

人工智能在外科手术的应用展望

韦斌^{1*}, 黄俏莹², 王晓通¹

(1. 广西壮族自治区人民医院 胃肠外周血管外科, 广西 南宁 530021; 2. 广西医科大学第一附属医院 输血科, 广西 南宁 530021)

摘要: 人工智能在医学领域得到了飞速的发展。由于数据过于分散, 复杂, 并有伦理上的障碍, 其在外科领域的发展还处于探索的初级阶段。但随着机器深度学习的不断发展, 外科医生与数据专家有必要加强跨领域的多学科交叉合作, 才能推动 AI 在外科手术领域的进步, 最终实现 AI 驱动全自动机器人进行外科手术。这个过程漫长且艰辛, 需要外科医生和数据专家多方面长时间的努力付出, 并稳步推动人工智能向前发展, 才能有所成就。本文设想人工智能在外科手术研究的发展思路, 展望了未来人工智能在外科手术领域的应用。

关键词: 外科手术; 人工智能; 机器学习; 智能医学

本文引用格式: 韦斌, 黄俏莹, 王晓通. 人工智能在外科手术的应用展望 [J]. 智慧健康, 2020, 6(25): 1-3.

Application of Artificial Intelligence in Surgery

WEI Bin^{1*}, HUANG Qiao-ying², WANG Xiao-tong¹

(1. Department of Gastrointestinal and Peripheral Vascular Surgery, People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning, Guangxi 530021; 2. Department of Blood Transfusion, the First Affiliated Hospital of Guangxi Medical University, Nanning, Guangxi 530021)

ABSTRACT: Artificial intelligence has developed rapidly in the field of medicine. In surgery its development is still in the early stages of exploration due to its fragmented, complex data and ethical barriers. However, with the continuous development of machine deep learning, it is necessary for surgeons and data experts to strengthen interdisciplinary and interdisciplinary cooperation across fields, so as to promote the progress of AI in surgery, and finally realize the AI-driven automatic robot for surgery. It's a long, laborious process that requires a lot of hard work from surgeons and data experts over time, and a steady push toward artificial intelligence. This paper envisages the development idea of artificial intelligence in surgical research and predicts the application of artificial intelligence in surgical field in the future.

KEY WORDS: Surgery; Artificial intelligence; Machine learning; Intelligent medicine

0 引言

进入 21 世纪后, 人工智能 AI (artificial intelligence, AI) 有了革命性的发展^[1], 其在医疗领域的发展最迅猛的集中在智能影像学、智能病理学和智能决策三个方面^[2-6]。而在外科手术领域, 由于有效数据收集困难, 操作的有创性需要面对伦理关等原因, 机器学习还没有很大的进展。2000 年 Intuitive Surgical 公司推出的达芬奇机器人标志着外科正式进入了手术机器人时代。达芬奇手术机器人有高清视觉、直觉操作、人体工程学控制台和高自由度仿真手腕等, 成为了全世界应用最广、最先进的机器人, 其应用涵盖泌尿外科、普外科、妇产科等数十个学科。但这些机器人没有人工智能, 只是人类双手的延伸, 只能算没有大脑的精密设备而已。而机器深度学习是大势所趋, AI 在未来有可能会完全应用于外科手术。其在外科手术的应用发展可能分为几个阶段。

1 第一阶段: 数据收集

万事开头难, 最重要的还是数据的收集。样本数越多, AI 算法改进或学习的空间越大, 最后的结果也越准确^[7]。但是外科手术还是一个非常主观的领域: 同一种疾病, 在不同的国家、地区, 医生在手术类型的选择上有不同的倾向性; 同一种手术类型, 不同的医生, 手术器械的选择也是五花八门, 没有统一的标准; 同一种手术, 不同的医生, 手术步骤也是各有绝活, 没有雷同; 术中发生的意外, 不同医生的处理方式也是各不一样。所以 AI 想要在外科手术领域有所建树, 首先必须建立优秀的算法, 不断迭代改进, 前期的准备就是要收集、分析海量的数据。

1.1 术前数据

外科医生做手术, 术前要充分了解患者的病情和手术区域的解剖结构, 才能决定手术方式, 然后有目的的进入到手术区域, 以最小的创伤切除病灶。所以机器学习, 首先要掌握术前的患者资料, 特别

作者简介: 黄俏莹 (1988-), 女, 广西南宁, 壮族, 硕士研究生, 主管技师, 研究方向: 血液系统疾病、输血相关疾病和外伤。
王晓通 (1988-), 男, 广西南宁, 汉族, 博士研究生, 主治医师, 研究方向: 普通外科。

通讯作者*: 韦斌 (1979-), 男, 广西南宁, 壮族, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 普外科, 胃肠外科。

是包含病灶及周围的解剖信息的影像学资料。

1.2 术中数据

这是最关键,数据量最大的内容,包括以下两个大类:

1.2.1 “手术旁数据”

主要是在手术床旁产生的数据,和手术操作密切相关,有助于主刀医师以及未来的AI判断手术进程是否顺利,根据实时情况调整手术方式。包括了从进手术室开始麻醉到术后复苏的所有数据,包括但不限于:(1)生命体征;(2)手术中的化验结果;(3)术中输液,输血以及各种药物;(4)麻醉机的各项数据如潮气量,氧浓度等。

1.2.2 手术操作数据

机器学习主要使用腹腔镜,胸腔镜,关节镜,介入等有视频录像的微创设备,主要产生的数据有:

- (1)进入手术区域的路径包括各穿刺孔的位置等;
- (2)术中使用的器械及耗材类型数据;
- (3)手术区域的解剖,包括所有手术过程中可能进入摄像头视野范围内的组织,器官的形态,质地,颜色,大小,形状等;
- (4)手术过程中,包括主刀,一助,二助等台上医生操作的动作轨迹,力度变化;
- (5)手术过程中器械与组织、器官的接触的面积、角度、时间,组织的位移、形变以及颜色的变化,病灶切除的范围;
- (6)术中意外的处理,如止血的处理包括压迫,电烧灼,钛夹或塑料夹夹闭等;
- (7)其他术中数据,如手术区域的温度变化等。

AI技术发展至今,计算机视觉辅助手术已经有了临床应用^[8-11],甚至能对手术视频进行定量分析,完成自动分割、注释并记录数据^[12]。但外科医生在手术中不仅仅调动视觉和肌肉系统,还包括了触觉和温觉等精细感觉。所以未来AI操作机器人手臂进行各种精细手术时,也需要使用类似人类感知能力的感应器来收集手术区域的信息。这就要求收集尽量完善的术中数据,让数据专家建立合理的算法供AI深度学习,最终使其理解安全有效的手术操作的原理。

1.3 术后数据

充分评估手术的效果,也要收集术后恢复的情况数据:(1)术后用药;(2)各器官功能恢复时间;

- (3)术后各种辅助检查;
- (4)术后生命体征,术区症状体征,引流液的量和颜色等;
- (5)术后并发症等。

完整收集围手术期大数据提供AI深度学习,才能让AI真正理解外科手术的原理。但由于资料都是孤岛式的散落的,数据收集难度很大,几乎没有一家医院能用一个数据库整合这些资料,更别说由一个地区,甚至国家来进行整合。也就是说,如果要致力于研究机器学习外科手术,前期的准备是数据整合的设计。鉴于人工智能对专业知识广度和深度提出了前所未有的严要求、高标准,外科医生有必要加强跨领域的多学科交叉合作^[13]。没有高水平的数据专家把关算法,就无法把最前沿的人工智能理

论应用到外科领域。同样,没有专业医生的深度参与,人工智能就完全不可能进入医院落地应用。北京大学肿瘤医院季加孚领衔的中国胃肠肿瘤外科联盟在数据统一收集上做了积极的尝试^[14]。

2 第二阶段:通过实验研发AI的算法

有了前面整合的大数据,外科医师与数据专家密切合作,就能开发出合适机器学习的模型和算法,设计出能做手术实验的AI。AI操作机器人手臂在动物身上进行实验性手术,积累实际操作的经验数据。STAR(the Smart Tissue Autonomous Robot)成为全球首台全自动手术机器人,2016年其在无人工协助下完成了小肠末端缝合的动物实验^[15]。估计在不久的将来,AI就会在活体动物身上进行实验性手术。但动物实验是将动物的手术区域的解剖输入给AI,使其能以此进行手术。而在动物身上研发出的操作算法,还需要重新深度学习人体的解剖,才能转为在人类身上进行手术。AI学习的内容不仅仅包括了形态学,还包括器官、组织的质地和功能等生理生化知识。因为处理术中意外的时候,人类医生会根据术区器官生理生化功能的重要性,切除,结扎或者压迫不重要的部位,保留不能随便损伤的重要的部位。机器学习也必须掌握这些判断能力。

3 第三阶段:AI在手术中实际应用

研发出的AI在实验实践——分析总结——再实验实践的循环中优化算法,才能最终广泛应用在实际的外科手术。其发展可能分为以下几个阶段:

3.1 机器人手术1.0

机器人手臂可以通过AI优化,减少医生的手的抖动,增加手术操作指向的准确性。现在已经广泛应用于机器人手术中^[16];da Vinci.SP系统,通过将3个仿生手腕工具和摄像臂集于2.5cm的单孔套管内,实现单孔化手术,并可深入腔体内部达24cm,不受局限地完成手术^[17],血管外科有微创心血管介入手术机器人,通过人机对话方式在导航系统引导下利用机械手为患者进行精确的血管介入手术^[18]。在这些应用过程中,机器人不断积累操作经验数据,进一步分析,改进算法的合理性,升级到下一版本。

3.2 机器人手术2.0

机器视觉和算法进步,AI部分参与手术操作的决断。升级到这个版本,AI可以汇总术中意外处理方案,给出处理建议;依托影像实时分析,辅助主刀医生找到需要处理的部位,突破人眼受术区模糊干扰的限制;警惕主刀医生的危险性动作,显示最优操作建议,风险概率等供参考。目前已经有部分产品进行了尝试,中国台湾HTC公司的AI结合增强现实技术(augmented reality,AR),配合示踪剂,可在屏幕上标示关键的解剖结构以及建议的手术步骤,并提示可能存在的手术风险^[19],在美国,AI通过阅读美国外科协会国家手术质量改进计划的数据

来预测手术并发症,准确性远远优于其他单项指标或量化评分^[20];随着数据进一步增加,医师和人工智能的磨合能不断优化,然后进到下一版本。

3.3 机器人手术 3.0

机器人可以部分参与最简单的手术操作。如机器人使用AR等视觉技术进行浅表组织的活检,判断操作的范围和深度,医生确定无误后AI自主执行;或者在手术过程中,AI在部分操作步骤给出最优解,主刀医师确认后AI自主操作这一步骤。在这个阶段AI进一步积累实操经验,获得更多维度的大数据,不仅视觉数据,还包含了操作过程中,手术器械,耗材与组织的关系等数据,使算法越来越完整,然后升级到下一版本。

3.4 机器人手术 4.0

到了这个版本,AI可以进行完整的手术。首先是相对简单的手术,如浅表肿物切除,简单的阑尾切除等。操作医生只需要在屏幕前,一步步的确认AI的操作是否正确,并拥有随时停止AI操作的权利,转为全手动操作。随着算法和数据更加完善,AI能完成的手术就会越来越多,越来越高级。相应的,外科医生可以从繁重的耗费体力的手术中解脱出来,与AI智能一起,研究改进疾病、创伤的诊疗方案。

这些版本的迭代升级不是按部就班,而是有所交叉,最终AI进化成可以自主手术。由于在伦理上不能由机器人决定对人类进行任何有创行为,所以其操作方式可能为:在每一个步骤进行前,机器会显示操作步骤,由有资质的外科医生确认无误后,点击确认键,方可进行操作。手术进行中的任何阶段,外科医生都有权随时中止机器人手术,转为全手动操作。

4 结语

上帝赋予人类灵巧的双手和聪慧的头脑,而外科医生则是将此两者完美结合的典范^[21]。当然,技术的发展是没有边界的,外科学正从基于能力的艺术,逐渐转变为数据驱动的科学^[14],在外科领域,机器学习有很大的发挥空间,又有着很大的困难,需要机器人公司与医生通力合作,披荆斩棘,才能有所成就。

但我们要清醒认识到,即使AI再怎么优秀智能,有无数感应器,优秀的算法来进行手术操作,终究由于其“不食人间烟火”的局限性,没有伦理判断能力,不能取代人类进行所有决断。因此在遥远的未来,AI不会淘汰外科医生,而是成为外科医生的左膀右臂。随着技术的进步,外科医生淘汰旧有手术方式,更关注术前术后与患者的沟通,思考诊治决策,监督指挥机器人手术,处理术中术后合并的,并发的,突发的状况。科技是善良的,最终的发展,必然是不断改善全人类的生活。我们期待那个未来的到来,然后继续进步。科技发展无止境,生活也会是越来越美好。

参考文献

[1] Miller DD, Brown EW. Artificial intelligence in

medical practice: the question to the answer? [J]. Am J Med, 2017, 93(43): 31117-31118.

[2] Krittana Wong C. The rise of artificial intelligence and the uncertain future for physicians [J]. Eur J Intern, 2018, 48: e13-e14.

[3] Zhang W, Li R, Deng H, et al. Deep convolutional neural networks for multi-modality isointense infant brain image segmentation [J]. Neuroimage, 2015, 108(5): 214-224.

[4] Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs [J]. JAMA, 2016, 316(22): 2402-2410.

[5] Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks [J]. Nature, 2017, 542(7639): 115-118.

[6] Davidson NE, Armstrong SA, Coussens LM, et al. AACR cancer progress report 2016 [J]. Clin Cancer Res, 2016, 22(suppl19): 1-137.

[7] Cleophas TJ, Zwinderman AH. Machine learning in medicine—a complete overview [M]. Springer, 2015: 121-123.

[8] Marano A, Priora F, Lenti LM, et al. Application of fluorescence in robotic general surgery: Review of the literature and state of the art [J]. World J Surg, 2013, 37(12): 2800-2811.

[9] Zhou ZY, Wang ZT, Zheng ZL, et al. An “alternative finger” in robotic-assisted thoracic surgery: intraoperative ultrasound localization of pulmonary nodules [J]. Med Ultrason, 2017, 19(4): 374-379.

[10] Meershoek P, Kleinjan GH, van Oosterom MN, et al. Multispectral fluorescence imaging as a tool to separate healthy and disease related lymphatic anatomies during robot-assisted laparoscopic procedures [J]. J Nucl Med, 2018, 59(11): 1757-1760.

[11] Sakamoto K, Kanzaki M, Mitsuboshi S, et al. A novel and simple method for identifying the lung intersegmental plane using thermography [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2016, 23(1): 171-173.

[12] Volkov M, Hashimoto D A, Rosman G, et al. Machine learning and coresets for automated real-time video segmentation of laparoscopic and robot-assisted surgery [C]//Robotics and Automation (ICRA), 2017 IEEE International Conference on. IEEE, 2017: 754-759.

[13] Buzaev IV, Plechev VV, Nikolaeva IE, et al. Artificial intelligence: Neural network model as the multidisciplinary team member in clinical decision support to avoid medical mistakes [J]. Chronic Dis Transl Med, 2016, 2(3): 166-172.

[14] 《中国实用外科杂志》编辑部. “中国胃肠肿瘤外科联盟”成立并发布初步数据 [J]. 中国实用外科杂志, 2016, 36(10): 1077.

[15] Frank T, Krieger A, Leonard S, et al. ROS-IGTL-Bridge: an open network interface for image-guided therapy using the ROS environment [J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2017, 12(8): 1451-1460.

[16] Marescaux J, Diana M. Next step in minimally invasive surgery: Hybrid image-guided surgery [J]. J Pediatr Surg, 2015, 50(1): 30-36.

[17] 黄沙, 何哲浩, 王志田, 等. 智能时代机器人外科诊疗进展及展望 [J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 26(3): 197-202.

[18] 王成勇, 谢国能, 赵丹娜, 等. 医疗手术机器人发展概况 [J]. 工具技术, 2016, 50(7): 3-10.

[19] 曹晖, 顾佳毅. 人工智能医疗给外科医生带来的挑战、机遇与思考 [J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38(1): 28-33.

[20] Van EA, Rubinfeld I, Hall B, et al. Quantifying surgical complexity with machine learning: Looking beyond patient factors to improve surgical models [J]. Surgery, 2014, 156(5): 1097-1105.

[21] Vedula SS, Hager GD. Surgical data science: the new knowledge domain [J]. Inn Surg Sci, 2017, 2(3): 109-121.