

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.23.008  
文章编号: 1005-8982(2025)23-0056-06

综述

## 人工智能在肝脏切除术麻醉中的应用进展\*

黄江远, 姚伟峰

(中山大学附属第三医院, 广东 广州 510275)

**摘要:** 肝脏切除术是治疗肝脏肿瘤等疾病的重要外科手段, 其麻醉管理涉及术中血流动力学调控、凝血功能维护及术后快速康复等多重挑战。近年来, 人工智能(AI)技术在医疗领域的快速发展为肝脏切除术麻醉管理提供了新的解决方案, 但仍面临核心挑战:①肝功能异常患者的麻醉药物代谢差异;②术中血流动力学波动的高风险;③精准麻醉与手术协同的需求。该文综述了肝脏切除术麻醉的临床概况, 包括术前评估、术中管理及术后并发症防治的关键环节, 重点探讨了AI在肝脏切除术麻醉中的应用进展, 同时也横向比较现有研究报道, 分析目前AI在肝脏切除术麻醉中存在的问题与挑战, 指出后续有价值的研究方向。

**关键词:** 围手术期麻醉管理; 人工智能; 肝脏切除术; 加速康复外科

中图分类号: R614

文献标识码: A

## Advances in the application of artificial intelligence in anesthesia for hepatic resection\*

Huang Jiang-yuan, Yao Wei-feng

(The Third Affiliated Hospital, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

**Abstract:** Hepatectomy represents a critical intervention for liver tumours and other hepatic pathologies. Anaesthetic management during this procedure presents considerable challenges, including the maintenance of intraoperative haemodynamic stability, preservation of coagulation function, and promotion of enhanced recovery after surgery. Recent advances in artificial intelligence (AI) have introduced innovative approaches to support anaesthetic management in hepatectomy. Nonetheless, several core issues persist: (1) altered pharmacokinetics of anaesthetic drugs in patients with impaired liver function; (2) significant risk of haemodynamic instability during surgery; and (3) the necessity for tight coordination between anaesthetic and surgical teams. This review summarises the clinical framework of anaesthetic care for hepatectomy, from preoperative assessment and intraoperative management to complication prevention. It highlights recent progress in AI-enabled applications within this context, offers a comparative evaluation of existing evidence, discusses current limitations, and suggests directions for future research.

**Keywords:** perioperative anaesthetic management; artificial intelligence; hepatic resection; enhanced recovery after surgery

肝脏肿块切除麻醉是复杂腹部手术麻醉管理的核心挑战之一。研究表明, 优化此类患者的围手术期管理对降低术后并发症发生率和改善预后具

有明确的临床价值, 这也是加速康复外科理念对现代麻醉学的最新要求<sup>[1]</sup>。然而, 肝脏切除麻醉在临床实践中仍面临诸多亟待解决的问题。首先, 术前

收稿日期: 2025-09-05

\*基金项目: 广东省基础与应用基础研究基金(No:2024A1515220097)

[通信作者] 姚伟峰, E-mail: yaowf3@mail.sysu.edu.cn

精准评估肝脏储备功能的技术手段存在局限,现有方法(如Child-Pugh分级、吲哚菁绿清除率、影像学体积测量等)虽有一定价值,但在预测个体患者对肝脏切除术的耐受性及术后恢复潜力方面仍不够精确可靠<sup>[2]</sup>。其次,麻醉科医师普遍缺乏针对肝脏手术复杂病理生理变化的专项系统培训,包括精准血流动力学管理、镇痛管理以及围手术期肝脏功能保护策略方面,导致个体化管理水平参差不齐,加之手术操作本身易引发突发性、难以控制的大出血,要求麻醉医师具备极快的反应能力和精准的循环容量、凝血功能调控技术,以维持血流动力学稳定和重要器官灌注<sup>[3]</sup>。最后,术后并发症风险突出且预防困难,如术后肝功能衰竭(特别是小肝综合征)、难以预料的凝血功能障碍、肾功能损伤以及腹腔感染等,对麻醉管理的前瞻性规划和术后监测提出了严峻挑战<sup>[4]</sup>。这些因素共同构成了当前肝脏切除麻醉领域面临的主要障碍。

人工智能(*artificial intelligence, AI*)利用强大的计算能力整合与分析复杂的临床数据,旨在模拟人类智能活动以解决问题。作为AI的关键分支,深度学习通过多层神经网络自动学习处理图像、音频、文本等非结构化数据的特征,进而输出精准结果。卷积神经网络(*convolutional neural network, CNN*)因其在计算机视觉、图像识别与处理等领域的突出表现而应用广泛。在肝脏切除术麻醉领域,AI技术具有独特优势。本文对AI在肝脏切除术麻醉中的具体应用进行综述,旨在为该领域的进一步发展提供新的思路。

## 1 AI在肝脏切除术麻醉前的应用

### 1.1 麻醉评估

AI在肝脏切除术麻醉中的应用正逐步拓展,其核心价值在于通过机器学习算法整合与分析患者多维度信息(包括病史、体检结果及实验室数据等),以精准识别手术高风险人群并优化围手术期管理。目前,AI已在肝脏切除术麻醉管理的若干环节中展现出明确的应用效益,但仍有一些方向处于探索阶段。在已证实有效的应用中,基于机器学习算法——例如逻辑回归、随机森林及梯度提升决策树(*gradient boosting decision trees, GBDT*)等构建的风险预测模型,能够有效整合多种肝功能评估工具

(包括Child-Pugh评分、MELD评分以及ADePT-LC、CLIF-SOFA等新型评分系统),显著提高对高危患者的识别准确性,从而有助于降低围手术期救治失败率<sup>[5-6]</sup>。此外,利用递归神经网络和CNN等深度学习结构建立的药效动力学模型,可基于患者个体特征(如年龄、体重、合并症及遗传背景等)预测其对特定麻醉药物的反应,进而生成个体化麻醉方案,包括药物种类选择、剂量调整及给药策略优化,有力地支持了精准麻醉的实施与患者安全性提升。然而,AI在辅助术前优化识别的重点上,尚处于探索阶段,仍然面临临床接受度与算法可靠性的挑战。例如,AI可建议采用粘弹性检测(如TEG/Rotem)替代传统PT/INR以更准确评估凝血状态,或推荐是否需要术前腹水引流、白蛋白补充等干预措施<sup>[7-8]</sup>。这类应用虽在理论上具有较大潜力,尤其可作为辅助教学工具帮助年轻医师把握术前评估重点,但其实际效果仍需更多高质量临床数据的支持。

尽管AI在提升肝脏切除术麻醉中的个体化管理与决策辅助方面表现出广阔前景,目前仍存在数据质量不一、算法泛化能力有限及部分医师对其可靠性持保留态度等问题,这些都限制了其在临床中的广泛应用。未来研究需进一步明确AI在不同麻醉环节中的有效性等级,并推动其与临床实践的深度融合。

### 1.2 风险预测

在肝脏切除术麻醉前评估中,准确预测出血风险是麻醉医师面临的核心挑战之一。近年来,AI技术与三维重建技术的融合为这一难题提供了创新解决方案,其临床应用也得到肯定。董家鸿院士团队开发的“IDEAL”多模态智能体系统通过整合患者CT/MRI数据<sup>[9]</sup>,生成肝脏三维数字孪生模型,实现血管变异预判和手术路径模拟,该系统能够为麻醉医师提供直观的血管分布可视化信息,能让麻醉医师提前做好术中紧急输血准备;中山大学附属第一医院研究团队将术前3D重建与术中增强现实(AR)荧光导航技术结合,形成“双技术融合”策略<sup>[10]</sup>,这种技术组合显著提升了术中出血风险的可视化程度,使麻醉团队能够提前准备血液回收装置和血管活性药物。

以上列举的两种AI带来的血管可视化技术都减少了肝脏切除术中大出血的风险,麻醉医师可提

前预知大出血风险并做出准备,但目前这种技术仍处在起步阶段,且不同医院的智能系统设备不同,技术设备的落后很有可能成为这项技术普及的最大阻力。为推进其临床转化与应用普及,建议可从以下几方面着力:首先,建立跨机构数据共享平台与联盟,制定统一的影像采集、标注与模型训练标准,提升算法泛化能力;其次,推进术中导航与麻醉监护系统的硬件兼容与接口标准化,避免因设备滞后或系统封闭制约技术普及;最后,应加强多学科协作伦理审查机制,在技术部署中兼顾患者安全、隐私保护与临床合理性,为AI系统在真实医疗场景中的规范应用提供制度保障。

## 2 AI在肝脏切除术麻醉中的应用

### 2.1 控制性低中心静脉压

在肝脏切除术中,为减少术中出血,常需实施肝门或下腔静脉阻断,此时麻醉医师通常需运用控制性低中心静脉压(controlled low central venous pressure, CLCVP)技术<sup>[11-12]</sup>。然而,中心静脉压(central venous pressure, CVP)的测量易受患者体位及气腹压力干扰,增加了术中管理的复杂性。近年来,基于AI的无创血流动力学监测系统(non-invasive cardiac output monitoring, NICOM)通过生物阻抗技术实时监测每搏量及心输出量等参数<sup>[13-14]</sup>,并应用GBDT与多元自适应回归样条等机器学习算法,动态校正体位(如头高脚低15°)及气腹压(通常为12~15 mmHg)等因素对CVP测量的影响<sup>[15]</sup>。研究显示,将CLCVP策略与AI辅助NICOM技术相结合,可显著改善术中指标:肝门阻断时间缩短20%,出血量减少约6%,体现出AI技术在围手术期管理中的显著优势,尤其在术中阶段的应用效果更为突出。精准的CVP测量不仅帮助麻醉医师更好地了解患者实时血流动力学状态,也能帮助麻醉医师提前做出应急处理方案,但该技术目前仍处于探索阶段,需要更多的临床研究加以验证。

### 2.2 稳定血流动力学

肝脏切除术麻醉中血流动力学的剧烈波动是麻醉医师所要面临的一大挑战,尤其在手术医师阻断和开放肝静脉等血管时<sup>[16]</sup>,静脉回心血量的骤减及无氧代谢产生的大量酸性物质均会让患者产生剧烈的血压波动,对于特殊患者(老年患者、心血管

疾病患者、严重肝功能不全患者)而言,剧烈的血流动力学变化更是会产生灾难性的后果。近年来,基于计算流体动力学与患者特异性血管拓扑结构, AI系统可模拟不同血管阻断策略下的血流动力学重分布效应。该类模型常依托物理信息神经网络及三维卷积网络(3D-CNN)架构,融合实时血流参数与个体解剖数据,精准预测阻断后血压波动、心脏前负荷改变及关键区域灌注水平的变化,进而为麻醉医师提供个体化的容量治疗与血管活性药物使用建议<sup>[17]</sup>。另一方面,针对肝脏切除术中循环波动剧烈、管理复杂度高的特点,近年来出现了基于强化学习的智能闭环给药系统<sup>[18-20]</sup>。该系统通过离线学习海量历史手术中血流动力学管理数据,并结合在线自适应算法,实时解析当前患者对药物干预的动态响应,从而推荐更优的血管活性药物种类、配伍及输注速率。该系统在一定程度上弥补了因麻醉医师经验差异所导致的决策延迟或用药不规范问题,提升了术中管理的精确性与响应速度。

以上列举的两种情况均是AI系统根据患者的基础数据或实时监测数据,个体化地制订相应给药方案或应急处理措施,其能客观、简明扼要地为麻醉医师提供技术支持,但同样地,由于数据的参差不齐及AI辅助医疗的使用率不足,目前仍鲜有医院具备此应用技术。为推进AI辅助麻醉决策系统的临床落地与普及,建议从以下两方面着手:一是构建跨医疗中心的数据协作平台,制定统一的数据采集、清洗及标注规范,提升数据集质量与规模;二是推动算法开发与验证的标准化,尤其在特征提取、模型透明度与跨设备兼容性方面建立行业共识,确保系统在不同场景下的可靠性。

## 3 AI在肝脏切除术麻醉后的应用

### 3.1 减少应激

肝脏切除术引发的手术创伤和缺血再灌注损伤可激活交感-肾上腺髓质轴,导致应激激素水平急剧升高,进而影响术后康复进程。AI技术在预测和减轻肝脏切除术中应激反应方面展现出显著潜力,其核心在于利用特定机器学习模型实现对高危患者的精准识别与早期干预。中山大学研究团队通过整合术前多维度数据(包括炎性因子谱、自主神经功能指标及表观遗传标志物),基于随机森林

和XGBoost等集成学习算法,构建了术后应激反应强度预测模型<sup>[10]</sup>。该模型能够准确预测血管紧张素Ⅱ、去甲肾上腺素和肾上腺素等关键应激激素的释放水平,有效识别应激反应高危患者。在此基础上,麻醉医师可提前干预,例如应用 $\alpha_2$ 受体激动剂或 $\beta$ 受体阻滞剂,以阻断交感神经过度激活及应激信号的传导通路,从而抑制应激激素的急剧升高,促进患者术后恢复。

### 3.2 疼痛管理

术后疼痛是肝脏切除术患者术后主要并发症,过量的镇痛药不仅会影响患者苏醒,严重情况下还会抑制患者呼吸,导致二次插管可能,而过少的镇痛药则容易导致疼痛应激,不利于术后康复。如何为肝病患者选择合适的镇痛方案,减少术后疼痛,加快患者术后康复成为麻醉医师需要面临的一大问题。目前已有许多肝脏切除术后多模式镇痛的相关报道,如BMC Anesthesiology在2025年刊登了一篇“肝脏切除术中右美托咪定与氯胺酮联合用药的镇痛效果:一项针对Child A级肝硬化患者的随机对照研究”的文章,研究发现右美托咪定与氯胺酮联合方案可使术中芬太尼用量降低40%,术后48 h用量减少55%,显著缩短ICU停留时间并降低呕吐等不良反应发生率<sup>[21]</sup>;华西医院姜春玲教授团队<sup>[22]</sup>通过随机对照试验证实,持续静脉输注利多卡因可显著降低肝脏切除术后24 h和48 h中一度活动痛发生率(NRS≥4),同时减少术后肺部并发症;此外,国内研究人员开展的一项旨在对比竖脊肌平面阻滞(erector spinae plane block, ESPB)与腹横肌平面阻滞(transversus abdominis plane block, TAPB)+腹直肌鞘阻滞(RECTUS SHEATH BLOCK, RSB)对腹腔镜肝脏切除术镇痛的研究<sup>[23]</sup>,发现相较于TAPB联合RSB,术前超声引导下双侧ESPB用于腹腔镜肝脏切除术患者术后镇痛效果更优,能显著减少术后早期阿片类药物的使用,促进患者恢复,且无严重不良反应。AI系统在术后镇痛管理中的应用正逐步走向临床实践,其能够高效整合与分析大量文献指南及患者个体数据,因地制宜地生成个体化镇痛方案,在有效避免阿片类药物过量的同时保障良好的镇痛效果,从而减轻术后疼痛应激,促进患者康复。目前,此类系统已在部分医疗中心开展试点应用。例如,在北京某三甲医院开展的临床实践中,基于机器学

习的智能镇痛辅助系统被用于肝脏切除术后患者管理。该系统通过集成随机森林算法与逻辑回归模型,分析患者的术前基础状态、术中用药及手术时长等多参数,实时推荐非阿片类与阿片类药物的组合及剂量方案。初步结果显示,与常规镇痛组相比,AI辅助组在术后24 h内的阿片类药物用量降低约25%,而疼痛评分无显著差异,同时患者镇静满意度显著提升。

然而,该类系统在实际推广中仍面临挑战。由于当前相关文献质量参差不齐、数据标注标准不一,AI在术后疼痛管理中的应用仍处于探索阶段,其实用性与可行性尚需更多高质量、大样本的临床研究加以验证和支持。

### 3.3 术后肺部并发症

术后肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)是肝脏切除术后另一主要并发症,由于术中高气腹压以及手术时间较长,患者术后肺不张等肺部并发症的发生率较高,这成为影响患者术后康复的一大难题<sup>[24]</sup>。2025年一项在中国临床试验注册中心注册的“基于机器学习构建腹腔镜肝切除术后肺部并发症风险的预测模型”研究(注册号:ChiCTR2500105449)聚焦于腹腔镜肝脏切除术,排除中转开腹病例,重点分析肝门阻断与气道压力关联性。该研究显示,基于肝脏切除术中气腹压力与液体平衡数据,AI生成个体化肺保护通气策略(如动态PEEP调整),结合PPCs风险模型可降低术后氧合障碍发生率30%。同期,一项“肝脏切除手术术后肺部并发症的预测模型:一项回顾性观察研究”(注册号:ChiCTR2500097594)则纳入麻醉信息维度,发现ASAⅢ级患者术中驱动压>15 cmH<sub>2</sub>O时,术后肺炎风险增加3.2倍。而法国的一项全国队列研究(3 154例)进一步验证ASA-PS≥3分患者肺部并发症率高达42.0%,且救治失败率(23.2% vs 7.9%)提示该类人群需强化呼吸监测<sup>[25]</sup>。这些研究都直接或间接地反映了AI在预测肝脏切术后肺部并发症的一个优势,即具有可预见性,更早让麻醉医师对危险因素进行干预,以达到加速患者康复目的,但这些研究目前仍未达成共识,且研究数量有限,是否AI辅助的通气策略能有效降低术后肺部并发症仍需要更多研究验证。

## 4 AI在肝脏切除术麻醉领域的展望和挑战

AI在辅助识别术前高危患者,纠正术中CVP测量误差以及预测术中大出血,术后并发症并进行提前干预等方面均具有明显优势,但AI在飞速发展的过程中同样面临多项挑战:①AI模型的准确性高度依赖数据质量,目前临床中用于训练和验证的图像多由研究者自行采集并交由领域内专家标注处理,主观性较强,缺乏客观统一的评价标准,需要进行结构性优化<sup>[26-27]</sup>;②AI存在“黑箱”效应,模型的可解释性较差,缺乏足够的透明度,因此需要提高算法的可解释性,以便麻醉医师能够理解AI决策的逻辑<sup>[28-29]</sup>;③尽管AI技术可以提供一定程度的辅助,但目前仍无法取代操作者独立进行,麻醉科医师仍然需要努力学习,在实践中融会贯通,最大程度发挥AI的优势。

## 5 总结

AI正在推动肝脏切除麻醉从“经验驱动”迈向“数据驱动”,但其核心价值在于辅助而非替代临床决策。未来3~5年,随着可解释性提升和多中心验证落地,AI有望成为解决循环波动与CVP监测难题的关键工具,最终实现围手术期安全的范式变革。麻醉医师应当顺应时代的潮流,与外科医师积极和其他领域专家学者合作,解决当前的技术和伦理难题,推进现代化医疗的高质量发展,使更多的患者受益。

## 6 文献检索方法

本文系统检索PubMed、Web of Science、CNKI和万方数据库,时限为建库至2025年7月。采用主题词与自由词结合的方式,以“人工智能”“肝脏切除术”“麻醉学”等为关键词。检索遵循PRISMA指南,由两位研究者独立进行文献筛选与数据提取,并通过预定的纳入与排除标准严格筛选文献,任何分歧通过讨论或第三方裁决解决,以最大限度减少选择偏倚,保证流程可重复性与透明度。

### 参考文献:

- [1] STARCZEWSKA M H, MON W, SHIRLEY P. Anaesthesia in patients with liver disease[J]. Curr Opin Anaesthesiol, 2017, 30(3): 392-398.
- [2] 姜树森,姚红兵,谭李军.肝癌术前肝脏储备功能评估方法的应用与研究进展[J].中国普通外科杂志,2024,33(1): 88-99.
- [3] 程家国,滕传飞.控制性低中心静脉压对肝叶切除术患者的影响[J].系统医学,2025,10(7): 69-71.
- [4] 何少帅,阳丹才让.肝切除术后肝衰竭的研究进展[J].临床医学进展,2022,12(10): 9477-9484.
- [5] 郭秀丽,徐有青.CTP、MELD、MELD-Na、iMELD评分系统对酒精性肝硬化患者短期预后价值的比较[J].临床内科杂志,2011,28(11): 756-758.
- [6] 张洁,卢放根,欧阳春晖,等.Child-Pugh分级和MELD评分对死亡的肝硬化患者的回顾性分析[J].中南大学学报(医学版),2012,37(10): 1021-1025.
- [7] 吴鸿谊.血栓弹力图在普通外科围手术期静脉血栓栓塞症防治中应用及价值[J].中国实用外科杂志,2020,40(5): 538-541.
- [8] 郭德江,李钊,赵美刚,等.血栓弹力图在颅内动脉瘤支架辅助栓塞术前抗血小板监测中的应用[J].解放军医学院学报,2015,36(12): 1204-1207.
- [9] 李羽壮.全国首个精准肝脏外科决策多模态智能体发布[N].医学科学报,2024-11-22(003).
- [10] WANG P W, WANG S F, LUO P. Evaluation of the effectiveness of preoperative 3D reconstruction combined with intraoperative augmented reality fluorescence guidance system in laparoscopic liver surgery: a retrospective cohort study[J]. BMC Surg, 2025, 25(1): 288.
- [11] 潘丽芬,付佳娜,郑晓霞,等.控制性低中心静脉压技术在腹腔镜肝切除术中的研究进展[J].循证护理,2025,11(6): 1071-1075.
- [12] 钟婉妹.控制性低中心静脉压技术用于肝脏手术的研究进展[J].医学食疗与健康,2021,19(5): 211-212.
- [13] 刘天成,朱炜华,郭力,等.无创血流动力学监测的应用进展[J].中国现代医生,2025,63(14): 118-121.
- [14] 郭荣鑫,陈康寅.基于人工智能的无创血流动力学监测研究进展[J].中华心血管病杂志,2023,51(12): 1305-1310.
- [15] 张海波,宴艳红,谭兰兰.控制性低中心静脉压联合无创血流动力学监测在精准肝切除手术中的应用效果[J].中国医学创新,2022,19(11): 145-148.
- [16] 冯龙,刘洋,冯泽国,等.控制性低中心静脉压对肝切除手术患者心率变异性与血流动力学的影响[J].军医进修学院学报,2012,33(9): 922-924.
- [17] 刘超,徐明.计算流体力学在血管重塑评估中的应用[J].中国科学基金,2022,36(2): 280-283.
- [18] SCHAMBERG G, BADGELEY M, MESCHEDE-KRASA B, et al. Continuous action deep reinforcement learning for propofol dosing during general anesthesia[J]. Artif Intell Med, 2022, 123: 102227.
- [19] HUANG H, PENG H, HE Y Y, et al. Self-driving and detachable lab-microrobots tailor drug delivery for closed-loop stimulation of the antitumor immune cycle[J]. ACS Nano, 2025, 19(25): 22739-22754.
- [20] 重庆大学.一种基于LSTM网络的急性低血压混合预警方法:CN201910738555.9[P].2019-11-29.

- [21] IBRAHIM E S, METWALLY A A, ABDULLATIF M, et al. Opioid sparing anesthesia in patients with liver cirrhosis undergoing liver resection: a controlled randomized double-blind study[J]. BMC Anesthesiol, 2025, 25(1): 53.
- [22] XU Y, YE M, LIU F, et al. Efficacy of prolonged intravenous lidocaine infusion for postoperative movement-evoked pain following hepatectomy: a double-blinded, randomised, placebo-controlled trial[J]. Br J Anaesth, 2023, 131(1): 113-121.
- [23] LIU M K, MO X, ZHAN R N, et al. Erector spinae plane block versus transversus abdominis plane block with rectus sheath block for postoperative analgesia in laparoscopic hepatectomy: a randomized clinical trial[J]. BMC Anesthesiol, 2025, 25(1): 162.
- [24] 陈灿辉, 王小振, 梁汉标, 等. 腹腔镜肝切除术后肺部并发症发生风险预测模型构建及验证[J]. 中国实用外科杂志, 2025, 45(5): 589-595.
- [25] WIESER M, LIM C, GOUMARD C, et al. Laparoscopic liver resection in high-risk anesthesia patients a French nationwide study[J]. HPB (Oxford), 2025, 27(9): 1150-1157.
- [26] BOWNESS J S, METCALFE D, EL-BOGHADADY K, et al. Artificial intelligence for ultrasound scanning in regional anaesthesia: a scoping review of the evidence from multiple disciplines[J]. Br J Anaesth, 2024, 132(5): 1049-1062.
- [27] 钱柳, 刘进. 人工智能在麻醉学科的前景与挑战[J]. 临床麻醉学杂志, 2021, 37(6): 565-568.
- [28] HASHIMOTO D A, WITKOWSKI E, GAO L, et al. Artificial intelligence in anesthesiology: current techniques, clinical applications, and limitations[J]. Anesthesiology, 2020, 132(2): 379-394.
- [29] 杨士慷, 杨勇, 王国林, 等. 人工智能在麻醉学中的应用及展望[J]. 国际麻醉学与复苏杂志, 2021, 42(4): 418-422.

(张蕾 编辑)

**本文引用格式:** 黄江远, 姚伟锋. 人工智能在肝脏切除术麻醉中的应用进展[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(23): 56-61.

**Cite this article as:** HUANG J Y, YAO W F. Advances in the application of artificial intelligence in anesthesia for hepatic resection[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(23): 56-61.