药学管理与信息

药品短缺预警量化指标研究综述

Review of Quantitative Indicators for Early Warning of Drug Shortage

肖彩云[1]，王奇巍[1,2]，刘　悦[1]，郭　文[1,2]*

（1. 中国医药工业研究总院，上海　201203；2. 中国医药工业信息中心，上海　200040）

XIAO Caiyun[1], WANG Qiwei[1,2], LIU Yue[1], GUO Wen[1,2]*

(*1. China State Institute of Pharmaceutical Industry, Shanghai 201203; 2. China National Pharmaceutical Industry Information Center, Shanghai 200040*)

摘要：文章通过文献检索，从原材料供应环节、药品生产环节、药品流通环节、患者使用环节和监管环节 5 个维度，对药品短缺预警指标进行分类、汇总。共计总结出 67 个药品短缺预警指标，其中，原材料供应环节 13 个、药品生产环节 34 个、药品流通环节 12 个、患者使用环节 5 个、监管要求环节 3 个，为药品短缺预警平台的设计提供了参考。有效预测和预防药品短缺能进一步保障患者健康，推动药品供应链管理和公共卫生体系的重要发展。

关键词：药品短缺；预警；指标量化；供应链

中图分类号：R95　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1001-8255(2024)04-0584-07

DOI：10.16522/j.cnki.cjph.2024.04.021

短缺药品是指经药品监督管理部门批准上市，临床必需且不可替代或者不可完全替代，在一定时间或一定区域内供应不足或不稳定的药品[1]。药品短缺的状况会给医疗、卫生系统带来巨大挑战，并且导致患者自付费用、不良事件以及死亡率均有所增加[2—3]。因此，对短缺药品进行预警和管理在临床上具有重要的意义。

药品短缺预警旨在预测和提前通报可能出现的药品供应不足的情况，是一种重要的监测和管理手段。我国目前对短缺药品信息进行分级处理，即国、省、市、县 4 级监测预警机制和国家、省 2 级应对机制，主要集中在品种监测、企业监测和工作模式监测这 3 个方面。①品种监测包括国家卫生健康委员会公布的国家短缺药品清单、国家临床必需易短缺药品重点监测清单，以及国家医疗保障局公布的国家组织药品集中采购中选药品清单。②企业监测包括短缺药品生产企业、国家组织药品集中采购中选企业，以及重点短缺药品储备企业。③工作模式监测指地方工业和信息化主管部门与卫生健康、医疗保障、药品监管主管部门协作，督促和指导监测企业线上填报生产信息，协调生产和供应。

相较于欧美发达国家，我国药品短缺预警平台的研究和建设均显不足。学术研究方面，大多侧重于现状分析和政策建议，缺乏对药品短缺指标的量化分析。在预警平台建设方面，因各地上报方式不统一、信息不完善，尚未建立成熟、统一的药品短缺上报系统。因此，本文对现有药品短缺量化预警指标进行汇总，期望为相关部门有效监测药品短缺提供一定的参考。

1　研究方法和筛选结果

1.1　纳排标准

在 PubMed（https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/）、知网（https://www.cnki.net/）和万方数据库（https://www.wanfangdata.com.cn/）进行检索。中文检索词设为“药品”“短缺”“供应”“预警”，英文检索词设为“medicine shortage”“drug shortage”

收稿日期：2024-01-21

作者简介：肖彩云（1999—），女，硕士研究生，专业方向：医药政策与法规。

通信作者：郭　文（1981—），女，研究员，博士生导师，从事社会与管理药学研究。

E-mail：guowen@pharmadl.com

“monitor”“warning”“model”“quantitative”“forecast”。检索时间设为建库日期至 2023 年 12 月 21 日。共纳入主题关于药品短缺指标定量研究以及药品短缺预警模型研究的文献 1 192 篇；将文献语言限制为中文及英文，排除个人观点性文献、新闻、评论、会议摘要、书籍等非研究性文献 1 009 篇，纳入研究 183 篇。

1.2 文献筛选与统计分析

对上述筛选得到的 183 篇文献进行全文阅读，人工排除与本文主要研究内容不符以及不符合纳入标准的文献 140 篇，最终纳入关于药品短缺原因的实证研究、药品短缺影响因素的定量研究文献 43 篇。其中，中文文献 22 篇，英文文献 21 篇，涉及基于问卷调查的短缺影响因素以及药品供应数据的定量分析、药品零售终端调查研究、短缺数据库中药品生产制造商的数据上报等，筛选流程如图 1 所示。

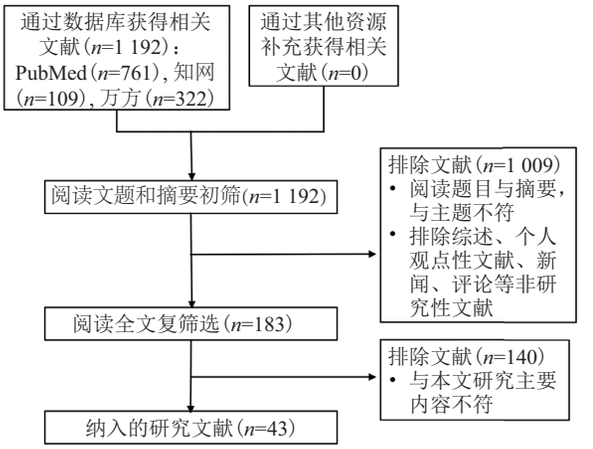


图 1 文献筛选流程

Fig.1 Literature Screening Process

1.3 药品供应链现状分析

药品供应链是指由原料药生产商、药品研发商、药品制造商、药品批发商、药品零售商、医疗服务机构、药品购买者、药品使用者、政府监管机构等一系列环节连接而成的网状链条，还包括物流、信息流、资金流[4]。分析供应链中涉及的主要利益相关者、利益相关者之间的信息以及产品流，并借鉴已有理论框架[5]，得出药品供应链中生产、流通、使用、监管的相互结构，如图 2 所示。

结合图 2 和文献分析药品短缺预警指标，总结、归纳为原材料供应、药品生产、药品流通、患者使用和监管 5 个维度。另外，纳入文献由于影响因素繁多，且不同文献的影响因素细化程度不同，根据影响因素的信息层次，文中统一分为一级指标和二级指标。一级指标具有直接相关性和一般性，与研究问题直接相关，涵盖药品供应链的主要内容。二级指标具有个体性和多样性，相比一级指标更加细化，可反映一级指标的变化情况。

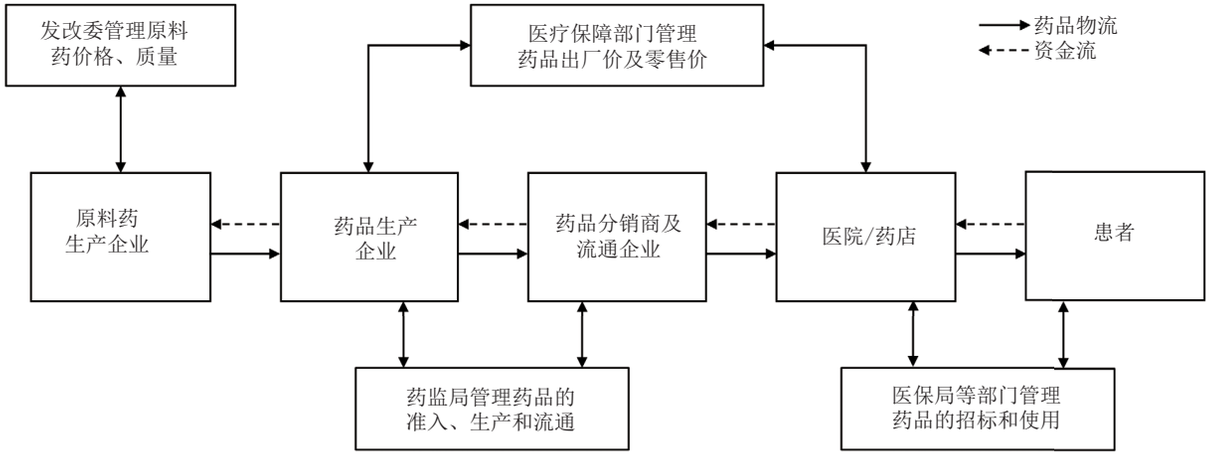


图 2 药品供应链结构

Fig.2 Chain Structure of Pharmaceutical Supply

表 1　原材料供应环节的短缺预警指标

Tab.1　Early Warning Indicators of Drug Shortage in Raw Material Supply

预警项	一级指标	二级指标
A1 原材料供应环节	B1 价格波动监测	C1 市场价格波动率
		C2 价格波动绝对值
		C3 生产成本波动率
		C4 生产成本波动绝对值
		C5 外国药品对中国的价格比率
	B2 供应数量变化监测	C6 上一年度生产量与需求量比值
		C7 产品召回数量
		C8 去年短缺次数
		C9 代理商批件有效时间
	B3 市场竞争情况监测	C10 批准文号数
		C11 实际生产企业数
		C12 行业前 4 名份额集中度指标 (CR4)
		C13 市场集中度指数 (Herfindahl-Hirschman index，HHI)

2　预警指标分析

2.1　原材料供应短缺预警

药品原材料供应受价格、数量和市场竞争的影响。原材料价格升高会直接增加药品的生产成本，降低企业的利润空间；原材料数量不足会导致生产延误或停产，影响药品供应[6]；市场竞争激烈可能导致供应商之间的价格战[7]，降低原材料的质量和稳定性，对药品生产造成不利影响。因此，药品原材料供应的稳定性和可靠性主要应从价格、数量和市场竞争情况这 3 个方面进行全面考量和管理，作为一级指标。通过纳入的文献深入分析，获取二级指标 13 个，具体如表 1 所示。

价格波动监测可由生产成本变化的绝对值、外国药品对中国价格的比率等[8]来评估，通过市场行情报告或交易数据获取。

供应数量变化监测中的产品召回数量[9]、去年短缺次数、代理商批件有效时间[10]均可通过官方数据获取，如 NMPA 公告、公开的企业获批生产时间、短缺清单以及各地方药监部门披露的招标采购情况，而生产量可从企业年报中获取。

市场竞争情况监测的二级指标，如批准文号数[11]可通过药监机构的公开信息统计，实际生产企业数可从工商登记信息或行业协会报告中获得，CR4 可通过计算市场内前 4 大企业的市场份额之和评估，HHI 可通过计算市场内企业的集中度指数来评估。

2.2　药品生产短缺预警

药品生产受价格、品种、数量和市场竞争情况的影响。药品价格波动直接影响生产成本和利润，因此低价药更易出现短缺[12]；受技术和成本等限制，生产过程较为复杂或需要特殊条件的药品生产，直接影响药品供应量和库存；不良的市场竞争有可能导致药品生产不稳定。因此，需综合考虑价格、品种、生产数量和市场竞争，确保药品供应的稳定性和可靠性。通过文献检索获取药品生产环节的二级短缺预警指标有 34 个，具体如表 2 所示。

价格波动、供应数量以及市场竞争方面的指标可参考“**2.1**”项下所述，GMP 检查合格率[13]、飞行检查合格率[14]均由药监机构统一披露，去年短缺次数及短缺时间可通过新闻或短缺药品生产供应监测预警平台（https://www.dqyjc.org.cn/）查询获得。

与品种监测指标相关的药品，一般具有特定的用途、供需关系或特殊管理要求[15—18]，需采取相应的管理措施。以医保目录内药品为例，用药量较大、患者经济负担小[19]，更易出现短缺，并且短缺后会给患者造成较大的经济压力，需要额外关注，具体品种可通过医保局每年发布的国家医保目录进行查询。药品利润率的波动情况可通过利润率进行评估，利润率小于等于 0 则发生价格倒挂，相关数据来源于行业研究或企业公开披露的报告[20]。

2.3　药品流通环节短缺预警

药品流通环节与药品短缺之间存在紧密的关系，其中药品进出口趋势、物流运输延误以及流通成本，对药品供应链的稳定性至关重要[21]。当某些地区或国家的药品需求量出现急剧增长，或药品的进口受到限制，或受到政治、经济等因素干扰，可能会引起药品短缺；运输过程中出现延误[22]、损坏或丢失等情况，导致药品无法按时到达，可引发药品短缺；高昂的流通成本可能导致供应商或分销商减少库存量或提高售价，从而影响药品供应。

表 2 药品生产环节的短缺预警指标

Tab.2 Early Warning Indicators of Drug Shortage in Drug Production

预警项	一级指标	二级指标
A2 药品生产环节	B4 价格波动监测	C14 市场价格波动率
		C15 价格波动绝对值
		C16 生产成本波动率
		C17 生产成本波动绝对值
		C18 利润率波动情况
		C19 是否发生价格倒挂
	B5 品种监测	C20 药品的解剖学、治疗学及化学（anatomical therapeutic chemical，ATC）分类系统
		C21 剂型和规格
		C22 贮存条件
		C23 是否为医保目录内药品
		C24 是否为基药目录药品
		C25 是否为国家 / 省级短缺清单品种
		C26 是否为罕见病用药
		C27 是否为妇儿急用药
		C28 是否为急救药物
		C29 是否为解毒剂
		C30 是否为胶囊剂
		C31 是否为注射剂
		C32 是否为电解质药物
		C33 是否为定点生产品种
	B6 供应数量变化监测	C34 上一年度生产量与需求量比值
		C35 产品召回数量
		C36 代理商批件有效时间
		C37 5 年内召回次数
		C38 去年飞行检查合格率
		C39 去年药品自检合格率
		C40 去年 GMP 检查合格率
		C41 去年短缺次数
		C42 药品去年短缺时间
		C43 药品供应增长率
	B7 市场竞争情况监测	C44 批准文号数
		C45 实际生产企业数
		C46 CR4
		C47 HHI

因此，对药品流通环节中的药品进出口趋势、物流运输延误和流通成本中涉及的指标进行监测具有重要意义，便于及时识别药品流通环节存在的潜在风险，并采取措施加以解决。通过文献检索获取的药品流通环节二级短缺预警指标有 12 个，具体如表 3 所示。

其中，药品进口海关检验延误次数可从海关部门、贸易部门获取。原材料以及药品进出口波动率可通过进出口数量的差值除以进出口总量计算获得，进出口数据可参考 NMPA、行业研究报告公布的数据[23]。

表 3 药品流通环节的短缺预警指标

Tab.3 Early Warning Indicators of Drug Shortage in Drug Distribution

预警项	一级指标	二级指
A3 药品流通环节	B8 药品进出口趋势监测	C48 去年药品进口海关检验延误次数
		C49 药品进口数量波动率
		C50 原材料进口数量波动率
		C51 药品出口数量波动率
		C52 原材料出口数量波动率
	B9 物流运输延误率监测	C53 配送企业数量
		C54 配送企业规模
		C55 本年度的药物配送到位率
		C56 配送企业覆盖率
		C57 去年配送率
	B10 价格波动监测	C58 流通成本波动率
		C59 流通成本波动绝对值

配送企业规模可通过企业的年营业额、员工数量、市场占有率等数据来衡量[24]；配送到位率是指本年度实际配送到位的药物数量占应配送数量的比例；配送企业覆盖率则是指企业覆盖的地区或客户数量。

流通成本波动率[25]与波动绝对值可通过药品价格波动率和绝对值进行计算，该数据可从行业研究报告、市场价格报告以及企业公布的年报中获取。

2.4 患者使用环节短缺预警

患者使用端的需求是药品供应的直接动力。当某种疾病迅速蔓延时，医疗机构、患者对药品的需求会急剧增加[26]，若超过了药品供应商的预期，则将导致供应不足。另外，替代药品数量少也是导致药品短缺的重要原因。某些患者需要特定的药品来治疗，当同类药品的数量有限或不存在替代品时，一旦该药品短缺，患者将无法得到有效治疗。因此，监测患者购药情况、医院库存信息、药房供应情况以及替代药品库存情况等，可提前发现患者端是否存在药物供应不足，便于采取措施。通过文献检索获取的患者使用端环节二级短缺预警指标有 5 个，具体如表 4 所示。

医院需求量波动率可通过需求变化的差值除以需求量计算[27]，需求量以及库存量均可从院端、药店或医院的采购数据库获取。可替代药品数量可根据卫健委公布的《医疗机构短缺药品分类分级与

表 4　患者使用环节的短缺预警指标

Tab.4　Early Warning Indicators of Drug Shortage in Patient Usage

预警项	一级指标	二级指标
A4 患者使用环节	B11 患者需求变化监测	C60 医院需求量波动率 C61 医疗机构的地理位置 C62 医疗位置的经济区域 C63 医院库存量
	B12 关键用药疗效对比及替代药物评估	C64 该药品可选替代药品数量

替代使用技术指南》获取。

2.5　监管要求变化预警

药品质量管控的政策性文件，一方面对药品质量提高起到促进作用，例如，对重金属以及中药材中有毒有害物质含量的限度要求；另一方面也加重了企业的负担[28]，企业需要付出较多的人力、物力以及财力，并对硬件设施进行升级。部分企业因在限定时间内未达到标准而停产，可能会引起某些药品的市场供需失衡。因此，当药品监管要求发生变化或企业生产质量不达标事件发生时，需要注意监测是否发生药品短缺。通过文献检索获取的监管环节二级短缺预警指标有 3 个，具体如表 5 所示。

表 5　监管要求变化的短缺预警指标

Tab.5　Early Warning Indicators of Drug Shortage in Policy Changes

预警项	一级指标	二级指标
A5 监管要求变化	B13 政策监管力度监测	C65 监管部门工艺改进要求 C66 仿制药一致性评价情况 C67 同领域新药的审批数量

监管部门对药品工艺改进的要求可通过发布的工艺改进要求文件或通知获取。基于此，可判断政策变化对药品供应的影响，并及时做出调整和应对。通过 NMPA 药品审评中心发布的数据可统计同一领域新药在一定时间内的审批数量，从而了解新药研发和上市情况。

3　讨论

3.1　加强药品短缺预警定量指标的标准化

药品短缺预警定量指标尚缺乏统一的标准和评估方法。国内外采取的定义不同，研究人员对药品短缺状态的判断存在差异，往往导致研究结果不具备可比性。另外，现有指标体系更多的是对当前状况的描述和分析，缺乏对未来趋势或长期应对策略的考量。因此，在搭建药品短缺预警平台时，还需从实际出发，对预警指标进行验证后再进行设计、选择。

3.2　形成体系化的药品预警指标

为确保指标体系的完整性，必须明确正常供应的标准。对于异常情况的处理，应综合考虑其短缺范围与严重程度：短缺范围包括短缺时间、涉及地区，严重程度则需考量药品的重要性、患者需求情况、替代性等。建议对异常情况赋予不同的权重，在汇总过程中，将所有异常指标的权重进行累加，当异常指标的权重总和达到一定范围时，进行分级处理。

分级处理可以根据异常情况的严重程度和影响范围来确定。例如，轻微的异常可能只需要进行内部调整或提醒，而严重的异常可能需要立即采取紧急措施或启动备用计划。因此，需要建立起一个分级处理机制，将不同程度的异常情况划分为不同级别，并为每个级别制定相应的处理方案和应对措施。这样可以更有效地应对药品短缺情况，确保医疗机构能够及时、有效地应对供应链问题，保障患者用药安全。

3.3　全面推进药品短缺预警平台的建设

未来，需进一步深入探讨导致药品短缺的各种影响因素，包括但不限于生产供应链的脆弱性、市场需求波动、政策法规变化等。其中，跨学科合作至关重要，应整合药学、医学、经济学、信息技术等多个领域，利用机器学习、人工智能等先进技术，辅助指标制定和预警系统设计，来提高药品短缺预警的准确性。同时，还需综合考虑供应链中的复杂关系和多变因素，建立能够准确发出预警的有效模型。另外，确保数据的实时性也是亟待解决的问题之一。

4　结语

本文通过文献检索，从原材料供应环节、药品生产环节、药品流通环节、患者使用环节和监管环

节 5 个维度，对药品短缺预警指标进行分类、汇总。共计总结出 67 个药品短缺预警指标，其中，原材料供应环节 13 个、药品生产环节 34 个、药品流通环节 12 个、患者使用环节 5 个、监管要求环节 3 个，为药品短缺预警平台的设计提供了参考。量化指标能够将复杂的供应链信息转化为可比较和可解释的数值，帮助管理者监测供应链的薄弱环节并及时采取相应措施，为药品供应链管理和公共卫生体系的发展提供重要的推动作用。

参考文献：

[1] 国家卫生健康委办公厅 , 国家发展改革委办公厅 , 工业和信息化部办公厅 , 财政部办公厅 , 生态环境部办公厅 , 商务部办公厅 , 国务院国资委办公厅 , 市场监管总局办公厅 , 国家医保局办公室 , 国家中医药管理局办公室 , 国家药监局综合司 , 中央军委后勤保障部办公厅. 关于印发国家短缺药品清单管理办法（试行）的通知 [J]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会公报 , 2020, (4): 4-8.

[2] PHUONG J M, PENM J, CHAAR B, *et al*. The impacts of medication shortages on patient outcomes: a scoping review [J]. *PloS One*, 2019, **14**(5): e0215837.

[3] WEERDT E D, SIMOENS S, CASTEELS M, *et al*. Clinical, economic and policy implications of drug shortages in the European Union [J]. *Appl Health Econ Health Policy*, 2017, **15**(4): 441-445.

[4] 方 佳 , 丁保扬 , 臧恒昌. 基于智能供应链视角下药品流通环节的挑战研究 [J]. 中国药事 , 2019, **33**(4): 391-398.

[5] MULCAHY A W, KAREDDY V. Prescription drug supply chains: an overview of stakeholders and relationships [J]. *Rand Health Q*, 2022, **9**(3): 7.

[6] 陈 璐. 浙江省综合医院短缺药品信息分析与管理对策 [J]. 中医药管理杂志 , 2021, **29**(11): 76-77.

[7] DAVE C V, PAWAR A, FOX E R, *et al*. Predictors of drug shortages and association with generic drug prices: a retrospective cohort study [J]. *Value Health,* 2018, **21**(11): 1286-1290.

[8] ALOWAIRDHI M A, ALHUSSAIN F H, ALOMRAN M I, *et al*. The association between drug pricing and drug shortage in Saudi Arabia: a retrospective database analysis [J]. *J Pharm Policy Pract*, 2023, **16**(1): 91.

[9] 吴玉霞 , 徐 伟 , 蔡功杰 , 等. 基本药物可获得性影响因素研究 —— 基于 25 省监测点数据的实证分析 [J]. 卫生经济研究 , 2018, (12): 4.

[10] 任亚男. 我省药品短缺风险指标体系的构建以及预警模型的建立 [D]. 西安 : 中国人民解放军空军军医大学硕士学位论文 , 2023.

[11] SCHWARTZBERG E, AINBINDER D, VISHKAUZAN A, *et al*. Drug shortages in Israel: regulatory perspectives, challenges and solutions [J]. *Isr J Health Policy Res*, 2017, **6**: 17.

[12] Pava M L S D L P, Tucker E L. Drug shortages in low-and middle-income countries: Colombia as a case study [J]. *J Pharm Policy Pract*, 2022, **15**(1): 42.

[13] 黄 鑫. 浙江省短缺药品现状及原因分析 [J]. 医药前沿 , 2015, **5**(13): 159-160.

[14] FOX E R, SWEET B V, JENSEN V. Drug shortages: a complex health care crisis [J]. *Mayo Clin Proc*, 2014, **89**(3): 361-373.

[15] ACOSTA A, VANEGAS E P, ROVIRA J, *et al*. Medicine shortages: gaps between countries and global perspectives [J]. *Front Pharmacol*, 2019, **10**: 763.

[16] SHI Y, YANG P, LI X P, *et al*. Combating drug shortages in China: surveillance warning and practice standardization [J]. *Int J Clin Pharm*, 2020, **42**(2): 309-314.

[17] 盛亚楠 , 李 勇 , 马爱霞 , 等. 我国短缺药品供应保障政策研究 [J]. 卫生经济研究 , 2017, (8): 57-60.

[18] LIU I, COLMENARES E, TAK C, *et al*. Development and validation of a predictive model to predict and manage drug shortages [J]. *Am J Health Syst Pharm*, 2021, **78**(14): 1309-1316.

[19] WHITFIELD D, BOSSON N, HABRAT D, *et al*. Critical medication shortages: effective strategies to maintain continuous medication availability for emergency medical services [J]. *Prehosp Emerg Care*, 2020, **24**(2): 290-296.

[20] 李培芳 , 方 焱 , 张善堂 , 等. 医疗机构药品短缺原因分析与防范 [J]. 药学实践杂志 , 2015, **33**(2): 179-182.

[21] CHEN E, GOOLD S, HARRISON S, *et al*. Drug shortage management: a qualitative assessment of a collaborative approach [J]. *PLoS One*, 2021, **16**(4): e0243870.

[22] 石 茵 , 何零祁 , 杨 平 , 等. 三级医院短缺药品监测预警机制的构建与临床替代治疗实践的探索 [J]. 中国医院药学杂志 , 2020, **40**(6): 676-680.

[23] PANZITTA M, PONTI M, BRUNO G, *et al*. The strategic relevance of manufacturing technology: an overall quality concept to promote innovation preventing drug shortage [J]. *Int J Pharma*, 2017, **516**(1/2): 144-157.

［24］ 黄润青 , 云南省短缺药品供应保障现状调查及监测预警平台的构建研究 [D]. 昆明 : 昆明医科大学硕士学位论文 , 2020.

［25］ 江　雯. 2017—2018 年某三级甲等医院药品短缺情况分析 [J]. 广西医学 , 2020, **42**(14): 1875-1878.

［26］ SHUKAR S, ZAHOOR F, HAYAT K, *et al*. Drug shortage: causes, impact, and mitigation strategies [J]. *Front Pharmacol*, 2021, **12**: 693426.

［27］ PULK R A, LEBER M, TRAN L, *et al*. Dynamic pharmacy leadership during the COVID-19 crisis: optimizing patient care through formulary and drug shortage management [J]. *Am J Health Syst Pharm*, 2020, **77**(22): 1874-1884.

［28］ 李　勇 , 盛亚楠 , 赵梦蕊 , 等. 供应链视角下我国药品短缺原因及供应保障研究 [J]. 卫生经济研究 , 2017, (6): 55-59.

（上接第 556 页）

［19］ XIE A Y, JIN L, AZIETAKU J T, *et al*. A single standard to determine multi-components method coupled with chemometric methods for the quantification, evaluation and classification of *Notopterygii Rhizoma* et Radix from different regions [J]. *Molecules*, 2019, **24**(19): 3574

［20］ 王维皓 , 严平贞 , 杨　滨. 羌活中香豆素类化合物 UPLC-Q-TOF 质谱裂解规律研究 [J]. 中国中药杂志 , 2021, **46**(5): 1179-1190.

［21］ QIAN G S, WANG Q, LEUNG K S, *et al*. Quality assessment of *Rhizoma* et Radix *Notopterygii* by HPTLC and HPLC fingerprinting and HPLC quantitative analysis [J]. *J Pharm Biomed Anal*, 2007, **44**(3): 812-817.

［22］ 张小平. 酚酸类与氮杂环类化合物的电喷雾质谱行为研究 [D]. 杭州 : 浙江工业大学博士学位论文 , 2016.

［23］ 岑建斌 , 周朗君 , 方厚托 , 等. 超高效液相色谱 - 四极杆 / 静电场轨道阱高分辨质谱快速测定水果中 17 种对羟基苯甲酸酯 [J]. 分析测试学报 , 2022, **41**(6): 843-850.

［24］ 余文怡 , 应金琴 , 刘艳芳 , 等. 诊断离子技术在中药质谱分析中的应用 [J]. 分析测试学报 , 2022, **41**(9): 1419-1430.