程中，研究团队采取了多重数据保护措施，如数据加密、匿名化处理等，以确保数据的安全性和保密性。鉴于数据的敏感性质，无法公开原始数据。

## 参考文献


[1] 陈晨, 刘国恩, 曾光. 中国流感疾病负担现状、问题与挑战及应对策略 [J]. 中国公共卫生, 2022, 38(11): 1494-1498.

[2] 龚慧, 申鑫, 严涵, 等. 2006—2019 年中国季节性流感疾病负担估计 [J]. 中华医学杂志, 2021, 101(8): 560-567.

[3] 申雨欣, 彭质斌, 秦颖, 等. 2011—2021 监测年度中国流感相关就诊负担估计 [J]. 中华流行病学杂志, 2025, 46(4): 612-618.

[4] World Health Organization. Vaccines against influenza: WHO position paper[EB/OL]. (2022-05-13)[2025-08-16]. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/354264/WER9719-eng-fre.pdf?sequence=1.

[5] 中国疾病预防控制中心. 中国流感疫苗预防接种技术指南 (2025—2026)[EB/OL]. (2025-11-03)[2025-11-07]. https://www.chinacdc.cn/jkyj/crb2/bl/lxxgm/jswj_lg/202511/t20251103_313229.html.

[6] 李武, 刘兰兰, 曾愉, 等. 基于倾向性评分匹配对深圳市某区 2022—2023 年中小学生三价灭活流感疫苗保护效果的真实世界回顾性队列研究 [J]. 中国疫苗和免疫, 2024, 30(5): 531-537.

[7] 李武, 刘兰兰, 谭惠玲, 等. 2023—2024 年流感季深圳市龙岗区中小学生接种三价灭活流感疫苗预防流感的保护效果评价 [J]. 中国疫苗和免疫, 2025, 31(2): 132-137.

[8] 李武, 刘兰兰, 谭惠玲, 等. 接种流感疫苗对中小学生缺课预防效果实证研究 [J]. 中国学校卫生, 2024, 45(12): 1775-1779.

[9] Liu F, Gross F L, Joshi S, et al. Redirecting antibody responses from egg-adapted epitopes following repeat vaccination with recombinant or cell culture-based versus egg-based influenza vaccines[J]. Nature Communications, 2024, 15(1): 254.

[10] Stein A N, Mills C W, McGovern I, et al. Relative vaccine effectiveness of cell- vs egg-based quadrivalent influenza vaccine against test-confirmed influenza over 3 seasons between 2017 and 2020 in the United States[J]. Open Forum Infectious Diseases, 2024, 11(5): ofae175.

[11] Choi Y J, Song J Y, Wie S H, et al. Real-world effectiveness of influenza vaccine over a decade during the 2011–2021 seasons-Implications of vaccine mismatch[J]. Vaccine, 2024, 42(26): 126381.

[12] Han A X, de Jong S P J, Russell C A. Co-evolution of immunity and seasonal influenza viruses[J]. Nature Reviews Microbiology, 2023, 21(12): 805-817.

[13] Sullivan S G, Khvorov A, Carolan L, et al. Antibody responses against influenza A decline with successive years of annual influenza vaccination[J]. NPJ Vaccines, 2025, 10(1): 11.

[14] Jones-Gray E, Robinson E J, Kucharski A J, et al. Does repeated influenza vaccination attenuate effectiveness? A systematic review and meta-analysis[J]. The Lancet Respiratory Medicine, 2023, 11(1): 27-44.

[15] Fox A, Carolan L, Leung V, et al. Opposing effects of prior infection versus prior vaccination on vaccine immunogenicity against influenza A(H3N2) viruses[J]. Viruses, 2022, 14(3): 470.

[16] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家中医药管理局. 流行性感冒诊疗方案 (2025 年版)[J]. 中华临床感染病杂志 (中英文), 2025, 18(1): 1-5,62.

[17] 陈志高, 欧蔚辉, 程雁鹏, 等. 2014—2022 年深圳市流行性感冒流行趋势和特征分析 [J]. 新发传染病电子杂志, 2024, 9(1): 21-25.

[18] 中华预防医学会流感疫苗保护效果真实世界研究共识专家组. 流行性感冒疫苗保护效果真实世界研究专家共识 [J]. 中国疫苗和免疫, 2022, 28(6): 617-637.

[19] 李秋玲, 张丽杰, 马会来, 等. 四川省 5 所学校流感暴发疫情中 2022—2023 年季节性流感疫苗保护效果回顾性队列研究 [J]. 中国公共卫生, 2024, 40(2): 129-134.

[20] 姜世强, 彭铭记, 蔡羽薇, 等. 深圳市南山区 2021—2022 年流感流行季中小学生接种流感疫苗效果评价 [J]. 中国公共卫生, 2023, 39(7): 848-850.

[21] Kwaah B, DeMarcus L S, Thervil J W, et al. Mid-season vaccine effectiveness estimates for influenza: the Department of Defense Global Respiratory Pathogen Surveillance Program, 2024–2025 season[J]. MSMR, 2025, 32(5): 42-43.

[22] Frutos A M, Cleary S, Reeves E L, et al. Interim estimates of 2024–2025 seasonal influenza vaccine effectiveness–four vaccine effectiveness networks, United States, October 2024–February 2025[J]. MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report, 2025, 74(6): 83-90.

[23] Erdwiens A, Hackmann C, Wedde M, et al. Interim estimates of 2024–2025 seasonal influenza vaccine effectiveness in Germany-data from primary care and hospital sentinel surveillance[J]. Influenza and Other Respiratory Viruses, 2025, 19(5): e70115.

[24] Plans-Rubió P. The vaccination coverage required to establish herd immunity against influenza viruses[J]. Preventive Medicine, 2012, 55(1): 72-77.

[25] Jiang Y W, Sun J T, Huang F, et al. Influenza vaccine effectiveness among primary and secondary school students in Shenzhen during the 2023/24 influenza season[J]. Emerging Microbes and Infections, 2025, 14(1): 2490531.

[26] World Health Organization. Recommended composition of influenza virus vaccines for use in the 2023–2024 northern hemisphere influenza season[EB/OL].(2023-02-24)[2025-08-16]. https://www.who.int/publications/m/item/recommended-composition-of-influenza-virus-vaccines-for-use-in-the-2023-2024-northern-hemisphere-influenza-season.

[27] World Health Organization. Recommended composition of influenza virus vaccines for use in the 2024–2025 northern hemisphere influenza season[EB/OL].(2024-02-23)[2025-08-16]. https://www.who.int/publications/m/item/recommended-composition-of-influenza-virus-vaccines-for-use-in-the-2024-2025-northern-hemisphere-influenza-season.

[28] Khurana S, Hahn M, Coyle E M, et al. Repeat vaccination reduces antibody affinity maturation across different influenza vaccine platforms in humans[J]. Nature Communications, 2019, 10(1): 3338.

[29] Moritzky S A, Richards K A, Glover M A, et al. The negative effect of preexisting immunity on influenza vaccine responses transcends the impact of vaccine formulation type and vaccination history[J]. The Journal of Infectious Diseases, 2023, 227(3): 381-390.

[30] 李秋玲, 于晓琳, 李昀, 等. 四川省流感疫情暴发学校中小学生流感疫苗接种情况和接种意愿分析: 一项网络调查 [J]. 中国公共卫生, 2025, 41(9): 1025-1030.