

RSNA2023 中枢神经影像学

胡爽, 谢彦, 阎肃, 朱虹全, 段冰芳, 李诗卉, 姚义好, 石晶晶, 张巨, 张琪雅, 张盈盈, 侯明佳, 朱文珍

【摘要】 2023 年 RSNA 年会中枢神经影像学方面的报告主要集中于利用人工智能联合传统影像学手段对脑卒中及脑血管疾病、脑肿瘤、大脑认知记忆和运动障碍性疾病、颅内感染、炎症和代谢性疾病、儿童神经系统疾病进行危险因素的识别、诊断敏感度的提高以及治疗方法的改进和预后监测;在技术方面,利用人工智能优化图像采集质量、辅助分析和算法解读。本文将对上述相关研究进展进行综述。

【关键词】 脑卒中;脑血管疾病;脑肿瘤;脑创伤;人工智能;体层摄影术,X 线计算机;磁共振成像

【中图分类号】 R741;R814.42;R445.2 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)01-0001-09

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.01.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



脑卒中及脑血管疾病

1. 脑卒中危险因素和预防

Cao 等通过对 102 例接受经血管介入治疗的(EVT)急性缺血性脑卒中(AIS)患者进行回顾性研究,引入一种新型评分系统评估静脉侧枝循环的状态(4D-VCS),研究 4D-VCS 对出血转化(HT)风险的预测价值。研究发现较高的血栓负荷评分(CBS, OR: 0.89)、良好的动脉侧枝循环(4D-ACS, OR: 0.53)和良好的静脉侧枝循环(4D-VCS, OR: 0.83)与出血转化风险降低显著相关,而将 4D-VCS 与其他预测因子相结合的组合模型(4D-VCS+4D-ACS+CBS)预测价值最高, AUC 为 0.851。

Liu 等纳入 150 例 60 岁以下无传统心脑血管危险因素的被试,使用头颈联合高分辨率 MRI 分析颈动脉几何形态与大脑中动脉(MCA)动脉粥样硬化之间的关系,研究发现 MCA 动脉粥样硬化组的颈动脉分叉角更大($P=0.026$),颈动脉分叉角度与 MCA 动脉粥样硬化风险因素独立相关($OR=1.232$, $AUC=0.622$),而颈动脉管腔面积和颅内颈内动脉形态没有显著差异。

Kanazawa 等对 41 例颈动脉狭窄患者行 T_1 WI、 T_2 WI 和 CEST-MRI 扫描, T_1 WI 和 T_2 WI 信号被定义为以肌信号为标准的斑块信号强度,根据 CEST-MRI 数据计算出水相信号、磁化转移(MT)、酰胺质子转移(APT)和 NOE 效应信号参数,回归分析 CEST

参数与 T_1 WI、 T_2 WI 信号比的关系,并与动脉粥样硬化斑块病理结果进行比较。研究发现 T_1 WI 信号比与水相信号($R=0.42$)、APT 信号($R=0.35$)和 NOE 信号($R=0.34$)之间存在微弱的正相关性,而 MT 比率的影响则较小。CEST-MRI 技术有望通过区分 APT 与 NOE 来评估动脉粥样硬化斑块。

Yan 等纳入因颅内动脉粥样硬化狭窄而发生急性脑梗死或缺血性脑卒中的 73 例(49 例男性)2 型糖尿病患者,将大脑中动脉 M1-3、大脑前动脉 A1-2 和大脑后动脉 P1-2 的近端和远端斑块计为负荷斑块,使用泊松对数线性回归模型或负二项式回归模型,探讨性别与颅内斑块负荷之间的关系,排除混杂因素后,男性颅内总斑块负荷和近端斑块负荷分别比女性高 1.422 和 1.590 倍,治疗后,女性患者的近端斑块负荷显著减少,男性/女性相对风险为 3.389,与男性相比,接受糖尿病治疗的女性近端颅内斑块负荷显著降低,提示降糖治疗对女性近端颅内斑块负荷具有保护作用。

2. 脑卒中诊断与治疗

Khanafer 等对 21 例蛛网膜下腔出血(SAH)后出现的脑血管痉挛(CVS)的患者,分别使用支架血管成形术和新的 pRELAX 牵引疗法治疗,评估两者的效果和安全性。使用 pRELAX 牵引手法治疗 6 例患者的 13 条血管,所有操作在技术上都是成功的,所有患者的血管造影都显示有显著改善。治疗后的血管均未出现需要进一步血管内治疗的复发性 CVS。在治疗区域没有发现新的缺血,后续血管造影也没有发现血管损伤。研究结果显示,支架取出器血管成形术治疗 CVS 是一种安全的治疗方式,具有显著的短期疗效。

Sohn 等开发验证了一种预测血栓切除术出血转变的机器学习模型,该模型使用三维 CT 数据提取

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科

作者简介:胡爽(1997—),女,河南驻马店人,博士研究生,主要从事中枢神经系统影像诊断和研究工作。

通讯作者:朱文珍, E-mail: zhuwenzhen8612@163.com

特征,通过添加完全连接的层,用于预测出血转化。研究纳入 202 例缺血性卒中患者,其中 109 例(53.9%)发生了出血转化,机器学习模型表现良好,平均 AUC 为 0.867,在测试数据集中 AUC 为 0.911,优于临床变量的逻辑回归模型,其在测试数据集中的 AUC 为 0.705。

Jayaraman 等纳入 59 例伴有颈内动脉(ICA)颈段和颅内血管闭塞的急性大血管闭塞(ELVO)患者,4 位经验丰富的神经放射科医生评估患者的单相或多相 CTA,评估标准为对比剂是否进入近端 ICA、颈段 ICA 中的对比剂分层、颈段 ICA 远端的充盈(仅限多相 CTA)以及是否存在假性闭塞的主观评估,使用广义混合模型检验诊断准确性,结果显示单相比多相具有更高的敏感度(75.0% vs 53.9%),特异度方面差异无统计学意义(84.1% vs. 84.2%),说明多相 CTA 的加入并没有显著改善敏感度或特异度。

Iulius 等采用基于 CTA 的后循环血栓负荷评分(BATMAN)和后循环侧支评分(PC-CS)分别对 60 例诊断为后循环卒中的患者进行评估,比较两种评估系统的预后价值和预测能力,应用评分系统所需的时间相差无几(90~100 s),两种评分系统与出院时的预后(P 值均为 0.034)和出院后 3 个月的预后(BATMAN 评分 $P=0.0012$;PC-CS 评分 $P=0.0035$)有良好的相关性,结果表明两种评分均是可行且易于应用的,BATMAN 与出院后 3 个月的预后更相关。

3. 脑血管病诊断和治疗

Urlick 等使用 Siemens NAEOTOM Alpha 系统和 Siemens SOMATOM Flash 系统在 140 kVp 的单能量模式下对颅内动脉瘤的仿真体膜进行扫描。由经过培训的神经放射科医师对图像进行定性评估,并对对比噪声比(CNR)进行定量评估,发现 55 keV 的虚拟单能量重建(VMR)和特定金属伪影减少技术(IMAR)可获得更高质量的图像,减少了颅内血管的金属伪影,并改善了 CNR,为治疗后的动脉瘤随访提供了无创的替代血管造影的方法。

Gottberg 等纳入 102 例患者研究了药物涂层支架(DES)在难治性颅内动脉狭窄(ICS)血管治疗中的作用。在 DES 治疗 3 个月和 6 个月对患者进行随访、体格和神经系统检查以及数字减影血管造影,评估新发的缺血/RS、mRS 的评分变化和再狭窄情况。结果发现术中、术后卒中和死亡以及再狭窄的风险低于以往的随机对照多中心试验结果,与裸金属支架治疗相比,DES 用于治疗药物难治性 ICS 是一种可行且安全的治疗选择。

Urlick 等对疑似颅内大血管闭塞患者的常规临床光子计数 CT(PCCT)扫描进行评估,采用深度学习的

方法对初始图像分割,使用基于半自主阈值的方法进行血管树分割,以创建颅内动脉的 3D 网格,使用 HARVEY 进行计算流体动力学(CFD)模拟,使用内部代码处理计算,生成模拟传统 DSA 的时间分辨图像。结合高分辨率 PCCT 血管造影和 CFD 创建出无创的具有类似 DSA 时间分辨的图像,最终实现对脑血管动力学的无创评估。

Yasar 等对 802 例脑淀粉样血管病(CAA)老年人大脑进行离体多回波自旋 MRI,将灰质分为 34 个皮质区和 8 个皮质下区,获得每个区域的中位 $R2$ 值。对所有大脑进行详细的病理学评分,评分内容包括:CAA、 β 淀粉样蛋白斑块、神经纤维结、梗死、微梗死、TDP 43 病理学、海马硬化、路易体、动脉粥样硬化和小动脉硬化。在每个大脑区域中独立进行多元线性回归,测量中位 $R2$ 值与 CAA 评分的相关性,发现 CAA 与颞叶、额叶皮层以及皮层下结构的 $R2$ 升高独立相关。

Kumar 等对全国 621 家机构接受卒中血栓切除术的 34074 例卒中患者($RAD=354$, $NEURO=267$)再入院、死亡率、住院时间和急性护理后出院等方面的差异进行放射学专科(RAD)或神经学专科(NEURO)评估。结果发现,入住 RAD 占主导地位的医疗机构的患者 30 天再入院率、60 天再入院率、90 天再入院率和 90 天死亡率较低,这表明 RAD 与 NEURO 机构之间的卒中血栓切除术结局存在差异。

Liu 等招募 50 例健康成人分别在 3.0 T 和 5.0 T MR 仪器上进行 SWI 检查,使用主观 Likert 5 分制评分和 SNR、CNR 评估图像质量,并使用 3 分制方法评估深髓静脉[大脑大静脉(VofG)、大脑内静脉(ICV)、前隔静脉(ASV)和前隔静脉(ASV)的流入静脉]显示的质量。结果发现 5.0T MR 图像的 SNR 和 CNR 值均高于 3.0T MR,但 5.0T MR 与 3.0T MR 图像质量主观评分差异无统计学意义。在深髓静脉的评价方面,3.0T MR 和 5.0T MR 对于 VofG 和 ICV 的显示较好,评分差异无统计学意义,而 5.0T MR 显示 ASV 明显优于 3.0T MR。

脑肿瘤

Sara 等分析了 203 例 5~18 岁的小儿低级别神经上皮肿瘤(PLGNT)患者的脑部 MRI 报告,利用放射学报告指导下的深度学习模型来预测 PLGNT 中 BRAF 融合或 BRAF V600E 突变,并识别关键文本特征以提高预测结果的可解释性。该深度学习模型在测试集的平均 AUC 为 0.864 ± 0.075 ,对准确分类 PLGNT 的遗传标记物有良好的性能。

Dario 等纳入分析了 41 例 EB 病毒(EBV)相关的

原发性中枢神经系统淋巴瘤(PCNSL)的磁共振影像特征,发现多发性坏死(78.9%)和出血(85.7%)是EBV相关PCNSL影像诊断的MRI标志物,细胞增生(67.6%)是PCNSL中常见的典型特征,而“偏心靶征”(18.0%)和“同心靶征”(15.0%)较少出现,可与中枢神经系统弓形虫病相鉴别。

Yongsik等纳入81例伴H3K27改变的成人弥漫性中线胶质瘤(DMG)和365名DMG儿童患者,两组总生存期(OS)对比发现DMG成人患者的OS长于DMG儿童患者(30.3个月 vs. 12.0个月),Cox分析结果显示确诊年龄(危险比[HR]=0.95)、病变位于脊髓(HR=0.39)和非增强肿瘤的非全切除(HR=10.70)与较长的OS独立相关。

Li等回顾分析了来自三个中心的475例局限性星形细胞瘤(CAGs)和弥漫性胶质瘤(DGs)的MRI数据,分别训练肿瘤和瘤周VOI、肿瘤整体VOI和肿瘤与瘤周交界VOI的放射组学模型,发现肿瘤与瘤周交界VOI放射组学模型有最佳区分性能,模型在训练集和验证集的AUC均超过0.80,而加入临床特征的组合模型AUC达到0.94。研究证实瘤周区域的放射组学混合模型在鉴别胶质瘤类型方面有更大的潜力。

Sanvito等回顾性分析了47例LITT治疗BM的临床资料,通过生存分析评估治疗前影像学特征与PFS-L之间的相关性,并比较了治疗前扫描、治疗后早期、1年随访和≥2年随访之间表观扩散系数(ADC)的变化,发现治疗前体积大、球形度低、灌注高的脑转移瘤LITT失败的风险更大,符合反应标准的病变随时间表现出特征性的指数收缩,并表现出总体ADC下降,随后长期增加。

Kim等研究了568例确诊为异柠檬酸脱氢酶(IDH)和O-6-甲基鸟嘌呤-DNA甲基转移酶(MGMT)启动子甲基化状态的新诊断胶质母细胞瘤患者,评估了基于对比增强病变的GTR(CE-GTR)和NE-GTR与总生存率(OS)之间的关系,发现NE-GTR对IDH野生型胶质母细胞瘤和MGMT启动子甲基化阳性的患者更重要,与基于CE的GTR相比,基于NE的GTR改善了结果分层,并完善了基于分子的RPA分层。

Godov等对6例GBM患者进行了全脑波谱成像(WBSI),通过对WBSI数据进行场不均匀性和涡流校正、K空间再网格化、空间和傅立叶变换,标记“肿瘤mask”和“正常mask”,获得使用改进的换能器阵列布局进行TTFields递送的“目标体积”,从而发现WBSI衍生的代谢物图谱更全面地反映了肿瘤的真实空间范围,并为传递增强剂量的TTFields提供了更准确的存活肿瘤细胞边缘。

Moon等招募了65例IDH野生型胶质母细胞瘤患者,这些患者接受了CCRT并获得了术后即刻和间隔3个月的3次系列MRI扫描包括扩散加权成像和动态磁化率对比成像,使用k-means聚类将来自脑血容量和表观扩散系数图的体素分组到3个空间栖息地(高血管细胞、低血管细胞和非存活组织),通过比较一系列MRI扫描中高血管细胞和低血管细胞生境的变化,计算离散生境风险评分,采用Kaplan-Meier法和Cox回归分析评估TTP与生境风险评分之间的关系,发现CCRT术后的栖息地风险评分是TTP的独立预测因子,并成功地对IDH野生型胶质母细胞瘤患者的TTP进行了分层。

Choi等回顾了79例在全切除和替莫唑胺同步放化疗后的随访MRI中出现了新的室管膜下强化(SE)的弥漫性胶质瘤患者,进行了单变量相关分析,以确定SE间期、基因突变之间的显著变量,随后使用显著变量进行多变量逻辑回归。对于rCBV的附加值,在有和没有rCBV的多元逻辑回归模型之间进行了对数秩检验,并获得受试者工作特征下面积(AUROC),结果发现在区分新室管膜下强化的放射改变和LMD进展时,较小、较长且rCBV较低的病变可预测消退。

Raghuwand等对来自18例参与者的校准、共配准mpMRI图像开发了一种基于规则的算法,将多参数MRI(mpMRI)上的大脑体素分配给不同的组织类型,在一个多变量模型中结合肿瘤内组织类型体积,预测接受低分割再放疗、贝伐单抗和彭布罗利珠单抗(“免疫放疗”)治疗复发性HGG(rHGG)的进展时间(TTP),并对285例参与者进行验证,发现CE与ET高度相关,NET/NCR与多种组织类型中度相关,使用每个时间点和CE及液体体积的模型预测给定扫描日期的30天内是否会发生进展的准确率为82.5%。

脑认知、记忆和运动障碍

Gillen等通过研究纳入74例脑小血管病伴轻度认知障碍患者(CSVD-MCI)、79例脑小血管病无认知障碍患者(CSVD-no MCI)和55例健康对照(HC),使用定量磁化率映射(QSM)来比较在基底节灰质核团中脑铁沉积的差异,以及脑铁沉积与运动功能障碍之间的相关性。结果显示,CSVD-MCI组患者基底节灰质核团中(包括壳核和尾状核)的脑铁沉积高于CSVD-no MCI组和健康对照组。多变量线性回归分析表明,糖尿病是影响CSVD-MCI患者基底节灰质核团铁沉积的因素,而年龄是影响CSVD-no MCI患者基底节灰质核团铁沉积的因素。焦虑在左侧壳核铁沉积预测CSVD患者运动功能障碍方面显示出明显的中介效应。相关性分析结果表明,CSVD患者左侧基底

节灰质核团的铁沉积与五次重复坐立测试(5R-STST)时间呈正相关。研究发现脑铁沉积可能在 CSVD-MCI 患者中导致认知和运动功能障碍,并可能成为预测痴呆的定量成像标志物。

Luan 等纳入 30 例阿尔茨海默病(AD)和 26 例年龄和性别匹配的健康对照(HCs),利用定量磁化率成像(QSM)探讨 AD 患者脑铁积累的变化,并应用综合成像转录组学方法确定变化的转录和细胞相关性。研究结果发现 AD 患者的左侧尾状核 QSM 增加,而通过偏最小二乘法回归(PLS)分析发现第一个 PLS 成分解释了 QSM 变化的最高比例,基因表达图谱与对照组 QSM 图在空间上相关。基因本体论(GO)分析发现一些离子通道活动生物通路的富集,上调基因与小胶质细胞(MG)显著相关,而下调基因与谷氨酸能神经元(GLU)显著相关。

Wibecan 等纳入在安全网学术医疗中心 2018 年 3 月 1 日至 2022 年 2 月 28 日进行的所有门诊头部 CT、头部 CTA 和脑部 MRI 检查的数据,共包括 1699 例患者,分析认知障碍(CI)成像检查的不同种族群体间存在的差异。结果表明,黑人/非洲裔美国人进行成像检查时的平均年龄明显大于其他种族组,同时,黑人/非洲裔美国人接受 MRI 检查的比例也较低,为未来采取措施改善医疗保健公平性提供了有益信息。

胆碱能系统的退化是导致阿尔茨海默病临床前期认知障碍的重要因素。Hong 等对 41 例客观细微认知功能下降(Obj-SCD)患者和 61 例健康对照者(HC)在基线、12 个月、24 个月和 48 个月的随访中进行了淀粉样蛋白 PET 和 MRI 扫描以进行胆碱能梅纳特基底核(NBM)分割和胆碱能通路追踪。胆碱能系统的变化,包括 NBM 体积的变化和胆碱能通路的完整性。与基线时的 HC 相比,Obj-SCD 患者的 NBM 容积下降,内侧胆碱能通路平均扩散率(MD)增加,而外侧通路没有显著差异。纵向分析结果表明随着时间的推移,归一化 NBM 体积和胆碱能通路 MD 均下降。另外,研究还发现 NBM 体积和胆碱能通路的变化与淀粉样蛋白聚集和白质高信号有关。

Zheng 等对 46 例心力衰竭(HF)患者和 32 例年龄和性别匹配的健康志愿者使用 PET/MR 技术获得了归一化灰质体积(GMV)图像、归一化 CBF 图像、归一化 PET 标准化摄取值比(SUVr)图像和心脏磁共振参数,以对 HF 患者脑部变化与认知能力的相关性进行表型分析。与对照组相比,心力衰竭患者的认知能力明显下降,双侧距状皮质、尾状核、丘脑、海马、楔前叶、扣带后皮质、舌回和嗅皮质等区域脑代谢低下,双侧丘脑和海马的 GMV 降低。低代谢脑区的 SUVr 与认知能力、舒张末期容积、每搏量、心输出量和左心

室质量相关。研究表明心力衰竭患者的心脏功能障碍可能导致全身灌注减少,进而诱发慢性脑灌注不足、新陈代谢和脑结构变化,最终导致认知障碍。

处于缓解期的免疫性血栓性血小板减少性紫癜(iTTP)患者的脑容量减少,持续性认知障碍的发生率更高。Chen 等采集了 33 例 iTTP 成年患者处于疾病缓解期的脑部 3D T1w-MRI 图像和神经认知测试(NIH ToolBox)结果,通过 NeuroQuantTM 获得大脑形态测量结果,与年龄和性别匹配的普通人群相比,除小脑外,所有 iTTP 患者脑区体积明显缩小(所有脑区 $P < 0.05$),Spearman 双尾检验发现 iTTP 患者 NIH ToolBox 综合总分与皮层灰质总体积的归一化体积呈正相关(P 均 < 0.05)($R = 0.43$),以及与顶叶($R = 0.43$)、枕叶($R = 0.44$)和颞叶($R = 0.36$)相关。

Gupta 等分析了 PPMI 数据库的 100 例帕金森病(PD)患者和 100 例健康对照的 3D T1WI 图像,使用基于深度学习的 NeuroShield 自动分割算法,计算颅内容积(ICV)、白质(WM)体积、灰质(GM)体积以及深灰质(dGM)体积,使用性别作为协变量进行分析发现 GM 或 dGM 体积在组间无统计学差异,男性 PD 患者 ICV 增加且 WM 体积降低,未在女性中发现此种差异。该研究提示 PD 可能与遗传因素或早期脑损伤的代偿机制有关。

Park 等研究了 322 例药物治疗无效的早期帕金森病患者,利用多巴胺转运体(DAT)成像和高分辨 T1WI 获得脉络丛(CP)体积参数,调整症状出现年龄、性别、病程、体质指数和白质高信号强度体积等协变量后,根据 CP 体积进行了 Cox 回归和线性混合模型,评估了纵向运动结果[左旋多巴诱导的运动障碍进展(LID)、疗效减退、冻结步态(FOG)以及多巴胺能药物剂量的纵向增加],发现 CP 体积与帕金森病患者较高的 UPDRSIII 基线值、较高的步态冻结风险以及较快的多巴胺能药物剂量增加有关。

Sadabad 等对不同的机器学习(ML)和深度学习(DL)方法诊断帕金森病作了系统性综述,发现 ML 和 DL 诊断的敏感度、特异度、准确性和 AUC 均高于 0.95,具有较好的检测价值。

脑创伤

Chang 等纳入 2017—2023 年在网络急救中心就诊的 1642 例服用抗凝剂(AC)和抗血小板(AP)制剂的颅脑损伤患者,对初次检查未发现颅内出血的患者进行重复 CT 扫描,发现与口服抗凝剂(DOAC)组相比,服用华法林或 AP 药物组的颅内出血发生率(3.6% vs 0.7%,RR 5.1, $P < 0.01$)和死亡率(0.9% vs 0.0%)更高,接受和不接受阿司匹林治疗的华法林/

AP 组的出血风险均增加(使用阿司匹林:6.0% vs 1.7%,不使用阿司匹林:1.5% vs 0.2%),服用 DOAC 的患者同时服用阿司匹林,发生颅内出血的风险显著增加(1.7% vs 0.16%,RR 10.8, $P<0.01$)。研究证实头部外伤患者在服用 AC/AP 药物和阿司匹林的同时,应进行重复检查以排除颅内出血的风险。

Lipton 等分析了 148 例成年业余足球运动员扩散张量成像和神经突密度成像与两年内的头球暴露水平的关系,通过混合效应模型纳入被试的年龄、性别、脑震荡史和教育程度做为协变量,研究发现头球高暴露与额叶 WM 区域的平均扩散率(MD)、径向扩散率(RD)和轴向扩散率(AD)增加,右上额叶白质和上放射冠的定向弥散指数(ODI)降低有关,表明更多的头球暴露涉及白质微结构损伤。

Dogra 等对轻度创伤性脑损伤(mTBI)使用静息态功能磁共振观察到的功能连接变化文献进行系统性综述,在 5 个数据库中提取了 66 项研究的数据,发现 mTBI 组的受试者平均年龄为 36.6 岁,女性占 48%,对照组的平均年龄为 36.6 岁,女性占 45%。最常见的分析方法是种子点-体素分析,其次为独立成分分析,分析对象主要为整个大脑网络和默认模式网络。研究发现使用相同的方法研究相同的区域或网络,报告的功能连接模式依旧存在异质性。

Song 等分析了 353 例业余足球运动员进行头部撞击评分、扩散张量磁共振成像(DTI)和语言学习能力(VL),使用线性模型分别分析了头部撞击与 VL 的关系、头部撞击与各向异性分数(FA)斜率的关系以及头部撞击、FA 斜率与 VL 之间的关系,其中年龄和性别作为协变量。研究发现头部撞击与较差 VL 有关($P=0.0305$),而高频率头部撞击与额叶 GWI FA 斜率降低相关($P=0.00745$),额叶 GWI FA 斜率是头部撞击与较差 VL 之间的重要中介者($P=0.0186$)。

蛛网膜下类淋巴状膜(SLYM)是外层蛛网膜下腔(SAS)中的膜状结构。Miyasaka 等采用 48 例严重头部外伤住院患者的 MRI 图像观察 SLYM 结构,并测量 SAS 异常部分的厚度。37.5%的患者发现 SAS 中不成比例的液体滞留,平均厚度为 5 mm,20.8%的患者蛛网膜下腔出现硬膜下血肿。异常 SAS 的患者中 72.2%伴有脑挫裂伤或弥漫性轴索损伤,11.1%伴有脂肪栓塞;没有异常 SAS 的患者中 70%出现脑挫裂伤或 DAI。本研究说明在严重头部外伤的患者中,SAS 损伤的发生率较低,SAS 损伤与脑挫裂伤或 DAI 之间并没有直接关系。

Knoblauch 等纳入 540 例轻度创伤性脑损伤(mTBI)患者的临床和影像学数据,包括年龄、性别、MRI 是否正常、受伤时的意识丧失(LOC)、生存时间

上七种临床 mTBI 症状(头痛、平衡困难、认知障碍、疲劳、焦虑、抑郁和情绪不稳定)的发生和改善。利用脑 MRI 得到脑室体积(NPVV)、颅内体积(VV),与临床和人口统计指标之间进行统计分析,结果发现女性患者的 NPVV 更大,MRI 正常与否与脑室容积显著相关($P<0.00041$),MRI 异常患者的脑室容积明显大于 MRI 正常的患者,且年龄是影响颅内体积的首要特征。

脑感染性、炎症性和代谢性疾病

Kim 等通过对 1121 例年龄和性别匹配的非糖尿病、糖尿病前期和糖尿病参与者采用线性趋势模型进行体素形态测量,发现随着糖尿病的进展,基底节灰质体积呈线性减少趋势,进一步采用结构协方差的格兰杰因果网络发现基底节体积的减少导致整个糖尿病进程中双侧颞回、额极、海马旁和双侧扣带回后/楔前体积减少。基于以上结论,Kim 等提出高血糖影响大脑基底节启动和网络传播模型,该模型预测糖尿病患者的准确度为 60.12%。

边缘叶年龄相关 TAR DNA 结合蛋白 43 脑病(LATE)与老年人认知功能受损有关。Tazwar 等纳入 148 例已故老年人,采用从 DTI 扫描获得的分数各向异性(FA)图定义 LATE 神经病理学改变(LATE-NC)影响的 19 个大脑区域网络的结构连通性。控制混淆变量的情况下,线性回归分析显示 LATE-NC 分期越高,特征路径越长,全局网络指标越低。在 74%、79%、32%和 63%的节点中,LATE-NC 分别与局部效率降低、节点路径长度增加、节点强度降低和聚类系数降低有关。LATE-NC 与较高的(21%的节点)和较低的(16%的节点)特征向量中心性相关,与较高和较低的 21%的节点间中心性相关,本研究使用图论的方法揭示了 LATE-NC 对大脑连接性的影响。

Rau 等使用弥散微结构成像(DMI)对 89 例新冠病毒后遗症(PCC)患者进行前瞻性横断面研究,对全脑 DMI 数据的分析表明灰质体积从神经元周围间隙(V-extra)向自由水分分数(V-CSF)转移程度,与初始 COVID-19 感染的严重程度相关。与临床评分进行的基于体素的关联分析发现,PCC 中存在与认知功能受损、嗅觉障碍和疲劳相关的特定大脑网络的变化。

脉络丛(CP)的体积与复发缓解型多发性硬化症(RRMS)脑部病变负荷(尤其是铁边缘病变负荷和萎缩)密切相关。Li 等对 99 例 RRMS 患者和 60 例对照组的 CP、全脑和病灶的体积进行分析,发现 RRMS 患者的 CP 体积比 HC 患者增大 30%,铁边缘病变(IRL)患者比无 IRL 患者大 20%。CP 体积与白质病变(WMLs)体积的相关系数 $r=0.46$,与 IRL 体积 $r=$

0.51,且 CP 的增大与认知障碍和较高的残疾程度相关。

叶酸受体 β 是促炎表型标志物,在小胶质细胞上表达,可作为潜在的成像靶点。Andrew 等设计一种脂质体、叶酸靶向纳米粒子造影剂,对出现淀粉样蛋白和 tau 病理学的 AD 小鼠模型进行 T1w-MRI 成像,与基线扫描相比,两种模型对比后均信号增强,淀粉样蛋白小鼠模型相对增强率($+5.9\%$, $P<0.005$)高于 tau 病理小鼠模型(3.9% , $P<0.05$),免疫荧光分析表明与对照组小鼠相比,病理模型小鼠大脑中小胶质细胞水平更高。

儿童神经及癫痫

Fireuzabadi 等纳入 35 例牵牛花视盘发育异常(MGDA)儿童患者,回顾评估 MGDA 患者眼部异常以外的,与 MGDA 相关的视神经、交叉、垂体和中央颞底异常的发生率和类型,研究发现 16 例(46%)患者有病变侧视神经增粗,21 例(60%)患者视交叉不对称,其中 19 例(54%)患者同侧增厚,3 例(8%)患者对侧较小,20 例患者(46%)显示永久性颅咽管(CPC)。研究证实同侧视神经和交叉的增厚常常与 MGDA 相关,不应误诊为视神经胶质瘤。

Wismueller 等采用 59 个 rsfMRI 数据集,通过引入新的机器学习技术,利用功能磁共振成像(fMRI)来辨别自闭症谱系障碍(ASD)患者,并使用大规模增强的 Granger 因果关系(lsAGC)算法对大脑变化进行分析,lsAGC 算法通过降维技术对高维度 fMRI 时间序列进行因果建模,采用了支持向量机分类和交叉验证方法进行评估。与传统的 CC 分析和部分相关相比,lsAGC rsfMRI 分析方法在 ASD 个体和健康对照的准确分类方面表现出色,准确率为 93%,AUC 为 0.90, f1 评分为 80%。

Choi 等纳入 136 例极低出生体重的早产儿,通过对 T₁ 加权、T₂ 加权和分数各向异性(FA)图像提取的基于区域的影像组学特征进行分析,探讨其在预测早产婴儿两种神经发育结果[Bayley 精神发育指数(MDI)和心理运动发育指数(PDI)]的可行性。将影像组学特征与临床变量相结合,基于 MDI 的不良结果组合模型预测 AUC 值为 0.87,临床模型为 0.66,影像组学模型为 0.59;基于 PDI 的不良结果组合模型预测 AUC 值为 0.92,临床模型为 0.89,影像组学模型为 0.76。研究结果表明,临床变量结合基于区域的影像组学特征能够提高对早产婴儿不良神经发育结果的预测准确性。

Gao 等纳入两个数据集的 235 例首发精神分裂症患者和 214 例健康对照,从高分辨率 T₁WI 中提取皮

层局部脑沟指数(LGI)。在 LGI 和阳性与阴性症状量表(PANSS)之间进行偏相关分析,从 Allen 人类大脑图谱(AHBA)数据库中提取 6 个特定基因类别和 232 个精神分裂症风险基因的表达谱,在 LGI 变化和基因表达之间进行跨样本相关研究,研究发现首发精神分裂症患者在多个脑区显示皮层局部脑沟指数(LGI)的降低,尤其在额内侧回、颞上回、前扣带回和脑岛。这些 LGI 变化与阴性症状呈负相关,并与特定风险基因表达相关。

Schaeubinger 等对 129 例小儿神经纤维瘤病型 1(NF1)患者不同基因突变、脑 MRI 和临床特征关系进行总结,发现 34 例(26.4%)患者为非典型脑影像,表现为皮质畸形、脑回异常简化、伴有 T₂/FLAIR 皮质和皮质下白质高信号。表现为丛状神经纤维瘤 53 例(41.1%),视神经胶质瘤 66 例(51.2%),烟雾病 8 例(6.2%),脑畸形 6 例(4.7%)等。基因突变主要包括截断突变(51.2%)、剪接突变(22.5%)、缺失(13.2%)等。临床方面,行为/认知或发育障碍(62%)、自闭症谱系障碍 ASD (12.4%)、注意力缺陷多动障碍 ADHD (34.9%)等普遍存在。研究发现,错义突变的行为/认知或发育障碍发生率($P=0.02$)、剪接突变的 ASD 发生率($P=0.02$)、截断突变的 ADHD 发生率($P=0.03$)均增高。值得注意的是,缺失基因的患者中有 64.7%显示异常脑影像,这与非缺失组相比差异有统计学意义($P=0.004$)。

技术和方法

1. 扩散、灌注和其他技术

Diehn 等对 10 例颈动脉球/近端 ICA 狭窄的成年患者进行光子计数探测器(PCD)CT 和能量积分探测器(EID)CT 扫描,并对 PCD-CT 图像使用深度卷积神经网络(HR-CNN)去噪算法重建。对于三组图像分别评估图像的医生偏好度、狭窄百分比和斑块性质,结果发现 PCD-CT 结合 HR-CNN 去噪算法为颈动脉狭窄提供了优于 PCD-CT 和 EID-CT 的图像质量,提供了最高的医生偏好度和更准确的血管狭窄程度及斑块性质。

使用深度学习模型处理磁共振扩散加权成像(DWI)数据,可无监督地发现注意缺陷多动障碍(ADHD)患者的脑微结构偏差。Huynh 等收集了来自 1704 例青少年大脑认知发展研究数据库的 DWI 图像,使用自动纤维定量(AFQ)技术获取了 30 个主要白质束的定向一致性(FA)值构建深度学习模型。通过计算预测 FA 值和实际 FA 值的绝对误差(AE)异常评分,发现在有与无 ADHD 的受试者之间异常评分存在显著差异(0.042 vs 0.038 , $P=0.041$),在 30 个白

质束的比较中,ADHD 与对照组在左侧弓形束、左侧扣带回、左侧皮质脊髓束、右侧皮质脊髓束、额顶叶、右侧额枕下束、左侧下纵束、顶上叶和颞叶等 9 个纤维束上存在差异。

体育锻炼促进淋巴管和脑膜淋巴管流量增加可能是减缓痴呆和认知障碍的潜在机制。Yoo 等纳入 37 例健康正常志愿者,被随机分配进行单次(急性组)或 12 周计划(慢性组)的自行车测力计运动,并在运动前后(基线、静脉注射对比剂后 0.5 h 和 12 h)进行淋巴管流量和膜淋巴管流量的定量评估。研究结果显示,在慢性运动组中,壳核处的 ΔT_1 从 25.7 ms 增加到 34.7 ms,且运动后脑膜淋巴管的平均信号变化百分比也显著增加。与之相反,在急性运动组中,壳核处的 ΔT_1 和脑膜淋巴管的平均信号变化百分比均没有显著差异。

Pourmorteza 等使用了一个填充有碘和钆基对比剂与水的凝胶瓶来校准线性材料分解算法,用具有 8 个能量仓的原型深硅 PCD-CT 扫描仪扫描模型。基于 8 个能量仓的数据计算基本材料图,并使用滤波反投影算法进行重建,采用材料分解算法将基本材料图转换为碘和钆基对比剂图像。研究结果显示,估计出的碘和钆基对比剂浓度的误差范围分别为 $-1.02 \sim 1.50$ mg I/mL 和 $-0.01 \sim 2.3$ mg Gd/mL,在具有单一对比剂和两种对比剂混合物的小瓶中,没有发现显著的误差偏差,研究结果表明深硅 PCD-CT 技术可以用于量化两种对比剂混合物中碘和钆基对比剂的浓度,改善和拓展脑部 CT 成像技术。

护理点(POC)MRI 是一种新的成像技术,可以在床边进行低场脑 MRI,对早期发现缺血、出血或颅内压升高的危重患者进行管理。Yep 等纳入 22 例接受 POC MRI 检查的患者。在 19 例术前接受 CT 检查的患者中,POC MRI 检测到了 3 例未在 CT 中观察到的急性颅内异常,POC MRI 同样能检测到与 CT 检测相同的 6 例急性梗死、9 例脑出血和 8 例占位效应。结果表明,POC MRI 技术在床边检测急性颅内损伤方面具有较高的速度和便利性,能够对无法进行 CT 或固定 MRI 检查的危重患者进行成像。

Luan 等对 56 例耳鸣患者和 62 例非耳鸣患者对照使用动脉自旋标记(ASL)技术和 Allen 人脑图谱(AHBA)获得的脑血流(CBF)图和大脑微阵列表达数据进行分析,揭示耳鸣与健康大脑转录组和 CBF 之间的关系。使用偏最小二乘回归(PLS)分析得出耳鸣患者表现为左侧颞横回的 CBF 增加,且耳鸣表型与特定基因表达模式之间存在相关性。进一步的生物信息学分析发现,PLS1-基因与蛋白质磷酸化生物途径显著相关,而权重降低的基因与 GABA 能神经元显著相

关。

2. 人工智能图像采集

Sung 等对纳入的 100 例受试者采集包括自旋回波序列和梯度回波序列在内的常规 MR 图像(T_1 WI、 T_2 WI、 T_2 -FLAIR 和 3D T_1 WI),与基于深度学习的快速重建 MRI (DL-FR)图像进行定性和定量比较。结果表明,基于深度学习的快速重建在不影响病变检测和定量体积分析的情况下,显著提高了脑 MRI 自旋回波和梯度回波序列的效率和图像质量。

深度学习(DL)图像重建允许更快的 MRI 采集,并可以从现有数据集创建合成图像。Lawrence 等利用基于 dicom 的深度学习应用程序在一项多中心脊柱研究中,从矢状面 T_1 和 T_2 脊柱 MR 图像生成了合成的 STIR (Syn-STIR)序列,进而比较 Syn-STIR 序列与直接获取、非合成的 STIR (Acq-STIR)序列的性能。研究发现,在疾病病理分类方面,随机引入 Syn-STIR 预期的读者间一致性降低 3.23%,对于创伤的读者间一致性增加了 1.9%,表明 Syn-STIR 与 Acq-STIR 脊柱 MR 图像在诊断上具有互换性,同时发现了图像质量显著提高。

脑肿瘤成像中较高的钆对比剂剂量可增加病变敏感性,但更大的剂量会增加安全性问题,Srivathsa 等开发一种深度学习(DL)方法实现在不增加对比剂剂量的情况下增强对比度的临床性能。使用预对比和标准后对比(SC) 3D T_1 WI 图像作为输入生成对比度增强(CB)图像,放射科医生对 100 例图像进行诊断分类并进行评分,研究结果表明深度学习方法生成的 CB 图像在病灶增强、描绘、形态学和图像质量方面的评分高于 SC 图像($P < 0.005$),CB 的 LBR(病灶-脑比)和 CEP(对比增强百分比)(5.22 ± 1.43 & 89.95%)显著优于 SC(3.78 ± 0.90 & 185.10%)。

便携式低场强(64 mT) MRI 扫描仪有望用于临床和科研目的的神经成像,但与高场强扫描仪相比,其产生的图像质量和分辨率较低。Alfredo 等开发并评估了一种深度学习方法,使用 64 mT 和 3T 扫描 65 例多发性硬化症(MS)患者,采集 T_1 、 T_2 、FLAIR 图像,使用 32 例患者训练生成对抗网络(GAN)架构用于低场到高场图像超分辨率和翻译,33 例患者作为测试集,结果表明重建的高场输出图像在视觉上的质量优于低视场输入图像,在 T_1 ($pFDR = 0.006$)、FLAIR ($pFDR = 0.03$)和 T_2 ($pFDR = 0.024$)对比中,重建输出与配对的高场图像的结构相似性(SSIM)显著高于输入的低场图像,重建输出基于自动分割(MiMOSA)的总 MS 病变体积与高场体积的相关性(Spearman $Rho = 0.65$)优于原始低场体积(Spearman $Rho = 0.55$),重建输出的 MS 病变也比原始输入图像更明

显。因此,针对低场强到高场强超分辨率的生成对抗网络方法生成的合成高场图像,其视觉和定量质量、区域体积和病变负担与配对的高场图像相当。

Roh-Eul 等收集 64 例治疗后胶质瘤患者的 184 个数据集,这些患者在 3 次随访(FU)检查中,第二次在不同的 MRI 供应商处进行,数据按 8:2 的比例随机分为训练集和验证集,训练配对的 CycleGAN 以生成与基线 MRI 图像相似的第二次随访的 MRI 图像。使用相似指数度量(SSIM)和学习图像斑块相似百分比(LPIPS)来训练模型,采用强度值的平均值和标准差、灰质(GM)和白质(WM)的对比噪声比(CNR)和 3D SSIM 评分来评估协调后的验证集中的图像。该团队发现随着训练的进行,LPIPS 得分普遍下降,而 SSIM 得分普遍上升。3D SSIM 评分在基线与协调随访图像之间的变化高于基线与原始随访图像之间的变化,与基线相比,协调随访图像中 GM 和 WM 强度值的平均值和标准差以及 CNR 均低于原始随访图像($P < 0.001$)。该研究表明基于配对 CycleGAN 的深度学习算法在 MRI 协调方面表现良好,提高了治疗后胶质瘤患者随访 MRI 评估的诊断信誉度。

弛豫归一化质子转移速率(MRAPTR)与常规磁化转移比不对称(MRTasym)指标评估急性卒中的能力不同。Yin 等纳入正常受试者 6 例,缺血性脑卒中患者 106 例,结果表明 MRAPTR 与 MTRasym 在观察者间一致性和位点间可靠性分析上相似,但 MRAPTR 值比 MTRasym 值更接近基线,数据分布更加集中;APTw 测量图显示 MTRasym 和 MRAPTR 减少,这意味着酸中毒和梗死灶中质子交换减少;梗死灶 MTRasym 和 MRAPTR 与对侧正常区差异有统计学意义($P = 0.001$ 、 < 0.001)。但在某些情况下,梗死灶处的 APTw 指标升高标志着 APT 结果的逆转,与 MTRasym 相比,MRAPTR 显示梗死灶的逆转率显著降低(分别为 24.5%和 2.8%);MRAPTR 对急性缺血性病变的反映效果优于 MTRasym。研究表明 APTw 指标均能反映缺血性病变,但 MRAPTR 指标优于 MTRasym 指标。

3. 人工智能图像分析

Yoo 等分别从两个数据集纳入 340 例儿科低级别神经上皮肿瘤(PLGNT)病例和 369 例公共多模态脑肿瘤分割挑战 2020(BraTS)病例,开发一种用于肿瘤分割的弱监督(WS)方法,该方法利用影像标签来自动分割 MRI 扫描中的异常感兴趣区域(ROI),无需进行人工手动标注。WS 方法在 PLGNT 数据集 AUC 为 0.822, BraTS 数据集为 0.933,提供了与手动分割同样的效能。

Abdelrahim 等开发了一种基于结构磁共振

(sMRI)提取的形态学标记与社会反应量表(SRS)行为评分的相关性来确定自闭症严重程度机器学习(ML)系统,该系统在 521 例自闭症患者和 593 例对照受试者测试中实现了 94%的总体准确率,98.18%的敏感度,95.56%的特异度。作者认为该方法不仅限于 SRS 报告,还可以用于其他行为报告以及用于任何大脑疾病的诊断。

Kim 等采用来自静息态功能磁共振成像数据库的 109 例精神分裂症患者和 120 例对照者,通过计算全脑静息态功能连接(rsFC)矩阵,利用改良的基于连接体的预测模型(CPM)和支持向量机(SVM)对患者和对照组进行分类,并使用三个不同的特征集进行多变量分类分析,包括增加、减少以及增加和减少 rsFC。结果显示,来自增加和减少的 rsFC 矩阵在两个数据集中的预测准确性最高,分别为 70.2%和 64.4%。

Abramson 等开发一种基于脑部 CT(CTB)的人工智能急诊分诊后处理系统,通过设定 25%、40%和 50%的非急诊阈值,对 2807 例 CTB(包括 1193 项急症和 1614 项非急症报告)真实数据集进行测试以评估模型的性能,在整个数据集上后处理系统的 AUC 为 0.92。在目标非急症阈值为 25%、40%和 50%时,该模型的敏感度、特异度和阴性预测值(NPV)都表现出了良好的性能。

Ding 等通过获取 149 例阿尔茨海默(AD)病例和 102 例健康对照(HCs)的静息态 fMRI(rs-fMRI)和 3D T₁WI 图像,开发了一个包括对比学习和图形神经网络的分层框架,从体素、脑区和样本水平提取特征来识别 AD。研究结果显示,从体素水平出发提取的样本水平特征具有有效的识别性能,准确率为 0.768, AUC 为 0.770,敏感度(TPR)为 0.764, 1-FPR 为 0.776。

Udare 等纳入 529 项 CTA 和 192 项 CTP 成像数据集评估 FDA 批准的两种人工智能解决方案在大血管闭塞(LVO)和急性缺血性卒中(AIS)灌注损伤中的诊断性能,同时比较自动 CTP 评估的缺血核心体积和半影体积与 48 小时 DWI MRI 上的最终梗死体积(FIV)。研究结果显示,对于所有类型的 LVO, AI1(0.77)与 AI2(0.75)之间的敏感度无显著差异,而两种 AI 解决方案对 M2 闭塞的诊断性能较低,特异度存在差异。在非再灌注组中, T_{max} > 6 与最终梗死体积之间存在显著差异,大多数情况下 AI1 高估了梗死体积。

4. 人工智能图像解读

Namdar 等纳入了 252 例儿童低级别神经上皮肿瘤(PLGNT),利用双机构 ADC MRI 图像和机器学习对 BRAF 融合、BRAF V600E 突变和其他分子亚型进

行分类。研究结果显示,使用临床变量模型测试的 AUC 为 0.670,使用影像组学的 AUC 为 0.746,结合影像组学和临床变量模型诊断的 AUC 为 0.762,且三者性能差异具有统计学意义。

Sobeh 等分析了 2617 例头部 CTA 检查病例,使用商业深度学习算法识别 CTA 图像中是否存在动脉瘤病灶,采用文本语言处理的深度学习算法(NLP)识别动脉瘤阴性的放射报告,两者不一致的病例由三位神经放射专家复查,研究发现动脉瘤的发生率为 4.7% (123/2617),该算法将 34 个病例标记为疑似漏诊动脉瘤,提高了 23.0% (23/100) 的检出率。本研究发现漏诊的动脉瘤主要是位于前循环、可见度较低的小型动脉瘤。

Chan 等采用 PRISMA 2020 核对标准,采用 3D CNN 模型对已发表的头部 CT 颅内出血(ICH)文献进行系统综述和荟萃分析,最终纳入 12 篇文章。研究结果显示,3D CNN 模型在检测头部 CT 的 ICH 并进行分类方面的敏感度为 0.956,特异度为 0.955,总体 AUC 为 0.982。

磁共振帕金森综合征指数(MRPI)是脑桥与中脑的面积比值 $\times$ 小脑中脚与小脑上脚宽度比值,能够区分进行性核上性麻痹与特发性帕金森症(PD)。Chan 等开发了一种基于快速配准自动计算 MRPI 的方法,测试研究发现自动 MRPI 具有高度的可重复性,且 MRPI 指数在健康组、轻度认知障碍(MCI)组、阿尔茨海默症痴呆(AD)组与 PD 组的受试者之间无统计学差异,在疾病进展 6 年或 10 年内没有纵向变化,自动 MRPI 算法具有较高的可重复性和稳健性。

Jones 等在澳大利亚一家大型远程放射学服务机构部署了一个商业综合人工智能工具以验证人工智能算法在放射科医师报告脑部 CT 平扫(NCCTB)中优化了诊断时间。30 位放射科医生的 18,550 项报告被纳入分析,研究表明使用人工智能工具在工作时间和非工作时间内进行报告,分别缩短了 8.5% 和 7.1% 的报告时间。

Gagnon 等纳入分析 107 例采集了动态增强扫描(DSC)和动脉自旋标记(ASL)扫描的胶质母细胞瘤(GBM)数据,通过配对 t 检验发现两者在区分肿瘤残留与肿瘤复发上有相似的性能($P = 0.28$ vs $P = 0.07$),分别基于两种序列训练神经网络模型用于区分肿瘤复发和治疗相关病变,发现 DSC 模型的 AUC 值更高(0.90 vs 0.86)。

图像分析(非人工智能)

颞叶内侧(MTL)前部是阿尔茨海默病(AD)最早

出现 Tau 沉积的区域之一,MTL 解剖变异在图像分割中具有挑战。Sadeghpour 等将 20 例 AD 病理切片配准到同一像素的 9.4T 尸体 MRI 上,评估前嗅皮质(ERC)、Brodmann 区域(BA)35 和 BA36 与海马的距离,发现 ERC 前缘距离海马 4.75 mm(中位数),BA35 为 9.25 mm,BA36 为 10.25 mm。ERC 在组织学切片下缘位于 CS 的边缘,上缘位于海马旁回的上缘,ERC 下缘是 BA35 的内侧边界,外侧边界位于 CS 的底部,该研究为前 MTL 皮质制定了一个基于组织学的分割方案。

Kirsch 等开发和验证了基于开源工具包 Kaapana 的图像处理流程,用于量化脑萎缩和白质高信号体积,对 6 例阿尔茨海默病、5 例非阿尔茨海默病患者的放射科报告与基于图像处理流程得到的量化测量结果进行对比,发现处理流程能够发现 AD 患者内侧颞叶/海马体典型性萎缩(SPARE-AD)以及定量白质高信号体积,增加缺失于放射科报告中的生物标志物。

Liu 等评估了来自 4 个国家 17 个临床中心接受增强 MRI 的 57 例中枢神经系统(CNS)病变患者,患者依次接受 0.04 mmol Gd/kg 的 Gadoquatane 和 0.1 mmol Gd/kg 的 Gadobutrol 对比剂检查,3 名阅片者进行图像偏好度和病变显示评分(边界勾画、对比增强、内部形态),并在注射后 5 min、10 min 和 15 min 比较信号强度(SI)、对比噪声比(CNR)、信噪比(SNR)和记录不良事件(AE)发生率,结果发现不同剂量的两种对比剂具有相似的效力。

Abid 等使用 400 例参与 MIITRA 图谱构建的老年人 MRI 数据,使用 MEDI 工具箱生成参与者的 QSM 图像,使用 ANTs 刚性配准和数据融合生成 0.5 mm 各向同性 MIITRA QSM 模板,生成的 MIITRA QSM 模板具有高图像锐度和清晰可见的脑结构,与其他模板相比,该模板减少了在数据空间归一化时的图像形变。该模板可用于研究与年龄相关的钙铁稳态异常的脑病,可在 www.nitrc.org/projects/miitra 下载。

Wang 等利用酰胺质子转移加权(APTw)成像分析了 37 例 2 型糖尿病(T2DM)患者脑代谢的变化,并与临床数据、实验室指标和认知评分相关。与对照组相比,T2DM 组的白质 APTw 值明显增加(分别为 0.507 ± 0.128 和 0.600 ± 0.136 , $P = 0.007$),灰质 APTw 值无显著变化。相关性分析结果显示白质 APTw 值与 CVLT 长时延迟选择和识别的准确性($r = -0.315$, $P = 0.011$)和视觉空间感知评分($r = -0.298$, $P = 0.017$)呈负相关,提示白质 APTw 值的增加与 T2DM 患者的认知水平降低有关。