·计算药学·
COMPUTATIONAL PHARMACY



基于 FAERS 数据库的替尔泊肽不良事件影响因素及风险预测模型构建

陈红，王淋丽 *

（重庆市黔江中心医院药学部，重庆 409099）

[摘要] **目的** 探讨基于美国食品药品监督管理局不良事件报告系统（Food and Drug Administration Adverse Event Reporting System，FAERS）数据库的替尔泊肽不良事件影响因素及风险预测模型构建。**方法** 收集 FAERS 数据库中 2023 年 3 月至 2025 年 3 月的数据，提取与替尔泊肽有关的药品不良事件（adverse drug event，ADE）报告。运用报告比值比（reporting odds ratio，ROR）分析技术、英国药品和保健品管理局（Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency，MHRA）综合标准法对数据进行深度挖掘并对风险信号进行检测，以系统性识别药物不良事件信号。采用国际医学用语词典中的系统器官分类及首选术语框架，对不良事件进行标准化术语映射与层级化分类统计。采用受试者工作特征曲线（receiver operating characteristic curve，ROC）分析目标药物发生目标不良事件的预测价值。**结果** 本研究最终纳入 14 929 854 例 ADE 报告，其中目标药物 ADE 为 53 145 例报告，其他药物 ADE 为 14 876 709 例报告。采用 ROR、MHRA 法对 ADE 报告相关信号进行挖掘，发现有效信号 132 个。其中，报告数前 5 位分别为给药剂量错误（14 370 例）、注射部位疼痛（7 711 例）、超说明书使用（6 119 例）、恶心（5 638 例）及额外剂量给药（3 624 例），信号强度前 5 位分别为注射部位发冷（ROR = 103.59）、意外漏注（ROR = 73.26）、注射部位损伤（ROR = 71.26）、产品损坏（ROR = 50.61）及额外剂量给药（ROR = 50.17）。ROC 曲线构建预测模型，替尔泊肽发生目标 ADE 的曲线下面积为 0.958，具有较高的预测价值。**结论** 通过 ROR 与 MHRA 方法对 ADE 报告进行系统分析，能够揭示替尔泊肽上市后监测中的关键风险信号及其潜在机制。

[关键词] 美国食品药品监督管理局不良事件报告系统数据库；替尔泊肽；不良事件；风险预测；报告比值比

[中图分类号] R977.1；R587.1 [文献标志码] A [文章编号] 1001-5094（2025）11-0985-06

DOI: 10.20053/j.issn1001-5094.202504250258

Influencing Factors and Risk Prediction Models for Tirzepatide-Associated Adverse Events Based on FAERS Database

CHEN Hong, WANG Linli

(Department of Pharmacy, Qianjiang Central Hospital, Chongqing 409099, China)

[Abstract] **Objective** To explore the influencing factors of tirzepatide-associated adverse events and to construct risk prediction models based on the Food and Drug Administration Adverse Event Reporting System (FAERS) database. **Methods** Data from the FAERS database from March 2023 to March 2025 were collected, and adverse drug events (ADE) reports related to tirzepatide were extracted. The reporting odds ratio (ROR) analysis technique and the United Kingdom's Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency (MHRA) standardized method were applied for in-depth data mining and detection of risk signals to systematically identify ADE signals. ADEs were standardized and hierarchically classified using the system organ class (SOC) and preferred term (PT) framework of the Medical Dictionary for Regulatory Activities (MedDRA). The predictive value of the target drug for specific ADEs was evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curve analysis. **Results** A total of 14 929 854 ADE reports were included, comprising 53 145 reports for the target

接受日期：2025-08-26
* 通信作者：王淋丽，副主任药师 研究方向：临床药学 E-mail：825170407@qq.com

drug and 14 876 709 for other drugs. Mining with ROR and MHRA methods yielded 132 valid signals. The top five ADEs by reported count were dosing errors (14 370 cases), injection site pain (7 711 cases), off-label use (6 119 cases), nausea (5 638 cases), and extra dose administration (3 624 cases). The top five signals by strength were injection site coldness (ROR = 103.59), missed dose (ROR = 73.26), injection site injury (ROR = 71.26), product damage (ROR = 50.61), and extra dose administration (ROR = 50.17). The predictive model based on the ROC curve demonstrated the area under the curve (AUC) of 0.958 for tirzepatide-related target ADEs, indicating high predictive value. **Conclusion** Systematic analysis of ADE reports using ROR and MHRA methods can reveal key risk signals and underlying mechanisms in post-marketing surveillance of tirzepatide.

[Key words] FAERS database; tirzepatide; adverse drug events; risk prediction; reporting odds ratio

近年来，随着全球肥胖与 2 型糖尿病患病率的持续攀升，胰高血糖素样肽-1 受体激动剂（glucagon-like peptide-1 receptor agonists，GLP-1RA）及新型双重激动剂替尔泊肽在临床应用中展现出显著的血糖控制与减重效果[1]。替尔泊肽作为全球首个且目前唯一获批的胰高血糖素样肽-1（glucagon-likepeptide1，GLP-1）与葡萄糖依赖性促胰岛素分泌多肽（glucose-dependent insulintropic polypeptide，GIP）的双重受体激动剂，通过调节食欲、延缓胃排空及改善胰岛素敏感性等多途径作用机制，在 SURPASS 系列临床试验中的疗效优于传统 GLP-1RA[2-3]。尽管临床试验数据显示替尔泊肽在特定人群中具有可接受的安全性，但复杂用药场景下的不良反应特征仍存在较多认知空白[4]。美国食品药品监督管理局不良事件报告系统（Food and Drug Administration Adverse Event Reporting System，FAERS）作为全球最大的上市后药物安全性监测数据库，为揭示药物真实风险特征提供独特数据资源[5]。本研究通过整合 FAERS 数据库中的替尔泊肽相关不良事件报告，为药物临床应用的安全性与有效性提供参考。

1 资料与方法

1.1 数据来源与预处理

数据源自 FAERS 数据库，选取 2023 年 3 月至 2025 年 3 月的 ASCII 格式数据包作为分析对象。研究以药物通用名“Tirzepatide”及商品名“MOUNJARO”为关键词进行检索，提取与替尔泊肽相关的不良事件报告。原始数据经清洗后，根据药品不良事件（adverse drug event，ADE）报告进行分类整理，并采用国际医学用语词典的首选术语对报告中的症状进行标准化描述，同时基于该医学用语词典的系统器官分类对首选术语信息进行层级映射，构建结构化数据库。

1.2 风险信号检测方法

本研究以替尔泊肽为目标药物，其余药物作为对照。采用药物警戒研究领域中经典的信号检测方法[6]，通过比较目标药物-事件组合的报告比例与背景数据库中所有其他药物-事件组合的报告比例，识别是否存在统计学意义上的“失衡”，从而提示潜在的安全信号。其中，a 代表使用替尔泊肽并发生目标不良事件的报告数；b 代表使用目标药物但发生其他不良事件的报告数；c 代表使用其他药物但发生目标不良事件的报告数；d 代表使用其他药物且发生其他不良事件的报告数。针对包含多种 ADE 的报告，采用药物-ADE 组合拆分策略重组数据，计算方法见表 1。

表 1 比例失衡法四格表

Table 1 Fourfold table for disproportionality analysis

药物	目标不良事件报告数	其他不良事件报告数	合计
目标药物	a	b	a + b
其他药物	c	d	c + d
合计	a + c	b + d	a + b + c + d

a：目标药物发生目标 ADE；b：目标药物发生其他 ADE；c：其他药物发生目标 ADE；d：其他药物发生其他 ADE

风险信号检测方法：①采用报告比值比法（reporting odds ratio，ROR）[7]，通过计算目标药物与非目标药物 ADE 报告的相对风险，评估特定 ADE 与替尔泊肽的关联强度。②采用英国药品和保健品管理局（Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency，MHRA）综合标准法[8]，结合 MHRA 的判定规则，综合评估 ADE 的统计显著性。

风险信号判定标准[9]：① ADE 报告例数≥ 3 例；② ROR 的 95% 置信区间（confidence interval，CI）下限 > 1；③比例报告比（proportional reporting ratio，PRR）> 2；④ χ^2 检验 > 4。当某 ADE 同时满足上述条件时，判定为替尔泊肽的风险信号，提示该 ADE 与替尔泊肽的关联度高于其他药物，需在临床应用中予以重点关注。

1.3 统计学处理

将数据录入 Excel 2010 表格中，通过 SPSS 22.0 软件进行分析。符合正态分布的计量数据以均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用独立样本 t 检验，组内比较采用配对样本 t 检验；计数数据以例（%）表示，组间比较采用 χ^2 检验。检验值 $P < 0.05$

提示差异显著。采用受试者工作特征曲线（receiver operating characteristic curve，ROC）分析目标药物发生目标不良事件的预测价值。

2 结果

2.1 替尔泊肽 ADE 报告基本概况

本研究最终纳入 14 929 854 例 ADE 报告，其中目标药物 ADE 合计为 53 145 例报告，其他药物 ADE 合计为 14 876 709 例报告。

2.2 风险信号挖掘结果

采用 ROR、MHRA 法对 ADE 报告相关信号进行挖掘，发现有效信号 132 个。其中，报告数前 5 位分别为给药剂量错误（14 370 例）、注射部位疼痛（7 711 例）、超说明书使用（6 119 例）、恶心（5 638 例）及额外剂量给药（3 624 例），见表 2 和图 1。

表 2 替尔泊肽报告数前 20 位 ADE 信号

Table 2 Top 20 ADE signals reported by tirzepatide

序号	不良事件	报告数/例	ROR（95%CI）	PRR（χ^2）	IC（IC−2SD）
1	给药剂量错误	14 370	42.37（41.53，43.22）	31.18（381 362.46）	4.81（4.78）
2	注射部位疼痛	7 711	12.96（12.65，13.28）	11.23（69 985.13）	3.44（3.40）
3	超说明书使用	6 119	3.40（3.31，3.49）	3.12（9 071.01）	1.63（1.59）
4	恶心	5 638	3.37（3.28，3.47）	3.12（8 324.95）	1.63（1.59）
5	额外剂量给药	3 624	50.17（48.38，52.02）	46.82（139 405.42）	5.32（5.26）
6	注射部位出血	3 319	19.26（18.58，19.97）	18.12（50 601.43）	4.09（4.03）
7	注射部位发红	2 504	9.41（9.03，9.80）	9.01（17 367.12）	3.13（3.07）
8	呕吐	2 140	2.07（1.98，2.16）	2.03（1 127.7）	1.01（0.95）
9	意外漏注	1 864	73.26（69.58，77.13）	70.72（102 289.85）	5.78（5.71）
10	便秘	1 643	3.55（3.38，3.73）	3.47（2 879.36）	1.78（1.71）
11	注射部位瘀伤	1 631	10.25（9.75，10.77）	9.96（12 732.34）	3.26（3.19）
12	血糖增高	1 434	3.33（3.16，3.51）	3.27（2 243.85）	1.69（1.62）
13	食欲减退	1 418	2.70（2.56，2.84）	2.65（1 458.04）	1.40（1.32）
14	注射部位瘙痒	1 262	8.95（8.46，9.47）	8.76（8 429.50）	3.08（3.00）
15	给药时间不当	1 240	2.27（2.14，2.40）	2.24（848.67）	1.15（1.07）
16	上腹痛	957	2.09（1.96，2.23）	2.07（532.04）	1.05（0.95）
17	嗳气	927	26.01（24.3，27.83）	25.57（20 048.67）	4.52（4.42）
18	注射部位肿块	882	9.97（9.32，10.67）	9.82（6 757.03）	3.24（3.14）
19	新发疾病	811	3.35（3.12，3.59）	3.31（1 297.08）	1.71（1.61）
20	注射部位皮疹	705	10.94（10.14，11.80）	10.81（6 041.14）	3.37（3.25）

ROR：reporting odds ratio（报告比值比）；95%CI：95% confidence interval（95% 置信区间）；PRR：proportional reporting ratio（比例报告比）；IC：information component（信息成分）；SD：standard deviation（标准差）

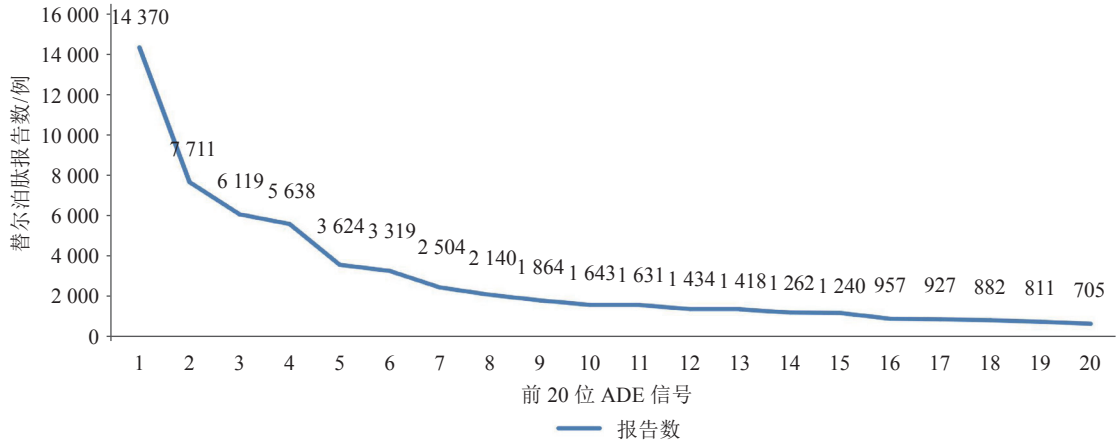


图 1 替尔泊肽报告数前 20 位 ADE 信号折线图

Figure 1 Line chart of the top 20 ADE signals by reported count for tirzepatide

2.3 风险信号强度结果

风险信号强度前 5 位分别为注射部位发冷（ROR＝103.59）、意外漏注（ROR＝73.26）、注射部位损伤（ROR＝71.26）、产品损坏（ROR＝50.61）及额外剂量给药（ROR＝50.17），见表 3 和图 2。

表 3 替尔泊肽信号强度前 20 位 ADE 信号

Table 3 Top 20 ADE signals for tirzepatide by signal strength

序号	不良事件	报告数/例	ROR（95%CI）	PRR（χ^2）	IC（IC-2SD）
1	注射部位发冷	134	103.59（84.96，126.31）	103.33（9 844.08）	5.61（5.33）
2	意外漏注	1 864	73.26（69.58，77.13）	70.72（102 289.85）	5.78（5.71）
3	注射部位损伤	701	71.26（65.57，77.45）	70.33（38 243.97）	5.71（5.59）
4	产品损坏	166	50.61（42.89，59.72）	50.45（6 776.28）	5.10（4.86）
5	额外剂量给药	3 624	50.17（48.38，52.02）	46.82（139 405.42）	5.32（5.26）
6	给药剂量错误	14 370	42.37（41.53，43.22）	31.18（381 362.46）	4.81（4.78）
7	饥饿性酮症酸中毒	7	36.29（16.51，79.76）	36.29（182.44）	2.71（1.63）
8	注射部位感觉异常	87	28.93（23.20，36.09）	28.89（2 098.09）	4.35（4.03）
9	嗳气	927	26.01（24.30，27.83）	25.57（20 048.67）	4.52（4.42）
10	饥饿	551	21.71（19.90，23.69）	21.50（9 987.9）	4.28（4.15）
11	注射部位出血	3 319	19.26（18.58，19.97）	18.12（50 601.43）	4.09（4.03）
12	注射部位高敏感性	103	17.87（14.64，21.82）	17.84（1 523.7）	3.87（3.58）
13	胃排空受损	333	17.46（15.63，19.52）	17.36（4 821.19）	3.97（3.81）
14	腹泻	28	16.44（11.23，24.07）	16.43（368.82）	3.37（2.82）
15	疑似产品损坏	17	14.88（9.13，24.23）	14.87（195.85）	3.03（2.33）
16	髓样甲状腺癌	8	14.74（7.24，30.00）	14.73（84.64）	2.52（1.53）
17	食物渴望	142	14.48（12.23，17.14）	14.44（1 677.2）	3.66（3.41）
18	肾上腺素增高	3	14.23（4.46，45.41）	14.23（23.62）	1.71（0.22）
19	注射部位裂伤	20	13.93（8.89，21.83）	13.93（216.41）	3.07（2.42）
20	皮肤松弛	7	13.90（6.51，29.69）	13.90（67.97）	2.39（1.34）

ROR：reporting odds ratio（报告比值比）；95%CI：95% confidence interval（95% 置信区间）；PRR：proportional reporting ratio（比例报告比）；IC：information component（信息成分）；SD：standard deviation（标准差）

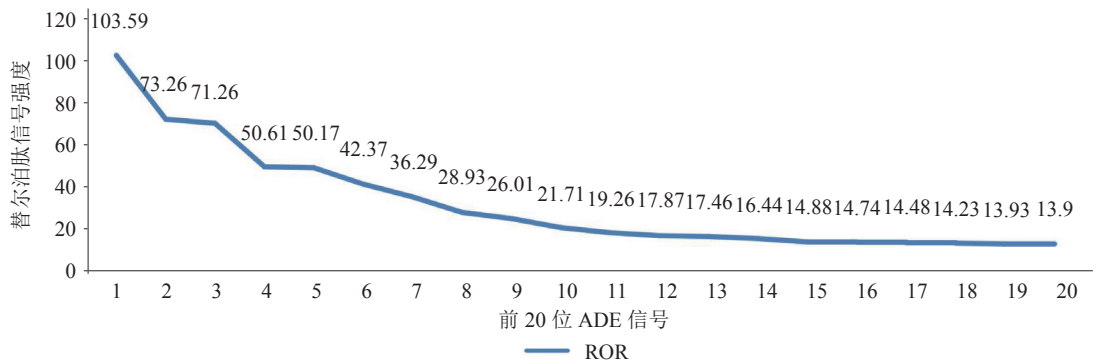


图 2 替尔泊肽信号强度前 20 位 ADE 信号折线图

Figure 2 Line chart of the top 20 ADE signals for tirzepatide by signal strength

2.4 替尔泊肽发生目标 ADE 风险预测

运用 SPSS 软件分别统计目标药物目标 ADE（a）、目标药物其他 ADE（b）、其他药物目标 ADE（c）及其他药物其他 ADE（d），将 a、b、c、d 分别进行标准化处理，纳入 ROC 曲线构建预测模型，替尔泊肽发生目标 ADE 的曲线下面积（area under curve，AUC）为 0.958，具有较高的预测价值，见表 4 和图 3。

表 4 替尔泊肽发生目标 ADE 风险预测

Table 4 Risk prediction for target ADE associated with tirzepatide

因素	AUC（95%CI）	*SE*	*P*
替尔泊肽发生目标 ADE	0.958（0.944～0.973）	0.007	0.000

AUC：area under curve（曲线下面积）；95%CI：95% confidence interval（95% 置信区间）；SE：standard error（标准误差）

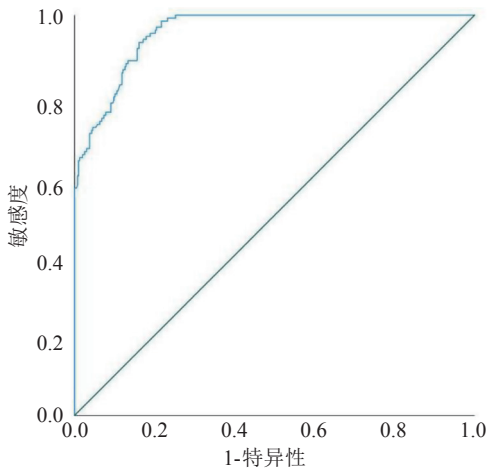


图 3 替尔泊肽发生目标 ADE 风险预测 ROC

Figure 3 ROC curve for tirzepatide in target ADE risk prediction

3 讨论

FAERS 数据库作为全球最大的药物安全数据库，通过自发报告机制积累大量真实世界的药物安全信号，为上市后药品风险挖掘提供了独特的数据支持[10-11]。从药物特性来看，替尔泊肽作为 GLP-1/GIP 的双重激动剂，其胃肠道不良反应发生率显著高于其他降糖药物，与 GLP-1 类药物的共性机制一致[12-13]。随着全球处方量的快速增长，其潜在不良事件的监测与风险防控已成为药物警戒领域的重要课题[14]。现有文献多局限于单一不良事件的描述性统计，缺乏对复杂因素（如患者基础疾病、多药联用、剂量依赖性）的定量校正，较少建立应用于临床实践的风险预测模型[15]。本研究通过真实数据采集与系统性评估，对替尔泊肽开展上市后的药物安全性进行监测和分析，核心目标聚焦于识别该药物需重点监控的不良事件类型及潜在的新型不良反应信号。

本研究共纳入 14 929 854 例 ADE 报告，其中替尔泊肽相关报告 53 145 例，占总数的 0.36%。景天舒等[16]指出，替尔泊肽作为新型 GLP-1/GIP 双受体激动剂，其上市后监测数据量级显著低于传统降糖药物，可能与其获批时间较短、适应证聚焦于 2 型糖尿病及肥胖症相关。本研究中的替尔泊肽报告数显著低于其他药物，可能源于 FAERS 数据库的报告偏倚，临床更倾向于对新药进行更严格的监测，而长期使用的药物可能因“报告疲劳”导致漏报率上升。国外研究[17]表明，新药上市初期的不良事件报告量通常呈现“延迟效应”，即随着临床使用经验的积累，报告量可能进一步增加。本研究通过 ROR 与 MHRA 法共识别出 132 个有效信号，其中给药剂量错误（14 370 例）和注射部位疼痛（7 711 例）位列前 2。这一结果与戴小霞等[18]报道的一致，该研究发现 GLP-1RA 类药物的注射相关不良事件发生率显著高于口服药物，可能与其给药途径（皮下注射）及患者的操作依从性相关。超说明书使用（6 119 例）的高发需引起重视，替尔泊肽的体重管理适应证可能促使部分患者“超说明书用药”，进而增加剂量错误或联合用药不当的风险。值得注意的是，恶心作为常见胃肠道反应，其高发可能与替尔泊肽的 GLP-1 受体激动作用及个体差异相关。本研究结果表明，信号强度前 5 位中，注射部位发冷和意外漏注显著高于其他事件，这一现象可能源于替尔泊肽的剂型设计及患者教育不足。国外研究[19]指出，药物的注射部位反应与药物 pH 值、注射速度及局部组织刺激相关，而意外漏注则可能与患者对剂量调整的误解或注射装置操作失误有关。产品损坏的高发需警惕药品供应链安全问题，网络售药平台的监管缺失可能导致假药或损坏药物流入市场，进而增加患者风险。替尔泊肽发生目标 ADE 的 AUC 值为 0.958，表明模型具有较高的预测效能，提示大数据驱动的机器学习模型在药物安全性评估中具有显著优势。替尔泊肽作为一种新型药物，其安全性评估对于患者和医疗专业人员至关重要。传统的药物安全性评估方法往往依赖于小规模的临床试验数据，数据可能无法全面反映药物在实际使用中的安全性情况。而基于 FAERS 数据库构建的机器学习模型，能够提供更全面、更准确的药物安全性评估。本研究基于 FAERS 数据库对替尔泊肽不良事件展开深入探究，通过挖掘大量报告数据明确其常见不良事件及信号强度，为临床用药安全提供直观且关键的参考；同时，构建的风险预测模型具有较高预测价值，有助于提前识别发生目标不良事件的高风险患者，便于优化药物风险管控策略、及时采取干预措施，在保障患者用药安全、优化临床治疗方案、推动药物合理使用、降低临床用药过程中的潜在风险等方面均具有重要的现实意义。

综上所述，通过 ROR 与 MHRA 方法对 ADE 报告进行系统分析，可以揭示替尔泊肽上市后监测中的关键风险信号及其潜在机制。鉴于替尔泊肽上市时间较短、临床试验样本量有限且人群覆盖范围不足，针对其长期使用及罕见 ADE 的监测仍面临挑战。

[参考文献]

[1] 王安妮, 李轶凡, 马小磊, 等. 基于 FAERS 数据库的胰高血糖素样肽-1 受体激动剂药物不良信号的数据挖掘与分析[J]. 中国药物应用与监测, 2022, 19(5): 322-325.

[2] Huo Y, Ma M, Liao X. Data mining study on adverse events of tirzepatide based on FAERS database[J]. *Expert Opin Drug Saf*, 2025, 24(6): 675-683.

[3] Caruso I, Di Gioia L, Di Molfetta S, *et al*. The real-world safety profile of tirzepatide: pharmacovigilance analysis of the FDA Adverse Event Reporting System (FAERS) database[J]. *J Endocrinol Invest*, 2024, 47(11): 2671-2678.

[4] 谢泽宇, 李嘉宝, 胡宵, 等. 基于 FAERS 数据库对 7 种 GLP-1RAs 上市后不良事件信号的挖掘与评价[J]. 广东药科大学学报, 2024, 40(6): 82-96.

[5] Yi X, Wu S, He H, *et al*. Safety evaluation of ILaris: a real-world analysis of adverse events based on the FAERS database[J]. *Expert Opin Drug Saf*, 2025: 1-13.

[6] Van Puijenbroek E P, Bate A, Leufkens H G M, *et al*. A comparison of measures of disproportionality for signal detection in spontaneous

reporting systems for adverse drug reactions[J]. *Pharmacoepidemiol drug saf*, 2002, 11(1): 3-10.

[7] 杨惠霞, 任剑雄, 黄小梅, 等. 基于报告比值比法挖掘活血化瘀中药注射剂的不良反应信号[J]. 中国临床药学杂志, 2024, 33(8): 583-587.

[8] 阴敏, 陈佳丽, 刘皓天, 等. 基于 FAERS 的神经氨酸酶抑制剂药品不良事件信号挖掘[J]. 中国药业, 2024, 33(19): 122-126.

[9] 王兴龙, 胡卿源, 白洁, 等. 基于美国 FDA 不良事件报告系统数据库的英克司兰不良事件风险信号挖掘[J]. 药物不良反应杂志, 2024, 26(4): 223-228.

[10] 熊瑞, 雷静, 张世鹏, 等. 基于美国 FAERS 数据库的阿可替尼 ADE 信号挖掘与分析[J]. 中国药房, 2024, 35(5): 595-600.

[11] 柳鹏程, 徐晓丽, 敬赟鑫, 等. 基于 FAERS 数据库的 PD-1/PD-L1 抑制剂免疫相关不良事件信号分析[J]. 肿瘤药学, 2024, 14(3): 339-349.

[12] 孙文芳, 夏彬彬, 成华. GLP-1/GIP 双受体激动剂替尔泊肽治疗 2 型糖尿病疗效和安全性的系统评价[J]. 中国药物应用与监测, 2022, 19(5): 289-294.

[13] Xiong S, Gou R, Liang X, *et al*. Adverse events of oral GLP-1 receptor agonist (semaglutide tablets): a real-world study based on FAERS from 2019 to 2023[J]. *Diabetes Ther*, 2024, 15(8): 1717-1733.

[14] Li J, Xie J, Han Y, *et al*. A real-world disproportionality analysis of tirzepatide-related adverse events based on the FDA Adverse Event Reporting System (FAERS) database[J]. *Endocr J*, 2025, 72(3): 273-283.

[15] Sun R, Ning Z, Qin H, *et al*. A real-world pharmacovigilance study of amivantamab-related cardiovascular adverse events based on the FDA adverse event reporting system (FAERS) database[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 9552.

[16] 景天舒, 路国涛, 王胜锋. 基于美国 FAERS 数据库的替尔泊肽胰腺相关不良事件信号分析[J]. 中国药物警戒, 2025, 22(6): 669-673, 中插 2,685.

[17] Silberstein S D, Reshef S, Cohen J M, *et al*. Adverse events reported with therapies targeting the CGRP pathway during the first 6 months post-launch: a retrospective analysis using the FDA adverse events reporting system[J]. *Adv Ther*, 2023, 40(2): 445-459.

[18] 戴小霞, 欧阳山丹, 范华强, 等. 基于 FAERS 数据库的替尔泊肽不良事件风险信号的数据挖掘[J]. 解放军药学学报, 2024, 37(6): 527-531.

[19] Weinhold T, Del Zotto M, Rochat J, *et al*. Improving the safety of disposable auto-injection devices: a systematic review of use errors[J]. *AAPS Open*, 2018, 4(1): 1-14.

（责任编辑：张　静）