

◆综述

Research progresses of cardiac MRI artificial intelligence in 2018 Radiological Society of North America

CHEN Zixian^{1,2,3}, LIN Chen^{1,2,3}, NI Jinrong^{1,2,3}, NAN Jiang^{1,2,3}, ZHUANG Xin^{1,2,3},
XUE Jingmei^{1,2,3}, GUO Shunlin^{1,2,3}, LEI Junqiang^{1,2,3*}

(1. Department of Radiology, the First Hospital of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

2. Intelligent Imaging Medical Engineering Research Center of Gansu Province,

Lanzhou 730000, China; 3. Accurate Image Collaborative Innovation

International Science and Technology Cooperation Base of

Gansu Province, Lanzhou 730000, China)

[Abstract] One of the research focus of 2018 Radiological Society of North America (RSNA) is artificial intelligence (AI). AI related cardiac MRI studies published in recent years and 2018 RSNA were reviewed in this article.

[Keywords] artificial intelligence; heart; magnetic resonance imaging

DOI:10.13929/j.1003-3289.201901062

2018 年北美放射学年会心脏 MRI 人工智能研究进展

陈梓娴^{1,2,3}, 林 晨^{1,2,3}, 倪金荣^{1,2,3}, 南 江^{1,2,3}, 庄 辛^{1,2,3},
薛敬梅^{1,2,3}, 郭顺林^{1,2,3}, 雷军强^{1,2,3*}

(1. 兰州大学第一医院放射科, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃省智能影像医学工程研究中心,
甘肃 兰州 730000; 3. 精准影像协同创新甘肃省国际科技合作基地, 甘肃 兰州 730000)

[摘 要] 2018 年北美放射学年会(RSNA)会议的研究热点是人工智能(AI)。本文结合近年文献,对 2018 年 RSNA 会议 AI 相关心脏 MRI 研究进行概述。

[关键词] 人工智能;心脏;磁共振成像

[中图分类号] R541; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2019)07-1111-04

2018 年北美放射学年会(Radiological Society of North America, RSNA)会议的主题是“Tomorrow’s Radiology Today”,人工智能(artificial intelligence, AI)、机器学习(machine learning, ML)和深度学习(deep learning, DL)是本次会议的亮点,未来 AI 等创新技术将推动影像学技术向“快速、安全、定量、精准、

经济”的方向发展。由影像学资料、临床信息、基因特征、风险因素等构建的信息中心将为个体化治疗提供巨大帮助。AI、ML 及 DL 之间的关系见图 1。

AI 的概念由计算机科学家于 1956 年首次提出,是包含数学、计算机科学等多领域的交叉学科,被用于模拟、扩展和延伸人的智能的理论、技术、方法及应用系

[基金项目] 甘肃省青年科技基金计划(18JR3RA364)、兰州大学第一医院院内基金(1dyyn2015-06)。

[第一作者] 陈梓娴(1985—),女,河北滦南人,硕士,主治医师。研究方向:心血管影像。E-mail: chenzxcmr@163.com

[通信作者] 雷军强,兰州大学第一医院放射科,730000;甘肃省智能影像医学工程研究中心,730000;精准影像协同创新甘肃省国际科技合作基地,730000。E-mail: leijq1990@163.com

[收稿日期] 2019-01-09 [修回日期] 2019-04-28

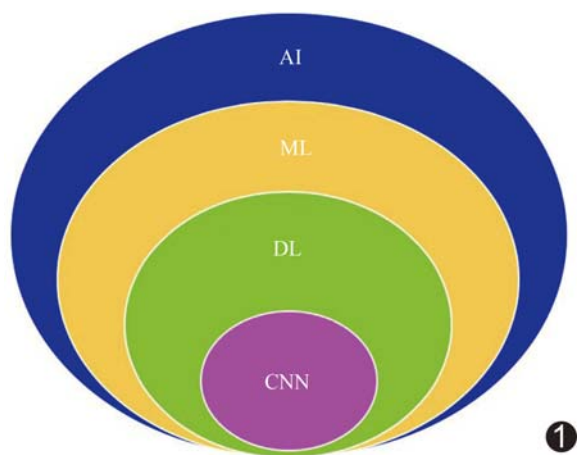


图 1 人工智能关系示意图

统^[1]。随后在 AI 基础上出现了 ML 的概念,1996 年 Langley 定义的 ML 是一门 AI 科学,该领域的研究对象是 AI,是如何在经验学习中改善具体算法的能力。换言之,ML 就是实现、支持 AI 的计算方法,通过 ML 让机器变得更加智能。DL 是在 ML 过程中基于对数据进行表征学习的方法,而卷积神经网络(convolutional neural networks, CNN)又是 DL 中应用最广泛的算法。近年来,随着影像学技术和计算机技术的不断发展及有机结合,通过结合或改进传统的图像处理方法,已将越来越多的 AI 技术应用到医学影像学中,在提高影像学医师工作效率的同时提高诊断准确率,使得 AI 在影像学辅助诊断中的潜在价值迅速增加。

目前 AI 应用比较成熟的影像学领域有肺结节的诊断^[2]、乳腺癌筛查^[3]及前列腺癌的诊断^[4]。在以 AI 为基础的计算机辅助诊断(computer-assisted diagnosis, CAD)软件的帮助下,影像学医师对于肿瘤病灶的检出率可获提高。此外,ML 可在肿瘤的影像学检查、图像解析及规范报告等方面发挥积极作用^[5]。

除肿瘤外,心血管疾病也是全球范围导致年死亡人数最多的疾病之一,心血管影像在心血管疾病的早期诊断、病情评估、疗效及预后判断中发挥着不可替代的作用。心脏 MRI(cardiac MRI, CMRI)可一站式提供心脏解剖学、形态学、功能学信息及心肌组织学特性,在心血管疾病诊断中具有明显优势,并可在一定程度上作为“金标准”^[6];其优势不仅在于良好的空间分辨率,还在于可避免电离辐射、放射性同位素及碘对比剂等对人体产生的不良影响^[7],故受到越来越多医师和患者的青睐。近年来,AI 技术也逐渐被运用到 CMRI 中,研究重点集中在心室自动分割等领域。2018 年 RSNA 共收录了 55 篇有关 CMRI 的学术报

告(以“CMRI”为检索词),其中 AI 相关的报告 7 篇(7/55, 12.73%)。

1 ML

采用 T1 mapping 技术,可通过细胞外容积(extracellular volume, ECV)来定量评估心肌纤维化,但计算 ECV 时需测量患者的红细胞压积(hematocrit, Hct)。2018 年有学者于 RSNA 上报道基于 AI 的 ML 算法,采用线性回归(linear regression, LR)和 ML 算法直接从 T1 mapping 图像中获得 Hct 值,且与实验室测量结果相比差异无统计学意义,提示基于 ML 的算法可提供可靠的 Hct 和 ECV 值,无须当天进行实验室 Hct 检测,彰显了 ML 在临床工作中的潜力。

扩张型心肌病(dilated cardiomyopathy, DCM)的诊断和鉴别诊断是临床难点,2018 年 Sun 等于 RSNA 上报道,采用纹理分析提取 50 例 DCM 患者(DCM 组)和 24 名健康志愿者(对照组)的 12 个直方图参数和 5 个灰度共现矩阵(gray level co-occurrence matrix, GLCM)特征,结果显示,相对于对照组,DCM 组患者的大部分直方图特征更高,其中 9 个直方图特征存在显著性差异,DCM 组的 GLCM 特征、能量、相关性和同质性均高于对照组,表明基于计算机的纹理分析和 T1 mapping 的 ML 方法可以为诊断 DCM 提供客观工具。

2 DL

DL 这一概念是由 Hinton 等^[8]于 2006 年提出,是一种实现 ML 的技术,使用多层网络来评估原始成像输入数据中的复杂模式,是基于数据学习事物表征来识别特征图像的方法。DL 的目的在于建立可以进行分析学习的神经网络,并通过模仿人脑的思维模式来解释数据。DL 通过组合一些简单的低层特征获得更加抽象的高层特征,来表示属性类别,以发现数据的分布特征,从而解释数据;其优点在于用非监督式或半监督式的特征学习和分层特征,提取高效算法来替代手工获取特征。目前 CMRI 采集耗时较长,且需患者多次屏气,这不仅对许多患者具有挑战性,而且图像质量易受运动伪影的影响,因此,如何提高图像采集速度而又不损失图像质量是 CMRI 研究的重点,而 DL 在这方面发挥了一定作用。2018 年 Jo 等于 RSNA 上报道采用全采样法获得 10 名志愿者 CMRI 短轴电影图像,用基于 DL 的迭代降噪算法、三维 CNN 和二维卷积递归神经网络(convolutional recursive neural network, CRNN)进行图像重建,并与压缩感知方法

进行比较,通过减少从采样不足的数据中重建图像所需的 k 空间数据量来加速 CMRI 数据采集,结果表明以上方法在采集速度和图像重建质量方面均优于传统优化稀疏采集研究。另一方面,如何获得优质 MR 冠状动脉造影(MR coronary arteriography, MRCA)图像一直是 CMRI 的难题。虽然专用的 T2 准备脉冲使无对比剂 MRCA 成为可能,但血管 CNR 仍不能满足临床需要。2018 年 Kidoh 等于 RSNA 上探讨 DL 重建(DL reconstruction, DLR)对无对比剂 MRCA 图像质量的影响,对 10 名无冠心病志愿者行无对比剂 MRCA,并利用专用工作站生成中、高层 DLR 图像,最后对图像进行定量和定性评价(血管 SNR、可视化和伪影分级),结果显示 DLR 整体图像质量和图像噪声的视觉评分明显优于原始图像,血管清晰度评分在原始 DLR、中度 DLR、高度 DLR 图像中相似(分别为 3.4、3.8、3.8),图像噪声/颗粒度的视觉评分在原始 DLR 图像中明显优于对照组、中度 DLR 组和高度 DLR 组(分别为 2.4、3.8、4.0);上述结果表明,使用 DLR 技术可在不降低血管锐度的同时提供更高的 CNR,即 DLR 技术可提高无对比剂 MRCA 中冠状动脉的可视化程度。

3 CNN

CNN 是目前使用最多的 DL 代表算法之一^[9],克服了过去 AI 中被认为难以解决的一些问题。CNN 的局部连接、权值共享及下采样操作等特性使之可以有效地降低网络的复杂程度,减少训练参数的数目;CNN 具有抗变换性和容错能力,使模型对平移、缩放、扭曲等保持一定程度的不变性,有利于机器训练和算法优化。尽管 CNN 已经在计算机辅助检测中存在着很长时间,但其在 CMRI 方面的应用近年才逐渐兴起。CNN 在 CMRI 的应用主要集中在图像分割方面,左心室自动分割对于有效量化心脏功能和形态至关重要。Vigneault 等^[10]利用 CNN 对 42 例肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy, HCM)患者及 21 名健康对照者的心脏进行全自动、多切面定位扫描,并对左心室图像进行分割,结果表明采用该方法较以往方法有了实质性进步,可以在医学图像分割中得到更广泛的应用。Tan 等^[11]根据左心室中心点到心内、外膜轮廓的径向距离完成所有短轴切面和时相的左心室分割任务,然后利用 CNN 回归判断这些参数,结果表证 CNN 回归结合领域特异性特征在临床分割中具有有效性。左心室容积评估是诊断心脏疾病的关键步骤之一。Luo 等^[12]运用 CNN 处理 CMRI 图像实现了预

测左心室容积,该方法不仅适用于对心脏疾病患者进行大规模 CMRI 数据筛选,而且可推广到其他医学图像研究领域。2018 年 Mallon 等于 RSNA 上报道对 DCM、HCM 和志愿者行 CMRI(回顾性门控电影成像),用四腔心电影序列数据行 CNN 分析,结果显示每名受试者的处理时间约 2 s,82 例 DCM 患者中有 80 例被正确分类,97 例 HCM 患者中有 84 例被正确分类,87 名志愿者全部被正确分类,总计 94.36% (251/266)的参与者被正确分类。使用 CNN 可直接分析 CMRI 电影序列图像,其诊断心肌病的准确率较高,并可从中排除健康人群,显示 CNN 具有有效和客观地诊断心肌病的潜力。2018 年 Tao 等于 RSNA 上报道对 180 例心肌梗死患者在植入心律转复除颤器前行钆对比剂延迟增强(late gadolinium enhancement, LGE) MR 扫描,应用 CNN 对 LGE 图像进行全自动分析,结果显示 CNN 通过完全自动化方式同时识别了左心室和心肌瘢痕,每名受试者处理时间均 < 0.2 s,且 CNN 与观察者测量瘢痕大小无显著差异。CNN 在自动快速识别和量化心肌瘢痕中显示出巨大的前景。2018 年 Blansit 等于 RSNA 上报道,回顾性收集 472 个心脏短轴和 892 个心脏长轴电影序列数据,通过 CNN 识别解剖学部位,并与放射科医师标注比较,表明 CNN 可以完成标准层面定位和扫描层面选择,故基于 CNN 的解剖定位用于确定 CMRI 平面具有可行性。

4 发展与展望

目前 AI 的发展迅猛,具有诸多优势,但大规模普及应用于临床还存在很多问题^[13]。①缺乏有效数据:ML 的特性决定了初期要依靠大量高质量的数据来进行学习、训练,从而优化算法以保证较高的精确度,因此如何获取有效数据是 AI 在医疗领域、特别是影像学领域应用需要最先跨越的障碍;②技术成熟、标准制定尚需时间:目前 AI 很多技术仍处于研发阶段,很多问题并未得到解决,AI 技术本身的不成熟性导致其存在一系列风险并遭受质疑;③数据安全隐患较大:在 AI 时代,大数据加速溢出的同时加大了数据泄露的安全隐患,个人隐私安全面临前所未有的挑战,如何进行监督管理是亟待解决的问题。

综上所述,影像学诊断数据的日益普及和大数据分析方法的迅速发展将促使智能影像学的发展进入新时代。尽管 AI 还面临很多问题和质疑,但在各专业人员的共同努力下,这项技术将日趋成熟,影像学智能诊断将迎来一个崭新的未来。

[参考文献]

- [1] Kahn J. From images to actions: Opportunities for artificial intelligence in radiology. *Radiology*, 2017, 285(3):719-720.
- [2] Kligerman S, Cai L, White CS. The effect of computer-aided detection on radiologist performance in the detection of lung cancers previously missed on a chest radiograph. *J Thorac Imaging*, 2013, 28(4):244-252.
- [3] Boettcher J, Renz DM, Zahm DM, et al. Response to neoadjuvant treatment of invasive ductal breast carcinomas including outcome evaluation: MRI analysis by an automatic CAD system in comparison to visual evaluation. *Acta Oncol*, 2014, 53(6):759-768.
- [4] Le MH, Chen JY, Wang L, et al. Automated diagnosis of prostate cancer in multi-parametric MRI based on multimodal convolutional neural networks. *Phys Med Biol*, 2017, 62(16):6497-6514.
- [5] Choy G, Khalilzadeh O, Michalski M, et al. Current applications and future impact of machine learning in radiology. *Radiology*, 2018, 288(2):318-328.
- [6] von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Schulz-Menger J. Role of cardiovascular magnetic resonance in the guidelines of the European Society of Cardiology. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2016, 18:6.
- [7] Baritussio A, Scatteia A, Bucciarelli-Ducci C. Role of cardiovascular magnetic resonance in acute and chronic ischemic heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2018, 34(1):67-80.
- [8] Hinton GE, Osindero S, Teh YW. A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural Comput*, 2006, 18(7):1527-1554.
- [9] Kawahara J, Brown CJ, Miller SP, et al. BrainNetCNN: Convolutional neural networks for brain networks; towards predicting neurodevelopment. *Neuroimage*, 2017, 146:1038-1049.
- [10] Vigneault DM, Xie W, Ho CY, et al. Ω -Net (Omega-Net): Fully automatic, multi-view cardiac Mr detection, orientation, and segmentation with deep neural networks. *Med Image Anal*, 2018, 48:95-106.
- [11] Tan LK, Liew YM, Lim E, et al. Convolutional neural network regression for short-axis left ventricle segmentation in cardiac cine MR sequences. *Med Image Anal*, 2017, 39:78-86.
- [12] Luo GN, Dong S, Wang K, et al. Multi-views fusion CNN for left ventricular volumes estimation on cardiac MR images. *IEEE Trans Biomed Eng*, 2018, 65(9):1924-1934.
- [13] Weidlich V, Weidlich GA. Artificial intelligence in medicine and radiation oncology. *Cureus*, 2018, 10(4):e2475.

《中华介入放射学电子杂志》赠刊、征稿启事

《中华介入放射学电子杂志》(刊号:ISSN 2095-5782, CN 11-9339/R)创刊于 2013 年,由国家卫生计生委主管、中华医学会主办的介入医学专业学术期刊。是中华医学会放射学分会介入组指定的官方学术刊物。总编辑为单鸿教授,常务总编辑为翟仁友教授,以光盘附纸质导读形式公开发行出版。杂志为季刊,每期 80 页左右,大 16 开本,铜版纸印刷,印刷精良,图片清晰。

本刊主要刊登神经介入、血管介入、肿瘤介入和非血管介入领域的临床及科研新进展,同时涵盖介入护理、介入学科管理及教学、医学影像等方面的研究成果。是广大介入放射工作者展示学术成果、临床经验和学习、交流的平台。

本刊运用丰富的文字、影视语言和全方位的多媒体技术,实现了图文并茂、视频与文本文件相结合。关于介入放射方面的专家论坛、基础与临床研究、短篇论著、个案和综述等,以及手术录像、讲课幻灯均可以投稿。

现我刊特举办免费赠刊活动,赠刊对象可以是科室、图书馆、个人等,免费索取!

请从本刊网站 <http://zhjrfsxdzz.paperopen.com>“下载中心”处下载并填写“赠刊索取单”,填好后发至邮箱 zhjrfsx@163.com 即可,我刊收到后会及时回复!

邮编:300190

地址:天津市南开区金平路 10 号 2 楼 204 室

电话:022-87087067

邮箱:zhjrfsx@163.com

网址:www.zhjrfsxdzz.paperopen.com