

在世界人工智能大会上夺人眼球的医疗机器人,正迎来更广阔的发展跑道

AI赋能医疗,手术机器人“智商”可以有多高?



■齐鹏

医疗机器人是高端智能医疗装备的代表。经过近40年的发展,它们已成为越来越受医生欢迎的手术助手。我国医疗机器人的科研与产业在经历20多年发展后,也呈现出“遍地开花、争相斗艳”的态势。在全球后疫情时期,“大健康”产业进入了快速发展期,医疗装备产业发展既面临重大机遇,又面临极大挑战,医疗机器人也迎来了更广阔的发展跑道。

划时代序幕 手术台出现机器人

按照医疗机器人应用的场景不同,医疗机器人一般可分为医院自动化设备、手术机器人、康复与辅助机器人三大类。其中,手术机器人是医疗机器人领域的核心,其技术要求和门槛都是最高的。

一般认为,首次将机器人技术与手术场景相结合是在1985年。这一年,美国洛杉矶医院工业机器人PUMA 560被应用于神经外科颅内活检,实现了机器人辅助定位下的精准采样。这一探索性的大胆尝试,拉开了机器人作为智能手术工具的划时代序幕。

1992年,IBM与美国加州大学合作研发的ROBODOC骨科机器人诞生。它可协助外科医生进行髋关节置换手术,也成为首个获得FDA(美国食品药品监督管理局)批准的手术机器人。

上世纪90年代中期,欧美等发达国家迎来了手术机器人领域的产品突破期。由美国斯坦福研究所成立的Computer Motion公司开发出的自动内窥镜优化定位系统(AESOP)实现了手术机器人的商业化。这款机器人可由医生通过声音指令控制机器人手臂,操纵内窥镜摄像机来辅助腹腔镜手术,从而避免了扶镜手生理疲劳造成的镜头不稳定。

2000年,在以上前期研究基础上,美国直觉外科公司根据腹腔镜手术临床需求,对AESOP机器人系统进行重新设计,研发出一款通用型的手术机器人系统,即达芬奇机器人,并获得FDA批准。

21世纪之前,我国在手术机器人方面的研发尚处于起步阶段。从时间轴上看,我国手术机器人的发展较欧美等发达国家滞后十年左右。但是,我国手术机器人的研究在医工合作下成为后起之秀,也在很多关键技术上呈现出另辟蹊径的特色,并在近十多年间出现了多类产品的突破发展。

与此同时,国内大量的临床需求吸引了国外手术机器人公司纷纷将目光投向中国市场。国外产品在进入国内市场的同时,也会进一步与国内临床医生的手术范式习惯相融合,并在功能上进行调整。目前,已有一些国外手术机器人公司与国内高校、研究机构、医院和企业开展合作,联合建立研发中心,助推新一代手术机器人的升级发展。

而今,尽管国外手术机器人在全球市场依然占据主导地位,但未来国内科研机构和企业的发展潜力不容小觑。

微创而精准 “医生助手”日益智能

手术机器人经历了几个发展阶段,即从最初的工业机器人迁移应用,到通用型手术机器人,后又进一步演化为多种面向不同术式的专用型手术机器人。

按照手术对象,手术机器人一般可分为硬组织机器人、软组织机器人等。也可通过更为直观的分类方法,按照临床应用领域划分为骨科机器人、神经外科机器人、腔镜机器人、经自然腔道机器人、血管介入机器人等。目前,进入临床应用的机器人代表生产商主要集中在欧美,他们在中国的术量均超过100万例/年。

主从式是目前手术机器人实施手术的主要操作模式。主从式操作系统由一台主处理机记录、控制其他从处理机的状态,并分配任务给从处理机。达芬奇手术机器人就是这种主从式操作模式。它主要由三个部分组成:外科医生控制台、床旁机械臂系统、成像系统。

通过控制台,医生可对床旁机械臂系统实施“一对一”映射性操作。由于医生可以坐着完成手术,不易疲劳,时间长、高难度的复杂手术变得更加轻松。这种“手眼同轴”的便利,使得外科医生能够更加自然顺畅地进行微创手术的精细操作。

另外,达芬奇机器人还有两个优势:一是成像系统可提供清晰放大的3D视野,有效手术视野范围大,其视觉辅助功能可帮助医生更好地对病灶处开展手术;二是配有多种具有七个自由度且可转腕的手术器械,带有动作缩放功

能,让医生在狭窄腔体内的操作更加灵活、精准,并且避免了医生术中的手部颤抖。

随着机器人技术与人工智能的发展,手术机器人的智能化水平被赋予了更多期待。业界学者曾类比自动驾驶技术分级,对手术机器人的自主化水平进行了0至5级的划分。

从0级没有任何自主化,到最高5级机器人可完全取代医生,手术机器人的发展还有漫漫长途。目前,全球应用最为广泛的达芬奇手术机器人所代表的还只是0级,美国史赛克公司的MAKO交互式骨科机器人则达到了自主化1级。

目前,自主化2级手术机器人正受到越来越多科研人员的关注。美国约翰斯·霍普金斯大学和国立儿童医院联合开发了一种监督式的自主软组织手术机器人,它可在医生指出需要缝合的位置自主进行缝合,医生也可在必要时进行干预。

需要指出的是,完全自主化的5级目前属于“科幻级”的理想。由于当前手术机器人的研究都是以“医生助手”为目标,故而与之相关的伦理、法律、安全性等将是一系列大问题。

“小而美”出道 颠覆传统形象认知

立足当下展望未来,手术机器人的发展趋势是将术前、术中的影像相融合,以进一步提高手术精准度,同时结合增强可视化技术,通过“穿透视觉”的方法,让医生在形状、位置、触觉等多传感信息的反馈融合下,实现精准定位操控,更方便地完成手术。为了实现这一目标,诸如人工智能实时计算、交互力触觉以及人体复杂柔性环境识别等一系列关键技术还有待突破。

在手术机器人的本体创新上,各类不同形态的手术机器人层出不穷,逐步呈现出轻量化、小型化、专用化等特色,令人耳目一新。

国内手术机器人公司可在这方面着力突破。手术机器人的灵感源头往往来自临床,临床医生可以结合多年经验提出很多好想法。同时,轻量化、小型化设计的手术机器人尤其适合初创公司开发、生产,此类产品的开发更有利于推动医工结合,以医生为主体实现成果转化。

在专用化的发展趋势之下,“小而美”的手术机器人可能会给医生带来不同以往的使用体验。传统手术机器人往往体积庞大,术前准备、术后消毒整理等繁杂流程一定程度上限制了其高效使用。未来的手术机器人将朝着“身材”小巧不占空间、易于处理、“一次完成”的方向“进化”,或将颠覆我们对手术机器人的传统形象认知。

随着智能水平的不断提升,手术机器人在发展理念上也开始越来越多地关注人机交互问题。这种人机交互既包括物理层面,也包括信息和数据流方面的有效互通,“协作”成为手术机器人乃至整个机器人应用方向上一个时髦的关键词。当然,这也是一个技术难点。值得高兴的是,医生、病患乃至普通公众对医疗机器人的热情,也体现了人类对机器智能的信任程度正在不断提高。

科幻级智能 有待社会伦理准备

随着医学技术的发展,临床上对疾病的诊断越来越早,干预也愈发精准,这对诊疗手术器械提出了更高要求。

当前,我们谈及的手术机器人操作精度都是毫米级、亚毫米级,今后的机器人显微手术操作精度会达到微米级。在这种情况下,微型器械的制造将成为一个很大的挑战。

微纳机器人与医疗结合是一个前沿的研究方向。微纳机器人是指机器人的运动及检测精度可达到微米和纳米级别。而且,这种机器人是一个三维结构,需要从纳米尺度开展制造。

起初,微纳机器人只是一个较为科幻的概念,距离临床的真实需求还相当遥远,其设计主要用于药物递送和细胞操作。科学家们通过化学能、磁能、光能、声能、热能等各种供能方式,让这些人工制造的“机器人”在微米尺度运动起来。

在医疗上,我们期待微纳机器人能够开展更早期的显微干预,并集成传感和驱动,更好地完成微量或精准的疾病治疗。微纳机器人等具备精准操作本领的手术机器人将会对精准医疗的发展产生巨大影响。

属于高端医疗装备的医疗机器人,其发展需要汇集各方资源,开展广泛合作。例如,医疗机器人的研究中包含很多科学问题有待科学家去解决,也需要产学研的协同去完成一些前沿技术的应用。当然,相关政策和资金投入也非常关键,需有长期投资的理念和培育的眼光。

毋庸讳言,医疗机器人在走向产品落地的过程中会遇到各种复杂问题,也存在很多不确定的安全、伦理等风险。过去三十年,医疗机器人融合电子器械、影像等相关技术,不断推进AI赋能医疗。未来三十年,不断进阶的智能化将是医疗进步的重要推手。(作者为同济大学电子与信息工程学院副教授)

在今年的世界人工智能大会上,医疗机器人表现抢眼。上海研发的多臂腔镜手术机器人斩获大会最高荣誉SAIL奖,智能咽拭子采集机器人、智能外骨骼机器人、膝关节手术机器人、血管介入机器人等设备的亮相,令人们对未来更精准、高效、安全的智能化医疗产生更多期待与遐想。

作为“制造业皇冠顶端的明珠”,医疗机器人的设计制造应用需要多学科融合发展的推动。从专业角度来看,今天我们所见的医疗机器人的智能化水平,实际上还有相当大的提升空间。然而,接受完全可替代医生的机器人,我们真的准备好了吗?



介入手术机器人 产业赛道蓄势待发

心血管疾病是全球第一大死亡原因,经皮冠状动脉介入术(PCI)已成为心血管病重要的治疗方案。我国介入手术量逐年增长,目前PCI病例数已超过100万。由于心血管内科专业执业医师,尤其从事心血管介入治疗的医师数量不足且区域分布不均,临床上对于介入手术机器人的应用需求迫切。

介入手术机器人的临床价值非常明确。首先,通过主从操控,可降低医生在介入治疗中受到的辐射伤害。其次,能够大幅提升手术的标准化和同质化水平,让手术不会因医生个人因素而产生较大偏差。第三,它的出现向远程冠脉介入手术迈出了第一步。

在这一领域,目前国外大型医疗设备企业和创业公司已有多款产品蓄势待发,国内则有近十家企业准备进入该赛道。虽然国内目前尚无血管介入手术机器人产品获批,但由于硬件相对成熟、前期研究基础扎实,预计未来一两年内,介入手术机器人有望在国内取得上市许可。

不可否认,介入手术机器人依然有很多问题需要解决,最主要的是人机交互问题。目前介入手术机器人并未使手术的智能化和自动化水平显著提高。例如,得到极高认可的达芬奇手术机器人已经使手术操作在微创小切口下变得极为方便,但依然存在装机复杂等问题。

因此,近年来,介入手术机器人的技术演进,主要集中在智能化方面。比如,途灵CorPath GRX系统集成了technIQ智能辅助高级功能,通过记录医生经常使用的器械操作手法并让机器人自动运行,以提高手术的效率和可预测性。同时,CorPath GRX还能以亚毫米级的精度测量病变,从而量化地提升手术操作精度,智能规划手术路径和器械输送,由此提升治疗效率,降低手术风险和并发症。

随着医疗影像分析技术的进步,“虚拟支

架”的概念被越来越多地提及。随着数字化术前评估技术的发展,基于血管形态学和功能学的智能诊断,让医生可在术前进行可视化虚拟支架放置和手术规划,从而更精准地选择最佳手术方案。而在传统介入手术中,主要依靠的是医生的主观经验。

虽然介入手术机器人在国内上市指日可待,但如何确定一个合理的收费模式或商业化路径,仍需仔细考量。不过,可以明确的是,医疗机器人技术的进步与应用不应该成为下一个创收点,而是要为人类健康带来更大收益。

新技术、新发明推动着医学向专业化、精细化方向发展,医疗机器人也正朝着智能化的方向不断迭代。未来,医疗机器人的智能演化将从目前的自动化系统逐步发展到一定的自主性系统。这就要求整个系统不仅要有广泛的领域知识,还需要有丰富的感知、认知功能,能根据任务调整规划,更好地辅助医生完成手术。

延伸阅读

医疗机器人三大种类

医院自动化设备

主要针对医院环境中大量低效重复工作、无尘环境或试剂有毒有害等操作行为开展的自动化、无人化设备,目前这部分智能设备正朝着定制化、精准操控的方向发展。

手术机器人

作为医疗机器人的核心,手术机器人是集医学、生物力学、机械学、计算机科学、微电子学等多学科前沿技术为一体的大型医疗器械,它借助控制台、成像系统和机械臂,以微创手术的形式,协助医生实施精准控制并完成复杂的外科手术。按照临床应

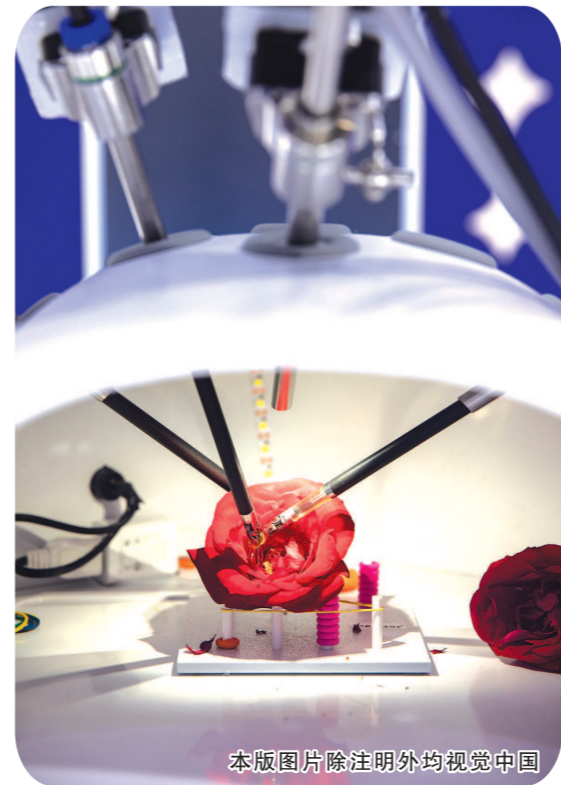
用领域,可划分为骨科机器人、神经外科机器人、腔镜机器人、血管介入机器人等。

康复及辅助机器人

康复机器人是近年发展起来的高端康复医疗技术,被认为是特殊环境下的“可穿戴设备”,具备助残行走、康复治疗、减轻劳动强度等功能。目前,康复机器人主要适用于脑卒中、脑部损伤、脊柱损伤、神经性损伤、肌肉损伤和骨科疾病等造成的上肢或下肢运动功能障碍,帮助患者对大脑运动神经进行重塑,恢复大脑对肢体运动的控制,从而提高患者日常生活能力。



智能咽拭子采集机器人。本报记者 袁婧摄



本版图片除注明外均视觉中国

手术机器人智能化水平分级

自主化0级

手术机器人没有任何自主化,医生在操作手术机器人的时候需要执行所有手术任务,机器人系统实现了对医生操作命令的响应,并可遵循指令实现即时的远程操作。目前,全球应用最为广泛的达芬奇手术机器人就是这一级手术机器人的代表。

自主化1级

在手术任务操作过程中,由医生连续控制机器人系统,同时机器人能够提供一些机器引导或者辅助,如具有虚拟夹具(或主动约束)的手术机器人,Stryker公司的MAKO交互式骨科机器人就属于这一等级。

自主化2级

手术机器人可达到任务自动化。医生依然操作手术机器人开展手术,当医生在开展术中某一环节的子任务时,可由机器人自主完成该特定任

务。与自主化1级的区别在于,在这一智能化水平级别,操作者是断续而不是持续控制系统。

自主化3级

手术机器人可实现有条件下的自主化。机器人系统可以根据手术目标生成任务策略,无需人类医务人员过多干预即可完成任务。但策略的确定仍需由医生决定是否可行。

自主化4级

手术机器人高度自主化,这类机器人在术中类似于住院医师,在主治医生的监督指导下进行外科手术。

自主化5级

机器人完全自主决策、实施手术、无需医生监督。要实现这一等级,目前相关伦理、法律、安全性等问题还有待解决。迄今为止手术机器人研发还是以辅助医生开展手术为目的,而非让机器人替代医生进行手术。