



人工智能在神经介入诊疗中的应用前景

戴冬伟, 李继波, 洪波

引用本文:

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.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20200276>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

机器人单孔腹腔镜在妇科手术中应用进展

Application progress of robotic single-port laparoscopy in gynecological surgery

中国临床医学. 2020, 27(1): 136-139 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20190556>

保留神经血管束前列腺癌根治术的发展与展望

Progress and perspective of neurovascular bundle-sparing robot-assisted prostatectomy

中国临床医学. 2018, 25(3): 321-326 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20180616>

新型Envoy DA导引导管在神经介入治疗中的应用经验

The experience of newly designed Envoy DA distal access guiding catheter in neuro-interventional therapy

中国临床医学. 2020, 27(4): 674-678 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20200695>

晚期肺癌免疫治疗现状及影像学疗效评价和预测

Research progress on immunotherapy and imaging evaluation and prediction for advanced lung cancer

中国临床医学. 2019, 26(4): 641-646 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20190089>

不同手术方式下子宫肌瘤剥除术的临床疗效对比

Comparison of clinical efficacy of uterine fibroids by different surgical procedures abdominal open surgery, conventional laparoscopy and robot-assisted laparoscopy

中国临床医学. 2017, 24(4): 598-600 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20160920>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2020.20200276

人工智能在神经介入诊疗中的应用前景

戴冬伟^{1△}, 李继波^{1,2△}, 洪波^{1*}

1. 海军军医大学长海医院脑血管病中心, 上海 200433

2. 六安市中医院神经外科, 六安 237005

[摘要] 人工智能(artificial intelligence, AI)机器人能否逐渐替代人类来诊治疾病是当下全球研究的热点。计算机的海量存储、快速计算、不知疲倦学习、永无止境升级使得 AI 可能首先在诊断上替代并超越人类。计算机图像分析、工业自动化、智能控制的应用推动了 AI 机器人治疗系统的研发, 并促使其逐步被应用到精准度和稳定性要求极高的显微手术和具有放射损害的介入治疗领域。2019年11月, 首例 AI 机器人实施的颅内动脉瘤介入手术在加拿大多伦多西区医院完成, 具有划时代意义。本文介绍了 AI 在脑血管疾病诊断, 尤其介入手术机器人在神经介入诊疗方面的应用现状, 并就 AI 应用前景进行展望。

[关键词] 人工智能; 机器人; 神经介入; 应用前景

[中图分类号] R 743 **[文献标志码]** A

Application prospect of artificial intelligence in interventional neuroradiology

DAI Dong-wei^{1△}, LI Ji-bo^{1,2△}, HONG Bo^{1*}

1. Cerebrovascular Disease Center, Changhai Hospital, Naval Medical University, Shanghai 200433, China

2. Department of Neurosurgery, Lu'an Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lu'an 237005, Anhui, China

[Abstract] Whether artificial intelligent (AI) can gradually replace human beings to diagnose and treat diseases is currently a worldwide hot topic. The mass storage, fast computation, tireless learning, and endless upgrading make AI possible to replace and surpass human beings in diagnosis first. With the development of computer image analysis, industrial automation and artificial feedback control technology, therapeutic AI robot system has become reality. This kind of therapeutic system is gradually applied to the microsurgery field which needs great precision and stability. AI robots were also applied in therapeutic interventional radiology as for the safety of human interventionists. The first case of a human intracranial aneurysm treated by an AI robot was reported by the Western Toronto Hospital of Canada in November, 2019. This paper introduces the application of AI in cerebrovascular diagnosis, especially the application of interventional surgery robot in neuro-interventional diagnosis and treatment, and discusses the application prospect of AI.

[Key Words] artificial intelligence; robot; interventional neuroradiology; perspective

人工智能(artificial intelligence, AI)具有高速计算、海量存储和永不疲倦学习的能力, 已经在疾病的诊断和预后分析方面展现了巨大的优势。*Nature* 2020年1月发表的一项研究^[1]显示, AI 在利用 X 线成像诊断乳腺癌方面优于人类医师。AI 也已在脑卒中诊断、预后评估等多个方面取得初步成效。计算机图像技术、工业自动化技术、智能控制技术的同时推动了医学微侵袭外科的飞速发展。良好的空间定位能力、高效精准的计算能

力、3D 数字化影像应用等技术优势使得 AI 和手术机器人在临床应用中成为可能。本文将对 AI 技术, 特别是介入手术机器人在神经介入诊疗方面的应用现状和未来发展方向进行回顾和展望。

1 AI 在脑血管病诊断中的应用

急性缺血性卒中(acute ischemic stroke, AIS)患者平扫 CT 的 ASPECTS (the Alberta Stroke Program Early CT Score)用于评估核心梗死区的

[收稿日期] 2020-02-15

[接受日期] 2020-03-26

[基金项目] 海军军医大学长海医院“攀峰计划”临床学科创新基金(2019YXK007). Supported by Innovation Foundation of Changhai Hospital, Naval Medical University (2019YXK007).

[作者简介] 戴冬伟, 博士, 副主任医师. E-mail: chstroke@126.com

李继波, 主治医师. E-mail: xianfeng120@163.com

△共同第一作者(Co-first authors).

*通信作者(Corresponding author). Tel: 021-31161795, E-mail: hongbosmmu@vip.126.com

大小,对于治疗选择和预后判断有重要的临床意义。但其存在观察者之间的显著差异,如何更加快速地进行标准化评分一直令人困扰,而 AI 在影像的判读方面显示了快速、准确、一致性强的优势。Herweh 等^[2]认为,计算机自动化 e-ASPECTS 评估在准确性和一致性方面显著优于具有初级经验的医师,与经验丰富的影像学专家类似。这一结果在另一项研究^[3]中也得到证实:通过自我学习的 AI 影像分析系统 RAPID 进行 ASPECTS 评估,能够比影像科医师更加快速地评判,并且在一致性方面显著占优。

以上 2 项研究只是采用相对直观且信息量较少的平扫 CT, AI 的工作仅在于分析图像的密度,而 AI 在更加复杂的脑灌注数据分析上进一步显示出优势。Mokin 等^[4]采用 RAPID 软件系统对 AIS 患者取栓前 CT 灌注成像的相对脑血流量(rCBF)和相对脑血容量(rCBV)进行分析,通过与治疗后的实际脑梗死区域对比,获得了判断核心梗死区的 2 个参数的阈值。目前, RAPID 软件系统已经大量用于 AIS 患者溶栓和介入治疗前的预后判断,而这是人类医师无法迅速准确评估的。

脑动静脉畸形是神经介入复杂程度最高的疾病,分析介入治疗的安全性有助于采取有针对性的措施,降低手术的风险。Asadi 等^[5]对比了传统的回归统计学分析和深度学习的 AI 分析系统对脑动静脉畸形栓塞治疗并发症判断的准确性,该 AI 分析系统采用了神经网络(neural network)和支持向量机(support vector machine) 2 个模型。他们发现,传统回归分析预测介入手术死亡率的准确性仅为 43%,而 AI 系统可以达到 97.5%,且这项研究中,纳入的病例数仅为单中心的 199 例。由此说明,大数据时代, AI 必将在疾病的预后分析方面发挥巨大作用,也必将改变临床的治疗观念和方法。

2 AI 机器人在神经介入中的应用

介入手术的一些特点使得 AI 机器人在这方面的运用变得更为迫切。(1)介入手术需要医师暴露在放射线下,用机器人替代人类医师完成这类手术一直是研究热点;(2)血管内介入手术主要通过导丝导引使导管到达目标,然后释放器械以治疗疾病,过程相对简便,有利于 AI 机器人的学习实施;(3)血管内介入治疗是一种较远距离的操作,力量反馈缺乏;(4)虽然已经有三维血管成像的路径图导航功能,但目前的介入手术通常在二维图像引导下进行,而 AI 机器人可以融合造影的三维图像,也

可以将其他检查如 CT 或 MRI 影像结合其中,以达到更高的精度。

目前的研究还处于人类医师遥控操作机器人完成诊疗手术的阶段,研究和临床运用首先在冠状动脉(冠脉)^[6-7]和外周血管领域^[8]开展。特别是在冠脉介入治疗方面,已经有研究^[9]显示,机器人经皮冠脉介入治疗在 6 个月和 12 个月的疗效与人类医师手术没有显著的差距。

早在 2011 年,研究人员^[10]合作报道了采用辅助机器人进行血管造影的体外模型和动物实验。该研究采用主从方案,位于导管室外的主要部分由医师操作,通过有线或无线的方式控制位于导管室内的辅助机器人操作手术,体外模型建立和动物血管造影均获成功。之后,他们于 2015 年报道了机器人进行 15 例成功的脑血管造影的临床实践,证实有很好的准确性。这是我国一项“863”计划资助项目的研究^[11]。

Haraguchi 等^[12]尝试用机械臂的稳定输送来堵塞弹簧圈,开发了以摩擦轮为作用方式的弹簧圈输送系统,在体外进行了实验,并用光学原理探测近端导丝的移动来测定输送弹簧圈时的张力,验证该系统堵塞弹簧圈的稳定性。这只是一项初步的研究,因为微导管和导丝的操作仍是通过人手完成。

神经介入的一项重要操作是主动脉弓上血管的超选,医师会根据患者的主动脉弓类型和手术方案采用多种方法,不稳定的操作可能引起粥样硬化斑块或血栓脱落而形成脑栓塞。Perera 等^[13]比较了麦哲伦机器人系统和医师手工操作的安全性,用经颅多普勒超声探测到的高强度瞬态信号(high intensity transient signals, HITS)作为指标,研究结果显示机器人系统操作后 HITS 数量远低于医师的操作,显示了机器人在精准和稳定性方面的优势。

除了人类控制的辅助机器人,真正能自我控制和学习的 AI 机器人也在不断的研究发展中。英国帝国大学的一项研究^[14]采用非刚性配准模型,通过导管近端操作和导管头端位置的反馈学习而研发的 AI 血管机器人,在颈动脉超选方面虽然不如人工快速,但更加精准平稳,减少了无效的来回操作,接触血管壁的平均力量降低了 33.3%,平均标准差降低了 70.6%,降低了损伤血管的可能性。

2019 年 11 月,世界首例由介入机器人实施的人体颅内动脉瘤介入手术在加拿大多伦多西区医院完成,标志着 AI 机器人在神经介入诊疗中的应用进入一个新的阶段。完成该手术的 CorPath GRX 机器人系统也是一个主从方案的遥控辅助治疗平台,由西门

子健康服务公司下属的 Corindus 公司研制。

3 AI 在脑血管病诊断及介入治疗应用的展望

AI 学习已经在疾病的诊断方面显现了优势,目前开发的 AI 学习方式有多种,已经能够将多种影像学资料同患者的性别、年龄、基本健康状况和合并症等信息结合起来分析。随着大数据的广泛应用,研究分析的疾病类型和诊断的精准度将进一步提高,相当于甚至超越专家医师的诊断水平已经得到研究的证实,这还只是 AI 机器人在诊断方面的初步成绩,其前景更加令人期待。在神经外科领域,AI 已经被运用于多种疾病的诊断、治疗计划制订和预后分析^[15]。

而在 AI 机器人开展神经介入治疗领域,仍然有很多方面需要重大改进才能真正获得大量的临床运用。目前机器人控制介入器械的方式主要有摩擦轮、夹持器、电机械和磁力等^[16],都还存在一定的缺陷,如何实现更加精准和复杂操作仍需大量的研究和创新。

AI 机器人的一项优势就是能融合更多的信息和反馈,能够比人类更加准确感知远距离目标点的位置和力量反馈,而这方面的研究还在不断深入。有研究^[17]探索机器人传递反馈信息给血管内介入医师的可行性,机器人作为中间反馈者,随时提醒医师在操作中是否出现了过度的用力,而这一主从方案的辅助机器人系统也可以通过级联控制器自动避免并发症的发生。

手术机器人首次带来了医师和患者在物理空间上分离的可能性,这种可能性伴随着 5G 基础设施的大规模应用所带来的低延时通信,使得远程手术成为可能。我国在此领域也有诸多院校和公司正在进行技术攻关,国家科技部更是于 2017 年和 2019 年 2 次设立“智能机器人”重点专项,支持血管介入手术机器人的研发,相信未来会有更多成果面世。

参考文献

- [1] MCKINNEY S M, SIENIEK M, GODBOLE V, et al. International evaluation of an AI system for breast cancer screening[J]. *Nature*, 2020,577(7788):89-94.
- [2] HERWEH C, RINGLEB P A, RAUCH G, et al. Performance of e-ASPECTS software in comparison to that of stroke physicians on assessing CT scans of acute ischemic stroke patients[J]. *Int J Stroke*, 2016,11(4):438-445.
- [3] MAEGERLEIN C, FISCHER J, MÖNCH S, et al. Automated calculation of the Alberta stroke program early CT score: feasibility and reliability[J]. *Radiology*, 2019,291(1):141-148.
- [4] MOKIN M, LEVY E I, SAVER J L, et al. Predictive value of RAPID assessed perfusion thresholds on final infarct

volume in SWIFT PRIME (solitaire with the intention for thrombectomy as primary endovascular treatment) [J]. *Stroke*, 2017,48(4):932-938.

- [5] ASADI H, KOK H K, LOOBY S, et al. Outcomes and complications following endovascular treatment of brain arteriovenous malformations: a prognostication attempt using artificial intelligence[J]. *World Neurosurg*, 2016, 96: 562-569.e1.
- [6] MAHMUD E, NAGHI J, ANG L, et al. Demonstration of the safety and feasibility of robotically assisted percutaneous coronary intervention in complex coronary lesions: results of the CORA-PCI study (complex robotically assisted percutaneous coronary intervention) [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2017,10(13):1320-1327.
- [7] WEISZ G, METZGER D C, CAPUTO R P, et al. Safety and feasibility of robotic percutaneous coronary intervention: PRECISE (percutaneous robotically-enhanced coronary intervention) study[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013,61(15): 1596-1600.
- [8] AZIZ A, HAM S. Coil embolization of a renal aneurysm using a minimally invasive endovascular robotic system[J]. *Vasc Endovascular Surg*, 2018,52(3):207-211.
- [9] WALTERS D, REEVES R R, PATEL M, et al. Complex robotic compared to manual coronary interventions: 6-and 12-month outcomes[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2019,93(4):613-617.
- [10] LU W S, XU W Y, ZHANG J, et al. Application study of medical robots in vascular intervention[J]. *Int J Med Robot*, 2011,7(3):361-366.
- [11] LU W S, XU W Y, PAN F, et al. Clinical application of a vascular interventional robot in cerebral angiography[J]. *Int J Med Robot*, 2016,12(1):132-136.
- [12] HARAGUCHI K, MIYACHI S, MATSUBARA N, et al. A mechanical coil insertion system for endovascular coil embolization of intracranial aneurysms [J]. *Interv Neuroradiol*, 2013,19(2):159-166.
- [13] PERERA A H, RIGA C V, MONZON L, et al. Robotic arch catheter placement reduces cerebral embolization during thoracic endovascular aortic repair (TEVAR)[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2017,53(3):362-369.
- [14] CHI W, LIU J, RAFII-TARI H, et al. Learning-based endovascular navigation through the use of non-rigid registration for collaborative robotic catheterization[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2018,13(6):855-864.
- [15] SENDERS J T, ARNAOUT O, KARHADE A V, et al. Natural and artificial intelligence in neurosurgery: a systematic review[J]. *Neurosurgery*, 2018,83(2):181-192.
- [16] WANG K, CHEN B, LU Q, et al. Design and performance evaluation of real-time endovascular interventional surgical robotic system with high accuracy[J]. *Int J Med Robot*, 2018, 14(5):e1915.
- [17] SANKARAN N K, CHEMBRAMMEL P, SIDDIQUI A, et al. Design and development of surgeon augmented endovascular robotic system[J]. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2018,65(11): 2483-2493.