

人工智能时代的正颌外科发展

史雨林¹ 史江林² 白石柱³ 商洪涛¹ 田磊¹ 丁明超¹ 刘彦普¹

¹军事口腔医学国家重点实验室,国家口腔疾病临床医学研究中心,陕西省口腔疾病临床医学研究中心,空军军医大学口腔医院颌面外科,西安 710032;²西安交通大学电子与信息学院控制工程系 710049;³军事口腔医学国家重点实验室,国家口腔疾病临床医学研究中心,陕西省口腔疾病临床医学研究中心,空军军医大学口腔医院修复科,西安 710032

通信作者:刘彦普,电子邮箱:liuyanpu@fmmu.edu.cn



扫码阅读电子版



刘彦普

【摘要】 简要回顾人工智能(AI)技术的概念及其在不同时代发展历程,概述AI在医疗领域的应用,回顾综述AI在正颌外科发展的研究进展、存在的问题及可能的发展方向,指出AI在正颌外科的发展充满机遇与挑战并存。

【关键词】 人工智能; 正颌外科

引用著录格式: 史雨林,史江林,白石柱,等. 人工智能时代的正颌外科发展[J/CD]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2020, 14(2):71-75.

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFB1104100)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.02.002

The development of orthognathic surgery in the age of artificial intelligence

Shi Yulin¹, Shi Jianglin², Bai Shizhu³, Shang Hongtao¹, Tian Lei¹, Ding Mingchao¹, Liu Yanpu¹

¹National Key Laboratory of Military Stomatology & National Clinical Medical Research Center of Stomatology & Shaanxi Provincial Clinical Medical Research Center of Stomatology & Department of Stomatology Hospital of Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, China; ²Department of Control Engineering, School of Electronics and Information, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; ³National Key Laboratory of Military Stomatology, National Clinical Medical Research Center of Stomatology, Shaanxi Province Clinical Medical Research Center of Stomatology, Department of Prosthodontics of Air Force Military Medical University, Xi'an 710032, China

Corresponding author: Liu Yanpu, Email: liuyanpu@fmmu.edu.cn

【Abstract】 This paper reviews the concept of artificial intelligence technology (AI) and its development in different

times, summarizes the application of AI in medical field, reviews the research progress, existing problems and possible development direction of AI in orthognathic surgery, and points out that the development of AI in orthognathic surgery is full of opportunities and challenges.

【Key words】 Artificial intelligence; Orthognathic surgery

Fund program: National Key Research & Development (R & D) Plan Program(2017YFB1104100)

DOI: 10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.02.002

人工智能(artificial intelligence, AI)发展至今已经有60多年的历史了,最近几年更是以爆发式的方式在各行各业快速发展,深刻地影响并改变了人们的生产、生活方式。医学领域AI的研究,从20世纪70年代至今一直未曾停止,在医学影像、辅助诊断、药物研发、健康管理和疾病预测等方面取得了积极进展,正在潜移默化地影响医学发展模式。正颌外科作为外科学的分支学科不可避免地受到AI的影响。从1960年代Obwegeser逐步确立标准化正颌外科手术流程以来,随着计算机技术不断发展,算力、算法的突飞猛进及大数据的不断积累,正颌外科已经从数字化逐渐向智能化迈进。

一、人工智能的概念、历史及其在医疗领域的应用

1. 概念及历史: AI的概念诞生于20世纪50年代,其发展经历一系列的起伏。在1956年的一次科学会议上, AI的概念被首次确立: 让机器像人那样思考和认知, 用计算机实现对人脑的模拟, 其本质是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人类智能理论、方法、技术及应用系统的一门计算机科学。20世纪50—70年代是AI的早期发展阶段, 该阶段AI主要

用于解决一些小型数学问题和逻辑问题^[1]。

1976年,斯坦福大学用于感染性疾病诊断和开具处方的知识工程系统MYCIN研发成功,该事件标志着AI进入“专家系统”时期^[2]。专家系统可以看作是一类具有专门知识和经验的计算机智能程序系统,一般采用AI中的知识表示和知识推理技术来模拟通常由领域专家才能解决的复杂问题。一般来说,专家系统=知识库+推理机。因此,专家系统也被称为基于知识的系统,是一个具有大量的专门知识与经验的程序系统(图1)^[3]。专家系统的出现使得计算机可以和人进行结合,通过对数据的分析解决一些实际的问题。但那个时代因为数据植入系统及程序语言的问题,专家系统的发展并不顺利,并未得到广泛的应用。

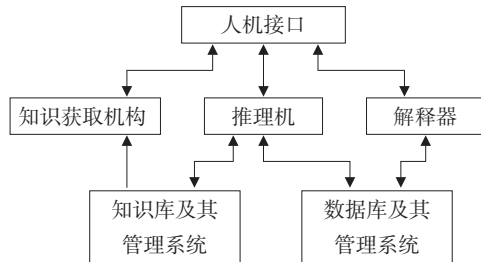


图1 人工智能(AI)专家系统结构图^[3]

20世纪90年代末,IBM“深蓝”计算机击败国际象棋大师卡斯帕罗夫再次引发了全球对AI技术的关注。但是受限于当时的计算机算力及算法技术条件,AI尚不能大规模商业化应用。2006年,Hinton等^[4]发表的论文“A fast learning algorithm for deep belief nets”中提出了深层神经网络(deep neural networks, DNN)的高效算法,该算法出众表现源于它能使用统计学习方法从大量的输入数据中提取高层特征^[5](图2),这与之前使用手动提取特征或专家设计规则的方法不同,使当时计算条件下的神经网络模型训练成为了可能,从而在近十年使AI在各行各业呈现井喷式发展。

从其发展历史可以看出,AI早期几十年的发展受限于当时的软、硬件条件及数据资源短缺,未能广泛应用。当今,算力、算法及行业领域大数据的深度积累,给AI发展提供了强大基础,使得计算机可以充分挖掘、学习和训练数据,从而在诸如医学等领域取得快速发展和进步。

2. AI在医疗领域的发展:AI在医疗领域的发展从20世纪70年代起步。1972年,利兹大学研发出

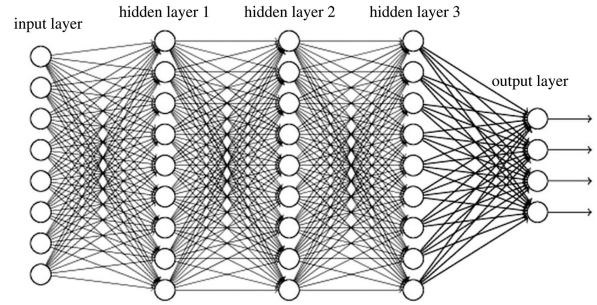


图2 深度神经网络(DNN)模型结构^[5]

AAPHelp(Acute Abdominal Pain Help)腹痛决策系统^[6],该系统可根据患者的症状诊断出急腹症的可能病因,当时资深医生的急腹症诊断准确率已不如该系统,具有突破性意义。1976年,匹兹堡大学研发出INTERNIST-I系统^[7],主要用于诊断内科复杂疾病。1976年斯坦福大学研发出Mycin感染决策系统^[8],可以帮助诊断感染性疾病并能开具处方。20世纪80年代出现商业化AI系统应用,如临床支持决策系统QMR(Quick Medical Reference)和DXplain^[9](匹兹堡大学,美国),主要依据临床表现提供诊断方案。20世纪90年代,计算机辅助设计(CAD)系统问世,这是比较成熟的计算机图像辅助诊断系统,包括乳腺X射线CAD系统^[10]。进入21世纪后,Watson系统(IBM,美国)取得重要进展,它能在几秒钟内筛选过去十年癌症治疗的百万份病例记录,并提供循证医学证据供医生参考^[1]。

经过几十年的研究发展,当前AI技术在医学领域的应用主要集中在以下几个方面:医学影像、辅助诊断、药物研发、健康管理和疾病预测。利用计算机图像识别技术,学习海量的医学影像数据,AI系统可以帮助医生进行影像阅片、病灶定位、辅助诊断,目前已成功用于肺部、乳腺、神经系统、心血管系统疾病等方面。在药物研发方面智能筛选药物作用靶点,大大缩短药物研发周期节约研发成本。在健康管理方面,穿戴智能健康监测设备,可以实时动态监测健康数据把握个人健康数据^[1]。总之,通过对健康医疗领域大数据的结构化分析及深度学习,AI技术正在多方面改变健康医疗模式。

二、正颌外科在人工智能时代的发展现状

1. 正颌外科现状及智能化需求:正颌外科是解决颌骨发育异常引起的颌骨的体积、形态、上下颌骨之间及其与颅面其他骨骼之间关系异常的一门外科学分支学科,其诊断及治疗方式主要依赖于对面部骨骼、牙列、软组织的影像数据进行术前精确

分析测量,并在此基础上制定精准的个性化手术方案。随着计算机技术的进步,近十余年来正颌外科的发展经历了从传统经典的手工描摹头影测量、石膏模型分析、颌架面弓转移到现在基于计算机体层摄影术(CT)、三维(three-dimension, 3D)扫描数据的全数字化正颌外科,大大提高了手术设计精度及效率,使正颌外科的治疗效果更加稳定、精准^[11]。

但随着数字化技术在正颌外科领域应用的不断纵深发展,数字化正颌外科大数据不断积累和如火如荼的AI浪潮席卷,正颌外科在智能化时代如何顺势发展是摆在我们面前的一个问题。当前,在数字化正颌外科应用过程中,仍然存在一些问题,比如最终咬合关系的确定仍然需要取牙列石膏模型进行模型分析,这一步骤能否由计算机替代,通过口内扫描仪的上下颌牙列智能化寻找最稳定的终末咬合,真正实现全程数字化;比如患者最关心的手术后面型问题,由于不同患者软组织质地、结构、弹性均存在较大差异,因此目前软件进行的基于参数方程算法的术前软组织面型预测并不可靠,能否寻找一种基于大数据深度学习算法的面型预测方法,实现更加可靠、准确的术后面型预测。这些都是AI时代正颌外科需要解决的问题。

AI发展的核心要素是算力、算法及大数据。图形处理器(GPU)显著提升了计算机的算力,而深度学习算法通过构建多隐层模型和学习海量训练数据,可以自动学习、挖掘数据特征从而使数据分类或预测更加容易。正颌外科临床数据大量积累,但缺少数据结构化分析,这正是AI需要完成的工作。

2. AI在正颌外科领域的应用:国际上可以检索的AI在正颌外科的应用非常少,目前可以检索到的仅有以下研究。

2019年,瑞士苏黎世大学Patcas等^[12]进行了一项单中心的回顾性研究,通过深度学习神经网络算法对50多万张照片进行外貌年龄评估,学习了1700多万张照片进行面部吸引力分级(0~100分)从而建立了一个智能系统。该系统对接受正颌手术的146例患者进行术前、术后照片分析,结果显示正颌手术后外貌提升66.4%(尤其是侧貌),使得外貌年龄年轻近1岁(平均0.93岁);面部吸引力提升了74.7%(尤其是进行下颌手术)。该研究认为,AI系统可以对接受正颌手术的患者进行面部吸引力和外貌年龄评估。

2019年,韩国首尔大学Choi等^[13]建立了手术/

非手术临床智能决策系统,用于鉴别需要手术或非手术治疗的患者。通过对316例患者(其中手术160例、非手术156例)回顾性研究,构建了一个包含2个卷积层、1个隐含层的多层卷积神经网络模型,将所有患者头影测量的12个关键值和6个参考指标作为输入层进行数据学习训练,最终该手术/非手术临床智能决策系统对于需要手术或是非手术的临床方案鉴别成功率达到96%,具体采用何种术式、是否需要拔牙的判断成功率达到91%。该研究认为,使用神经网络机器学习的AI模型可以用于正颌外科的临床诊断。

2019年,美国哈佛大学波士顿儿童医院Knoops等^[14]通过学习训练包含9663名健康志愿者的人脸3D扫描模型数据库LSFM(Large Scale Facial Model;包含各人种)和151例接受正颌手术患者的术前、术后面部3D扫描数据库,构建了一个基于有监督机器学习的临床面部3D扫描智能诊断分析系统,在正颌外科进行术前面部分类诊断及治疗效果预测模拟。该系统经过验证临床诊断,具有95.5%的敏感性和95.2%的特异性,其模拟手术结果准确度1.1 mm。但是,该研究的缺陷在于仅对面部软组织3D扫描数据进行了大数据分析,并未与硬组织骨骼进行结合,无法指导临床外科医师手术方案的制定。

2019年,奥地利开普勒大学颅颌面外科Stehrer等^[15]在正颌外科手术之前通过机器学习算法计算评估了围手术期失血量。从1472例接受正颌手术的患者里纳入950例进行回顾性研究。该研究将950例患者随机分为两组,训练集760例占80%(用于学习训练生成智能预测系统)和测试集190例占20%(用于估计该系统的准确性)。根据身高和体重,使用纳德勒公式^[16](Nadler et al, 1962)计算术前血容量。围手术期失血量通过血容量和术前、术后血红蛋白值进行计算。通过学习760例患者围术期失血数据得出的智能系统预测正颌手术围术期失血量的误差在(7.4 ± 172.3) mL。这项研究的结果表明,机器学习算法可以预测正颌手术围术期的失血量。

3. 正颌外科数字化软件的AI应用:AI是一个非常宽泛的概念,根据智能化程度不同可以将很多现在已应用的软件技术纳入到智能化范畴里。

(1)全自动化头影测量分析:在进行正颌外科手术设计前,最重要的就是进行颅颌面结构数据测量分析。传统方法是将头颅定位正、侧位X线片置

于观片灯上,其上覆盖透明胶纸,用红蓝铅笔进行标点、描摹软硬组织结构,并进行剪纸外科模拟预测手术效果。自1958年丹麦皇家牙科学院Solow^[17]首次将计算机技术应用于X线头影测量和临床工作中,至20世纪70年代美国学者Walker等^[18]将计算机头影测量分析系统化应用,至今数字化软件手动标点、自动测量分析已经成为临床常规。近几年,关于X线头影测量结构特征点自动定位、测量分析的全智能化头影测量分析研究不断出现^[19-22],如国内华西口腔医学院王军教授团队研发的Uceph头影测量软件^[23],相信很快就能进入临床应用。对于头影测量分析另外一个方向就是3D颅颌面测量分析及其标准制定,现在相关研究不多,Olszewski等^[24]和Swennen等^[25]分别建立了相关3D测量分析系统,但针对东亚人颅颌面3D测量分析系统尚缺乏研究。

(2)机器学习算法的自动重叠配准及虚拟手术:正颌外科3D手术设计的基础是颅颌-面-牙3D融合模型的建立。由于数据来源不同,颅颌面数据多来自于螺旋CT或锥形束CT(CBCT),牙列数据来源于3D口腔扫描,其数据融合建模就需要基于模型特征点的自动识别配准。现在的正颌外科手术设计软件多是半自动配准,需要手动选取目标模型,进行精度调整多次匹配才能最终达到理想的配准精度。颅颌-面-牙3D融合模型建立后需要进行虚拟手术截骨。常规的正颌手术术式在现有的软件里尚不能做到全自动化一键完成。对于数据导入、3D重建、融合配准和虚拟截骨等程序性软件操作步骤,在以后的发展趋势必然是高度集成智能化一键完成,以节省最大的人力成本,由计算机代替重复性、程序化操作也是AI时代的现实需求。

三、人工智能时代正颌外科发展的机遇与挑战

随着科技革命日新月异的变化,大数据、云计算、智能化的影响必将渗透到科技发展的方方面面。在正颌外科领域,数字化技术发展至今,计算机软、硬件条件及数据的储备积累,智能化发展是大势所趋。

当然,挑战总是与机遇并存。智能化发展最大的挑战仍然是数据,数据是最核心的价值。当前,医疗健康领域包括正颌外科积累了大量的数据,但数据大并不等同于大数据。用于智能化模型构建学习训练的大数据方面仍面临几个问题:(1)数据安全及隐私问题,能否确保患者信息隐私不被泄露;(2)数据归属及共享问题,医院间数据共享交

流,多中心大样本是发展方向;(3)数据均质化结构化问题,数据来源不同但标准要一样,临床数据大量繁杂,只有结构化后才能用于分析处理。

总之,技术的发展总是为了更好地服务于人类社会,智能化在正颌外科领域的发展应用,将会解放医生日常繁琐的重复性程序化操作,提高治疗效果与精度,从而更好地为牙颌面畸形患者解除病痛。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 上海交通大学人工智能研究院,上海市卫生和健康发展研究中心,上海交通大学医学院,等. 中国人工智能医疗白皮书[R/OL]. 2019. <http://www.199it.com/archives/839043.html>.
- [2] Topol EJ. High - performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence [J]. Nat Med, 2019, 25: 44-56. DOI:10.1038/s4159-018-0300-7.
- [3] 蔡自兴,徐光裕. 人工智能及其应用[M]. 2版. 北京:清华大学出版社, 1996:8-172.
- [4] Hinton GE, Osindero S, Teh YW. A fast learning algorithm for deep belief nets [J]. Neural Comput, 2006, 18(7): 1527-1554. DOI:10.1162/neco.2006.18.7.1527.
- [5] Succi S, Coveney PV. Big data: the end of the scientific method? [J]. Philos Trans A Math Phys Eng Sci, 2019, 377(2142):20180145. DOI:10.1098/rsta.2018.0145.
- [6] de Dombal FT, Leaper DJ, Staniland JR, et al. Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain [J]. Br Med J, 1972, 2(5804): 9-13. DOI:10.1136/bmj.2.5804.9.
- [7] Banks G. Artificial intelligence in medical diagnosis: the INTERNIST/CADUCEUS approach [J]. Crit Rev Med Inform, 1986, 1(1):23-54.
- [8] Shortliffe EH, Buchanan BG. A model of inexact reasoning in medicine [J]. Mathematical Biosciences, 1975, 23(3-4): 351-379. DOI:10.1016/0025-5564(75)90047-4.
- [9] Anderson JG, Jay SJ. Computers and clinical judgment: the role of physician networks [J]. Soc Sci Med, 1985, 20(10):969-979. DOI:10.1016/0277-9536(85)90253-9.
- [10] Singh R, Kalra MK, Nitiwarangkul C, et al. Deep learning in chest radiography: detection of findings and presence of change [J]. PLoS ONE, 2018, 13(10): e0204155. DOI:10.1371/journal.pone.0204155.
- [11] 沈国芳,房兵. 正颌外科学[M]. 杭州:浙江科学技术出版社, 2013:4.
- [12] Patcas R, Bernini DAJ, Volokitin A, et al. Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age [J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2019, 48(1):77-83. DOI:10.1016/j.ijom.2018.07.010.
- [13] Choi HI, Jung SK, Baek SH, et al. Artificial Intelligent Model With Neural Network Machine Learning for the Diagnosis of

- Orthognathic Surgery [J]. *J Craniofac Surg*, 2019, 30(7): 1986-1989. DOI: 10.1097/SCS.0000000000005650.
- [14] Knoops P, Papaioannou A, Borghi A, et al. A machine learning framework for automated diagnosis and computer - assisted planning in plastic and reconstructive surgery [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 13597. DOI: 10.1038/s41598-019-49506-1.
- [15] Stehrer R, Hingsammer L, Staudigl C, et al. Machine learning based prediction of perioperative blood loss in orthognathic surgery [J]. *J Cranio-Maxillofacial Surg*, 2019, 47(11): 1676-1681. DOI: 10.1016/j.jcms.2019.08.005.
- [16] Nadler SB, Hidalgo JH, Bloch T. Prediction of blood volume in normal human adults [J]. *Surgery*, 1962, 51(2): 224-232.
- [17] Solow B. Computers in cephalometric research [J]. *Comput Biol Med*, 1970, 1(1): 41-49. DOI: 10.1016/0010-4825(70)90015-6.
- [18] Walker GF, Kowalski CJ. Use of angular measurements in cephalometric analyses [J]. *J Dent Res*, 1972, 51(4): 1015-1021. DOI: 10.1177/00220345720510040401.
- [19] Mirzaalian H, Hamarneh G. Automatic globally-optimal pictorial structures with random decision forest based likelihoods for cephalometric X - Ray landmark detection [C]. *International Symposium on Biomedical Imaging 2014: Automatic Cephalometric X-Ray Landmark Detection Challenge*, 2014: 1-12.
- [20] Ibragimov B, Likar B, Pernus F, et al. Shape representation for efficient landmark - based segmentation in 3 - D [J]. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 2014, 33(4): 861-874. DOI: 10.1109/TMI.2013.2296976.
- [21] Chu C, Chen C, Nolte LP, et al. Fully automatic cephalometric X-Ray landmark detection using random forest regression and sparse shape composition [C]. *International Symposium on Biomedical Imaging 2014: Automatic Cephalometric X - Ray Landmark Detection Challenge*, 2014: 13-18.
- [22] Lindner C, Wang CW, Huang CT, et al. Fully automatic system for accurate localization and analysis of cephalometric landmarks in lateral cephalograms [J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 33581. DOI: 10.1038/srep33581.
- [23] 中国医学论坛报今日口腔. 中国正畸医生的智慧: Uceph 头影测量系统的研发及优势——王军教授 [EB/OL]. [2019-07-23]. https://www.sohu.com/a/328816705_377312.
- [24] Olszewski R, Zech F, Cosnard G, et al. Three - dimensional computed tomography cephalometric craniofacial analysis: experimental validation in vitro [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2007, 36(9): 828-833. DOI: 10.1016/j.ijom.2007.05.022.
- [25] Swennen GR, Schutyser F, Barth EL, et al. A new method of 3-D cephalometry Part I : the anatomic Cartesian 3-D reference system [J]. *J Craniofac Surg*, 2006, 17(2): 314-325. DOI: 10.1097/00001665-200603000-00019.

(收稿日期: 2020-01-13)

(本文编辑: 王嫒)