

· 专 论 Special comment ·

数字介入——当介入放射学遇上数字医学

吴志远, 程永德

【摘要】 数字介入作为一个跨学科领域,结合了数字技术与介入治疗手段。在介入放射学实践中,数字医学通过电子健康记录、人工智能、可穿戴设备及远程监控等基本工具,在高级成像技术、介入手术规划、图像引导手术、导航设备和介入手术机器人、3D 打印、远程医疗教育和培训等方面均有深度融合应用,从而优化了诊断和治疗过程,提高了医疗服务效率和准确性。同时,数字介入也带来了与数据安全和隐私等相关的挑战。面对这些挑战,未来发展方向应当更加注重技术与伦理间的平衡,确保数字介入可持续、安全发展。

【关键词】 数字医学; 介入放射学; 人工智能

中图分类号:TP399 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2024)-01-0001-06

Digital intervention: current status of the integration of digital medicine with interventional radiology

WU Zhiyuan*, CHENG Yongde**. *Department of Interventional Radiology, Affiliated Ruijin Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200025, China; **Editorial Board of "Journal of Interventional Radiology", Shanghai 200052, China

Corresponding author: CHENG Yongde, E-mail: yongdech@163.com

【Abstract】 As a cross-field discipline, digital intervention integrates digital technology with interventional therapeutic methods. In the clinical practice of interventional radiology, the digital medicine, through using the basic tools such as electronic health records, artificial intelligence, wearable devices, remote monitoring, etc., has been deeply integrated into the advanced imaging technology, interventional surgery planning, image-guided procedure, navigation equipment, interventional surgery robot, 3D printing, remote medical education and training, and other aspects of the clinical work, which greatly optimizes the diagnostic and therapeutic processes and improves the efficiency and precision of medical services. At the same time, digital intervention also brings challenges related to data security and privacy security in medical services. Therefore, more attention should be paid to the balance between the technology and the medical ethics when planning for the future development direction of digital intervention so as to make sure that digital intervention can be continuously and safely developed. (J Intervent Radiol, 2024, 32: 1-6)

【Key words】 digital medicine; interventional radiology; artificial intelligence

数字医学(digital medicine)和介入放射学在医疗领域发展过程中正走在最前沿。数字技术应用不仅能提高介入放射学医疗服务质量和效率,还能改善患者治疗体验。随着技术更新和发展,数字医学有可能进一步深化在介入放射学中的应用,甚至可能改变现有医疗模式,从而形成一个跨学科新领域——数字介入。

1 数字医学与介入放射学:医疗合作新篇章

数字医学与介入放射学分别代表了医学的两个重要方向,即技术创新与治疗优化,二者结合正在开启新的治疗方法和诊疗流程。数字医学是一门综合了信息技术、大数据、人工智能(artificial intelligence, AI)等先进技术,以提高医疗服务效率、精准度及可获取性的学科,它的目标是将医疗系统

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2024.01.001

基金项目:国家自然科学基金(62173223),上海市临床重点专科项目(shslczdk06002)

作者单位:200025 上海 上海交通大学医学院附属瑞金医院放射介入科(吴志远);上海《介入放射学杂志》社(程永德)

通信作者:程永德 E-mail: yongdech@163.com

从传统的病理关注转向预防、个体化及精准的治疗方式。介入放射学则是一个使用影像引导进行微创治疗的医学分支,医师通过高级成像技术定位病灶,然后通过微创手术使用导管或其他设备对患者进行治疗。介入放射学的优势在于其精准性和微创性,能够大大减少手术风险和患者恢复时间。

数字医学在介入放射学中发挥着重要作用,数字医学与介入放射学结合将为我们打开一个新世界大门。这种结合将使我们能够为患者提供更加个体化的治疗方案,提高医疗服务效率和质量,降低医疗成本,最重要的是有助于改善患者生活质量。这将是一个全新的医疗模式,充满了无尽的可能性和机遇。

2 数字医学基本工具和技术:从电子健康记录到人工智能

数字医学正在通过其基本工具和技术,如电子健康记录(electronic health record,EHR)、AI、可穿戴设备以及远程监控等技术,对医疗健康领域产生深远影响。这些技术和工具不仅在数字医学中发挥重要作用,而且正在逐步融入介入放射学实践。

2.1 EHR

EHR 是数字医学基石,它提供了一种集中、组织化的方式存储和共享患者医疗信息,如病史、药物使用、实验结果以及影像学检查资料等。EHR 应用提高了医疗服务效率,减少了记录错误,促进了医患之间沟通,有助于提升医疗服务质量。在介入放射学中,EHR 为介入医师提供患者资料快速和完整访问,使得诊疗过程更加个体化和精准^[1]。

2.2 AI

AI 在数字医学中是一个不可忽视的部分,尤其是在影像识别和解析方面。机器学习和深度学习算法能从大量医学影像数据中“学习”并提取有用信息。例如,AI 可辅助医师分析 CT、MRI 等影像,识别出微小肿瘤或其他病变,有时甚至超越了人类专家眼睛^[2]。大数据与 AI 结合为医疗健康领域带来了革命性改变。AI 聊天机器人可帮助解答患者基本问题,释放医师时间,以便医师可专注于更复杂的医疗问题。同时,自然语言处理技术也可帮助从医患沟通中提取有价值信息,以改善诊断和治疗方案。通过分析海量的多来源医疗数据,AI 还能够帮助医师做出更好决策,并改善医患沟通,推动精准治疗。如 AI 可通过分析电子病历、影像及基因检测等数据,辅助医师诊断疾病、预测病情发展及制定治疗

方案。这种精准诊断和个性化治疗方法,有助于提高治疗效果和患者满意度。在介入放射学中,AI 可帮助医师进行病灶精准定位和诊断,从而提高手术精准度和效率^[3]。

2.3 可穿戴设备和远程监控技术

可穿戴设备和远程监控技术正在改变我们对健康和疾病管理的方式。这些设备如智能手表、健康追踪器,可实时收集和分析患者生理数据(心率、血压及血糖等),这对于慢性疾病管理至关重要。在介入放射学中,这些数据可用来监控患者术后恢复情况,及时发现并处理可能的并发症。

数字医学工具和技术正在不断发展和改进,已变得越来越重要。它们改善了医疗服务效率和质量,为患者提供了更好的管理和监测方式。这些工具和技术为介入放射学提供了更准确的诊断、更精确的治疗、更有效的患者管理。我们期待看到数字医学更多进步,以及它们在介入放射学中更广泛应用。

3 数字医学在介入放射学的应用:深度融合新视角

3.1 高级成像技术

高级成像技术如 CT、MRI 及 DSA 在介入放射学中起着至关重要的作用。例如,CT 和 MRI 可提供细致的结构图像,帮助识别病变部位,DSA 可实时观察血流动态,指导介入手术;肝癌介入治疗中可利用 CT 和 MRI 识别出肝脏中的肿瘤,然后通过 DSA 引导插管到肿瘤供血动脉对肿瘤进行局部治疗。

3.2 介入手术规划

传统介入手术规划方式一般是医师通过对病史资料分析进行规划,其中尤其重要的对术前影像学资料的分析。手术医师根据自身经验,“脑补”导管或穿刺针进入路径,这种方式更依赖医师经验,但还不够精准。如今术前影像学检查均形成数字化资料,从而可应用计算机技术进行处理。三维可视化技术就是在计算机辅助下对二维影像结果进行三维重建并还原,给手术医师更加直观的结果,而且数字影像可测量性,使术前评估更加精准,从而减少了术前评估的主观偏差。从数字化角度看,消融治疗以标准化影像图像为基础,是最有可能实现诊疗场景数字化的技术之一,有望实现全闭环工作流程数字化技术覆盖^[4]。目前已有部分肿瘤消融穿刺路径规划设备的应用报道^[5],但到大规模实际应用仍有一定距离。

除了穿刺场景,手术规划系统在 DSA 引导手术中也有应用。如术前应用三维可视化技术精准评估

肝门胆管癌经皮穿刺肝胆管引流术和经皮胆道支架植入术,结果显示该技术有助于制定手术策略,可提高手术安全性和精准性^[6]。

3.3 图像引导手术

图像引导手术(image-guided surgery, IGS)是介入放射学的重要技术,它利用实时成像技术引导手术过程。IGS 可提高手术精度,降低并发症风险,缩短恢复时间。例如,在肝肿瘤射频消融治疗中,介入医师可通过实时影像引导(如超声、CT、MRI),准确地将消融电极插入肿瘤中,然后释放射频能量,将肿瘤完全消融,避免了开放手术,患者恢复时间也大大缩短。

对部分病灶较小或部位复杂病灶,单一模态影像引导在术中难以准确显示病灶,从而影响了治疗效果,多模态影像融合引导技术就是近年来研究的热点方向之一^[7]。如小肝癌微波消融治疗过程中常规超声准确寻找病灶位置存在一定难度时,应用结合超声实时显像与 CT/MRI 静态横断图的实时影像融合介入导航系统,可精准评估病灶位置、数量及大小,且用于术后随访的准确度、灵敏度及特异性也均较高^[8]。

在血管介入领域,多模态影像融合引导技术也有报道^[9]。如应用 MRI 融合导航技术进行经颈静脉肝内门体分流术(transjugular intrahepatic portosystemic shunt, TIPS)治疗的技术成功率为 100%,术中肝静脉和门静脉穿刺次数为 2.5 ± 1.7 ,减少了患者创伤,节约了手术时间,技术优势明显^[10]。

3.4 导航设备和介入手术机器人

近年来,计算机辅助导航系统在部分医疗单位逐渐开展应用,与常规 CT 引导介入手术不同的是,导航设备可提供术中实时引导^[11],其空间定位方法主要包括机械定位、电磁定位及光学定位^[12],目前多应用于辅助 CT 引导的经皮穿刺活检或消融手术。但其实际价值尚有一定争议,如在一项回顾性研究中比较了电磁导航辅助肺活检与常规 CT 引导经皮肺活检,两组技术成功率相仿,在手术时间或术中 CT 扫描次数上也没有显著差异^[13]。但也有研究认为电磁导航设备可优化手术流程,减少患者辐射暴露^[14]。

作为进一步整合应用,手术机器人结合了计算机技术、精密机械及医学知识,导航系统得到的实时位置信息也被输入到手术机器人系统中,用于辅助或执行复杂的手术操作。手术机器人与传统手术方法相比,具有精度高、稳定性好及可复现性强等

特点。手术机器人在介入放射学领域应用,主要集中于经皮穿刺和血管腔内介入治疗两个方向。总体上,经皮穿刺机器人手术有助于更精准穿刺、减少医师和患者辐射暴露,并通过减少重复穿刺次数提高工作效率。血管介入机器人应用历史更为久远,但主要集中于经皮冠状动脉介入治疗和脑血管介入治疗,在外周血管介入中应用还非常有限^[15],导管、导丝等相应器械还不完善,而且由于缺乏触觉力学,目前机器人在复杂困难病变、钙化病变及慢性闭塞病变介入治疗中也受到限制,这些均显示血管介入机器人辅助治疗仍有较大进步空间^[16]。

3.5 AI 和机器学习

AI 和机器学习正在医学影像分析中起到越来越重要的作用,它们可自动化分析图像、识别病变,甚至预测疾病进展^[17-19]。此外,AI 还能自动化生成影像报告,大大提高了放射科医师工作效率^[20]。AI 在介入治疗领域已显示出广泛的应用潜力,以介入放射学常见的经导管动脉化疗栓塞术(transcatheter arterial chemoembolization, TACE)为例,AI 在肝癌 TACE 治疗中起到这些作用:①患者筛选和预后评估。AI 模型可通过分析患者临床数据、基线影像及其他相关信息,预测哪些患者更可能从 TACE 治疗中受益,以及预测患者潜在并发症风险,从而为后续治疗策略提供指导^[21-23]。这个领域也是目前最热门的研究方向,如 Kong 等^[24]对 99 例中期-进展期肝癌患者资料进行基于 MRI 数据的影像组学模型分析,将影像组学评分与甲胎蛋白(AFP)值、Child-Pugh 评分及巴塞罗那临床肝癌(BCLC)分期等临床指标相结合,构建预测模型用于指导 TACE 术前无创化预测。Peng 等^[25]对 304 例肝癌患者 CT 图像进行影像组学分析,建立了包含影像组学特征、放射学特征及 AFP 值的预测模型,对乙型肝炎相关肝癌患者微血管侵犯状态进行预测。②制定治疗计划。AI 可帮助介入医师制定最佳治疗计划,例如选择最佳栓塞位置和确定最佳药物剂量。③影像导航和实时支持。AI 可在 TACE 治疗中辅助实时影像解读,帮助医师确定导管位置,确保药物精确输送到目标靶血管。④评估治疗效果。AI 可自动化、量化地分析治疗前后影像,为医师提供关于肿瘤治疗反应、坏死组织范围及潜在并发症等情况。⑤个体化治疗。基于 AI 分析对肝癌患者进行个体化分层^[26],可为每位患者制定更加个体化的治疗策略、优化治疗效果并减少不良反应。总之,从术前规划到术后评估,AI 可对以 TACE 为代表的介入手术提供全程强

大的工具支持, 不仅可提高治疗精确性和效果, 还可为医师提供更多决策支持信息。

3.6 3D 打印技术

3D 打印过程通常也需基于数字模型, 这些模型可通过计算机辅助设计软件或其他 3D 建模工具创建。在介入治疗领域, 3D 打印技术带来了革命性变化, 具有重要的应用价值^[27]。个体化手术模板已在临床工作中得到较多应用, 通过患者医学影像数据, 医师可设计并打印个体化手术模板和导航工具, 有助于更准确、更迅速地完成任务操作, 国内在放射性粒子植入手术中已有较多应用^[28]。对于复杂的介入手术, 3D 打印技术可制造患者特定解剖模型, 便于在术前进行实地模拟, 从而更好地了解病变位置和结构, 提高手术安全性和成功率^[29]。3D 打印技术还可制造个体化的、与患者解剖结构完全匹配的植入物, 如支架、心脏瓣膜或骨骼植入物等; 应用 3D 打印技术个体化制订可回收分节支架, 对位于隆突或主支气管的气管瘘有较好治疗效果^[30]。未来使用细胞和生物材料作为“墨水”的 3D 打印方法, 还将可创建生物活性结构。

3.7 远程医疗

远程医疗是数字医学的重要组成部分, 它使得医疗服务不再受地理限制。在介入放射学中, 远程医疗可使医师在远离患者的地方进行咨询、解读影像。同时, EHR 和移动应用可帮助医师和患者追踪疾病进展和治疗效果。在某些情况下, 甚至可进行远程手术^[31], 与增强现实(augmented reality, AR)、虚拟现实(virtual reality, VR)、AI 等技术结合, 使手术过程更加高效和智能。

3.8 教育和培训

数字医学也正在改变介入医学教育和培训方式。VR 和 AR 提供了一种全新学习体验, 使得学生可在虚拟环境中进行模拟操作, 得到直接反馈, 提高学习效果^[32]。例如, VR 可模拟介入放射学手术场景, 学生可通过连接在他们个人智能手机上的立体视频观看介入手术过程, 通过触摸虚拟合成介入工具和器械模拟并练习真实的手术技巧^[33]。通过 3D 打印的实物模型, 医学生和低年资医师可得到实际操作机会, 从而提高技能及对特定操作流程的理解。总之, 数字医学正在推动介入放射学进步, 提高其服务质量, 优化工作流程, 创新教育和培训方式。随着技术发展, 有理由相信数字医学将会在介入放射学中发挥更大作用, 为患者提供更好的医疗服务。

4 数字医学在介入放射学的未来: 发展和挑战并存

随着科技不断发展, 数字医学正逐步改变我们理解和实施介入放射学的方式。在硬件方面, 基于数字医学的多模态影像融合设备正在临床工作中逐渐普及, 如集成血管造影机和 CT 扫描仪的新型设备 Angio-CT, 深度融合了 DSA 和 CT 优势, 可实现对疾病准确诊断与定位, 提供清晰的介入治疗路径, 特别有助于解决某些特殊、复杂病例的影像导向难题^[34]。在软件方面, AI 和机器学习进一步发展将极大地提高影像识别准确性和效率, 优化工作流程。同时, 个体化医疗可能性也在日益增大。通过大数据分析, 医师能够针对每个患者独特情况, 提供个体化诊疗方案。这不仅有可能提高治疗效果, 还能避免不必要的并发症和治疗成本。

然而, 数字医学在介入放射学的发展也面临一些挑战。首先, 数据隐私和安全问题一直是互联网时代的一个重大挑战。医疗信息属于个人隐私, 其安全性必须得到保障。AI 系统尤其是深度学习系统, 高度依赖大量数据来训练和优化。然而, 在实际应用中, 许多数据是被存储在不同的组织和数据中心, 形成了所谓“数据孤岛”。不同中心拥有不同数据集, 这限制了数据共享和利用。算法不透明性即“黑箱”问题, 也是 AI 一个主要挑战, 可能会阻碍用户信任和理解, 尤其是在医疗这一关键领域。此外, AI 软件的可靠性、可获得性、有效性、技术可接受性也是重要挑战。尽管 AI 和机器学习应用在医疗领域日益增多, 但医师和患者对于这些新技术接受程度仍存在一定的不确定性。另一个挑战是教育需求, 随着科技快速发展, 医师需要不断学习新知识和技能, 以适应数字医学时代的要求。

面对这些挑战, 我们需要积极寻找解决方案。对于数据隐私和安全问题, 应当更加注重技术与伦理的平衡, 需要建立严格的数据管理和保护制度, 确保患者信息安全。还需要建立数据共享协议和标准, 促进不同组织间数据交换和合作。如利用区块链技术构建数据共享和验证平台, 保证数据可追溯性和可验证性^[35]。近年来不少研究致力于发展可解释性 AI, 建立局部可解释模型-信任近似解释、分层次解释模型等方法, 尝试解决“黑箱”问题^[36-37]。对于技术可接受性, 需要通过教育和宣传, 提高医师和患者对于新技术的理解和接受程度。对于教育需求, 医学教育机构需要与时俱进, 开设相关课程, 培训医师掌握新知识和技能。

总之, 虽然数字医学在介入放射学的发展面临

一些挑战,但相信随着科技不断发展,我们将能够克服这些挑战,发掘数字医学在介入放射学中的更大潜力。这将极大地改善医疗服务质量和效率,为患者提供更好的诊疗体验。

5 总结与展望

数字医学已成为现代医疗体系的核心组成部分,尤其是在介入放射学领域,它的应用已广泛开展并持续发展。高级成像技术如 CT、MRI 和 DSA 持续进步,图像引导手术精准性以及 AI 和机器学习在医学影像分析中的应用,均极大地提高了诊断准确性和治疗效率。同时,远程医疗及教育和培训数字化也为医疗服务可获取性和医师技能提升开辟了新途径。

我们应深入探索数字医学在介入放射学中的应用,尤其是在复杂病例诊断和治疗中,将个体化医疗真正落地实施,使每个患者均能获得最适合自己的介入诊疗方案。当前数字介入发展仍会面临一些挑战,但只要全行业积极面对,未来数字医学在介入放射学中的应用必定能实现更大突破和进展。

参考文献

- [1] Alaiev D, Krouss M, Israilov S, et al. Nudging to select single-lumen over multiple-lumen peripherally inserted central catheters (PICCs) in a large safety net system[J]. Infect Control Hosp Epidemiol, 2023, 44: 1381-1385.
- [2] Wu JT, Wong KCL, Gur Y, et al. Comparison of chest radiograph interpretations by artificial intelligence algorithm vs radiology residents[J]. JAMA Netw Open, 2020, 3: e2022779.
- [3] Lin YM, Paolucci I, O'Connor CS, et al. Ablative margins of colorectal liver metastases using deformable CT image registration and autosegmentation[J]. Radiology, 2023, 307: e221373.
- [4] 张天奇,王穆荣,江艺泉,等. 肝肿瘤消融穿刺路径规划数字化研究进展[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32:400-403.
- [5] Lachenmayer A, Tinguely P, Maurer MH, et al. Stereotactic image-guided microwave ablation of hepatocellular carcinoma using a computer-assisted navigation system[J]. Liver Int, 2019, 39: 1975-1985.
- [6] 李海,葛乃建,何成建,等. IQQA-3D 精准评估在肝门胆管癌经皮穿肝胆管引流术及经皮胆道支架植入术治疗中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2022, 31:875-878.
- [7] Kim JH, Kim HS, Yoon JH, et al. Anatomical ablation for small hepatocellular carcinomas using multiple applicators: a preliminary study[J]. Cancer Imaging, 2023, 23: 78.
- [8] 邱金霞,尹永波,鲁北,等. 实时影像融合介入导航系统在小肝癌微波消融中应用评价[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32: 663-667.
- [9] Guan S, Li T, Meng C, et al. Multi-mode information fusion navigation system for robot-assisted vascular interventional surgery[J]. BMC Surg, 2023, 23: 51.
- [10] 安涛,阮娜,罗翰林,等. MRI 融合导航经颈静脉肝内门体分流术的临床优势和经验[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32:119-122.
- [11] 钟华,滕家俊,李文涛. CT 电磁导航系统引导下经皮穿刺诊断周围型肺癌的操作规范专家共识(2021 版)[J]. 介入放射学杂志, 2022, 31:221-225.
- [12] Scharl Y, Letrari S, Laimer G, et al. Puncture accuracy of an optical tracked robotic aiming device: a phantom study[J]. Eur Radiol, 2022, 32: 6769-6776.
- [13] Zhang Y, Huang H, Cao S, et al. Clinical value of an electromagnetic navigation system for CT-guided percutaneous lung biopsy of peripheral lung lesions[J]. J Thorac Dis, 2021, 13: 4885-4893.
- [14] Zhang Z, Shao G, Zheng J, et al. Electromagnetic navigation to assist with computed tomography-guided thermal ablation of liver tumors[J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2020, 29: 275-282.
- [15] Song C, Xia S, Zhang L, et al. A novel endovascular robotic-assisted system for endovascular aortic repair: first-in-human evaluation of practicability and safety[J]. Eur Radiol, 2023, 33(11): 7408-7418.
- [16] 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, 32:619-623.
- [17] Nam JG, Kang HR, Lee SM, et al. Deep learning prediction of survival in patients with chronic obstructive pulmonary disease using chest radiographs[J]. Radiology, 2022, 305: 199-208.
- [18] Zhu H, Hu M, Ma Y, et al. Multi-center evaluation of machine learning-based radiomic model in predicting disease free survival and adjuvant chemotherapy benefit in stage II colorectal cancer patients[J]. Cancer Imaging, 2023, 23: 74.
- [19] Luo X, Wang J, Liang X, et al. Prediction of cerebral aneurysm rupture using a point cloud neural network[J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15: 380-386.
- [20] Wang Z, Han H, Wang L, et al. Automated radiographic report generation purely on transformer: a multicriteria supervised approach[J]. IEEE Trans Med Imaging, 2022, 41: 2803-2813.
- [21] Müller L, Kloeckner R, Mahringer-Kunz A, et al. Fully automated AI-based splenic segmentation for predicting survival and estimating the risk of hepatic decompensation in TACE patients with HCC[J]. Eur Radiol, 2022, 32: 6302-6313.
- [22] Abajian A, Murali N, Savic LJ, et al. Predicting treatment response to intra-arterial therapies for hepatocellular carcinoma with the use of supervised machine learning: an artificial intelligence concept[J]. J Vasc Interv Radiol, 2018, 29: 850-857.e1.
- [23] Zhang L, Jiang Y, Jin Z, et al. Real-time automatic prediction of treatment response to transcatheter arterial chemoembolization in patients with hepatocellular carcinoma using deep learning based on digital subtraction angiography videos[J]. Cancer Imaging, 2022, 22: 23.
- [24] Kong C, Zhao Z, Chen W, et al. Prediction of tumor response via a pretreatment MRI radiomics-based nomogram in HCC

- treated with TACE[J]. Eur Radiol, 2021, 31: 7500-7511.
- [25] Peng J, Zhang J, Zhang Q, et al. A radiomics nomogram for preoperative prediction of microvascular invasion risk in hepatitis B virus-related hepatocellular carcinoma[J]. Diagn Interv Radiol, 2018, 24: 121-127.
- [26] Zheng BH, Liu LZ, Zhang ZZ, et al. Radiomics score: a potential prognostic imaging feature for postoperative survival of solitary HCC patients[J]. BMC Cancer, 2018, 18: 1148.
- [27] Zhou G, Liu W, Zhang Y, et al. Application of three-dimensional printing in interventional medicine[J]. J Interv Med, 2020, 3: 1-16.
- [28] Huang W, Lu J, Chen KM, et al. Preliminary application of 3D-printed coplanar template for iodine-125 seed implantation therapy in patients with advanced pancreatic cancer[J]. World J Gastroenterol, 2018, 24: 5280-5287.
- [29] 李建东, 伍雪晴, 崔艳峰, 等. 利用 3D 打印技术体外模拟微导管塑形在颅内动脉瘤介入治疗中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2023, 32: 527-532.
- [30] Huang W, Shan Q, Wu Z, et al. Retrievable covered metallic segmented Y airway stent for gastrorespiratory fistula of carina or main bronchi[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 161: 1664-1671.
- [31] 范敬凡, 张紫馨, 肖德强, 等. 5G 远程操控与混合现实引导的肝肿瘤微波消融手术导航[J]. 中国数字医学, 2022, 17: 15-19.
- [32] Uppot RN, Laguna B, McCarthy CJ, et al. Implementing virtual and augmented reality tools for radiology education and training, communication, and clinical care[J]. Radiology, 2019, 291: 570-580.
- [33] 穆琳, 裴 昀, 李 叶, 等. 虚拟现实和增强现实技术在《医学影像学》教学中的研究与应用进展[J]. 中华医学教育探索杂志, 2021, 20: 947-950.
- [34] 洪 伟, 梁 斌. Angio-CT 在介入放射学中的应用进展[J]. 中华放射学杂志, 2023, 57: 212-215.
- [35] Tagliafico AS, Campi C, Bianca B, et al. Blockchain in radiology research and clinical practice: current trends and future directions[J]. Radiol Med, 2022, 127: 391-397.
- [36] Karim MR, Islam T, Shajalal M, et al. Explainable AI for bioinformatics: methods, tools and applications[J]. Brief Bioinform, 2023, 24: bbad236.
- [37] Yanagawa M, Ito R, Nozaki T, et al. New trend in artificial intelligence-based assistive technology for thoracic imaging[J]. Radiol Med, 2023, 128: 1236-1249.
- (收稿日期: 2023-09-02)
(本文编辑: 谷 珂)

·消 息·

中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊 收录证书

介入放射学杂志

依据文献计量学的理论和方法, 通过定量与定性相结合的综合评审, 贵刊被收录为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊, 特颁发此证书。

证书编号: CSCD2023-655

有效期: 2023年-2024年

发证日期: 2023年6月

查询网址: www.sciencechina.cn



中国科学院文献情报中心

中国科学引文数据库

引文数据库