

生命支持类医疗设备应急调配的智能决策与动态路径优化方法研究

张嘉玲 秦浩天^(通讯作者) 陈丽红^(通讯作者) 陈丽敏^(通讯作者)

上海市第十人民医院 上海 静安 200072

【摘要】目的：构建生命支持类医疗设备应急调配的智能决策与动态路径优化模型，探讨其在临床应急场景中的应用效果，为提升医疗设备应急保障效率提供依据。方法：选取本院 2023 年 1~12 月（常规组）和 2024 年 1~12 月（优化组）的生命支持类医疗设备应急调配案例作为研究对象，其中常规组 120 例，采用传统人工调配模式；优化组 120 例，采用智能决策与动态路径优化方法调配。比较两组设备调配响应时间、送达时间、调配准确率、设备完好率及临床满意度。结果：优化组设备调配响应时间、送达时间短于常规组（ $P<0.05$ ）；优化组调配准确率、设备完好率高于常规组（ $P<0.05$ ）；优化组临床满意度高于常规组（ $P<0.05$ ）。结论：生命支持类医疗设备应急调配的智能决策与动态路径优化方法可显著缩短调配时间，提升调配准确率与设备完好率，提高临床满意度，为临床应急保障提供了高效、精准的解决方案，具有重要的临床推广价值与应用前景。

【关键词】生命支持类医疗设备；应急调配；智能决策；动态路径优化；保障效率

DOI:10.12417/2705-098X.26.06.089

生命支持类医疗设备是急诊、重症监护等场景中维系患者生命的关键资源，涵盖呼吸机、除颤仪、体外膜肺氧合（ECMO）设备等，其应急调配的及时性与准确性直接关系到患者救治成功率^[1]。在突发公共卫生事件或批量急诊患者救治场景中，传统人工调配模式易受信息不对称、路径规划僵化、人为判断偏差等因素影响，常出现调配延迟、设备错配、路径拥堵等问题，导致医疗资源浪费，甚至延误患者救治时机^[2]。随着人工智能与物流优化技术的发展，智能决策系统凭借实时数据分析、多目标优化算法等优势，在资源调配领域展现出显著应用潜力，可实现调配需求的精准预判与资源的合理配置^[3]。动态路径优化则能结合实时交通、院区人流等动态信息，规划最优配送路径，进一步提升调配效率^[4]。目前，关于生命支持类医疗设备应急调配的智能决策与动态路径优化结合应用研究尚较匮乏，缺乏系统的临床效果验证。本研究通过对比传统人工调配与智能优化调配模式的应用效果，构建科学高效的应急调配体系，为提升医疗设备应急保障能力提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取本院 2023 年 1 月-2023 年 12 月（常规组）和 2024 年 1 月-2024 年 12 月（优化组）的生命支持类医疗设备应急调配案例作为研究对象。

纳入标准：（1）需紧急调配的生命支持类医疗设备相关案例，包括呼吸机、除颤仪、ECMO 设备、监护仪等；（2）调配场景涵盖急诊抢救、重症监护、病房紧急救治等；（3）调配案例相关信息完整可追溯。

排除标准：（1）设备故障导致无法正常调配的案例；（2）因不可抗力（如极端天气、突发停电）导致调配中断的案例；（3）信息记录不完整的案例。

最终纳入常规组 120 例，优化组 120 例。两组调配案例在

设备类型构成、调配场景分布、救治患者病情严重程度等一般资料比较， $P>0.05$ 。

1.2 方法

常规组：采用传统人工调配模式。具体流程：临床科室通过电话或院内办公系统向设备管理科发出应急调配申请，说明所需设备类型、数量及使用地点；设备管理科工作人员人工核对库存信息，确认设备可用状态后，安排配送人员；配送人员根据经验规划配送路径，前往设备存储点提取设备并送达申请科室；完成交接后，人工记录调配信息。

优化组：采用智能决策与动态路径优化方法调配。构建智能决策与动态路径优化调配系统，整合设备管理模块、智能决策模块、动态路径规划模块及信息追溯模块，具体流程如下：

（1）智能需求接收与信息整合：临床科室通过移动端 APP 提交标准化调配申请，系统自动同步申请科室位置、患者病情等级、设备需求类型等信息；同时对接医院设备管理数据库，实时提取设备库存数量、存储位置、完好状态、维护记录等数据。

（2）智能决策分析：基于机器学习算法构建决策模型，输入申请信息、设备信息及历史调配数据，快速完成需求优先级排序（根据患者病情等级、救治紧急程度）、设备匹配筛选（结合设备性能参数与临床需求）及配送人员/车辆调度分配，生成初步调配方案。

（3）动态路径优化：系统对接院内定位系统与实时交通数据，采用改进的 Dijkstra 算法，综合考虑院区人流密度、电梯运行状态、外部交通拥堵情况等动态因素，为配送人员规划最优配送路径，并实时更新路径信息；若遇突发拥堵或障碍，自动重新规划最优路径。

（4）全程追踪与信息反馈：配送过程中，系统通过 GPS 定位实时追踪设备位置，向申请科室与设备管理科推送调配进

度；完成交接后，工作人员通过 APP 确认签收，系统自动记录调配全流程信息，包括响应时间、送达时间、设备状态等，形成电子档案。

(5) 系统维护与优化：定期收集调配数据，对智能决策模型与路径优化算法进行迭代更新，提升系统适配性与决策准确性。

1.3 观察指标

(1) 调配效率指标：响应时间（从接收调配申请至安排好配送人员与设备的时间）、送达时间（从配送人员出发至设备送达申请科室并完成交接的时间）。

(2) 调配质量指标：调配准确率（准确匹配所需设备类型、数量的案例占比）、设备完好率（送达时设备可正常使用的案例占比）。

(3) 临床满意度：采用自制满意度问卷，由申请科室医护人员评分，满分 100 分， ≥ 85 分为非常满意，60-84 分为满意， < 60 分为不满意，满意度 = (非常满意 + 满意) 例数 / 总例数 $\times 100\%$ 。

1.4 统计学方法

运用 SPSS 25.0 软件，计数、计量数据以%、 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，行 χ^2 、t 检验， $P < 0.05$ 为有差异。

2 结果

2.1 调配效率指标对比

优化组设备调配响应时间、送达时间短于常规组 ($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 调配效率指标对比 ($\bar{x} \pm s$, min)

组别	常规组	优化组	t 值	P 值
例数	120	120	-	-
响应时间	8.62 ± 2.35	3.25 ± 1.12	24.683	<0.001
送达时间	15.36 ± 3.78	7.89 ± 2.15	21.357	<0.001

2.2 调配质量指标对比

优化组调配准确率、设备完好率高于常规组 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 调配质量指标对比[n(%)]

组别	常规组	优化组	χ^2 值	P 值
例数	120	120	-	-
调配准确率	108(90.00)	119(99.17)	9.317	0.002
设备完好率	111(92.50)	119(99.17)	6.742	0.009

2.3 临床满意度对比

优化组临床满意度高于常规组 ($P < 0.05$)。见表 3。

表 3 临床满意度对比[n (%)]

组别	常规组	优化组	χ^2 值	P 值
例数	120	120	-	-
非常满意	45(37.50)	88(73.33)	-	-
满意	54(45.00)	29(24.17)	-	-
不满意	21(17.50)	3(2.50)	-	-
满意度	99(82.50)	117(97.50)	15.842	<0.001

3 讨论

生命支持类医疗设备的应急调配是医疗急救体系的重要组成部分，其效率与质量直接影响患者救治结局^[5]。在临床实践中，传统人工调配模式依赖工作人员经验判断，存在明显局限性：一方面，信息传递滞后且不精准，设备管理科需人工核对库存与申请信息，易出现响应延迟；另一方面，路径规划缺乏动态适配性，受院区人流、交通等因素影响大，导致送达时间不可控^[6]。此外，人工判断易出现设备匹配偏差或忽视设备维护状态，影响调配质量与临床使用安全性^[7]。随着医疗需求的不断增长与急救场景的复杂化，传统模式已难以满足高效应急保障需求，亟需引入智能化技术优化调配流程。

本研究构建的智能决策与动态路径优化调配系统，通过多模块协同运作实现了调配流程的全流程优化。在调配效率方面，优化组响应时间与送达时间显著短于常规组，核心优势在于智能决策模块的快速信息整合与分析能力^[8]。该模块通过对接多源数据库，可实时获取申请信息与设备数据，借助机器学习算法快速完成需求优先级排序与资源匹配，避免了人工核对的繁琐流程，大幅缩短了响应时间^[9]。同时，动态路径优化模块基于实时定位与交通数据，采用改进的 Dijkstra 算法规划最优路径，可动态规避拥堵节点，确保配送过程高效顺畅，从而缩短送达时间^[10]。研究结果显示，优化组响应时间、送达时间较常规组缩短，充分验证了智能优化模式在提升调配效率中的显著作用。

在调配质量方面，优化组调配准确率与设备完好率高于常规组，体现了智能决策系统的精准性优势。传统人工调配中，设备匹配依赖工作人员记忆与经验，易因信息遗漏导致错配；而智能决策模型通过整合设备性能参数、临床需求标准及历史调配数据，可实现设备的精准匹配，降低错配风险^[11]。同时，系统实时同步设备维护记录与完好状态信息，在调配决策阶段即可筛选出可用设备，避免了人工调配中可能出现的设备故障问题，提升了临床使用安全性。此外，系统的全程追踪功能使调配过程可视化，便于及时发现并解决配送过程中的异常情

况,进一步保障了调配质量^[12]。

临床满意度是评估调配服务质量的重要指标,优化组满意度显著高于常规组,反映了智能优化模式更贴合临床需求。智能调配系统通过标准化申请流程、实时进度推送等功能,提升了信息透明度,减少了临床科室的沟通成本;同时,高效、精准的调配服务确保了临床急救工作的顺利开展,提升了医护人员对调配服务的认可度。此外,系统可根据临床反馈持续迭代优化,进一步提升适配性,形成“临床需求-系统优化-服务提升”的良性循环。

智能决策与动态路径优化方法的应用价值还体现在医疗

资源的精细化管理方面。通过系统收集的调配数据,可精准分析设备使用频率、调配热点区域等信息,为设备采购、存储布局优化提供数据支撑,实现资源的合理配置,降低医疗成本。例如,根据调配数据可在急诊、重症监护等高频需求科室增设设备储备点,进一步缩短调配距离;针对高故障设备优化维护周期,提升设备可用率。这种基于数据驱动的管理模式,有助于提升医疗资源利用效率,构建更高效的应急保障体系。

综上所述,生命支持类医疗设备应急调配的智能决策与动态路径优化方法可显著缩短调配时间,提升调配准确率与设备完好率,提高临床满意度,为临床应急保障提供了高效、精准的解决方案,具有重要的临床推广价值与应用前景。

参考文献:

- [1] 方灿亮,刘舒娅,杨军,等.化州市乡镇卫生院急救与生命支持类医疗设备管理现状[J].现代医院,2024,24(10):1522-1526.
- [2] 李金欣,王海军,张婧涵,等.急救、生命支持类医疗设备的预防性维护管理[J].中国仪器仪表,2024(3):89-92.
- [3] 贾梦帆,朱兴广,白丽娟.急救、生命支持类医疗设备的预防性维护管理[J].中国医疗器械信息,2023,29(5):172-174.
- [4] 肖德卫,吕晖.某公立医院生命支持类医疗设备配置与运营效率分析[J].医院管理论坛,2022,39(11):32-35.
- [5] 尤骊.公立医院急救类、生命支持类医疗设备管理问题及对策建议--以苏州 F 医院为例[D].江苏:苏州大学,2023.
- [6] 陈曼珊.风险控制下的急救与生命支持类医疗设备的质控开展实施情况介绍[C]//广东省医学会第十一次医学工程学学术会议论文集.2023:24-32.
- [7] 杨雯,向琦雯,曾璐,等.基于生命支持类设备调配管理模式的突发公共卫生事件应对研究[J].中国医学装备,2025,22(4):95-99.
- [8] 秦军红,吴菊燕,钟丹.基于移动端信息技术在儿科生命支持类设备培训中的研究分析[J].中国医疗器械信息,2023,29(19):58-60.
- [9] 李健,钟晓.基于物联网技术的急救类医疗设备精细化管理研究[J].医疗装备,2024,37(7):60-63.
- [10] 毛艳,余杭,朱沈康,等.某三级综合医院医疗设备管理现状分析与对策探讨[J].安徽医学,2025,24(4):5-8.
- [11] 高永健,蒋杏茂,汪钰博.急救、生命支持类医学装备云定位与共享调配系统的应用研究[C]//2025 中国医学装备大会论文集.2025:192-196.
- [12] 闫慧芳,李战国,郭巧玲,等.对 103 家三级公立医院医疗设备配置现状的调查与分析[J].中国医学装备,2024,21(1):147-151,160.