

基于人工智能的医学影像诊断技术在介入手术中的应用

江苏杰,姜洋,张顼,李中鹏,赵巍
徐州医科大学附属连云港医院信息科,江苏连云港,222061
通信作者:张顼,E-mail: 18961326930@163.com

【摘要】 在现代医疗体系中,以心血管、神经及消化系统疾病为代表的微创介入诊断技术已发展成为临床治疗的核心技术手段。基于人工智能的医学影像诊断技术在介入手术中的应用,可有效缩短手术关键步骤的决策时间,降低术中辐射暴露计量,有效优化治疗方法,通过标准化操作流程改善预后质量,为介入诊疗技术的智能化发展提供了新范式。因此,本文主要探究人工智能与医学影像诊断技术在介入手术中的融合应用,以推动介入手术向更精准、智能的方向发展。

【关键词】 人工智能;医学影像诊断技术;介入手术

【文章编号】 2095-834X (2024)12-68-04

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2024.12.007

本文著录格式: 江苏杰,姜洋,张顼,等. 基于人工智能的医学影像诊断技术在介入手术中的应用[J]. 当代介入医学电子杂志, 2024, 1(12): 68-71.

Application of artificial intelligence-based medical image diagnosis technology in interventional surgery

Jiang Sujie, Jiang Yang, Zhang Xu, Li Zhong peng, Zhao Wei

Department of Information, Affiliated Lianyungang Hospital of Xuzhou Medical University, Lianyungang 22061, Jiangsu, China

Corresponding author: Zhang Xu, E-mail: 18961326930@163.com

【Abstract】 In the modern medical system, minimally invasive interventional diagnostic techniques, applied in cardiovascular, neurological and digestive system diseases as examples, have developed into core clinical treatment methods. The application of artificial intelligence in medical imaging diagnosis during interventional surgery can effectively shorten decision-making time for critical steps, reduce intraoperative radiation exposure, optimize treatment methods, and improve prognosis quality through standardized operational procedures. This provides a new paradigm for the intelligent development of interventional diagnostic technologies. Therefore, this paper primarily explores the integration of artificial intelligence with medical imaging diagnostic techniques in interventional surgery to promote more precise and intelligent advancements in interventional procedures.

【Keywords】 Artificial intelligence; Medical imaging diagnostic technology; Interventional surgery

介入手术凭借创口微小、康复迅速等突出优势,成为现代医学应对多科室疾病的重要治疗手段。一般而言,术前诊断的精准度与术中引导的及时性,对手术的成功起着决定性作用^[1]。在传统医学影像诊断流程中,医生需要依靠自身丰富的经验与扎实的专业知识进行诊断,这不仅会导致诊断过程耗时较长,还极易受

到主观因素的干扰,进而影响诊断的准确性。随着人工智能(artificial intelligence, AI)技术的快速迭代,医学影像诊断迎来了新的发展契机^[2]。将人工智能医学影像诊断技术融入介入手术流程,可有效弥补传统诊断方式的不足,显著提升疾病诊断的精度,有效提升手术的成功率,为介入手术的精准化与高效化提供强大

助力。

1 人工智能赋能医学影像诊断的技术逻辑

人工智能在医学影像诊断领域的应用,主要依托深度学习算法展开,通过海量医学影像数据进行训练,从而搭建起可全面反映影像特征与疾病类别、疾病严重程度内在联系的模型^[3]。在众多深度学习模型中,卷积神经网络的独特结构设计,可自动抓取医学影像中的关键特征,进而精准辨别影像中的异常区域,并实现对疾病的分类与预判。在临床应用中,人工智能医学影像诊断技术流程主要分为两大环节:一是数据预处理阶段,通过图像增强、降噪等激素或手段,去除影像中的干扰信息,提升影像的清晰度与质量^[4]。二是将处理后的影像数据导入预先训练成熟的AI诊断模型中,进而依据既定算法对影像进行全方位解析,最终输出病变的具体位置、大小及性质等诊断结论。相较于传统人工诊断方法,人工智能赋能医学影像诊断模型可有效提升诊断效率,不仅能快速处理大批量的影像数据,还能敏锐捕捉到人眼难以识别的细微病变特征,从而显著提高诊断的准确性和可靠性^[5]。

2 基于人工智能的医学影像诊断技术在介入手术中的应用

2.1 神经外科脑血管造影介入手术

神经外科脑血管疾病种类繁杂,如颅内动脉瘤、脑血管畸形、脑动脉粥样硬化狭窄等病症,不仅病情复杂多变,而且对诊断的准确性以及治疗的精细化程度有着极高的要求。脑血管造影介入手术作为常用的治疗手段,在其实施过程中,基于人工智能的医学影像诊断技术展现出不可或缺的价值。

在术前规划阶段,可收集患者脑部计算机断层扫描(computed tomography, CT)、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)、CT血管造影(computed tomography angiography, CTA)以及磁共振血管造影(magnetic resonance angiography, MRA)等多模态影像数据,对其实施标准化处理后去除因设备差异和成像环境导致的噪声与伪影,提升影像质量^[6]。之后,运用AI模型对影像数据进行全面分析,精准识别脑血管的形态、位置与走行,描绘动脉瘤的大小、位置以及血管狭窄的程度,例如,在识别动脉瘤时,基于人工智能的医学影像诊断技术可测量瘤体的直径、瘤颈的宽度,还能分析动脉瘤的三维空间形态,评估其与周围血管的关系。医生可借助分析结果,结合患者的具体病情和身体状况,制定个性化的手术方案,明确手术入路,规划微导管和导丝的行进路径,预估术中可能出现

的风险并制定应对策略,大幅降低手术风险^[7]。

在术中引导阶段,可实时采集脑血管造影影像,并将其传输至AI分析系统端,运用目标识别算法实时分析造影影像,精准判断导管与导丝的位置,监测其在血管内的行进情况。一旦发现导管与导丝偏离预设路径,系统会及时发出警报,并给出调整建议。同时,AI系统还可对血管痉挛、血栓形成等并发症进行实时监测。当监测到血管痉挛时,系统会自动分析痉挛位置、程度,为医生采取解痉措施提供参考;当发现血栓形成时,会提示血栓的位置和大小,协助医生制定溶栓或取栓方案,为手术操作提供实时、有效的指导^[8]。

2.2 消化科介入手术

消化科介入手术凭借创口小、恢复快、疗效显著等突出优势,在胃肠道出血、肿瘤等病症的临床治疗中被广泛采用。近年来,随着医学影像诊断技术的持续进步,以及与人工智能技术的有机结合,消化科介入手术迎来全新变革,诊断的精确性和治疗的有效性得到显著提升。

在术前评估阶段,以肝癌介入治疗为例,一般在介入手术实施之前需要对患者肝脏进行平扫,获取相关的CT、MRI影像数据,从而初步了解患者肝脏的整体形态与肿瘤的大致位置,了解肿瘤的血供特点。基于人工智能的医学影像诊断技术应用,可借助相关软件对影像数据进行全面分析,以精准明确肿瘤在肝脏内的具体位置、形态大小,并统计肿瘤数量,梳理肿瘤与周围血管、胆管、以及其他组织的关系,精准判断肿瘤的血供特点。同时,在人工智能技术的支持下,医生还可清晰地观察到肿瘤边缘是否存在毛刺,了解内部信号强度如何等,判断肿瘤与肝静脉、门静脉的空间毗邻关系^[9]。如果发现存在肿瘤血供丰富且局限在肝段内的情况,医生可优先选择经动脉化疗栓塞术(transcatheter arterial chemoembolization, TACE),以有效阻断肿瘤血供,抑制肿瘤生长;如果发现肿瘤体积较小,且靠近肝脏表面时,可优先选择射频消融术,精准消灭肿瘤组织,最大程度保留正常肝组织。

在术中操作阶段,医生在行经股动脉穿刺时,可在人工智能技术的支持下,直观地看到导管引入路径,精准的将导管送至肿瘤供血动脉。在此过程中,智能化影像分析系统可持续性监测导管的位置,为医生提供手术操作建议与指导。例如,系统可依据患者血管的弯曲程度与走向,提示医生微调导管方向,确保导管精准插入肿瘤血动脉中,从而提升药物或栓塞剂的输送精准度^[10]。

在术后疗效评估阶段,基于人工智能的医学影像诊断技术可再次对患者进行CT或MRI复查,将手术前与手术后的影像置于系统中进行对比分析,从肿瘤大小、形态变化、密度改变等多个维度量化评估肿瘤的好坏程度。若肿瘤坏死不完全,医生可结合患者的身体

状况、肿瘤特性,综合考虑再次实施介入治疗,或联合药物治疗、放疗等其他治疗手段,制定个性化的后续治疗方案。

2.3 泌尿科介入手术 泌尿科介入手术作为治疗泌尿系统结石与肿瘤的重要手段,凭借其创伤小、疗效好等优势,在临床中发挥着关键作用。近年来,医学影像诊断技术与人工智能的融合,为泌尿科介入手术带来显著变革,大幅提升手术精准性,有效降低手术风险。

在术前规划阶段,可常规采集患者泌尿系统的CT影像,借助人工智能技术对图像进行智能化分析,精准识别结石的具体位置、大小以及形态。同时,还可分析关键参数判别结石的化学组成,如尿酸结石、草酸钙结石。在此基础上,运用AI技术构建结石与肾盂、肾盏、输尿管等解剖结构的三维模型,直观地展现出结石与周围组织的空间毗邻关系,帮助医生结合患者实际状况优选最佳治疗方案^[11]。

在术中引导阶段,基于人工智能的医学影像诊断技术可实现持续性监测,帮助医生精确操作手术仪器。例如,实施经皮肾镜碎石术时,可在经皮肾通道构建阶段,将手术之前构建的三维模型与手术中的实时影像进行对比分析,从而帮助医生选择最合适的穿刺路径与穿刺角度,减少对周围肾实质、血管以及其他脏器的损伤。在碎石过程中,系统还可对器械的位置进行追踪,判断结石粉碎程度。

2.4 心脏、大血管介入手术 在心血管疾病的治疗领域,心脏、大血管介入手术意义非凡。如冠心病、先天性心脏病,以及主动脉夹层这类疾病,临床治疗往往离不开此类手术。

在手术前的准备阶段,借助人工智能医学影像诊断技术,对心脏和大血管的CTA、MRI等影像数据展开细致分析。这一过程能精准测定心脏各个腔室的大小、心肌的厚度,从而有效评估心脏的功能状态。同时,还能清晰地呈现冠状动脉的狭窄程度、斑块的具体性质,以及大血管的形态、走向和病变所在位置。就拿冠心病患者来说,医生通过深入分析冠状动脉影像,能够确切判断病变血管的位置和狭窄程度,进而制定出针对性的冠状动脉介入治疗方案,比如准确选择适配的支架类型和尺寸^[12]。

在手术进行期间,依靠基于人工智能的实时影像监测系统,能够紧密追踪导管、导丝在心脏和大血管内的具体位置。借助智能导航算法,再结合心脏和大血管的三维模型,就可以引导手术器械精确抵达病变部位。同时,运用血流动力学模拟技术,依据每位患者独特的心血管结构和血流参数,预测介入器械操作对血流动力学产生的影响,以此优化手术操作流程,降低手术风险。

在手术结束后,通过对比手术前后的影像资料,

利用人工智能技术来评估手术效果。重点观察心脏形态和功能的恢复状况,血管再通的实际效果,以及是否有并发症发生。一旦发现血管出现再狭窄或其他异常情况,医生会及时制定后续的治疗方案,保障患者的健康。

3 基于人工智能的医学影像诊断技术在介入手术中的应用探索

介入手术作为现代医学具有特色的治疗方式,在具体应用过程中比较依赖医学影像诊断技术的应用^[13]。通过医学影像可判断病变位置,帮助医生了解病变位置周围组织与血管分布情况,从而顺利操控手术器械,完成各类复杂的手术。但是,传统医学影像诊断技术存在一定的短板,主要依赖医生人工操作技术与工作经验,而且生成的影像多为二维影像,难以呈现完整的空间关系。对此,可研发一套面向介入手术的人工智能医学影像诊断系统,实现影像数据的自动化处理、分析与三维构建。

3.1 系统架构设计 为满足介入手术对于影像处理与分析的特定需求,可运用模块化设计思路搭建多个既相互独立又彼此配合的功能模块,促使各模块协同运作。

3.1.1 影像预处理模块 这一模块主要负责对原始影像数据的标准化处理工作。在传统医学影像诊断技术中,获取的CT、MRI影像都存在一定的噪声与伪影,会影响诊断的准确性。而运用人工智能技术,借助相关算法可去除这些干扰因素,优化影像的对比度与亮度,便于医生更准确地发现病变位置,把握患者病情^[14]。

3.1.2 血管分割与三维重建模块 这一模块可借助专业算法,从预处理后的影像数据中精准分割出血管,并将二维影像转换为三维模型,让血管空间形态与分布情况直观地呈现出来,便于医生作出判断。例如脑血管造影影像,在该模块优化下可将脑血管分布走向、分支结构清晰描绘出来,还能准确呈现脑血管与周围组织的空间关系,帮助医生更好地规划手术方案^[6]。

3.1.3 实时导航模块 这一模块可与手术器械相连接起来,结合医学影像的三维重建模型,便于医生掌握手术器械在手术过程中的具体位置。例如,在心脏介入手术中,这一模块可动态化跟踪导管的位置,并向医生持续反馈导管的动态信息,帮助医生及时调整导管的操作方向与深度,引导导管按照预设路径安全、精准达到手术位置。

3.1.4 临床交互模块 这一模块是医生与介入手术具体操作建立联系的“窗口”,该模块中可纳入患者基本信息、影像信息、诊断信息等,便于医生了解介入手

术的基本信息。此外,这一模块以 B/S 架构为基础,可跨平台操作,医生可利用浏览器进入系统,而且该系统还可与医院现有的 PACS 系统相连通,实现数据的共享与应用^[15]。

3.2 核心算法应用

3.2.1 多模态影像融合算法 在处理 DSA 序列图像时,可探索基于时空注意力机制的血管增强算法。通常在 DSA 检查中,由于成像环境复杂,血管影像常被背景噪声干扰,影响医生判读。而该算法的应用通过对 DSA 图像时间和空间维度的特征分析,自动将算法的分析重点聚焦于血管区域,有效过滤掉背景噪声。此外,针对 CT 影像的血管分割难题,还可采用改进的 U-Net++ 网络,相较于传统 U-Net 网络增加了更多的跳跃连接与嵌套结构,使得网络在处理影像时能更好地提取不同层级的影像特征。

3.2.2 实时三维重建技术 为了在介入手术过程中为医生提供及时且精准的三维影像信息,可利用深度学习算法生成低分辨率的血管骨架。随后,可采用自适应曲面细分算法对低分辨率血管骨架进行优化,从而根据血管的实际形态和结构特点自动调整细分程度,在确保建模速度的同时有效控制重建误差,为医生提供高精度的血管三维模型,辅助医生全方位了解血管的空间结构。

3.2.3 智能导航算法 针对介入手术导管操作精度的提升,可将光学定位与影像配准技术融入其中。具体可在手术器械上安装光学定位装置,借助影像配准算法,实时、精准地获取导管头端在患者体内的位置信息。同时,还可引入血流动力学模拟技术,根据患者个体化的血管结构和血流动力学参数,预测介入器械的最佳行进路径。

4 结语

人工智能与医学影像诊断技术的深度融合,为介入手术带来了革新机遇。它提升了疾病诊断精准度,辅助医生制定科学手术规划,提高了手术操作精准性,降低了手术风险。未来,随着计算机科学、医学工程与临床医学的持续交叉融合,算法技术将不断优化,硬件设备也会不断升级。这将推动介入手术朝着智能化、精准化方向持续迈进,满足更多患者对高质量医疗服务的需求,为医学领域的发展注入新动力。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 徐亚琪, 陆清声. X 线透视下血管腔内介入手术器具自动识别与跟踪研究进展[J]. 介入放射学杂志, 2024, 33(7): 699–703.
- [2] 刘一人, 谷涌泉, 郭连瑞. 人工智能辅助血管外科教学的应用与挑战[J]. 医学研究杂志, 2024, 53(7): 189–191+195.
- [3] 吴志远, 程永德. 数字介入—当介入放射学遇上数字医学[J]. 介入放射学杂志, 2024, 33(1): 1–6.
- [4] 王鉴, 高翔, 张峰, 等. 血管介入机器人辅助介入治疗研究现状[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32(6): 619–623.
- [5] 童静, 储呈晨, 李斌. 血管介入手术机器人及其力反馈技术研究进展[J]. 中国普通外科杂志, 2023, 32(6): 915–922.
- [6] 戴冬伟, 李继波, 洪波. 人工智能在神经介入诊疗中的应用前景[J]. 中国临床医学, 2020, 27(5): 727–729.
- [7] 刘文涛. 基于视觉引导的血管介入手术自主送丝关键技术研究[D]. 北京邮电大学, 2024.
- [8] Jiang W, Gan D, Johnson HM, et al. Advancements in minimally invasive interventional oncology procedures for painful sacral metastases under imaging guidance[J]. Eng Medicine, 2025, 2(1): 100051.
- [9] Javan H, Rokni M, Warrior S, et al. The role of artificial intelligence in image-guided procedures: revolutionizing interventional radiology[J]. J Vasc Interv Radiol, 2025, 36(3S): S179–S179.
- [10] Sudhir L, Nayak R, Vijaykumar S, et al. Imaging vs non-imaging percutaneous coronary intervention—clinical and procedural outcome with 6 months follow up[J]. Indian Heart J, 2024, 76(S2): S130–S131.
- [11] 赖以任, 陆清声. CT 血管造影—实时 X 线影像融合技术在血管疾病诊治的应用及进展[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2023, 15(4): 366–369+379.
- [12] 关沛峰, 温诗涵, 杨荣骞. 血管介入手术机器人的研究进展及前景分析[J]. 中国医疗器械杂志, 2023, 47(6): 638–644.
- [13] 吕斌, 王君, 杜志华. 数字影像管理系统在神经介入手术教学中的应用[J]. 中国继续医学教育, 2023, 15(16): 173–176.
- [14] 王旭东, 曾安宇, 张凯, 等. 基于 5G 的远程介入手术协作影像系统[J]. 现代医院管理, 2023, 21(4): 86–88.
- [15] 陆昌明, 曾自三, 白涛. 影像技术在肿瘤介入治疗中的应用进展[J]. 现代医学, 2023, 51(4): 560–565.

(本文编辑:马萌萌,许守超)