

智能医疗数据分析技术在外科术后护理中的应用效果评估

阮柄华, 段宁贵*

右江民族医学院人文与管理学院, 广西 百色

收稿日期: 2025年4月23日; 录用日期: 2025年5月17日; 发布日期: 2025年5月28日

摘要

目的: 提升外科术后护理质量, 以减少并发症并促进患者恢复。方法: 结合大数据、物联网和机器学习技术, 构建智能医疗物联网框架及智能术后护理系统, 通过对比实验分析某三甲医院的医疗数据。结果: 与传统术后护理方法相比, 智能医疗数据分析技术在促进伤口愈合、提高护理处理量和降低错误率、改善睡眠质量和饮食状况等方面表现出显著效果, 护理效率提升了6.9%, 超越了同行研究中普遍的3%~5%的提升幅度。结论: 智能医疗数据分析技术在外科术后护理中应用效果显著, 能够有效提升护理质量与效率, 为大数据时代下的术后护理模式创新提供了实践依据和发展建议。

关键词

智能医疗, 术后护理, 数据分析, 大数据, 物联网

Evaluation of the Application Effect of Intelligent Medical Data Analysis Technology in Postoperative Surgical Care

Binghua Ruan, Ninggui Duan*

School of Humanites and Management, Youjiang Medical University for Nationalities, Baise Guangxi

Received: Apr. 23rd, 2025; accepted: May 17th, 2025; published: May 28th, 2025

Abstract

Objective: To enhance the quality of postoperative surgical care, reduce complications, and promote patient recovery. **Methods:** A smart medical IoT framework and intelligent postoperative care

*通讯作者。

文章引用: 阮柄华, 段宁贵. 智能医疗数据分析技术在外科术后护理中的应用效果评估[J]. 护理学, 2025, 14(5): 811-821. DOI: 10.12677/ns.2025.145110

system were constructed using big data, the Internet of Things (IoT), and machine learning technologies. Comparative experiments were conducted using medical data from a tertiary hospital. Results: Compared with traditional postoperative care methods, intelligent medical data analysis technology demonstrated significant effectiveness in promoting wound healing, increasing care throughput, reducing error rates, and improving sleep quality and dietary conditions. Care efficiency improved by 6.9%, surpassing the common improvement range of 3% - 5% reported in peer studies. Conclusion: The application of intelligent medical data analysis technology in postoperative surgical care has proven to be effective in significantly improving care quality and efficiency, providing practical evidence and development recommendations for innovation in postoperative care models in the era of big data.

Keywords

Intelligent Healthcare, Postoperative Care, Data Analysis, Big Data, Internet of Things (IoT)

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着计算机技术的迅速发展, 智能护理技术逐渐在术后护理中占据了重要地位, 尤其是在提高护理效率和质量方面。大数据和人工智能的结合, 促使智能护理系统在精准性和响应速度上有了显著提升, 推动了护理行业的创新。例如, 无线智能医疗跟踪系统已被广泛应用于临床护理中, 能够实时监测患者的生理状态, 并帮助医护人员精确识别患者的护理需求和细节, 从而减少人为错误并提高护理质量[1]。此外, 采用 Arden 语法编码方法的研究表明, 通过测试和优化外科术后护理方案, 能够囊括所有必要的护理功能, 进一步增强护理方案的完整性和实施效率[2]。另外, 基于列表的工具已被证明能显著减少患者检查清单中的严重错误, 这不仅提高了护理的精确度, 也降低了潜在的医疗风险[3]。在肿胀吸脂术后护理中, 智能护理技术的应用显著改善了患者的舒适度, 并加速了恢复过程[4]。一些基于大数据多模态的护理监测方法, 也被验证在术后护理中能够根据患者的个体病理生理变化提供个性化的最佳治疗方案[5]。重症监护术后系统也为围手术期护理的操作提供了宝贵参考, 能够有效识别并消除患者流动中的瓶颈, 提高护理资源的利用效率[6]。

尽管已有大量关于外科术后护理的研究, 智能医疗数据分析技术的应用潜力尚未充分挖掘, 尤其是在具体应用与实践中的影响。本研究旨在整合大数据、物联网和人工智能技术, 对传统术后护理模式进行创新, 提升护理服务的质量与效率。我们尝试构建一个智能护理系统, 并采用特定算法分析医疗数据, 通过实验验证了该技术在提升术后护理质量和效率方面的有效性, 为护理模式的优化提供实践依据。

2. 智能医疗数据框架

随着物联网(IoT)技术的飞速发展, 医疗大数据在各类医疗实践中扮演着越来越重要的角色, 尤其在精确医疗和个性化护理方面展现了巨大的潜力[7]。研究表明, 物联网技术能够实时监测患者的关键生理指标, 如心率、血压、血糖和体温, 并利用这些数据为疾病诊断和临床护理提供重要依据[8]。通过佩戴物联网技术支持的传感器设备, 患者的生理数据得以持续采集, 进而形成大数据。这些数据包括结构化数据(如数值数据)和非结构化数据(如图像和视频数据), 其安全性和分析能力对医疗信息系统至关重

要, 尤其是在处理复杂医疗数据时。医疗大数据不仅提高了诊疗精度, 也为实时监测和个性化治疗提供了支持。

本研究将物联网技术与医疗大数据相结合, 构建了一个智能医疗数据分析框架。通过智能可穿戴设备收集患者的生理数据, 并通过传感器、控制器和执行器将这些数据传输至智能终端, 医疗专业人员可以实时获取患者的健康状态数据。随后, 基于智能终端呈现的数据, 护理人员能够精准制定并执行个性化的护理计划, 从而提高护理质量和效率[9]。如图 1 所示, 智能医疗数据分析框架基于物联网技术构建, 涵盖了五个主要组成部分: 可穿戴设备、传感器、控制单元、执行机构和多样化的智能终端。该框架的工作流程包括: 首先, 向患者分发智能可穿戴设备, 用于采集其生理数据(这一过程涉及传感器、控制器和执行器之间的数据传输与信号接收); 其次, 采集到的数据通过无线网络实时传输至智能终端; 最后, 医疗专业人员根据智能终端上呈现的数据分析结果, 制定并执行针对患者的护理方案, 以确保精准的术后护理服务。

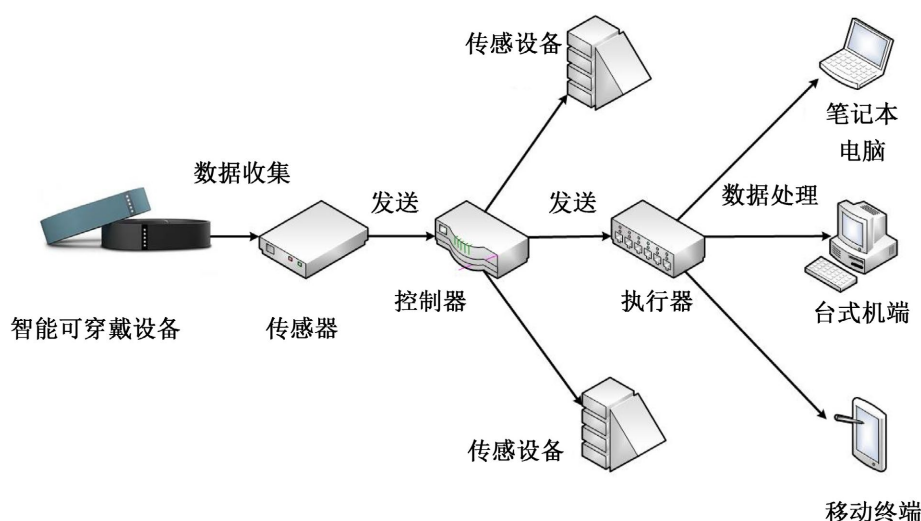


Figure 1. Framework for intelligent medical data analysis based on the internet of things
图 1. 基于物联网的智能医疗数据分析框架

3. 智能医疗数据技术在术后护理中的应用

智能医疗数据分析技术能够通过移动设备实现数据的收集与分析, 并可借助宽屏投影设备展示数据, 进而推广相关信息。这一技术的应用使护理人员能够全面掌握患者术后的诊疗资料, 从而为患者量身定制合理的护理方案。

3.1. 外科术后智能护理系统

外科术后护理包括输液管理、体征监测、出入院办理、治疗方案执行等方面[10]。本研究采用智能医疗数据分析技术优化传统护理流程, 旨在提升护理质量和效率, 更好地满足患者的护理需求, 及时应对术后紧急情况。智能术后护理系统由显示层、应用层和数据层组成, 如图 2 所示。显示层将应用层处理后的数据通过智能终端展示给护理人员, 提供实时的患者信息。应用层是系统的核心, 负责数据处理和分析, 并与数据库进行交互, 支持护理决策。数据层为应用层提供必要的数据库支持, 通过访问底层数据库确保数据的准确性和完整性。这一系统架构通过智能终端的展示与交互, 帮助护理人员更高效地执行护理计划, 提高护理质量并及时应对突发状况。

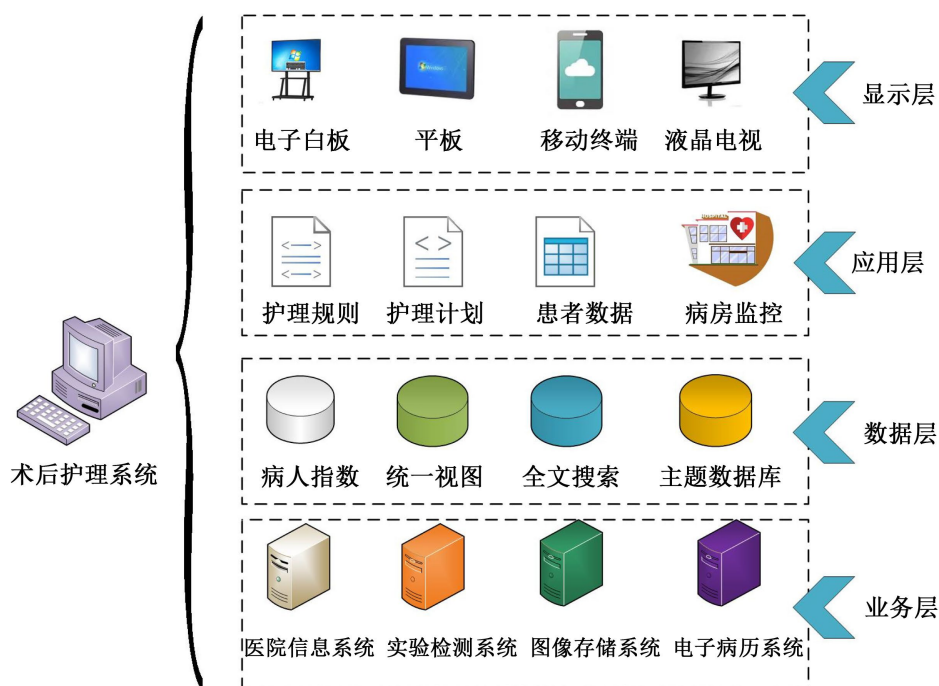


Figure 2. Postoperative intelligent nursing system
图 2. 术后智能护理系统

应用层与展示层相互衔接, 构成智能护理系统的关键组成部分。应用层囊括四大核心模块: 护理知识库、护理计划、护理信息提醒以及病房管理系统。展示层则涵盖一系列智能终端设备, 如电子白板、平板电脑、移动终端及液晶电视等, 用于直观展示相关信息。护理知识库作为应用层的核心, 以档案化形式存储知识文件, 并通过多种终端设备进行信息展示。具体展示内容包括: 病房概况(展示入院与出院患者信息、各级护理床位分配情况, 并辅以图表说明)、护理工作统计(涵盖体温测量、肌肉注射、皮肤测试、静态推送等护理活动量统计)、护理计划详情(包括日计划、已执行计划、待执行计划等)、提醒信息(如危急值警示)、患者基本信息(包括床位号、姓名、性别、年龄、费用明细、护理等级等)以及患者特定特征(如手术状态、护理需求级别)。这些信息的集成与展示旨在为护理人员提供全面、实时的患者信息, 以优化护理决策和执行流程。

3.2. 智能护理系统的细分

如图 3 所示, 智能护理系统架构细分为六个主要组成部分: 术后患者管理、医嘱管理、护理文书管理、病房管理、配置管理和护理管理。术后患者管理进一步细分为患者基本信息管理、状态监控、体征标志管理、入院管理、医嘱执行管理以及与患者相关的提醒功能。医嘱管理涵盖了医嘱查询与统计、分类管理、执行监控和数据更新等方面。护理文书管理则包括文书的创建、填写、更新、修改和打印等环节。病房管理细分为病房运营管理、护士排班和药品库存管理。配置管理涉及服务器配置、计算机设置以及便携式终端设备的配置[11]。

图 4 展示了术后护理工作的具体处理流程, 包括术后患者动态监测、科室工作量评估、护理通知发布和排班统计。术后患者动态监测部分涉及计算患者入院与出院的频次, 并反映在每日各科室的患者流动情况上。通过分析患者的护理需求和统计数据, 可以全面掌握各科室患者的具体情况。科室工作量评估基于护士执行医嘱的工作量, 对科室的工作量进行统计分析, 并核对分析结果的准确性。护理通知功

能允许护理部门将通知和公告发布至各科室及其下属单位, 并以信息留言的形式传达给相关人员。排班统计则包括历史排班和本周排班的统计分析。

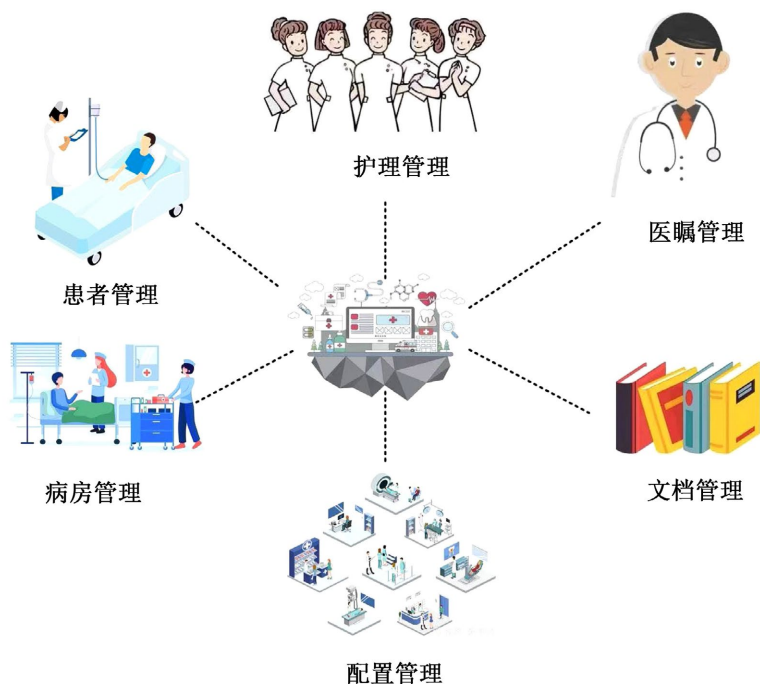


Figure 3. Main functions of intelligent nursing system
图 3. 智能护理系统主要功能

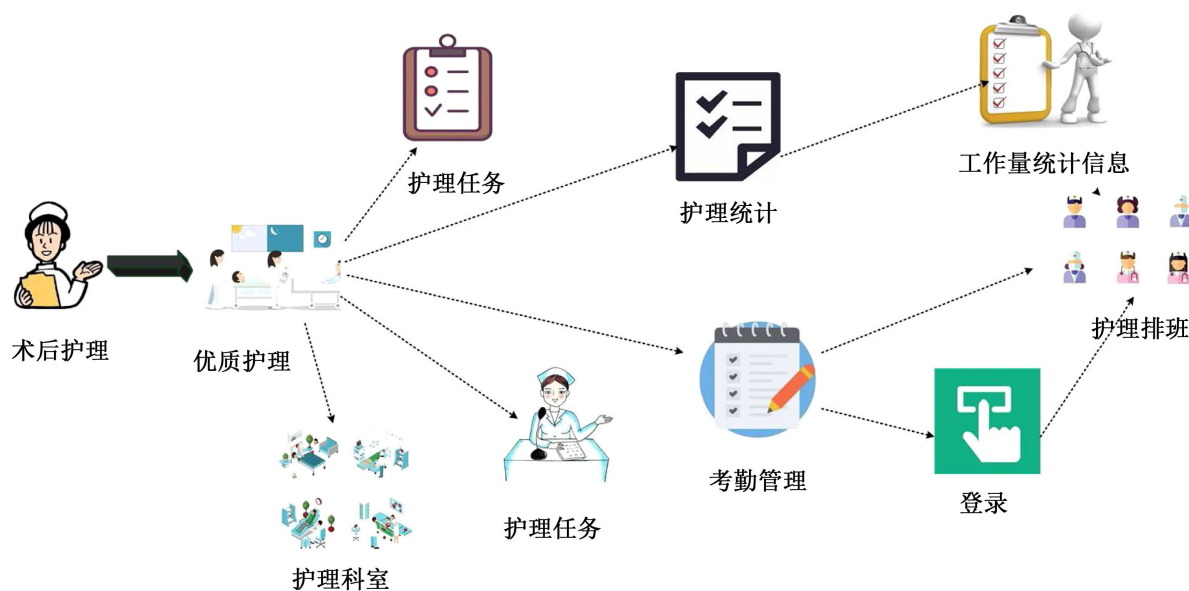


Figure 4. Postoperative nursing work
图 4. 术后护理工作

医嘱的执行是术后护理工作的核心部分, 护理人员的大部分工作都是按照医嘱的执行来进行的。医嘱的执行作为护理工作中最重要的一步, 更为复杂。以输液医嘱为例, 它需要四个步骤: 检查药位、检

查配药、执行医嘱、执行检查。具体流程如图 5 所示。其中, 药品检查要分析医院每个患者的有效处方总数和每个患者同时执行的处方瓶数量。在调剂检查时, 要检查患者的处方数是否与输液瓶对应, 并提醒护理人员检查每瓶输液药品的有效期和用量。

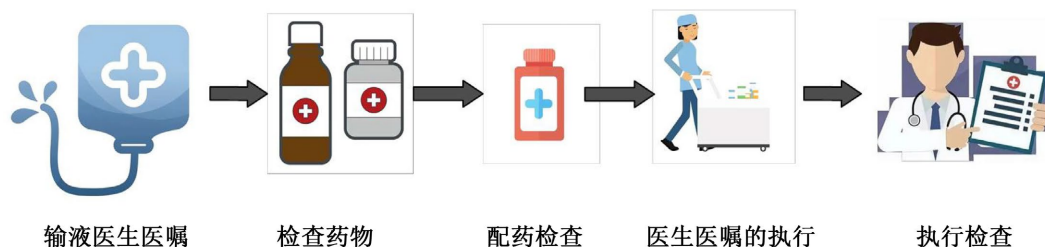


Figure 5. Medical order execution process

图 5. 医嘱执行流程

4. 术后护理数据处理算法

为了进一步提升智能医疗数据分析技术在外科术后护理中的作用, 本文采用机器学习中的分类技术对相关护理数据进行处理。一般来说, 根据获取分类信息的方法不同, 文本分类系统可以分为两类: 基于机器学习的分类系统和基于知识工程的分类系统[12]。医疗数据的复杂性和信息量大, 本文使用了主成分分析法、支持向量机和多层感知器方法, 这些算法共同构成了术后护理数据处理的数学基础, 为智能医疗数据分析提供了强有力的工具。

4.1. 主成分分析(Principal Component Analysis)

主成分分析, 是一种基于降维方法[13]的统计技术。它的主要思想是将大量的初始变量转换成一组新的许多自变量, 重组后的变量可以反映出原始变量的信息。主成分分析的核心过程如下:

1) 计算相关系数矩阵

$$R = [r_{ij}]_{p \times p} = \frac{Z^T Z}{n-1} \quad (1)$$

$$\text{其中, } r_{ij} = \frac{\sum Z_{kj} Z_{ki}}{n-1}, i, j = 1, 2, \dots, p$$

2) 主成分生成

$$U_{ij} = Z_i^T b_j^o, j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

本公式中, U_1 , U_2 和 U_3 是第一、第二、第三主成分, 以此类推, U_m 是第 m -th 主成分。 U_{ij} 表示主成分, Z_i^T 表示协方差变量。

4.2. 支持向量机(Support Vector Machine)

支持向量机(SVM)是一种数据挖掘技术, 它使用一种简化的方法来解决与机器学习相关的问题[14]。由于超平面可以在空间 R^n 中写成形式 $(\omega \cdot a) + k = 0$, 通过将参数乘以任何非零常数 (ω, k) 得到相同的超平面, 那么条件就满足了

$$b_i ((\omega \cdot a_i) + k) \geq 0, i = 1, \dots, l \quad (3)$$

$$\min_{i=1, \dots, l} |(\omega \cdot a_i) + k| = 1$$

如果训练集的样本是线性分离的, 存在一个正则超平面, 它让 $(\omega \cdot a) + k = 0$

$$(\omega \cdot a_i) + k \geq 1, b_i = 1 \quad (4)$$

$$(\omega \cdot a_i) + k \leq -1, b_i = -1$$

4.3. 多层感知器(Multilayer Perceptron)

多层感知器(MLP)是一种前馈人工神经网络, 通过至少一个隐藏层传递信息, 使用非线性激活函数处理复杂模式和关系[15]。图 6 是多层感知器结构的布局图, 由一个全连通的网路由输入层、隐藏层和输出层组成。

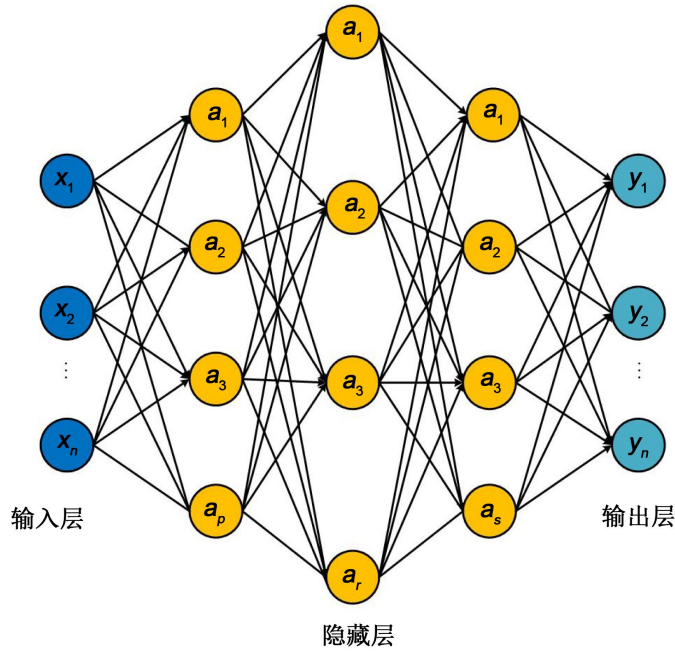


Figure 6. Multilayer perceptron structure
图 6. 多层感知器结构

输入层: 具有传递信息的功能, 其激活函数类似于恒等函数。

隐藏层: 第 1 隐藏层与输入层完全连接, 第 2 隐藏层与第 1 隐藏层完全连接。第 3 隐藏层与第 2 层隐藏层全连接, 输出函数为 $f(W^{(1)}a + k^{(1)})$ 。 $W^{(1)}$ 表示权重, $k^{(1)}$ 表示偏置值, 函数通常使用函数:

$$\text{sigmoid}(a) = \frac{1}{1 + e^{-a}} \quad (5)$$

输出层: 输出层与第三层完全连接, 输出行数为, 表示隐藏层的输出。 $\text{softmax}(W_2 a_1 + B_1)$, 那么 a_1 表示隐藏层 $f(W_1 a + k_1)$ 的输出。

结合以上三层函数, 可以得到函数:

$$f(a) = G\left(k^{(2)} + W^{(2)}\left(s\left(k^{(1)} + W^{(1)}a\right)\right)\right) \quad (6)$$

公式中, $W^{(1)}$ $k^{(1)}$, $W^{(2)}$ 和 $k^{(2)}$ 为参数, 这些参数最终由梯度下降算法确定。

主成分分析(PCA)、支持向量机(SVM)和多层感知器(MLP)在智能医疗数据分析中相辅相成, PCA 负责降维提取关键特征, SVM 用于高效分类, MLP 通过非线性映射捕捉复杂关系, 从而共同提升数据处理

与分析的精确性和效率。

5. 智能医疗数据技术在术后护理中的应用结果

本研究初步探究了机器学习算法在术后护理数据分类任务中的效能，具体涉及文本分类问题。实验设定了 1000 个病例样本，涵盖了眼科、骨科和胸外科三种手术类型的术后护理数据，各类型样本量分别为 300、400 和 300。为消除数据集偏差，采用随机抽样方法对测试集进行划分。实验选用 softmax 函数作为分类模型的激活函数，并采用随机梯度下降法(SGD)作为模型的训练算法[16]。实验结果详见表 1 所示。

Table 1. Nursing data after three types of surgeries

表 1. 三类手术后的护理数据

手术分类	精度	回忆	F1
眼外科	0.9235	0.9133	0.9052
骨外科	0.9287	0.9579	0.9500
胸外科	0.9324	0.9086	0.9617

根据表 1 所展示的数据,可以观察到分类准确率最高值为 0.93,召回率最高值为 0.95,接近 0.96,而 F1 分数的最高值达到了 0.96,即便是召回率和最低的 F1 分数也均达到了 90%以上。综合评估结果表明,机器学习技术在术后护理数据分类任务中表现出较为理想的性能,其中以骨科手术的术后护理数据分类效果最为显著。

为了进一步验证智能医疗数据分析技术在术后护理实践中的应用效果,本研究选取了某三甲医院 1000 例手术患者作为研究对象,对其 10 天内的伤口愈合情况进行了评估。伤口愈合程度被划分为三个等级:良好、中等和较差。具体的实验结果详见图 7。

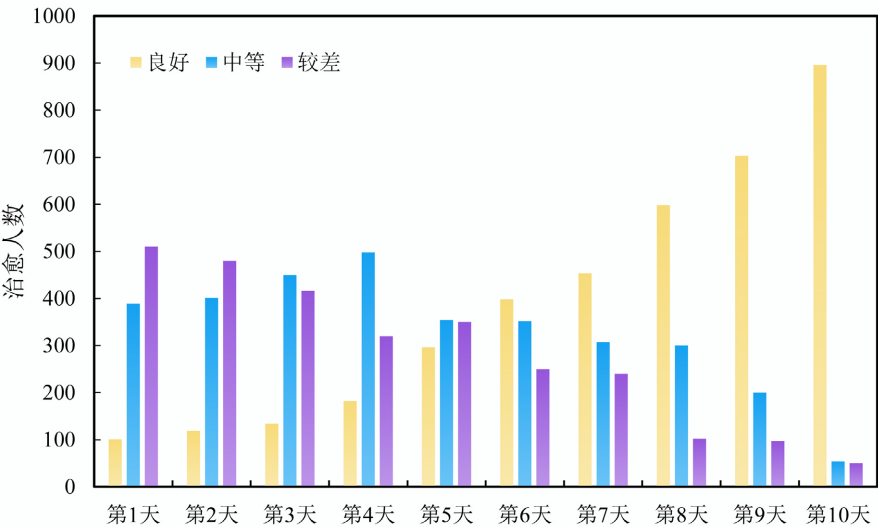


Figure 7. The degree of wound healing in surgical patients within 10 days

图 7. 手术患者 10 天内伤口愈合程度

图中所示的柱状图揭示了术后创面愈合情况的动态变化:在术后初期的 5 天内,创面愈合正常与愈合较差的患者数量占比较高,而愈合较好的患者数量相对较少,这反映了伤口愈合是一个逐步发展的过

程。然而, 随着术后护理的介入, 创面愈合较好的患者比例呈现出稳步上升的趋势。特别是在术后 5 天之后, 愈合较好的患者数量显著增加, 而愈合平均和愈合较差的患者比例则逐渐降低, 从而证实了术后护理在促进患者伤口愈合中的积极作用。

图 8 对比了采用智能医疗数据分析技术的术后护理系统(以下简称智能术后护理系统)与传统术后护理模式下护理人员处理术后患者数据的效率和准确性。结果显示, 在智能术后护理系统的辅助下, 护理人员处理的数据量显著超过传统模式。具体而言, 在第 6 天, 智能术后护理系统支持下的处理量达到了 628 例, 而传统模式仅超过 300 例。在错误率方面, 尽管两种模式均显示出一定的波动, 但智能术后护理系统的整体错误率低于传统模式, 这表明智能医疗数据分析技术在提高数据处理效率和降低错误率方面的优越性。

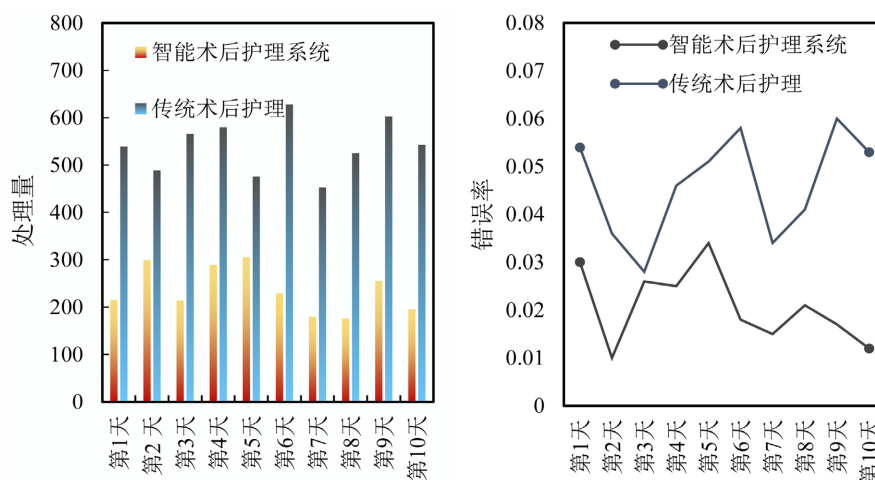


Figure 8. Postoperative patient data processing volume and error rate

图 8. 术后患者数据处理量与错误率

术后护理不仅包括疾病护理, 还包括正常的生理需求和生理表现作为术后护理的一部分。为了更好的了解术后患者在智能护理系统下的术后恢复情况, 本文比较了两种模式下术后患者 8 周内的睡眠质量和饮食状况。具体评分标准为 0~10 分, 测试结果如图 9 所示。

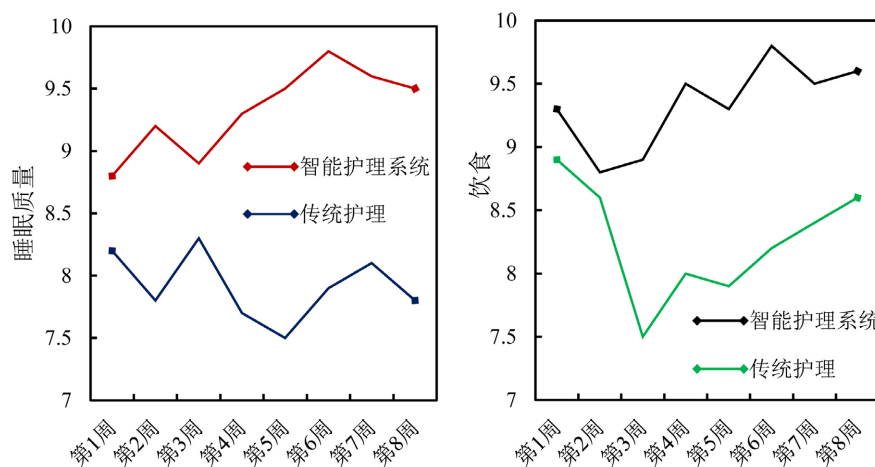


Figure 9. Sleep quality and dietary status of postoperative patients in two modes

图 9. 两种模式下术后患者的睡眠质量和饮食状况

总体而言, 术后患者的睡眠质量和饮食状况在 8 周内波动较大。但在术后护理的帮助下, 患者的睡眠质量和饮食状况有所改善。特别是智能护理系统的评分仍然很高, 这个评分反映了两种护理模式在术后护理中的效果。显然, 智能护理系统的效果更好。

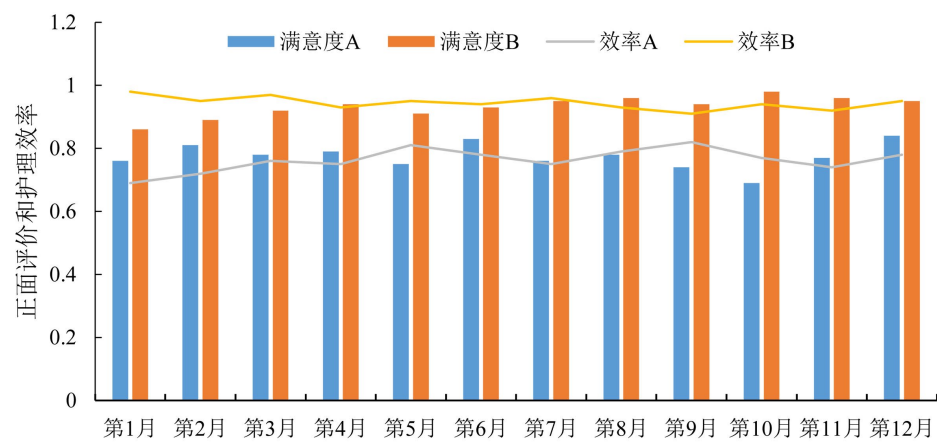


Figure 10. Patient ratings and nursing efficiency of two postoperative nursing modes
图 10. 两种术后护理模式的患者好评和护理效率

为了评估智能医疗数据分析技术在术后护理中的效能, 本研究对两种不同术后护理模式下的患者满意度和护理效率进行了为期 12 个月的对比分析。其中, 传统护理模式下的患者满意度被记为满意度 A, 而智能护理模式下的患者满意度被记为满意度 B; 相应地, 两种模式下的护理效率分别被标记为效率 A 和效率 B, 以 1 代表最高满意度和效率值。图 10 展示了具体的比较结果, 其中柱状图表示患者满意度, 折线图表示护理效率。分析结果显示, 智能术后护理系统在患者满意度方面持续领先, 满意度 B 始终介于 0.85 至 0.95 的高水平区间。在护理效率方面, 尽管两种模式均表现出一定的波动性, 但智能术后护理系统的整体护理效率始终优于传统模式, 效率提升了 6.9%。这一结果不仅超越了同行研究中普遍的 3%~5% 的提升幅度[11], 也验证了本研究方法在实际应用中的可行性和优势。

6. 结论

外科手术治疗中, 精准的技术操作和合理的手术方案对于患者的健康恢复至关重要, 然而高质量的术后护理同样不可或缺。随着患者需求的多样化和社会的发展, 传统的术后护理模式已难以满足个性化护理需求。在大数据和人工智能技术迅速发展的背景下, 智能医疗数据分析技术为术后护理提供了重要的技术支持。通过实时监测患者数据和制定个性化护理计划, 智能护理系统显著提高了护理效率和质量, 减少了医疗错误, 并提升了患者满意度。本研究证明了智能医疗数据分析技术在术后护理中的应用效果, 展示了其在提升护理服务质量和推动护理模式创新中的潜力。未来研究可进一步探索智能护理系统的优化方向, 例如增强算法对不同患者群体多样化需求的适应性, 并研究如何将新兴技术更广泛地整合到多种医疗场景中, 以提升系统的普适性和应用价值。

基金项目

右江民族医学院高层次人才科研项目(编号: RZ2400001369)。

参考文献

[1] Elendu, C., Elendu, T.C. and Elendu, I.D. (2024) 5G-Enabled Smart Hospitals: Innovations in Patient Care and Facility

- Management. *Medicine*, **103**, e38239. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000038239>
- [2] Emerson, P., Flabouris, A., Thomas, J., Fernando, J., Senthuran, S., Knowles, S., *et al.* (2024) Intensive Care Utilisation after Elective Surgery in Australia and New Zealand: A Point Prevalence Study. *Critical Care and Resuscitation*, **26**, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ccrj.2023.10.010>
 - [3] Jones, P.M., Cherry, R.A., Allen, B.N., Jenkyn, K.M.B., Shariff, S.Z., Flier, S., *et al.* (2018) Association between Hand-over of Anesthesia Care and Adverse Postoperative Outcomes among Patients Undergoing Major Surgery. *JAMA*, **319**, 143-153. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.20040>
 - [4] Roeleveld, P.P. and de Klerk, J.C.A. (2017) The Perspective of the Intensivist on Inotropes and Postoperative Care Following Pediatric Heart Surgery: An International Survey and Systematic Review of the Literature. *World Journal for Pediatric and Congenital Heart Surgery*, **9**, 10-21. <https://doi.org/10.1177/2150135117731725>
 - [5] Chan, J.C.Y., Taranto, G.D., Elia, R., Amorosi, V., Sitpahul, N. and Chen, H. (2021) Postoperative Care after Lymphaticovenous Anastomosis. *Archives of Plastic Surgery*, **48**, 333-335. <https://doi.org/10.5999/aps.2019.01004>
 - [6] 费超男, 段培蓓, 杨玲, 等. 胃癌患者围手术期营养管理的最佳证据总结[J]. 中华护理杂志, 2022, 57(19): 2345-2352.
 - [7] 胡莹, 周子涵, 陈朵怡, 等. 数据驱动的智能医疗产品服务系统设计研究[J]. 包装工程, 2022, 43(24): 28-38.
 - [8] Balduzzi, G., De Giglio, R., Masserini, B., Formenti, I., Lodigiani, S., Mondello, T., *et al.* (2021) Effectiveness, Safety, and Acceptance of an Interim Orthosis in Patients with Diabetes in the Immediate Postoperative Chopart Surgery. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*, **22**, 489-495. <https://doi.org/10.1177/15347346211023041>
 - [9] 张润, 王永滨. 机器学习及其算法和发展研究[J]. 中国传媒大学学报(自然科学版), 2016, 23(2): 10-18, 24.
 - [10] Koski, S.K., Leino, S. and Rannanp, S. (2019) Implementation of Improved Postoperative Care Decreases the Mortality Rate of Operated Mice after an Abundant 6-Hydroxydopamine Lesion of Nigrostriatal Dopaminergic Neurons. *Scandinavian Journal of Laboratory Animal Science*, **45**, 1-11.
 - [11] Lv, Z. and Ko, H. (2021) Introduction to the Special Issue on Recent Trends in Medical Data Security for E-Health Applications. *ACM Transactions on Multimedia Computing Communications and Applications*, **17**, 1-3.
 - [12] 李凡, 林爱武, 陈国社. 一种基于 VSM 文本分类系统的设计与实现[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(3): 53-55.
 - [13] 阿基业. 代谢组学数据处理方法——主成分分析[J]. 中国临床药理学与治疗学, 2010, 15(5): 481-489.
 - [14] 赵子龙, 何英剑, 欧阳涛, 等. 随机森林和支持向量机在利用超声影像特征信息诊断乳腺病变性质的应用价值探索[J]. 中国卫生统计, 2018, 35(5): 684-688.
 - [15] 袁筱祺, 赵英英. 基于多层感知器神经网络的住院病案内涵质量预测模型研究[J]. 医学信息学杂志, 2023, 44(11): 35-40.
 - [16] 王功鹏, 段萌, 牛常勇. 基于卷积神经网络的随机梯度下降算法[J]. 计算机工程与设计, 2018, 39(2): 441-445, 462.