

综 述

人工智能在消化内镜检查中的应用进展

张宏娜综述 程艳丽审校

作者单位: 100016 北京 清华大学第一附属医院消化内科

通信作者: 程艳丽 ,E-mail: chengyanli001@126.com

【摘 要】 目前人工智能正在逐渐被应用于医学领域,对消化系统疾病来说,其应用于内镜检查中的研究越来越多。不论是病变类型(肿瘤、息肉、出血、炎性反应等)还是病变部位(上、中、下消化道)的研究,一些智能模型的出现为消化道疾病的诊断提供了新的思路。文章就人工智能在消化内镜检查中的应用进行综述。

【关键词】 人工智能;胃肠道;胃肠内窥镜;消化系统疾病

【DOI】 10.3969/j.issn.1671-6450.2020.10.026

Application progress of artificial intelligence in digestive endoscopy Zhang Hongna ,Cheng Yanli. The First Hospital of Tsinghua University ,Beijing 100016 ,China

Corresponding author: Cheng Yanli ,E-mail: chengyanli001@126.com

【Abstract】 At present ,artificial intelligence is gradually being applied in the medical field. For digestive system diseases ,there are more and more researches on its application in endoscopy. Regardless of the type of disease (tumor , polyp , bleeding , inflammatory reaction , etc.) or the study of the diseased location (upper , middle , and lower gastrointestinal tract) , the emergence of some intelligent models provides new ideas for the diagnosis of gastrointestinal diseases. This article reviews the application of artificial intelligence in digestive endoscopy.

【Key words】 Artificial Intelligence; Gastrointestinal tract; Endoscopy; Digestive system diseases

人工智能(artificial intelligence ,AI),广义上是指关于人造物的智能行为,智能行为包括知觉、推理、学习、交流和在复杂环境中的行为,自从该定义被首次提出之后就逐渐被应用于各个领域并不断扩大,其中就包括在医学领域的应用^[1]。机器学习是一种实现 AI 的方法,可分为手工算法和深度学习算法,其中深度学习算法是当前机器学习领域一个研究热点。深度学习网络包括:深度神经网络(deep neural network ,DNN)、卷积神经网络(convolutional neural network ,CNN)、循环神经网络(recurrent neural network ,RNN)等,其中 CNN 是研究最多的。近年来 AI 技术的发展取得了一些进步,各种影像和视觉技术在这个领域中至关重要,一些检查模型也随之出现,其中以计算机辅助决策系统(computer aided diagnosis ,CAD)应用最为广泛。以下着重对 AI 技术发展及在消化道内镜检查中的应用进行综述。

1 AI 发展概况

1.1 AI 产生与发展 AI 是研究如何通过机器模拟和扩展人类认知能力的新兴科学技术,属于计算机科学中的一个分支。1956 年,在美国达特茅斯学院召开的

讨论会中,约翰·麦卡锡首次提出“人工智能”的概念,并将其视为一门新兴学科。经过数年艰难的发展,至 20 世纪 90 年代人工智能算法被逐步应用于解决实际问题,涉及了包括机器人学、语音识别、自然语言识别与处理、图像识别与处理、机器学习等在内的众多学科和技术^[2]。人工神经网络是人工智能的基石,通过模仿人体大脑神经元之间信息传递和处理方法而产生。神经网络在经历了单层神经网络、双层神经网络及多层神经网络的发展,终于通过深度学习技术在语音识别、图片识别等领域有所突破^[3]。

1.2 深度学习法 伴随着深度学习算法的出现,机器学习完全摆脱了人工提取数据低效和不精确的局限性,给 AI 的研究和发展带来了革命性的进步。深度学习是一种数据提取方法,特别适合大数据的信息提取。深度学习技术基于传统神经网络,是一系列计算方法,通过深层非线性网络结构无限接近复杂函数,从而实现机器的自主编程,而无需明确指定规则。自 2006 年来深度学习已成为图像处理和计算机视觉领域的主导工具,其通过直接从大数据中抓取处理对象特征使得其对图像识别的准确度大大提高,常用于图像识别的

模型包括 CNN 模型及深度信念网络模型,其中 CNN 算法分类效果好、适应性强、可以有效识别图像并进行图像分割而被更多地应用于医学图像的识别^[4]。目前,基于深度学习的图像识别技术已发展的较为成熟,在影像学领域,特别是 CT、磁共振、超声、PET 等辅助读片系统已得到较为广泛的认可,且为药物开发也提供了新的研究方向,另外当今机器人技术也是一项具有重大前景的新技术。

2 AI 在消化内镜检查中的应用

2.1 AI 在食管疾病中的应用 在食管疾病中,Barrett 食管是食管癌的高危因素,但在内镜检查中常被误诊,有研究利用 CAD 对 Barrett 食管在白光内镜下颜色、纹理特征的训练学习,结果显示准确率、敏感度和特异度为 92%、95%、85%^[5]。复旦大学附属中山医院的研究应用深度学习的辅助技术对食管早癌诊断的敏感度及特异度均较高^[6]。有研究表明^[7],精准定位活检诊断高级别上皮内瘤变和食管腺癌的敏感度和特异度为 90%、80%,阴性预测值为 98%。另有大样本的研究显示^[8],基于 CNN 构建了 AI 模型,对食管癌检测的敏感度和阳性预测值为 98%、40%。AI 电子染色模式也有研究,有学者收集了 70 例患者的临床资料,结果显示 AI 电子染色内镜模式检测结果与病理结果一致性满意,电子染色内镜模式诊断食管癌的准确度为 94.29%,阴性预测值为 93.10%,优于白光内镜,有助于鉴别食管黏膜的微小病变^[9]。

2.2 AI 在胃部疾病中的应用 在胃部疾病中,胃癌一直严重威胁着人类健康,早期内镜诊断并治疗是降低胃癌病死率、提高患者生存率的主要方法,AI 技术辅助胃癌癌前病变及早癌诊断的研究众多,其中一项研究采用 CNN 模型^[10],从数据库选取了 5 159 张胃镜图像,其中包括早期胃癌 1 000 张、良性病变及正常图像 4 159 张,选取 4 449 张图像用于深度学习模型的训练,剩余的 710 张图像用于模型的验证,同时再交给 4 名内镜医师进行诊断,最后统计结果证实深度学习模型可在胃镜检查中辅助内镜医师进行实时诊断,对早期胃癌诊断的准确率、敏感度和特异度为 89.4%、88.8%、89.7%,每张图像的诊断为 (0.30 ± 0.02) s,均优于相比较的 4 名内镜医师。另有研究证实^[11],AI 技术可进一步确定早期胃癌的浸润深度,来源于黏膜层或黏膜下层,AI 技术对黏膜下早期胃癌的敏感度和特异度分别为 76%、96%,明显高于内镜下直视的检查,可见利用 AI 技术对目标进行识别,可弥补人类视觉捕捉不全的缺点,可在胃镜检查中辅助内镜医师进行实时诊断,有望改善医师的检测能力。在

识别图像方面,有研究利用 CNN 模型对 66 例已确诊的胃癌图像识别,确诊率达 94.1%,检测中位时间为 1 s,提示深度学习技术可提供准确和快速的自动检测结果^[12]。有研究采用深度学习技术检测早期胃癌,将 13 584 张传统内镜图像用于训练 CNN,并从连续 77 处胃癌病变中收集 2 296 张图像,结果显示该模型准确诊断 71 处胃癌病变仅需 77 s,总体敏感度为 92.2%,该研究构建的 CNN 可用于短时间内处理大量内镜图像来诊断胃癌,且具有实时临床诊断能力,但阳性预测值较低,只有 30.6%,推测提高阳性预测值可能是后续研究重点^[13]。另外幽门螺杆菌(Hp)感染与消化性溃疡、慢性胃炎、胃癌等密切相关,且我国 Hp 感染率较高,但内镜医生对 Hp 的识别存在较大的主观差异,有研究利用 CNN 模型,对内镜下胃 Hp 感染诊断敏感度和特异度均达到 86.7%,优于内镜医生的直接判断^[14]。胃镜检查中病灶的定位研究也较多,一项大样本研究^[15]应用机器学习方法将胃镜图像分为喉部、食管、胃、十二指肠 4 个部位进行模型训练,结果显示辨别解剖部位的准确度为 97%,该研究表明机器学习方法可能会自动识别消化道解剖部位,在胃镜实际操作过程中提醒内镜医师可能存在的检查盲区,以提高胃镜检查质量,具有较高的应用价值。

2.3 AI 在大肠疾病中的应用 结直肠癌是美国癌症相关死亡的第二大原因,研究表明,大约 95% 胃肠道肿瘤由腺瘤发展而来,所以早发现至关重要,结肠腺瘤的检出可使患者发生结肠癌的风险大大降低,腺瘤检出率在美国已经成为衡量内窥镜医师能力的重要标准^[16]。腺瘤检出率增加 1%,结直肠癌发病率降低 3%^[17],影响这一比率的因素有两个:盲点和人为错误。盲点可利用广角镜可进一步解决,但人为误差不易克服,作为一种解决人为错误的方法,AI 一直很受关注^[18]。近几年更多的研究将模型用于提取更具鉴别性的信息特性,息肉的鉴别是最受关注的。AI 研究结果显示,深度学习所提取的息肉特征明显优于其他手工提取方式,更适合于临床实践中结直肠息肉的智能检出^[19]。CAD-CNN 结肠镜检查模型可以帮助内窥镜医师用于息肉的检测和光学诊断。最近一项涉及 8 641 张结肠镜图像的大型研究显示,该系统识别息肉的准确率 96.4%^[20],另有研究使用 CAD 系统,发现息肉的敏感度为 88%,从发现息肉到诊断息肉仅 0.3 s^[21]。在窄带成像放大内镜检查中,有研究表明 CAD 系统能够正确分类息肉的敏感度和特异性分别为 95%、93.3%^[22]。还有研究识别肿瘤和增生性息肉的敏感度和特异度为 96.3%、78.1%,阳性预测值和

阴性预测值为 89.6%、91.5% ,且用时比医师短 ,并且可鉴别肿瘤或小于 5 mm 增生大肠息肉^[23]。

在肠镜检查中 ,除息肉的研究外 ,还有其他病变的研究。当前炎症性肠病的发病率日益增高 ,AI 的应用也成为该领域的研究热点。一项研究^[24]建立肠道炎症反应识别 CAD 系统 ,发现该系统对正常和炎症反应黏膜的辨识度很高 ,增加溃疡性结肠炎肠道炎症反应评估的客观性 ,可减少因内镜医生水平不同所造成的观察者间差异。有报道利用 AI 技术对早期肠道黏膜炎症反应识别的敏感度和特异度为 74%、97% ,准确率 91% ,有效加强早期黏膜管理^[25]。一项对 60 万余幅的结肠镜图像分析数据的研究显示^[26] ,在临床结肠镜操作中 ,该模型对结肠息肉的敏感度为 98.30% ,特异度为 88.10% ,诊断结肠息肉的总体准确率为 92.92% ,对溃疡性结肠炎的敏感度为 78.32% ,特异度为 67.06% ,单张图像的诊断为(0.50±0.03)s。多项研究表明 ,当前的 AI 技术几乎可辅助完成结肠镜检查过程中从肠腔探查、病灶定性的全部工作。

2.4 AI 在小肠疾病中的应用 胶囊内镜在小肠疾病的研究和诊断中起着革命性的作用。但每个患者可以收集约 6 万张图像 ,可能需要集中精力 30~120 min 来分析^[27] ,耗时较长 ,且受不同级别医生诊断水平和主观性影响。小肠病变类型多样 ,糜烂和溃疡是常见类型。有研究应用 CNN 方法 ,研发了一个胶囊内镜 AI 诊断系统用于糜烂和溃疡的诊断 ,采用 5 360 张黏膜损伤和溃疡图片作为训练集 ,并用独立的 10 440 张小肠图片作为独立验证集 ,结果显示诊断敏感度为 88.2% ,特异度为 90.9% ,准确率为 90.8% ,且仅用时 233 s。在一项小肠克罗恩病的研究中^[28] ,诊断溃疡的准确性由 95.4%~96.7% 不等。在出血方面的检测 ,颜色特征可作为识别的主要指标 ,有研究发现胶囊内镜发现消化道出血的敏感度和特异度高达 99%^[29]。另有报道应用 AI 技术对乳糜泻诊断敏感度和特异度均达 100%^[30] ,可见 AI 技术正在逐渐被应用于少见病的诊断中。

2.5 AI 在其他消化系统疾病中的应用 近年来的新技术 ,如超声内镜、胰胆管镜的出现为消化系统疾病的诊断及治疗提供了新方向 ,一项研究发现^[31] ,以深度神经网络为基础的超声内镜弹性成像系统对 11 例假肿瘤性胰腺炎和 32 例胰腺癌的鉴别诊断价值较高 ,其训练准确率达 97% ,测试准确率达 90%。AI 在内镜逆行胰胆管造影及胰胆管镜中的文献报道较少 ,卷积神经网络在这些领域运用尚属空白 ,未来的探索性研究值得期待。

3 小结与展望

我国消化内镜技术发展迅猛 ,消化内镜发展至今取得了显著成就。目前人工智能在医学内窥镜诊断中已取得较好效果 ,但仍面临一些问题 ,我国人口基础大、需求量大 ,所以一些辅助技术和设备正在研发中 ,其中 AI 技术将给消化内镜带来一种全新的诊疗体系 ,但消化内镜 AI 技术不同于其他医学影像技术 ,因其多为非标准化动态图像 ,数据量大 ,影响因素多 ,所以研发难度较大 ,我国有大量的医疗数据 ,但人工智能辅助诊断系统的训练与模型建立需要大量、高质量结果可靠的数据集 ,因此目前可供研究使用的数据集相对缺乏。其次 ,不同医院采集数据的医疗器械之间的差异使得采集的图像质量有所差异 ,造成机器学习的不兼容 ,所以目前适用于临床的产品仍需进一步研究。但在不久的将来 ,随着科技的进步 ,AI 技术有望实现消化道疾病的早诊断早治疗 ,有望提升不同级别病变诊断的准确度 ,尤其是对低度病变和高度病变的区分。在实现方式上可以着重增加异常病变数据的训练且要对异常病变的数据进行质量控制。总之 ,在 AI 技术的帮助下 ,消化道内镜检查或许会变得非常简单 ,医师仅需按要求采集相应图像或录制检查影像 ,AI 系统即能迅速作出相应诊断。因此 ,积极优化 AI 的应用 ,将现代科学技术的研究成果与医学检查和诊断有效结合 ,造福患者 ,是医生和患者的共同期望 ,期待早日与 AI 技术携手步入“AI+医疗”时代。

参考文献

- [1] 于红刚. 消化内镜人工智能的现状 & 展望[J]. 中华消化内镜杂志 , 2019 , 36(4) : 229-232. DOI: 10. 3760/ cma. j. issn. 1007-5232. 2019. 04. 001.
- [2] 薛鹏 , 乔友林 , 江宇. 人工智能在医学内窥镜诊断中的应用[J]. 中华肿瘤杂志 , 2018 , 40(12) : 890-893. DOI: 10. 3760/ cma. j. issn. 0253-3766. 2018. 12. 003.
- [3] 郑红颖 , 杨艳 , 倪佳琪 , 等. 人工智能临床应用研究进展[J]. 护理研究 , 2019 , 33(3) : 454-458. DOI: 10. 12102/j. issn. 1009-6493. 2019. 03. 020.
- [4] Hong JS , Park BY , Park H. Convolutional neural network classifier for distinguishing Barrett's esophagus and neoplasia endomicroscopy images [J]. Conference Proceedings : Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference , 2017 , 2017 : 2892-2895. DOI: 10. 1109/EMBC. 2017. 8037461.
- [5] de Groof J , van der Sommen F , van der Putten J , et al. The Argos project: The development of a computer-aided detection system to improve detection of Barrett's neoplasia on white light endoscopy[J]. United European Gastroenterol J , 2019 , 7(4) : 538-547. DOI: 10. 1177/2050640619837443.

- [6] 蔡世伦,阿依木克地斯·亚力孔,李染,等. 基于深度学习的人工智能辅助诊断在食管早癌中的应用[J]. 中华消化内镜杂志, 2019 ,36(4): 246-250. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1007-5232. 2019. 04. 005.
- [7] Appannagari A ,Soudagar AS ,Pietrzak C ,et al. Are gastroenterologists willing to implement imaging-guided surveillance for Barrett's esophagus Results from a national survey [J]. Endoscopy International Open ,2015 ,3(3): 181-185. DOI: 10. 1055/s-0034-1391413.
- [8] Yusuke H ,Toshiyuki Y ,Kazuharu A ,et al. Diagnostic outcomes of esophageal cancer by artificial intelligence using convolutional neural networks. [J]. Gastrointestinal Endoscopy ,2019 ,89(1): 25-32. DOI: 10. 1016/j. gie. 2018. 07. 037.
- [9] 麦文杰,吉凯,苏林杰,等. 人工智能电子染色及白光模式诊断食管病变的临床对照研究[J]. 现代消化及介入诊疗, 2019 ,24(10): 1180-1183. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672-2159. 2019. 10. 026.
- [10] 王智杰,高杰,孟茜茜,等. 基于深度学习的人工智能技术在早期胃癌诊断中的应用[J]. 中华消化内镜杂志, 2018 ,35(8): 551-556. DOI: 10. 3760/ cma. j. issn. 1007-5232. 2018. 08. 004.
- [11] Mori Y ,Berzin TM ,Kudo S. Artificial intelligence for early gastric cancer: early promise and the path ahead [J]. Gastrointestinal Endoscopy ,2019 ,89(4): 816-817. DOI: 10. 1016/j. gie. 2018. 12. 019.
- [12] Ishioka M ,Hirasawa T ,Tada T. Detecting gastric cancer from video images using convolutional neural networks [J]. Digestive Endoscopy: Official Journal Of The Japan Gastroenterological Endoscopy Society ,2019 ,31(2): 34-35. DOI: 10. 1111/den. 13306.
- [13] Hirasawa T ,Aoyama K ,Tanimoto T ,et al. Application of artificial intelligence using a convolutional neural network for detecting gastric cancer in endoscopic images(Article) [J]. Gastric Cancer ,2018 ,21(4): 653-660. DOI: 10. 1007/s10120-018-0793-2.
- [14] Itoh T ,Kawahira H ,Nakashima H ,et al. Deep learning analyzes Helicobacter pylori infection by upper gastrointestinal endoscopy images [J]. Endosc Int Open ,2018 ,6(2): 139-144. DOI: 10. 1055/s-0043-120830.
- [15] Takiyama H ,Ozawa T ,Ishihara S ,et al. Automatic anatomical classification of esophagogastroduodenoscopy images using deep convolutional neural networks [J]. Scientific Reports ,2018 ,8(1): 7497. DOI: 10. 1038/s41598-018-25842-6.
- [16] Chao W ,Manickavasagan H ,Krishna SG. Application of artificial intelligence in the detection and differentiation of colon polyps: A technical review for physicians [J]. Diagnostics ,2019 ,9(3): 99. DOI: 10. 3390/diagnostics9030099.
- [17] Corley DA ,Jensen CD ,Marks AR ,et al. Adenoma detection rate and risk of colorectal cancer and death(Article) [J]. New England Journal of Medicine ,2014 ,370(14): 1298-1306. DOI: 10. 1056/NEJMoa1309086.
- [18] Misawa M ,Kudo S ,Mori Y ,et al. Artificial intelligence-assisted polyp detection for colonoscopy: initial experience [J]. Gastroenterology ,2018 ,154(8): 2027-2029. DOI: 10. 1053/j. gastro. 2018. 04. 003.
- [19] Park SY ,Sargent D. Colonoscopic polyp detection using convolutional neural networks [J]. Medical Imaging: Computer-aided. 2016 ,9785: 978525. DOI: 10. 1117/12. 2217148.
- [20] Gregor U ,Priyam T ,Talak A ,et al. Deep learning localizes and identifies polyps in real time with 96% accuracy in screening colonoscopy [J]. Gastroenterology ,2018 ,155(4): 1069-1078. DOI: 10. 1053/j. gastro. 2018. 06. 037.
- [21] Tajbakhsh N ,Gurudu SR ,Liang J. Automated polyp detection in colonoscopy videos using shape and context information [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging ,2016 ,35(2): 630-644. DOI: 10. 1109/TMI. 2015. 2487997.
- [22] Kominami Y ,Yoshida S ,Tanaka S ,et al. Computer-aided diagnosis of colorectal polyp histology by using a real-time image recognition system and narrow-band imaging magnifying colonoscopy [J]. Gastrointestinal Endoscopy ,2016 ,83(3): 643-649. DOI: 10. 1016/j. gie. 2015. 08. 004.
- [23] Chen PJ ,Lin MC ,Lai MJ ,et al. Accurate classification of diminutive colorectal polyps using computer-aided analysis [J]. Gastroenterology ,2018 ,154(3): 568-575. DOI: 10. 1053/j. gastro. 2017. 10. 010.
- [24] 金希,顾学微,陈栋. 人工智能在消化领域中的应用现状与展望[J]. 浙江医学, 2019 ,41(12): 1237-1240. DOI: 10. 12056/j. issn. 1006-2785. 2019. 41. 12. 2019-1602.
- [25] Maeda Y ,Kudo S ,Mori Y ,et al. Fully automated diagnostic system with artificial intelligence using endocytoscopy to identify the presence of histologic inflammation associated with ulcerative colitis [J]. Gastrointestinal Endoscopy ,2019 ,89(2): 408-415. DOI: 10. 1016/j. gie. 2018. 09. 024.
- [26] 陈肖,蔡建庭,陈佳敏,等. 结肠镜人工智能辅助诊断模型的构建[J]. 中华消化内镜杂志, 2019 ,36(4): 251-254. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1007-5232. 2019. 04. 006.
- [27] Wang A ,Banerjee S ,Barth BA ,et al. Wireless capsule endoscopy [J]. Gastrointestinal Endoscopy ,2013 ,78(6): 805-815. DOI: 10. 1016/j. gie. 2013. 06. 026.
- [28] Klang E ,Barash Y ,Margalit RY ,et al. Deep learning algorithms for automated detection of Crohn's disease ulcers by video capsule endoscopy [J]. Gastrointestinal Endoscopy ,2019 ,91(3): 606-613. DOI: 10. 1016/j. gie. 2019. 11. 012.
- [29] Hassan AR ,Haque MA. Computer-aided gastrointestinal hemorrhage detection in wireless capsule endoscopy videos [J]. Computer Methods and Programs in Biomedicine ,2015 ,122(3): 341-353. DOI: 10. 1016/j. cmpb. 2015. 09. 005.
- [30] Zhou T ,Han G ,Li BN ,et al. Quantitative analysis of patients with celiac disease by video capsule endoscopy: A deep learning method [J]. Computers in Biology and Medicine ,2017 ,85(1): 1-6. DOI: 10. 1016/j. compbiomed. 2017. 03. 031.
- [31] Arcidiacono P ,Iglesias Garcia J ,Larsen M ,et al. Efficacy of an artificial neural network-based approach to endoscopic ultrasound elastography in diagnosis of focal pancreatic masses [J]. Clinical Gastroenterology and Hepatology ,2012 ,10(1): 84-90. DOI: 10. 1016/j. cgh. 2011. 09. 014.

(收稿日期: 2020 - 04 - 25)