

机器学习在心脏超声领域中的研究进展

武玉多 贡 鸣 谷孝艳 张宏家 何怡华

摘 要 机器学习是一种可以帮助临床医师程序化处理问题的自动化便捷模式,随着大数据的广泛应用,这一技术在多个领域得到了飞速发展,尤其在心血管领域有很大的潜在价值。目前,机器学习已成功应用于心血管疾病的各个领域,提高了疾病诊疗的准确性和可重复性,为临床及影像医师提供了便捷。本文就机器学习在心脏超声领域的应用现状及发展方向进行综述。

关键词 机器学习;心脏超声;应用发展

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]A

Advances in machine learning in the field of cardiac ultrasound

WU Yuduo, GONG Ming, GU Xiaoyan, ZHANG Hongjia, HE Yihua

Cardiac Ultrasound Medical Center, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China

ABSTRACT Machine learning is an automated and convenient model that can help doctors deal with problems programmatically. With the advent of the big data era, this technology has made rapid progress in various fields, especially in the cardiovascular field. At present, machine learning has been successfully applied to various fields of cardiovascular disease, and realizing the accuracy and repeatability of disease diagnosis and treatment, providing convenience for clinical and imaging doctors. This article reviews the application and development on direction of the machine learning in the field of cardiac ultrasound.

KEY WORDS Machine learning; Cardiac ultrasound; Application development

超声是一种无创、经济、操作简便的实时成像技术,但其具有成像质量差、差异性大等不足,因此,很有必要开发先进的自动化超声图像分析方法以帮助临床进行超声诊断。机器学习是一种智能化处理、解决问题的程序化模式,即让计算机软件系统根据数据自主进行学习,经过机器学习和训练过程后,将临床工作中需要处理的数据资料提供给经过训练的计算机系统,然后通过机器自行处理、分析数据并获取结果^[1]。深度学习是将机器学习发展为一种极致,甚至是巅峰状态,其处理问题的方式类似于人类大脑的思考过程,能够从容处理复杂多样的信息资源并进行决策分析,提供所需要的信息处理结果^[2]。近年来机器学习在疾病诊断和预后评价等方面均取得了极大成功。本文就机器学习在心脏超声领域中的应用进展进行综述。

一、机器学习的内容

机器学习大体上可以分为监督学习、无监督学习、半监督学习和强化学习 4 类^[3]。其中,监督学习是最经典且应用最广泛的一种模式,研究者首先需确定研究目的和内容,然后将其

提供给机器进行学习。如将对心内膜边界的自动识别和标记作为研究目的和内容,在对机器进行训练之后,使其拥有对心内膜边界的识别能力,对训练好的模型进行测试过程,就可以实现自动化描述的过程。无监督学习是指研究者无需确定具体训练内容(即研究目标),也无需将提供机器学习的数据资料进行人为分类、标注,而是将这些数据资料通过机器学习系统自行处理、分类,最后从系统的输出结果中获取临床感兴趣的信息(如疾病好发群体所具有的特征、疾病相似的临床表征等)。其是一种非常重要的学习模式,有助于揭示疾病的本质特征,了解不同变量资料之间的潜在关联,因此在科研领域最具价值。半监督学习和强化学习在日常生活中也较常见,如游戏过程中的人机对抗模式和无人驾驶汽车技术,即为强化学习的实际应用。

二、机器学习在超声诊断中的应用

由于日常工作中收集的临床数据类型复杂多样,且大部分慢性心血管疾病具有复杂性,不仅需要对这些数据资料进行分

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1002300);北京市医院管理局“登峰”计划专项(DFL20180602)

作者单位:100029 北京市,首都医科大学附属北京安贞医院心脏超声医学中心 胎儿心脏病母胎医学中心(武玉多、谷孝艳、何怡华),心脏外科(贡鸣、张宏家)

通讯作者:何怡华, Email: yihuaheecho@163.com

类、整合,还应了解每一个数据或不同数据组合所代表的临床意义。将超声影像与临床数据相结合,构成了临床工作中的超声诊断流程^[4]。近年提出的“超声诊断组学”这一概念,就是将超声影像资料、患者的临床信息(包括遗传学检查结果在内的相关检查等数据)与人工智能诊断技术“三合一”的一种全新的临床诊断模式^[5]。将机器学习应用于超声诊断的另一个客观原因在于:超声检查作为一项简便、价廉、无创、可重复性佳的影像学检查项目,其临床应用十分广泛^[6]。超声的检查需求在不断增加,且其诊断过程需整合不同影像切面(定性诊断资料)和超声测值(定量资料),意味着需要对越来越多的影像和数据信息进行处理、整合,因此临床亟需一种全新的超声诊断模式。

现代化的超声检查仪器配备各种机器学习软件或插件,如心内膜边界轨迹自动描述技术就是一种机器学习的体现,通过机器学习心内膜边界,然后自动描述并进行面积(体积)测量,可简化或替代传统的人工测量^[7]。虽然机器学习能为日常工作带来便利,但由于该方法与人类大脑运作机制之间存在巨大的差异,学习模型较为单一,因此今后需针对上述不足进一步研究,明确机器学习系统是如何做出判断,以对模型进行修正,达到技术应用的最优化程度^[8]。另外,应用机器学习的费用较高,在基层单位的推广应用有一定限制。

三、机器学习技术在心脏超声领域中的应用

1. 对心脏结构和功能的评价:有研究^[9]将左室射血分数(LVEF)和纵向应变(LS)的人工测值与机器自动测值进行相关性分析,发现两者间相关性较高($r=0.92, P<0.001$),且采用机器学习系统自动测量法能够消除不同检查者间的测量差异,极大地缩短测量时间,提高效率。机器学习除了能够对心脏功能进行定量评价外,还能对心脏结构进行判断和评价。有研究^[10]应用机器学习的机器识图技术分析肥厚型心肌病患者和运动员的心脏超声图像,对肥厚型心肌病患者的病理性心肌肥厚和运动员生理状态下的心肌代偿性增厚进行鉴别,结果表明机器学习技术鉴别两者的总体敏感性和特异性分别为87%和82%,调整年龄后分别为96%和77%。另有研究^[11]在机器识图技术的基础上,通过识别患者心脏超声图像上的左房、左室结构特征,实现机器学习对左心舒张功能及其严重程度的评价。临床上心脏舒张功能异常多见于限制性心肌病和缩窄型心包炎患者,两者的临床特征和超声表现相似,有学者^[12]应用机器识图技术对其进行鉴别诊断,通过超声图像的识别、特征提取,结合相关超声参数测值实现了两者的准确鉴别。

2. 判断是否需行超声心动图检查:对于不存在心脏器质性病变或是处于疾病早期尚未发生明显心脏结构或功能改变的患者,行超声心动图检查的临床意义不大^[13]。如何使超声心动图的使用更为合理有效亦是机器深度学习的目的之一,12导联心电图检查可确定患者是否存在心脏结构或功能异常,但其提供的诊断信息不及超声心动图丰富,临床可以通过深度学习技术从心电图的波形中提取更多有用的信息^[14-15]。有研究^[16]对患者心电图检查的波形特征进行信息提取,应用深度学习技术推断患者有无明显心脏结构或功能异常,进一步明确是否有行超声心动图检查的必要,确定患者是否具有超声心动图检查指征,体现了机器学习在实现医疗资源的合理使用、满足分级诊

疗需要这一层面的潜在价值。

3. 对超声心动图影像的自动识别:有研究^[17]尝试通过机器学习技术使系统能够自动识别心脏超声检查时常见的15种图像(包括12个常用检查切面二维图像的动态图和静态图,以及脉冲和连续血流频谱、M型超声3种静态图),并将不同的超声图像按类型进行自动分类,首先通过机器对每一张图像进行特征提取,然后使用机器学习技术中的聚类分析法或深度学习将图像特征相同或相似的超声影像聚在一起,从而实现机器对不同类型超声图像的自动分类过程。该研究结果表明机器学习系统对超声图像的自动分类具有很高的准确性,且对于低分辨率的超声图像,机器分类的准确率甚至高于高年资的心脏超声医师,表明机器学习可以在一定程度上辅助超声医师的日常工作,提高诊断准确率^[18]。另外,机器学习技术还可以应用于负荷超声心动图的相关研究,其能自动去除室壁运动时产生的声影伪像,并从影像中提取有价值的诊断信息^[19]。通过机器学习技术,可达到疾病的早期诊断、风险评估效果,实现早期风险预警和疾病预测,形成自动化的调节反馈系统,构建降低发病风险的干预机制,并实现疾病的有效治疗^[20]。

四、小结

机器学习已广泛应用于临床心血管疾病的诊断,可为临床医师提供参考信息。三维超声技术是目前医学成像领域中的一种重要成像模态,今后可开发更多三维超声技术相关的机器学习深度学习算法用于医学超声图像分析,为临床及影像医师提供新的诊疗视野。

参考文献

- [1] Thiébaud R, Thiessard F, Section Editors for the IMIA Yearbook Section on Public Health and Epidemiology Informatics. Artificial intelligence in public health and epidemiology[J]. Yearb Med Inform, 2018, 27(1):207-210.
- [2] Ueda D, Shimazaki A, Miki Y. Technical and clinical overview of deep learning in radiology[J]. Jpn J Radiol, 2019, 37(1):15-33.
- [3] Kaul V, Enslin S, Gross SA. History of artificial intelligence in medicine[J]. Gastrointest Endosc, 2020, 92(4):807-812.
- [4] Lakhani P, Gray DL, Pett CR, et al. Hello world deep learning in medical imaging[J]. J Digit Imaging, 2018, 31(3):283-289.
- [5] 巩立鑫,董迪,田捷.基于AI和医疗大数据的影像组学研究及其临床应用[J].中华医学信息导报,2019,34(22):22.
- [6] Sengupta PP, Shrestha S. Machine learning for data-driven discovery: the rise and relevance[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(4):690-692.
- [7] Baskaran L, Maliakal G, Al' Aref SJ, et al. Identification and quantification of cardiovascular structures from CCTA: an end-to-end, rapid, pixel-wise, deep-learning method[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2020, 13(5):1163-1171.
- [8] Sánchez-Cabo F, Rossello X, Fuster V, et al. Machine learning improves cardiovascular risk definition for young, asymptomatic individuals[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76(14):1674-1685.
- [9] Knackstedt C, Bekkers SC, Schummers G, et al. Fully automated versus standard tracking of left ventricular ejection fraction and longitudinal strain: the fast-EFs multicenter study[J]. J Am Coll

- Cardiol, 2015, 66(13): 1456-1466.
- [10] Narula S, Shameer K, Omar AMS, et al. Machine-learning algorithms to automate morphological and functional assessments in 2D echocardiography[J]. J Am Coll Cardiol, 2016, 68(21): 2287-2295.
- [11] Omar AMS, Narula S, Abdel Rahman MA, et al. Precision phenotyping in heart failure and pattern clustering of ultrasound data for the assessment of diastolic dysfunction [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2017, 10(11): 1291-1303.
- [12] Muse ED, Topol EJ. Guiding ultrasound image capture with artificial intelligence[J]. Lancet, 2020, 396(10253): 749.
- [13] Betancur J, Otaki Y, Motwani M, et al. Prognostic value of combined clinical and myocardial perfusion imaging data using machine learning[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2018, 11(7): 1000-1009.
- [14] Kwon JM, Kim KH, Jeon KH, et al. Development and validation of deep-learning algorithm for electrocardiography-based heart failure identification[J]. Korean Circ J, 2019, 49(7): 629-639.
- [15] Chu LC, Anandkumar A, Shin HC, et al. The potential dangers of artificial intelligence for radiology and radiologists [J]. J Am Coll Radiol, 2020, 17(10): 1309-1311.
- [16] Sengupta PP, Kulkarni H, Narula J. Prediction of abnormal myocardial relaxation from signal processed surface ECG [J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 71(15): 1650-1660.
- [17] Madani A, Arnaout R, Mofrad M, et al. Fast and accurate view classification of echocardiograms using deep learning [J]. NPJ Digit Med, 2018, 1(1): 6.
- [18] Rogers W, Thulasi Seetha S, Refaee TAG, et al. Radiomics: from qualitative to quantitative imaging [J]. Br J Radiol, 2020, 93(1108): 20190948.
- [19] Pal P, Ghosh S, Chattopadhyay BP, et al. Screening of ischemic heart disease based on PPG signals using machine learning techniques [J]. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc, 2020, 2020(7): 5980-5983.
- [20] Barda AJ, Horvat CM, Hochheiser H. A qualitative research framework for the design of user-centered displays of explanations for machine learning model predictions in healthcare [J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2020, 20(1): 257.

(收稿日期: 2020-10-14)

· 病例报道 ·

Ultrasonic exploration of acute supratentorial hematoma during resection of posterior fossa tumor: a case report

超声探查后颅窝肿瘤切除术中并发急性幕上血肿 1 例

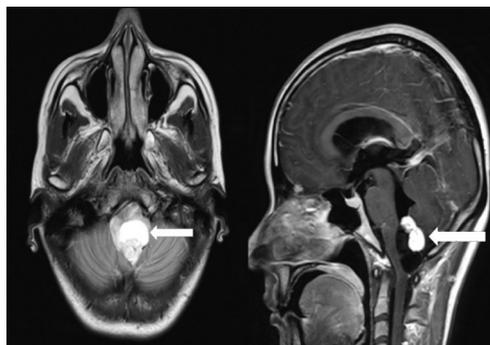
花悦 程令刚 王福民 何文

[中图法分类号] R445.1

[文献标识码] B

患者女, 29 岁, 两年间断出现呃逆症状, 食欲差, 体质量减轻 1 年, 3 个月前无明显诱因出现头痛, 伴恶心、呕吐, 偶有走路左侧偏斜 1 个月。头颅 MRI 检查: 后颅窝多发占位, 考虑多发血管母细胞瘤(图 1)。行后颅窝肿瘤切除术, 先行枕下后正中切口, 见肿瘤位于延髓背侧, 与小脑蚓部、小脑扁桃体粘连紧密, 术中肿瘤切除完成并彻底止血后, 患者突发颅内压增高、急性脑膨出。随即使用术中超声进行实时探查, 超声所见: 幕上区域左侧额颞叶骨板下方见一梭形高回声区, 距后颅窝骨窗深约 6.0 cm, 范围约 1.8 cm×5.5 cm, 边界清, 形态规则; CDFI 未探及明显血流信号(图 2A)。15 min 后再次行超声检查: 梭形高回声区面积增大, 范围约 4.1 cm×7.2 cm, 性质同前(图 2B); 提示病变为位于左侧额颞叶的硬膜外血肿。于超声监测下清除部分血肿, 左侧额颞叶血肿较前缩小, 范围约 1.8 cm×6.5 cm(图 2C)。因残余血肿位置较深, 行额颞开颅进一步清除血肿, 铣额颞骨

瓣硬膜外血肿清除并骨瓣复位。术后患者 CT 检查示左侧额颞叶血肿部位未见明显异常(图 2D), 生命体征正常。



图左为横断面观, 病变位于延髓背侧, 呈高信号(箭头示); 图右为矢状面观, 病变位于后颅窝(箭头示)

图 1 术前头颅 MRI 图

(下转第 697 页)

基金项目: 2018 北京市医管局培育项目(px2018021)

作者单位: 100071 北京市, 首都医科大学附属北京天坛医院超声科

通讯作者: 何文, Email: hewen168@sohu.com