

· 述评 ·

DOI: 10.12449/JCH251101

人工智能结合多模态影像融合技术在肝脏外科中的应用

吴晓勤¹, 汪珍光², 刘 辉²

1 上海理工大学健康科学与工程学院, 上海 200093

2 海军军医大学第三附属医院肝外三科, 上海 200438

通信作者: 刘辉, liuhuigg@hotmail.com (ORCID: 0000-0003-4599-5702)

摘要: 在全球范围内, 肝癌的发病率和死亡率位居前列, 严重威胁着人民的生命健康。本文简述了多模态影像融合技术和人工智能技术的原理与特点, 分析了两者在肝脏外科的具体应用, 并对其临床价值与未来发展前景进行了展望, 以期为肝脏疾病的外科诊疗提供参考。

关键词: 人工智能; 影像融合技术; 肝脏外科

基金项目: 国家自然科学基金(82270634)

Application of artificial intelligence combined with multimodal image fusion technology in liver surgery

WU Xiaolin¹, WANG Zhengguang², LIU Hui²

1. School of Health Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;

2. Third Department of Hepatic Surgery, The Third Affiliated Hospital of Navy Medical University, Shanghai 200438, China

Corresponding author: LIU Hui, liuhuigg@hotmail.com (ORCID: 0000-0003-4599-5702)

Abstract: Globally, the incidence and mortality rates of liver cancer rank among the highest, posing a serious threat to the life and health of people. This article elaborates on the principles and characteristics of multimodal image fusion technology and artificial intelligence technology, analyzes their specific application in liver surgery, and highlights their clinical value and future development prospects, in order to provide a reference for the surgical diagnosis and treatment of liver diseases.

Key words: Artificial Intelligence; Image Fusion Technology; Liver Surgery

Research funding: National Natural Science Foundation of China (82270634)

肝癌是全球范围内最常见的恶性肿瘤之一, 因侵袭性较强且预后较差, 其发病率和病死率目前位居前列。国家癌症中心2022年发布的流行病学数据显示, 肝癌在我国常见恶性肿瘤中位居第4, 在肿瘤致死病因中位居第2^[1], 严重威胁着我国人民的生命健康。目前, 肝癌的临床诊疗尚存在早期诊断困难、术后复发、复杂肝病缺乏有效治疗手段等问题。传统的肝功能检查、肿瘤标志物检测等临床诊断方法难以直观地反映肝脏的形态和结构变化。超声、CT和MR等影像技术是肝脏疾病诊疗的核心工具, 尤其在肿瘤的诊断和分期以及手术规划等方面发挥重要作用^[2]。然而, 单一的影像技术对于肿瘤

的呈现各有优劣, 在肝脏疾病的诊断方面存在局限。基于此, 多模态影像融合技术应运而生, 该技术可以将多种影像数据进行整合, 提供更全面的肝脏病变特征, 既能清晰显示出肝脏的解剖结构, 又能反映组织的功能代谢状态。人工智能技术可以对大量的影像数据进行快速分析与处理, 通过机器学习或深度学习支持模型自主学习肝脏和肿瘤的影像学特征, 实现病变的智能识别, 辅助术前诊断、术中治疗和术后预测等, 从而有助于肝脏疾病的诊断和治疗。多模态影像融合与人工智能技术的结合, 为肝脏外科的诊疗带来了新变革, 具有重要的临床意义。

1 多模态影像融合技术原理与特点

不同的成像技术所依据的工作原理不同,其获取影像信息的侧重点也不同。CT基于不同组织对X射线吸收程度的差异性生成影像图像,侧重于显示肝脏的解剖结构、肝内血管和胆管的走行、病变的大小及与周围组织的关系^[3];MRI利用磁场和射频脉冲,通过多序列和多序列扫描获取肝脏的形态结构和功能信息,具有高软组织分辨能力,可以检测肝内的微小病灶,多功能成像可以呈现肝脏的代谢状态、水分子扩散情况等^[4];超声技术根据不同组织对超声波的反射和散射特性形成图像,能够实时观察肝脏的形态和血流动力学变化^[5];正电子发射断层成像(positron emission tomography, PET)利用放射性示踪剂,检测其在体内的代谢分布情况,反映肿瘤细胞的代谢活性^[6]。多模态影像融合技术是利用不同的成像方式对肝脏组织特性反映的差异,将多种影像数据进行整合^[7],从而获得更多信息的融合性图像。通过特定的算法将来自不同成像技术和不同层面的影像数据在空间和时间上进行精确配准,再运用融合算法将多种影像数据进行合并,最终获得更全面的融合图像。多模态影像融合技术既能清晰显示肝脏解剖结构,又能反映组织的功能和代谢信息,辅助临床医生对疾病进行精确诊断与治疗。

2 人工智能技术在肝脏疾病中应用的技术原理与特点

在肝脏疾病的影像分析中,机器学习和深度学习是最常用的人工智能算法^[8]。机器学习算法包括支持向量机和随机森林等^[9]。支持向量机通过在特征空间中寻找最优的分类超平面,实现对肝肿瘤的有效分割^[10];随机森林基于决策树构建多个分类器,并将多个决策树的结果进行投票或平均,得到最终的预测结果,具有抗噪声、自动筛选特征变量等优势^[11]。随着计算机辅助诊断技术的快速发展,深度学习方法在医学图像分析中的应用日益广泛,其中卷积神经网络是应用最广的处理方法。该方法通过卷积层和池化层自动提取影像中的局部特征,自主学习肝脏和肿瘤的图像特征,从而实现了对肿瘤的精准分割^[12]。在深度学习中,高通量的图像特征可以直接从神经网络中提取,自动从图像中学习全局特征,能够实现端到端的快速分析,适用于大数据处理。在图像分析处理中,人工智能技术对多模态影像的特征提取包括形态学和纹理特征。形态学特征提取包含肝脏及病灶的大小、体积、直径和形状等参数^[13];纹理分析则是通过量化影像灰度值的局部特征、分布模式和变化规律等,反映组织的微观结

构及肿瘤进展的异质性^[14]。人工智能技术能够自动学习多种影像特征,实现对病灶的自动识别,可提高肝脏疾病诊断的效率与准确性。

3 人工智能与多模态影像融合技术在肝胆外科的实践

3.1 肝脏疾病的诊断 多模态影像融合技术整合CT、MRI和超声等多种影像模式的优势,为人工智能模型提供了更为全面和丰富的影像数据信息。人工智能对融合后的多模态影像进行分析学习,使得模型可以自动识别病变区域,从而提高诊断准确率。魏星月等^[15]利用多模态超声成像数据,结合机器学习算法搭建慢性肝病的智能分级诊断系统。研究结果显示,该系统对肝纤维化和肝脏炎症分级的诊断效能较高,其受试者操作特征曲线下面积(area under curve, AUC)值均>0.8,尤其对中重度肝脂肪变性的诊断性能优异(AUC=0.92)。在肝纤维化分级研究中,多模态特征模型的AUC值均高于APRI、FIB-4、TE、SWE 4种单一模型(0.81 vs 0.40、0.57、0.69、0.49),表明多模态特征模型具有更好的诊断效能。Wang等^[16]基于CT图像,结合卷积神经网络构建了用于诊断肝纤维化分期的深度学习模型。结果显示,该模型对显著肝纤维化、进展期肝纤维化和肝硬化的诊断性能均优于临床指标模型APRI和FIB-4(显著肝纤维化AUC值:0.875、0.692、0.713,进展期肝纤维化AUC值:0.900、0.673、0.714,肝硬化AUC值:0.857、0.653、0.701),提示该模型比临床指标模型更适用于肝纤维化分期的诊断。Zhen等^[17]基于MRI和深度学习开发了肝肿瘤鉴别诊断系统,融合了6个MRI序列(T_2 WI、DWI、增强前期、动脉晚期、门静脉期和平衡期),对7类肝脏病变进行分类。结果显示,其在未增强图像中区分肝脏良、恶性肿瘤的诊断效能较高(AUC值分别为0.946和0.951)。将模型与临床数据结合后,进一步提高了分类性能,对肝细胞癌、转移性肿瘤和其他原发恶性肿瘤诊断的AUC值分别为0.985、0.998、0.963,研究结果显示模型诊断与病理诊断的一致度为91.9%。因此,通过将多模态影像融合技术与深度学习模型结合,可实现对影像特征的综合分析,从而提高肝肿瘤诊断的准确性。

3.2 手术规划与评估

3.2.1 手术可切除性评估 多模态影像融合技术通过可视化和数据化显示肝脏的解剖结构和肿瘤特征,结合人工智能技术在虚拟环境中模拟不同的手术切除方案,为肿瘤可切除性评估提供重要依据。在模拟肝切除手术时,利用多模态影像融合技术可以清晰显示肿瘤边界,确

定手术切除范围,还可采用三维软件自动测定剩余肝体积,计算剩余肝体积占标准肝体积的百分比^[18]。目前认为,剩余肝体积大于标准肝体积的30%(肝硬化患者需>40%)是施行手术切除的安全保证^[19]。因此,通过计算剩余肝体积,可确保术后患者有足够的肝组织维持正常生理功能,以减少术后肝功能衰竭等并发症的发生,提高围手术期的安全性。Ali等^[20]利用人工智能自动生成的肝脏虚拟模型进行肝切除复杂性的预测,通过划分特定的“肝中央区”作为三维结构框架,并提取肿瘤与“肝中央区”的空间关系等量化指标,构建手术难度预测模型。研究结果显示,该模型在145例肝细胞癌患者中的预测准确率达79.4%,AUC值为0.851,其表现优于5位高年资外科医师。该研究为基于解剖风险的肝切除手术难度评估提供了客观量化依据,有助于术前评估肿瘤的可切除性。

3.2.2 三维重建与手术模拟 肝脏具有复杂的解剖结构和血管系统。传统的二维影像难以全面直观地显示肝脏的精细解剖结构。多模态影像融合技术结合人工智能的三维重建技术,可以整合CT或MRI等影像数据,采用深度学习算法自动分割出肝脏、肿瘤、胆管及周围血管等结构^[21],构建肝脏的三维立体模型,直观显示肝脏的解剖结构、脉管走行变异、肿瘤的大小位置及供应血管。在肝脏三维虚拟模型中,外科医生可以从任意角度观察肝脏的解剖结构,对肝段的划分、重要血管和胆管的位置有更直观准确的认识,可以为手术规划提供更加全面的解剖学信息。在中央型、巨块型肝肿瘤切除等复杂肝脏肿瘤手术中,三维重建模型可以精准定位肿瘤,清晰显示肿瘤与周围重要结构的解剖关系,全面量化评估肿瘤及血管流域体积,辅助制定合理的肝切除方案,规划手术路径,并进行肝切除模拟。同时,利用虚拟现实和增强现实等技术,外科医生可以对手术过程进行模拟操作,提前针对手术中可能出现的问题制定应对措施。程聪等^[22]对三维可视化技术辅助肝癌手术的有效性和安全性研究结果表明,与常规肝切除术组相比,三维可视化辅助肝切除术组的术中出血量明显更少、手术时长更短、术后住院时长更短,且术后并发症发生率更低。因此,三维可视化技术不仅能实现术前对复杂肝脏解剖结构和肿瘤的可视化,还能利用模拟手术优化手术方案,从而减少手术并发症的发生。

3.2.3 术中导航与定位 在肝脏手术中,将术前的多模态影像数据与术中的超声、荧光成像等实时影像进行融合,可以实现术中实时导航与定位^[22]。利用人工智能算

法进行图像配准和分析,可以在术中实时了解肝脏的解剖结构和肿瘤的位置,为手术操作提供实时指导。Zhang等^[23]在一项原发性肝癌腹腔镜肝切除手术的研究中发现,与对照组相比,术中导航组的手术出血量更低(200 mL vs 300 mL)、术后住院时间更短(8 d vs 10 d)、术后随访患者总体复发率更低(25% vs 39%),表明该技术有助于精确手术切除范围,降低术后并发症的发生率,从而提高长期生存率。吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)荧光成像结合多模态影像融合技术也可用于术中导航^[24]。ICG能够在肝癌组织中特异性聚集,术中采用此技术可以实时显示肿瘤的位置和边界,从而引导手术切除,简化手术难度,提高肿瘤的根治性。岳珂珂等^[25]在腹腔镜肝切除术中应用ICG荧光成像技术进行引导,研究发现,与对照组相比,ICG引导组肝门阻断时间更短 $[(30.31 \pm 6.09) \text{ min vs } (33.60 \pm 5.75) \text{ min}]$,且术后6个月随访肿瘤的复发率更低(6.45% vs 14.29%)。Hu等^[26]在ICG荧光技术引导腹腔镜肝切除术的疗效和安全性研究中发现,ICG荧光技术引导的肝切除术显著缩短了手术时间($MD=-23.25$),减少了术中出血量($MD=-51.04$)和输血率($OR=0.43$),同时提高了R0切除率($OR=2.93$),并且降低了术后并发症发生率($OR=0.59$),表明ICG荧光成像技术可作为术中实时导航的有效手段,且术后安全性较高。此外,基于患者术前影像重建的肝脏三维模型可以清晰显示肝脏结构、肝动静脉、胆管的走行以及肿瘤的位置和形状,手术中利用增强现实技术将肝脏模型配准至手术视野,可获取肝脏内部组织的结构信息,为术中决策提供依据。

3.3 肝癌术后复发预测 肝癌术后复发率较高是影响患者生存率的主要因素,而术后复发在早期出现往往提示患者预后可能更差^[27]。多模态影像融合技术结合深度学习或机器学习等方式,通过分析术前影像特征、临床数据指标及病理信息等,可构建预测模型来评估患者出现术后复发的风险。Lv等^[28]基于对比增强CT构建肝细胞癌复发率预测模型的研究结果显示,临床结合深度学习的影像组学模型(CDLRM)的诊断性能优于放射学模型(RM)和深度学习影像组学模型(DLRM),AUC值分别为0.831、0.796和0.732,表明CDLRM模型可以提高肝细胞癌术后复发的预测性能。Liu等^[29]开发了基于对比增强超声的深度学习算法,以预测射频消融或手术切除后的复发概率,其在内部验证队列中的C指数均较高(分别为0.73和0.74),该模型可以为小病灶肝细胞癌的术后复发提供有效的预测工具。Wang等^[30]基于MRI图像

利用多任务深度学习建立了肝癌预测模型,证实该模型不仅可以预测肝细胞癌的微血管侵犯,还能预测无复发生存期。李鑫等^[31]基于深度学习CT影像术前预测肝癌患者微血管侵犯的研究显示,深度学习模型[AlexNet模型(AUC=0.865)、VGG16模型(AUC=0.892)、ResNet50模型(AUC=0.937)]的预测性能显著优于临床预测模型(AUC=0.84)。而微血管侵犯与肝切除术后早期复发密切相关,对肝细胞癌患者的预后具有重要影响,因此该类模型可为术后复发预测提供有力参考。

4 展望

肝脏疾病的诊疗是由多学科协作共同完成的,人工智能与多模态影像融合技术的深度结合,为肝脏外科的精准诊疗带来了新变革,推动肝脏外科领域向精准化、数智化方向发展。未来,人工智能在肝脏外科的应用将更趋于多维度数据的融合分析^[32-35],通过将患者既往情况、临床检查指标、病理检查结果、影像学特征以及基因组学等相结合,形成多维度的评估体系,为患者的术前诊断、术中治疗和术后预测等过程提供更全面、准确的依据。同时,随着互联网技术在医疗领域的不断发展,远程医疗的应用越来越广泛^[36-38],人工智能、多模态影像融合技术与远程医疗的结合可为肝脏疾病的诊疗提供新模式。基层医院可以通过远程医疗平台上传患者的检验结果、影像信息等数据,利用人工智能进行诊断和分析,为患者提供诊断建议和个体化治疗方案。上级医院则可以通过开展远程会诊,进一步指导患者的临床治疗,提高基层医院对肝脏疾病的诊疗能力,以此改善医疗资源分布不均的情况。总体而言,人工智能与多模态影像融合技术的创新发展正以前所未有的速度重塑肝脏疾病诊疗模式,高效、高质量地服务于临床实践,使精准医疗惠及更多患者。展望未来,笔者团队牵头的“数字肝脏”项目研究将聚焦于通过多学科技术融合,重塑肝脏研究范式。通过整合从宏观至微观的多种成像模态,构建微米精度数字化全肝结构及细胞间相互作用拟态;利用超分辨率超声、柔性传感器等技术,动态监测并量化疾病进程。“数字肝脏”的一系列探索最终可为肝脏疾病的精准预防、诊断与治疗开辟新的道路。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 吴晓勤负责设计论文框架,撰写论文;汪珍光负责拟定写作思路,论文修改;刘辉负责指导撰写文章并最后定稿。

参考文献:

- [1] ZHENG RS, CHEN R, HAN BF, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022[J]. Chin J Oncol, 2024, 46(3): 221-231. DOI: 10.3760/cma.j.cn112152-20240119-00035.
郑荣寿, 陈茹, 韩冰峰, 等. 2022年中国恶性肿瘤流行情况分析[J]. 中华肿瘤杂志, 2024, 46(3): 221-231. DOI: 10.3760/cma.j.cn112152-20240119-00035.
- [2] SUN SQ. Application of digital imaging technology in liver surgery[J]. J Shandong Med Coll, 2020, 42(4): 283-284. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0947.2020.04.022.
孙士强. 数字化影像技术在肝脏外科中的应用[J]. 山东医学高等专科学校学报, 2020, 42(4): 283-284. DOI: 10.3969/j.issn.1674-0947.2020.04.022.
- [3] ZHOU WJ. Research on classification of liver lesions based on the fusion of multi-phase CT image features[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2025.
周文静. 基于多期相CT影像特征融合的肝脏病灶分类研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2025.
- [4] ZHANG HJ, ZHANG HJ, LUO KC. Diagnostic value of MRI and enhanced CT in hepatocellular carcinoma[J]. J Imag Res Med Appl, 2025, 9(10): 137-139. DOI: 10.20267/j.issn.2096-3807.2025.10.043.
张海军, 张宏娟, 骆科纯. MRI与增强CT检查对肝癌的诊断价值[J]. 影像研究与医学应用, 2025, 9(10): 137-139. DOI: 10.20267/j.issn.2096-3807.2025.10.043.
- [5] Chinese Society of Ultrasound in Medicine, Oncology Intervention Committee of Chinese Research Hospital Society, National Health Commission Capacity Building and Continuing Education Expert Committee on Ultrasonic Diagnosis. Guideline for ultrasonic diagnosis of liver diseases [J]. J Clin Hepatol, 2021, 37(8): 1770-1785. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2021.08.007.
中华医学会超声医学分会, 中国研究型医院学会肿瘤介入专业委员会, 国家卫生健康委员会能力建设和继续教育中心超声医学专家委员会. 肝病超声诊断指南[J]. 临床肝胆病杂志, 2021, 37(8): 1770-1785. DOI: 10.3969/j.issn.1001-5256.2021.08.007.
- [6] LUO XD, DONG JQ. Application value of ¹⁸F-FDG PET/CT in the differential diagnosis of benign and malignant liver tumors[J]. Clin Med Eng, 2024, 31(8): 897-898. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4659.2024.08.0897.
罗晓东, 董军强. ¹⁸F-FDG PET/CT在肝脏良恶性肿瘤鉴别诊断中的应用价值[J]. 临床医学工程, 2024, 31(8): 897-898. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4659.2024.08.0897.
- [7] YANG J, LUO W, XIANG N, et al. Application value of multimodal image fusion technology in the diagnosis and treatment of intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. Chin J Dig Surg, 2019, 18(2): 176-182. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2019.02.013.
杨剑, 罗旺, 项楠, 等. 多模态影像融合技术在肝内胆管癌诊断与治疗中的应用价值[J]. 中华消化外科杂志, 2019, 18(2): 176-182. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2019.02.013.
- [8] GORE JC. Artificial intelligence in medical imaging[J]. Magn Reson Imaging, 2020, 68: A1-A4. DOI: 10.1016/j.mri.2019.12.006.
- [9] ERICKSON BJ, KORFIATIS P, AKKUS Z, et al. Machine learning for medical imaging[J]. RadioGraphics, 2017, 37(2): 505-515. DOI: 10.1148/rg.2017160130.
- [10] HUANG XD, HUANG H, LIU JJ, et al. Comparative study of decision tree, support vector machine and deep learning model in differential diagnosis of liver cancer[J]. J Med Inf, 2023, 36(15): 70-74. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1959.2023.15.012.
黄辛迪, 黄慧, 刘佳俊, 等. 决策树及支持向量机与深度学习模型在肝癌鉴别诊断中的比较研究[J]. 医学信息, 2023, 36(15): 70-74. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1959.2023.15.012.
- [11] LI GZ, WANG HL, CHEN XQ, et al. Comparison of random forest and Cox regression models for predicting long-term survival after radical resection of HBV-associated hepatocellular carcinoma[J]. Chin J Curr Adv Gen Surg, 2025, 28(5): 355-360. DOI: 10.3969/j.issn.1009-9905.2025.05.004.

- 李广洲, 王红雷, 陈喜全, 等. 随机森林与Cox回归模型对HBV相关肝细胞癌根治性切除术后长期生存预测的对比[J]. 中国现代普通外科进展, 2025, 28(5): 355-360. DOI: 10.3969/j.issn.1009-9905.2025.05.004.
- [12] WANG Q, WANG HZ, LU SD, et al. CNN model based on multi-parameter MR in predicting microvascular invasion of HCC[J]. J Hebei Med Univ, 2024, 45(7): 771-778. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2024.07.006.
- 王谦, 王会哲, 卢双动, 等. 多参数MR为基础的CNN模型预测肝细胞性肝癌的微血管侵犯[J]. 河北医科大学学报, 2024, 45(7): 771-778. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3205.2024.07.006.
- [13] ZHAO M, LIU FH, KANG LQ, et al. High-resolution MRI morphological features combined with radiomics for predicting lymph node metastasis in stage T₁₋₂ rectal cancer[J]. J Clin Radiol, 2025, 44(8): 1479-1485. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2025.08.001.
- 赵梦, 刘凤海, 康立清, 等. 高分辨MRI形态学特征联合影像组学预测T₁₋₂期直肠癌淋巴结转移[J]. 临床放射学杂志, 2025, 44(8): 1479-1485. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2025.08.001.
- [14] ZHU L. The predictive value of enhanced CT combined with texture analysis for short-term recurrence of primary hepatocellular carcinoma after interventional therapy[J]. J Imag Res Med Appl, 2025, 9(12): 12-15. DOI: 10.20267/j.issn.2096-3807.2025.12.004.
- 朱亮. 增强CT联合纹理分析对原发性肝癌介入治疗后短期复发的预测价值[J]. 影像研究与医学应用, 2025, 9(12): 12-15. DOI: 10.20267/j.issn.2096-3807.2025.12.004.
- [15] WEI XY, WANG LS, WANG YY, et al. Intelligent grading diagnosis of liver fibrosis, inflammation, and steatosis in chronic liver disease based on multimodal ultrasound imaging data[J]. J Cap Med Univ, 2023, 44(6): 928-935. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2023.06.004.
- 魏星月, 王连双, 王媛媛, 等. 基于多模态超声成像数据的慢性肝病肝纤维化、炎症和脂肪变性的智能分级诊断[J]. 首都医科大学学报, 2023, 44(6): 928-935. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7795.2023.06.004.
- [16] WANG JC, TANG SN, MAO YF, et al. Radiomics analysis of contrast-enhanced CT for staging liver fibrosis: An update for image biomarker[J]. Hepatol Int, 2022, 16(3): 627-639. DOI: 10.1007/s12072-022-10326-7.
- [17] ZHEN SH, CHENG M, TAO YB, et al. Deep learning for accurate diagnosis of liver tumor based on magnetic resonance imaging and clinical data[J]. Front Oncol, 2020, 10: 680. DOI: 10.3389/fonc.2020.00680.
- [18] HUANG YS, TIAN H, HAN SQ, et al. Application progress of three-dimensional reconstruction and indocyanine green fluorescence navigation technology in precision hepatectomy[J]. Chin J Curr Adv Gen Surg, 2025, 28(7): 563-567. DOI: 10.3969/j.issn.1009-9905.2025.07.010.
- 黄云崧, 田虎, 韩绍奇, 等. 三维重建和吲哚菁绿荧光导航技术在精准肝切除术中的应用进展[J]. 中国现代普通外科进展, 2025, 28(7): 563-567. DOI: 10.3969/j.issn.1009-9905.2025.07.010.
- [19] National Health Commission of the People's Republic of China. Standard for diagnosis and treatment of primary liver cancer (2024 edition)[J]. J Clin Hepatol, 2024, 40(5): 893-918. DOI: 10.12449/JCH240508.
- 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 原发性肝癌诊疗指南(2024年版)[J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40(5): 893-918. DOI: 10.12449/JCH240508.
- [20] ALI O, BÖNE A, ACCARDO C, et al. Automatic generation of liver virtual models with artificial intelligence: Application to liver resection complexity prediction[J]. Ann Surg, 2025. DOI: 10.1097/SLA.0000000000006722. [Epub ahead of print]
- [21] TAKAMOTO T, BAN D, NARA S, et al. Automated three-dimensional liver reconstruction with artificial intelligence for virtual hepatectomy[J]. J Gastrointest Surg, 2022, 26(10): 2119-2127. DOI: 10.1007/s11605-022-05415-9.
- [22] CHENG C, LU MC, ZHANG Y. Meta-analysis of effectiveness and safety of three-dimensional visualization technique to assist laparoscopic surgery for liver cancer[J]. Chin Med Equip J, 2023, 44(8): 79-84. DOI: 10.19745/j.1003-8868.2023166.
- 程聪, 陆马乘, 张焯. 三维可视化技术辅助肝癌腹腔镜手术的有效性和安全性的Meta分析[J]. 医疗卫生装备, 2023, 44(8): 79-84. DOI: 10.19745/j.1003-8868.2023166.
- [23] ZHANG WQ, ZHU W, YANG J, et al. Augmented reality navigation for stereoscopic laparoscopic anatomical hepatectomy of primary liver cancer: Preliminary experience[J]. Front Oncol, 2021, 11: 663236. DOI: 10.3389/fonc.2021.663236.
- [24] SITTISART P, LOCHAROENRAT K. Use of Ag-Au-ICG to increase fluorescence image of human hepatocellular carcinoma cell lines[J]. Artif Cells Nanomed Biotechnol, 2023, 51(1): 139-147. DOI: 10.1080/21691401.2023.2186887.
- [25] YUE KK, WU DS, HUANG YD, et al. Application of indocyanine green fluorescence imaging in laparoscopic hepatectomy for stage B hepatocellular carcinoma in Barcelona[J]. J Basic Clin Oncol, 2024, 37(4): 417-420. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5412.2024.04.012.
- 岳珂珂, 吴大帅, 黄运德, 等. 吲哚菁绿荧光成像技术在巴塞罗那肝癌分期B期肝细胞肝癌行腹腔镜肝切除术中的应用[J]. 肿瘤基础与临床, 2024, 37(4): 417-420. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5412.2024.04.012.
- [26] HU MQ, CHEN ZB, XU DW, et al. Efficacy and safety of indocyanine green fluorescence navigation versus conventional laparoscopic hepatectomy for hepatocellular carcinoma: A systematic review and meta-analysis[J]. Surg Endosc, 2025, 39(3): 1681-1695. DOI: 10.1007/s00464-024-11518-y.
- [27] Expert Group of the State Key Project on Infectious Diseases on "Novel Strategies of Comprehensive and Individualized Surgical Treatment of Viral Hepatitis-related Liver Cancer" from the Ministry of Science and Technology of China. Chinese expert consensus on the prevention and management of recurrent hepatocellular carcinoma after hepatic resection (2020 edition)[J]. Chin J Pract Surg, 2021, 41(1): 20-30. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.01.03.
- 国家科技部传染病防治重大专项课题《病毒性肝炎相关肝癌外科综合治疗的个体化和新策略研究》专家组. 肝细胞癌肝切除术后复发预防和治疗中国专家共识(2020版)[J]. 中国实用外科杂志, 2021, 41(1): 20-30. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.01.03.
- [28] LV C, HE N, YANG JJ, et al. Prediction of 3-year recurrence rate of hepatocellular carcinoma after resection based on contrast-enhanced CT: A single-centre study[J]. Br J Radiol, 2023, 96(1145): 20220702. DOI: 10.1259/bjr.20220702.
- [29] LIU F, LIU D, WANG K, et al. Deep learning radiomics based on contrast-enhanced ultrasound might optimize curative treatments for very-early or early-stage hepatocellular carcinoma patients[J]. Liver Cancer, 2020, 9(4): 397-413. DOI: 10.1159/000505694.
- [30] WANG F, ZHAN G, CHEN QQ, et al. Multitask deep learning for prediction of microvascular invasion and recurrence-free survival in hepatocellular carcinoma based on MRI images[J]. Liver Int, 2024, 44(6): 1351-1362. DOI: 10.1111/liv.15870.
- [31] LI X, CHEN JM, LIU R, et al. Prediction of the occurrence of microvascular invasion in hepatocellular carcinoma via preoperative prediction model using deep learning on CT image[J]. Chin J Med Imag, 2025, 33(4): 390-395. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2025.04.009.
- 李鑫, 陈金明, 刘蕊, 等. 基于深度学习CT影像术前预测肝癌患者微血管侵犯[J]. 中国医学影像学杂志, 2025, 33(4): 390-395. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2025.04.009.
- [32] HUANG LH, CEN YY, NONG HY, et al. Application progress of new medicine-engineering integration technologies in the diagnosis, treatment and prognosis management of hepatocellular carcinoma[J]. Shandong Med J, 2025, 65(7): 143-147. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2025.07.030.
- 黄丽洪, 岑永义, 农海洋, 等. 医工结合新技术在肝细胞癌诊治及预后管理中的应用进展[J]. 山东医药, 2025, 65(7): 143-147. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2025.07.030.
- [33] WU Y, ZHANG WG. Research progress of artificial intelligence in precision diagnosis and treatment of liver cancer[J]. China J Gen Surg, 2025, 34(1): 33-39. DOI: 10.7659/j.issn.1005-6947.240561.
- 吴阳, 张万广. 人工智能在肝癌精准诊疗中的研究进展[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(1): 33-39. DOI: 10.7659/j.issn.1005-6947.240561.

- [34] FENG LJ, HUANG WY, PAN XY, et al. Predicting overall survival in hepatocellular carcinoma patients via a combined MRI radiomics and pathomics signature[J]. *Transl Oncol*, 2025, 51: 102174. DOI: 10.1016/j.tranon.2024.102174.
- [35] WANG GZ, DING FE, CHEN KG, et al. CT-based radiomics nomogram to predict proliferative hepatocellular carcinoma and explore the tumor microenvironment[J]. *J Transl Med*, 2024, 22(1): 683. DOI: 10.1186/s12967-024-05393-3.
- [36] HUANG SY, NONG XL. Applications and Impact of Artificial Intelligence+Telemedicine[C]//China Association of Medical Equipment. Proceedings of the China Medical Equipment Conference and 2024 Medical Equipment Exhibition. 2024: 92-97. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.005174.
黄苏莹, 农晓琳. 人工智能+远程医疗的应用与影响[C]//中国医学装备协会. 中国医学装备大会暨2024医学装备展览会会议论文集汇编. 2024: 92-97. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.005174.
- [37] LIU RR. Application of Intelligent Internet-Based Healthcare in Remote Diagnosis and Treatment Services[C]//Intelligent Information Processing Industrialization Branch of China High-Tech Industrialization Association. Proceedings of the 18th National Conference on Signal and Intelligent Information Processing and Applications. 2024:

670-674. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.050459.

刘冉冉. 智能化互联网医疗在远程诊疗服务中的应用[C]//中国高科技产业化研究会智能信息处理产业化分会. 第十八届全国信号和智能信息处理与应用学术会议论文集. 2024: 670-674. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.050459.

- [38] ZHANG K, ZHANG ZJ, PENG F, et al. Progress in AI application in telemedicine[J]. *China Digit Med*, 2024, 19(1): 68-75. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7571.2024.01.014.

张坤, 张震江, 彭芳, 等. 人工智能在远程医疗中的应用进展[J]. *中国数字医学*, 2024, 19(1): 68-75. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7571.2024.01.014.

收稿日期: 2025-09-01; 录用日期: 2025-10-15

本文编辑: 刘晓红

引证本文: WU XQ, WANG ZG, LIU H. Application of artificial intelligence combined with multimodal image fusion technology in liver surgery[J]. *J Clin Hepatol*, 2025, 41(11): 2201-2206.

吴晓勤, 汪珍光, 刘辉. 人工智能结合多模态影像融合技术在肝脏外科中的应用[J]. *临床肝胆病杂志*, 2025, 41(11): 2201-2206.

·消息·

《临床肝胆病杂志》2026年征稿征订启事

《临床肝胆病杂志》[ISSN 2097-3497(Online), ISSN 1001-5256(Print), CN 22-1108/R]由中华人民共和国教育部主管, 吉林大学主办, 中华医学会肝病学分会学术支持。

本刊为中国科技期刊卓越行动计划·中文领军期刊(2024—2028)、中国科技期刊卓越行动计划·中国高校医学集群: 创始成员刊(2024—2028)、百种中国杰出学术期刊、中国精品科技期刊暨“中国精品科技期刊顶尖学术论文(F5000)”项目来源期刊、《科技期刊世界影响力指数(WJCI)报告》收录期刊(Q3区)、中文核心期刊、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、RCCSE中国权威学术期刊(A+)。被荷兰《医学文摘(网络版)》(Embase)、荷兰《文摘与引文数据库》(Scopus)、美国《生命科学引文索引》(BIOSIS Citation Index)、美国《生命科学信息预览》(BIOSIS Previews)、美国《生命科学文摘》(Biological Abstracts)、美国《ProQuest健康与医学资源全文数据库》(ProQuest)、美国《化学文摘(网络版)》(SciFinder)、英国《国际农业与生物科学研究中心》(CABI)、美国《艾博思科数据库》(Eh, EBSCOhost)、日本《科学技术振兴机构数据库(中国)》(JSTChina)等多家海内外数据库收录。

本刊核心影响因子为1.715, 在19种消化病学类核心期刊中排名第2位; 核心总被引频次为4402, 综合评价总分为82.9, 两项指标连续7年在消化病学类核心期刊中排名第1位。

本刊设有述评、专家论坛、热点·视点·观点、学术争鸣、指南与规范、论著、临床经验交流、病例报告、综述、会议纪要、国外期刊精品文章简介等栏目。刊载内容实行肝胆胰并重、内外科并重、中西医并重、临床与基础并重。

热忱欢迎肝胆胰领域医疗机构从业人员、医药技术和科研人员及各大院校师生踊跃投稿。本刊对有科研基金资助、本刊编委或审稿专家署名的文章均免收审稿费, 一经审查合格, 优先发表。

本刊为月刊, 全年12期, 16开本, 每月25日发行, 定价60元/本, 国内外公开发行。

订购方式: (1)全国各地邮局订购, 邮发代号12-80; (2)联系编辑部订购。

通信地址: 吉林省长春市新疆街461号吉林大学第一医院转化医学研究院医学出版中心《临床肝胆病杂志》编辑部 130021

投稿咨询: 0431-88782044/88782542

订阅咨询: 0431-88782543

电子信箱: lcgdb@vip.163.com

官方网站: www.lcgdbzz.org

《临床肝胆病杂志》编辑部

2025年11月25日